

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ  
КИРГИЗСКОЕ РЕСПУБЛИКАНСКОЕ  
УПРАВЛЕНИЕ  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ

# КЛИМАТ Фрунзе

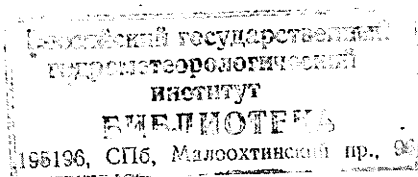
Под редакцией  
канд. геогр. наук Е. С. СКИБЫ,  
д-ра геогр. наук Ц. А. ШВЕР



Ленинград Гидрометеиздат  
1990

Рассматриваются основные климатообразующие процессы, формирующие климат средней части Чуйской долины. Анализируются закономерности временного и пространственного изменения атмосферного давления, скорости и направления ветра, температуры воздуха и почвы, влажности, облачности, осадков, туманов и др. Аномалии хода атмосферного давления, температуры воздуха, осадков и туманов рассматриваются в их связи с циркуляционными процессами.

Книга рассчитана на метеорологов и климатологов. Она полезна и специалистам различных отраслей хозяйства, использующих информацию о климате города.



К 1805040500-083 13-89 (2)  
069(02)-90

ISBN 5-286-00497-0

© Киргизское республиканское управление  
по гидрометеорологии, 1990 г.

363550

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы в связи с ростом промышленных городов и необходимостью учета климатических параметров при градостроительстве заметно повысился интерес к исследованию климата больших городов.

Настоящая книга посвящена климатическим условиям одного из самых крупных промышленных центров Киргизии — города Фрунзе.

Книга подготовлена сотрудниками Фрунзенского гидрометеорологического центра А. М. Ноженко (пп. 1.1—1.4, гл. 4, п. 5.2, главы 6—11), В. С. Стависской (п. 1.5, гл. 2), С. А. Султанбаевым (пп. 3.1, 3.3), Л. В. Щелоковой (п. 3.4), В. В. Федуловой (п. 3.3) (Киргизский государственный университет). В написании всех глав, за исключением гл. 9, принимала участие Е. С. Скиба.

В техническом оформлении материалов принимали участие Н. А. Анохина, И. И. Бешимова, В. С. Волкова, В. С. Дворцова, И. А. Маяцкая и Г. П. Юдакова.

Научно-методическое рецензирование проведено в отделе прикладной климатологии Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова д-ром геогр. наук Ц. А. Швер и Г. И. Прилипко.

# 1. ВВЕДЕНИЕ

## 1.1. Физико-географические условия местоположения города

Город Фрунзе расположен на севере Киргизии, в средней части Чуйской долины, образованной Киргизским хребтом и Чу-Илийскими горами на северо-востоке. Высота Киргизского хребта, простирающегося в широтном направлении, составляет в среднем около 4000 м, отдельные вершины достигают 4600—4800 м. Чу-Илийские горы менее высокие.

Чуйская долина — левобережье р. Чу — представляет собой покатую с юго-востока на северо-запад равнину; дно долины в пределах Киргизии не опускается ниже 500 м; площадь составляет около 6,4 тыс. км<sup>2</sup>.

Современное устройство Чуйской впадины сложилось в результате совокупности мощных тектонических факторов, эпейрогенических поднятий, эрозийных и аккумулятивных процессов. В последних большая роль принадлежала многочисленным рекам, речкам и селевым потокам, стекающим с окружающих хребтов, и особенно самой крупной р. Чу, которая в прошлом была, по-видимому, более многоводной.

В пределах Чуйской впадины выделяются следующие геоморфологические районы: современная долина р. Чу, притеррасное плато, подгорные равнины и предгорный шлейф Киргизского хребта.

Подстилающая поверхность южной возвышенной части — галечник, супеси, песок с прослоями и линзами суглинистых и глинистых отложений. Северная часть Чуйской долины (до 2—3 м) — слоистые супеси, суглинки и глины с прослоями торфа, линзами песка и гравия, а глубже преобладают песчано-галечниковые отложения; много болот.

Главная речная магистраль Чуйской впадины — р. Чу, протекающая с юго-востока на северо-запад. Она берет начало от слияния рек Кочкор и Джуанарык. Русло реки извилистое; его ширина в створе города 29—35 м, глубина реки 0,3—2,1 м, скорость течения 0,5—1,1 м/с. Река имеет два паводка — в начале июня и в середине лета; первый связан с таянием снегов в горах, второй — с таянием ледников. Период повышенного стока (период половодья) оказывается растянутым на длительное время — до пяти-шести месяцев. Естественно, что при такой продолжительности половодья повышение расходов воды носит в сравнении с половодьями равнинных рек более умеренный и менее концентрированный характер. Меженный период, приходящийся на холодный период года, характеризуется, как правило, относительно невысокими расходами и отсутствием интенсивных колебаний расходов. В это время сток поддерживается практически целиком за счет поступления в русловую сеть подземных вод.

В нижней части долины наибольшее распространение имеют сероземы, местами залегают сазовые и засоленные почвы. В предгорьях преобладают светло- и темно-каштановые почвы, с высотой переходящие в горные черноземовидные, горно-лесные и горно-луговые. Почвы Чуйской долины плодородны и при искусственном орошении дают большие урожаи многих сельскохозяйственных культур.

Растительный покров тесно связан с почвенным. Равнинная часть Чуйской долины представлена участками полынно-эфемерной и полынно-злаковой степи. В местах выхода грунтовых вод — карасуков — встречаются болотистые луга — сазы и солончаковые луга. По поймам рек имеются заросли кустарников: облепихи, барбариса и др.

Средняя часть Чуйской долины относится к поясу полупустынь, степей с преобладанием травянистой сухолюбивой растительности. Благодаря развитому орошению земли распаханы и используются под фруктовые сады, декоративные посадки, цветы.

Город Фрунзе располагается на северном пологом (крутизна около 2°) склоне Киргизского хребта, в 10 км к югу от р. Чу. Площадь города около 130 км<sup>2</sup>. Через город в меридиональном направлении протекают две горные речки — Ала-Арча и Аламедин, притоки р. Чу. Сток р. Аламедин зарегулирован водохранилищем, расположенным в 10 км к северу от города. Через северную часть города в широтном направлении проходит Большой Чуйский канал, собирающий и перераспределяющий воду горных рек, стекающих с северного склона Киргизского хребта. На территории города вблизи Большого Чуйского канала созданы два искусственных озера — Комсомольское и Пионерское. Общая площадь водной поверхности на территории города (вместе с окрестными водоемами) составляет около 40 км<sup>2</sup>.

Большое внимание уделяется озеленению города. В городе имеется более 20 парков и скверов — Карагачевская роща, Ботанический сад, парк им. Панфилова, Дубовый парк и др. В среднем на одного жителя приходится около 100 м<sup>2</sup> зеленых насаждений.

## 1.2. Краткие исторические сведения

Город Фрунзе (б. Пишпек) — столица Советского Киргизстана — получил свое название в 1926 г. в честь выдающегося деятеля Коммунистической партии и Советского государства, легендарного полководца Красной Армии Михаила Васильевича Фрунзе, родившегося в г. Пишпек. Поселение Пишпек возникло в первой половине XIX в. после завоевания Киргизии Кокандским ханством как военный опорный пункт, крепость кокандских ханов. В 1862 г. в связи с добровольным вхождением Киргизии в состав России крепость Пишпек была взята русскими войсками и превратилась в русское военное поселение. Пишпек располагался на пересечении старинных караванных дорог и почтовых путей и имел не обходи-

мые предпосылки для своего развития. Благодаря этому в 1878 г. Пишпек был преобразован в уездный город и стал центром одноименного уезда. Пишпек явился первым городом европейского типа на территории Киргизии. В 1913 г. в городе насчитывалось 14 тыс. жителей.

Во время Великой Октябрьской социалистической революции Пишпек стал главным центром революционной борьбы в Киргизии. В 1924 г. после проведения в Средней Азии национального размежевания г. Пишпек становится административно-политическим центром Киргизской автономной области, а через два года — центром Киргизской автономной республики.

С преобразованием в 1936 г. Киргизской АССР в союзную республику г. Пишпек, переименованный в г. Фрунзе, становится ее столицей. В настоящее время г. Фрунзе — крупнейший промышленный центр Киргизии. Город строится и благоустраивается. Население г. Фрунзе (по данным переписи 1983 г.) составляет около 580 тыс. человек.

### 1.3. Развитие метеорологических наблюдений

Метеорологическая станция на территории города впервые была организована в 1896 г. при школе садоводства. Это была седьмая по счету станция на территории Киргизии. Станция не имела постоянного места: летом она находилась в казенном саду, зимой — во дворах частных лиц. До 1931 г. станция называлась Пишпек, затем — Фрунзе. В наблюдениях имелись значительные перерывы. В те годы оборудование на метеорологических площадках было примитивным. На высоте 4—5 м устанавливалась будка, а осадкомер укреплялся прямо на стене здания. Наблюдения велись в основном за осадками, температурой и атмосферными явлениями. Отсутствие единой методики наблюдений, слабая оснащенность приборами, перерывы в наблюдениях — все это снижало ценность материалов наблюдений. В 1938 г. станция была закрыта.

В 1927 г. на западной окраине города на территории сельскохозяйственного опытного поля начала функционировать еще одна метеостанция — Пишпек, опытное поле. Несколько раз менялось ее название: 1927—1931 г. — Пишпек, опытное поле; 1932—1936 гг. — Фрунзе, опытное поле; 1936—1939 гг. — Фрунзе, метеостанция; 1939—1942 г. — Фрунзе, агрометстанция, с 1942 г. — Фрунзе. Станция дважды переносилась, при этом менялась ее высота: до 1939 г. высота станции составляла 819 м, с 1939 г. — 760 м.

В 1936 г. на ст. Фрунзе были начаты шаропилотные, в 1954 г. актинометрические, а с 1960 г. — аэрологические наблюдения. Станция Фрунзе входит в состав реперной сети СССР.

Кроме ст. Фрунзе, на территории города, в южной возвышенной части, в аэропорту, с 1937 г. существовала еще одна станция,

которая с 1958 по 1975 г. работала как специальная. В 1975 г. в новом аэропорту Манас, расположенном в 20 км к северу от города, начала функционировать еще одна специальная метеостанция.

В 1973 г. в 20 км к северо-западу от города на территории учебного хозяйства Кыргызского сельскохозяйственного института была открыта водно-балансовая станция Фрунзе, западная.

Ближайшими к ст. Фрунзе, кроме названных, являются метеорологические станции Байтык (в 30 км к югу, высота около 1600 м), Токмак (в 60 км к востоку, высота около 820 м), Джанги-Джер (в 40 км к северу, высота около 600 м), Беловодск (в 40 км к западу, высота около 730 м).

Станции Джанги-Джер, Манас, Фрунзе, Байтык и Альплагерь (высота около 2100 м) располагаются по меридиональному профилю вдоль северного склона Кыргызского хребта и позволяют проводить исследования распределения по высоте целого ряда метеорологических величин.

Большую роль в развитии метеорологических наблюдений в Кыргызии и, в частности, в г. Фрунзе сыграл декрет «Об организации метеорологической службы в РСФСР», подписанный В. И. Лениным 21 июня 1921 г. В соответствии с этим декретом 26 августа 1926 г. при Наркомземе Кыргызской АССР под руководством Л. Г. Окулича — Казарина было создано метеорологическое бюро. В мае 1926 г. при метеорологическом бюро создается Кыргызский гидрометеорологический институт — первое научно-исследовательское учреждение на территории Кыргызии. В 1931 г. метеорологическое бюро реорганизуется в Гидрокомитет; в 1933 г. на его базе создается Кыргызское управление единой гидрометеорологической службы, которое в 1938 г. передается в Ташкентское управление гидрометслужбы. В 1941 г. по ходатайству правительства республики в г. Фрунзе было создано Управление гидрометеорологической службы Кыргызской ССР.

В составе гидрометеорологического комитета в 1931 г. была образована оперативная служба погоды (с 1964 г. — бюро погоды). В 1956 г. в Управлении гидрометеорологической службы Кыргызской ССР на базе секторов метеорологического, гидрологического режимов и химической лаборатории была создана Фрунзенская ГМО.

В основу монографии, подготовленной коллективом климатологов Фрунзенской ГМО, положены материалы метеорологических наблюдений на ст. Фрунзе за период 1927—1980 г. Для анализа отдельных метеорологических величин и явлений использовались материалы наблюдений АМСГ Фрунзе и данные ТЗА-1 (таблицы загрязнения атмосферы) за четыре года. При анализе циркуляционных факторов использовались материалы синоптического архива Фрунзенского бюро погоды за период 1956—1970 гг.

Следует отметить, что каких-либо обобщающих работ по климату г. Фрунзе не выполнялось. Сведения о режиме ряда метеорологических величин и явлений во Фрунзе имеются в некоторых

работах [8, 12, 16, 19]. Многолетние климатические характеристики приведены в «Справочнике по климату СССР», вып. 32, части I—V.

#### 1.4. Общая характеристика климата

Климат г. Фрунзе, как и любого другого физико-географического района, определяется его физико-географическим положением и формируется в результате взаимодействия солнечной радиации, атмосферной циркуляции и подстилающей поверхности. Фрунзе расположен в южной части пояса умеренных широт, вдали от значительных водных объектов. Это определяет, с одной стороны, высокое стояние солнца в полдень над горизонтом, а с другой — континентальность и засушливость климата. Открытость территории к северу и северо-западу благоприятствует проникновению холодных воздушных масс арктического происхождения. Поэтому, несмотря на сравнительно низкие широты, зима во Фрунзе довольно холодная.

Огромное влияние на климат всей Чуйской долины и, в частности, г. Фрунзе оказывает Киргизский хребет. Это влияние сказывается на формировании «зоны предвосхождения», что проявляется прежде всего в увеличении количества осадков в предгорьях по сравнению с прилегающими равнинами. Так, среднее годовое количество осадков во Фрунзе достигает 400 мм, тогда как на равнинах Казахстана, где высота над уровнем моря менее 400 м, — 250—300 мм. Вверх по склону количество осадков возрастает. Аналогичное влияние Киргизский хребет оказывает на распределение туманов и гроз. Ветровой режим г. Фрунзе также связан с Киргизским хребтом. Территория города находится в системе горно-долинной циркуляции — ночью ветер дует вниз по склону, днем — вверх по долине. Кроме того, ветры в предгорьях из-за значительной шероховатости подстилающей поверхности слабее, чем на равнине. Характерная черта ветрового режима, обусловленная местоположением города, — фёны — восточные ветры, дующие вниз по долине при приближении к горной системе глубоких циклонов.

Киргизский хребет оказывает влияние и на температурный режим долины: задерживая холодные вторжения воздуха, хребет способствует стационарированию воздушных масс. При этом температура воздуха в предгорьях Киргизского хребта понижается на 2—3°C по сравнению с юго-западными предгорьями Кара-Тау, которые ограничивают распространение холодного воздуха на юго-запад.

Из-за частой повторяемости инверсий температуры (повышение температуры с высотой вместо обычного понижения) в южной возвышенной части города в зимний период на 1—2°C теплее, чем в северной, более низкой. Значительную роль в формировании климата города играет приподнятость территории над уровнем



моря. Это сказывается прежде всего на величине атмосферного давления. Среднее годовое атмосферное давление составляет 928 гПа (на уровне моря — 1013 гПа). Вследствие приподнятости температурный фон во Фрунзе понижен по сравнению с пунктами, находящимися на той же широте, но на меньшей высоте над уровнем моря. Так, средняя годовая температура воздуха составляет во Фрунзе 10,1°C, а в Туркестане (высота около 200 м) 12,0°C. Особенно заметна разность температур в летний период: в июле средняя месячная температура во Фрунзе 24,4°C, в Туркестане 28,3°C.

Таковы основные особенности климатического режима, связанные с физико-географическим положением города.

Для выявления сходства и различия с климатом в других районах рассмотрим кратко климатические классификации. Наиболее распространенными являются классификации Б. П. Алисова, Л. С. Берга, М. И. Будыко, А. А. Григорьева и А. И. Кайгородова.

Согласно классификации Алисова, в основу которой положены географические типы воздушных масс, г. Фрунзе располагается в поясе климата умеренных широт [2]. Отличительной чертой климата этого пояса является резкий контраст между зимой и летом, обусловленный значительным приходом солнечной радиации летом и большим ее отражением зимой при устойчивом снежном покрове. Контрасты усугубляются повышенной трансформацией вторгающихся относительно прохладных масс воздуха летом и замедленной (за счет устойчивой стратификации воздуха) трансформацией в холодный период года. Резкие изменения температуры и погодных условий внутри сезонов создаются за счет глубокого проникновения арктических и тропических воздушных масс в зону умеренных широт.

По классификации Берга, в основе которой лежит идея тесной связи типов климата с типами географических ландшафтов, климат г. Фрунзе относится к типу климата высоких степей и полупустынь умеренного пояса. Несколько к северу от Фрунзе проходит граница климата внутриматериковых пустынь умеренного пояса.

По классификации Будыко и Григорьева, основанной на учете ресурсов тепла и влаги в различных ландшафтных зонах, Фрунзе относится к зоне недостаточного увлажнения, климат которой характеризуется теплым летом и умеренно мягкой мало-снежной зимой.

По классификации Кайгородова, в основу которой положены значения годовой амплитуды температуры воздуха (разность между средней месячной температурой самого теплого и самого холодного месяцев), климат г. Фрунзе (амплитуда около 30°C) умеренно континентальный.

Общее фоновое представление о климате г. Фрунзе дают средние характеристики, полученные по данным многолетнего ряда наблюдений (табл. 1). Для сравнения в табл. 2 приведены некоторые климатические характеристики для ряда городов — столиц

Таблица 1

## Основные характеристики климатического режима г. Фрунзе

| Характеристика                                                          | Значение |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|
| Температура воздуха, °C                                                 |          |
| средняя годовая                                                         | 10,1     |
| средняя месячная                                                        | 24,4     |
| самого теплого месяца (июля)                                            |          |
| самого холодного месяца (января)                                        | -5,0     |
| Годовая амплитуда температуры воздуха                                   | 29,4     |
| Абсолютный максимум                                                     | 43,0     |
| Абсолютный минимум                                                      | -38,0    |
| Абсолютная годовая амплитуда температуры воздуха                        | 81,0     |
| Количество осадков, мм                                                  |          |
| годовое                                                                 | 422      |
| за теплый период (апрель — октябрь)                                     | 260      |
| за холодный период (ноябрь — март)                                      | 162      |
| Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха, дни |          |
| > 0 °C                                                                  | 328      |
| > 5 °C                                                                  | 290      |
| > 10 °C                                                                 | 248      |
| > 15 °C                                                                 | 207      |
| Продолжительность безморозного периода, дни                             | 184      |
| Сумма температур выше 10 °C, °C                                         | 3600     |

Таблица 2

## Некоторые характеристики климатического режима городов республик Средней Азии

| Город    | Средняя температура воздуха, °C |      |      | Количество осадков, мм |                  |     |
|----------|---------------------------------|------|------|------------------------|------------------|-----|
|          | Январь                          | Июль | Год  | Холодное полугодие     | Теплое полугодие | Год |
| Алма-Ата | -7,4                            | 23,0 | 8,7  | 191                    | 369              | 560 |
| Ашхабад  | 0,6                             | 30,4 | 15,9 | 128                    | 93               | 221 |
| Душанбе  | 1,4                             | 28,2 | 14,8 | 377                    | 227              | 604 |
| Ташкент  | -1,1                            | 27,4 | 13,5 | 242                    | 130              | 372 |
| Фрунзе   | -5,0                            | 24,4 | 10,1 | 162                    | 260              | 422 |

республик Средней Азии. Из данных табл. 2 следует, что и по температурному режиму, и по режиму осадков климат Фрунзе ближе всего к климату Алма-Аты.

## 1.5. Изменение климата

Проблема изменения климата на земном шаре является одной из главных проблем климатологии. Ее решение особенно важно для долгосрочного прогнозирования погоды и хозяйственной деятельности. Однако факторы, приводящие к изменению климата, сложны и многообразны и не всегда удается однозначно решить вопрос о роли каждого фактора и механизме его воздействия на климат. Поэтому этот вопрос решается с помощью анализа комплекса всех значимых факторов.

По существующим гипотезам в эпохальных изменениях климата принимают участие в основном космические (колебания солнечной постоянной), астрономические (изменение наклона плоскости эклиптики, эксцентриситета земной орбиты) и геологические (перемещения полюсов земли) факторы. Периоды колебания этих факторов исчисляются десятками тысяч лет.

Изменения или, правильнее сказать, колебания климата в историческое время связываются с изменениями в первую очередь солнечной активности, период изменения которой близок к 10—11 годам. Е. С. Рубинштейн и Л. Г. Полозова [17] установили, что с увеличением солнечной активности усиливается перенос воздушных масс вдоль меридианов, климат становится более морским. В период низкой солнечной активности усиливается роль западного переноса, с которым связан вынос влажного воздуха с океана.

Для изучения колебаний климата используются длительные ряды однородных наблюдений. В качестве метода исследования таких рядов применяется метод скользящих средних, который сглаживает колебания относительно коротких периодов и выявляет изменения длительного характера. Суть метода заключается в том, что вместо ряда  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  получается ряд скользящих средних

$$\frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}, \quad \frac{t_2 + t_3 + \dots + t_{n+1}}{n}, \quad \frac{t_3 + t_4 + \dots + t_{n+2}}{n}$$

и т. д. Из такого ряда исчезают колебания с периодом  $n$ . При этом  $n$  берут равным в основном 10, а иногда и полупериоду колебаний солнечной активности (5 лет). Исследуются, как правило, средние годовые и средние месячные температуры и годовые суммы осадков. Это связано с отсутствием длительных надежных наблюдений за большинством характеристик климата. Формой представления данных о характере колебаний температуры и осадков являются графики скользящих десятилетних средних.

Для изучения колебаний климата г. Фрунзе использован период наблюдений 1928—1985 г., за который имеются систематические данные о температуре воздуха и количестве осадков. При этом рассматривался ход скользящих десятилетних средних годовых и средних месячных температур воздуха (рис. 1). Горизонтальные

прямые на рис. 1 соответствуют средней многолетней норме за период 1928—1980 гг. На рис. 1 приведены также данные о годовой температуре для Казалинска, который выбран в качестве реперной станции района синхронных колебаний температуры, охватывающего Восточный Казахстан, для Ташкента, входящего в этот же район, но расположенного ближе к Фрунзе, и для Ленинграда, располагающегося в другом климатическом районе [17].

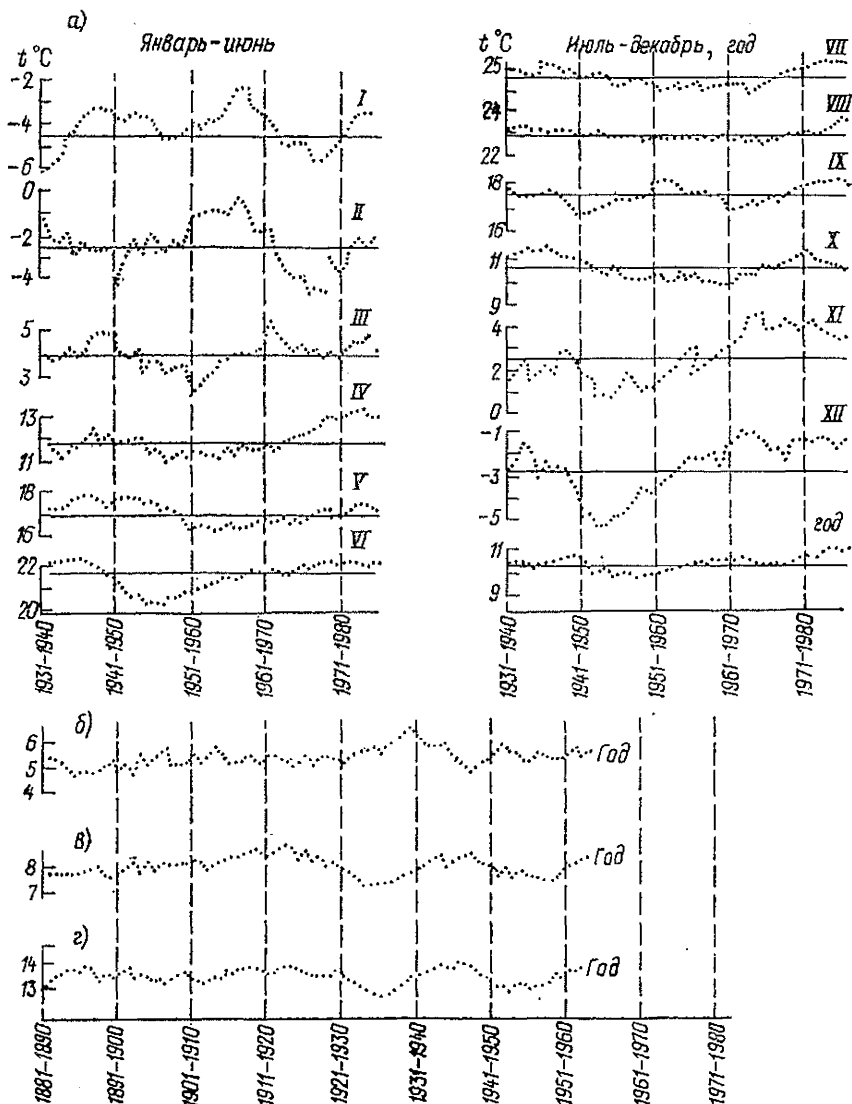


Рис. 1. Годовой ход скользящей средней температуры по десятилетиям. а — Фрунзе, б — Ленинград, в — Казалинск, г — Ташкент; горизонтальные линии — многолетняя норма (а).

Анализ хода кривых показывает, что Казалинск, Ташкент и Фрунзе имеют достаточно отчетливо выраженные общие черты. Синхронность хода колебаний, представленных на кривых, в течение 50 лет (1928—1977 г.) обусловлена устойчивостью воздействий, вызывающих колебания температуры воздуха. Такими воздействиями являются, безусловно, особенности атмосферной циркуляции. Синхронность хода температуры воздуха для Ташкента, Казалинска и Фрунзе с 1928 г. позволяет считать, что аналогичная синхронность для этих пунктов наблюдалась и ранее. Поскольку наблюдения за температурой проводились в Ташкенте и Казалинске с 1881 г., можно судить о тенденциях изменения температуры воздуха в г. Фрунзе начиная с этого времени.

Исходя из сказанного в последние два десятилетия XIX в. средняя годовая температура в г. Фрунзе колебалась около средних многолетних значений с небольшой тенденцией к повышению. В самом начале текущего столетия скользящая по десятилетиям средняя годовая температура воздуха превысила среднюю многолетнюю и оставалась выше ее вплоть до 10-летия 1921—1930 гг. Наиболее теплым при этом был период 1910—1925 гг. Начиная с 10-летия 1921—1930 г. вплоть до 10-летия 1931—1940 гг. средняя годовая температура воздуха была ниже нормы. Особенно низкой была температура в 10-летие 1926—1935 гг. В этом 10-летии наиболее холодным был 1934 г. Начавшееся с 10-летия 1931—1940 гг. потепление продолжалось до 10-летия 1942—1951 гг.; это потепление было самым значительным за рассматриваемый период наблюдений. Можно полагать, что это была распространявшаяся на Среднеазиатский регион волна потепления, известная в литературе под названием «потепление Арктики», где она наступила прежде всего (в самом начале 20-х годов) и была наиболее значительной. Пик потепления на северо-западе Европейской части СССР наступил в 10-летие 1930—1939 гг., во Фрунзе — в 1939—1948 гг. В этом десятилетии наиболее теплым был 1944 г., когда в течение длительного периода с января по август средняя месячная температура на 1—6°С превышала норму. После 10-летия 1942—1951 гг. осуществлялся переход температур через средний многолетний уровень в сторону понижения; обратный переход произошел в 10-летие 1952—1961 гг. Температурный фон выше нормы сохраняется на протяжении почти трех 10-летий вплоть до 10-летия 1968—1977 гг. Тенденция к потеплению заметна на всем северном полушарии; при этом в высоких широтах она выражена более четко.

Анализ рис. 1 показал, что многолетний ход температуры в отдельные месяцы может значительно отличаться от хода средней годовой температуры и от хода температуры в другие месяцы. Так, рекордные понижения средней месячной температуры в январе, феврале 1969 г., марте, мае 1960 г., апреле 1955 г., ноябре 1952 г., в декабре 1944 г. отмечались на фоне общего повышения средней годовой температуры воздуха. Рекордные повышения средней месячной температуры (январь 1976 г., февраль 1963 г.,

март 1944 г., май 1961 г., июнь 1941 г., июль 1944 г., август 1975 г., сентябрь 1959 г., октябрь 1936 г., ноябрь, декабрь 1971 г.) наблюдались, как правило, в периоды потепления.

Отклонения температуры от средней многолетней наибольшие в зимний период и наименьшие в летний. Так, в декабре — январе отклонения от нормы скользящих 10-летних средних месячных температур достигают 3—4 °С, а фактических — 7—10 °С; летом даже фактические отклонения лишь дважды за весь период наблюдения (в июле 1944 г., в августе 1975 г.) превысили 3 °С, отклонения же скользящих 10-летних составляют около 1 °С. Таким образом, годовые тенденции изменения температуры воздуха обуславливаются в основном ее ходом в зимний период. Отсутствие синхронности в ходе кривых температуры воздуха за отдельные месяцы не позволяют сделать определенные выводы относительно предстоящих изменений климата.

## 2. РАДИАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

### 2.1. Общие положения

Приход лучистой энергии к земной поверхности определяется астрономическими факторами — временем восхода и захода солнца, т. е. продолжительностью дня и изменением высоты солнца в течение дня. В табл. 3 и на рис. 2 приводится время восхода и захода солнца и продолжительность дня и ночи в г. Фрунзе. За

Таблица 3

Истинное солнечное время (ч мин) восхода и захода солнца в г. Фрунзе

| Характеристика положения солнца | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Восход                          | 7 19  | 6 45  | 6 03  | 5 19  | 4 41  | 4 20  |
| Заход                           | 16 41 | 17 15 | 17 56 | 18 41 | 19 19 | 19 40 |
| Характеристика положения солнца | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   |
| Восход                          | 4 28  | 5 00  | 5 43  | 6 27  | 7 08  | 7 29  |
| Заход                           | 19 32 | 19 00 | 18 17 | 17 33 | 16 52 | 16 31 |

время восхода или захода солнца принимается момент, когда верхний край солнечного диска пересекает линию горизонта, т. е. его угловая высота по отношению к наблюдателю равна нулю. Однако фактическая продолжительность дня в г. Фрунзе несколько меньше за счет закрытости горизонта горами, составляющей 2—3° на севере и 4—5° на юге (рис. 3). В среднем за год продолжительность дня за счет закрытости горизонта снижается на 20 мин. Во Фрунзе самый длинный день (15 ч 18 мин) — 22 июня, самый короткий день (8 ч 58 мин) — 22 декабря.

В табл. 3 приведено также время начала и окончания граж-

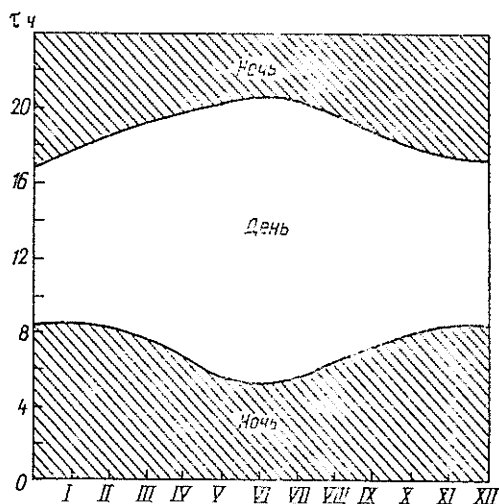


Рис. 2. Продолжительность дня и ночи в г. Фрунзе.

данских сумерек. Границей гражданских сумерек считается время восхода или захода солнца или моменты, когда солнце находится под горизонтом на высоте  $6-7^\circ$ . Гражданские сумерки имеют существенное значение для многих сторон практической деятель-

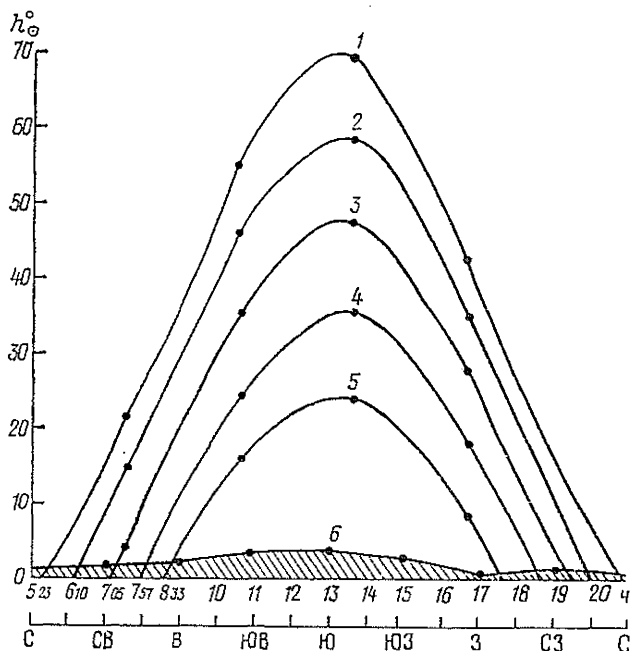


Рис. 3. Высота солнца в разные часы суток на широте г. Фрунзе при различных склонениях солнца  $\delta$  и закрытости горизонта.

1)  $\delta=23^\circ$ , 10 июня и 3 июля; 2)  $\delta=12^\circ$  22 апреля и 22 августа; 3)  $\delta=0^\circ$ , 21 марта и 24 сентября; 4)  $\delta=-12^\circ$ , 17 февраля и 25 октября; 5)  $\delta=-23^\circ$ , 1 января и 1 декабря; 6 — график закрытости горизонта.

ности человека. Во время гражданских сумерек довольно светло, возможно проведение полевых работ и др.

В данной главе используется среднее солнечное и местное декретное время. Разница между ними составляет для г. Фрунзе 1 ч 02 мин. Таким образом, для перевода среднего солнечного времени в местное декретное необходимо к среднему солнечному прибавить 1 ч 02 мин.

## 2.2. Продолжительность солнечного сияния

Количество и форма облаков, долгота дня и закрытость горизонта являются основными факторами, определяющими продолжительность солнечного сияния. Продолжительность солнечного сияния —



363550

это время, в течение которого солнце освещает окрестности данного пункта. Определяется она в часах за сутки. Для наблюдения за продолжительностью солнечного сияния используется гелиограф. При достижении интенсивности прямой солнечной радиации  $0,209 \text{ кВт/м}^2$  солнечные лучи оставляют прожог на ленте гелиографа. По длине прожога определяется фактическая продолжительность солнечного сияния.

Во Фрунзе наблюдения за продолжительностью солнечного сияния были начаты в 1942 г. Возможная продолжительность солнечного сияния во Фрунзе составляет 4460 ч за год, фактическая средняя за многолетний период продолжительность 2584 ч за год, т. е. более 60 % возможной.

Теоретически возможная продолжительность солнечного сияния зависит от широты места и времени года. Важной характеристикой является отношение действительной продолжительности солнечного сияния к теоретически возможной. Относительная продолжительность солнечного сияния дает представление о вероятности ясного неба. В г. Фрунзе относительная продолжительность солнечного сияния (%) распределяется по месяцам следующим образом:

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 47 | 44 | 42  | 50 | 58 | 66 | 72  | 74   | 72 | 60 | 49 | 44  | 58  |

Минимальная продолжительность солнечного сияния отмечается в декабре (табл. 4, рис. 4). Это объясняется значительной облачностью и малой продолжительностью дня. С ноября по март на-

Таблица 4  
Продолжительность солнечного сияния (ч)

| Продолжительность<br>солнечного сияния | I   | II  | III | IV  | V   | VI  |
|----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Средняя                                | 138 | 131 | 155 | 200 | 265 | 300 |
| Наибольшая                             | 224 | 185 | 246 | 265 | 322 | 338 |
| Наименьшая                             | 93  | 76  | 120 | 127 | 150 | 218 |
| Теоретически<br>воз-<br>можная         | 293 | 295 | 369 | 402 | 454 | 458 |

| Продолжительность<br>солнечного сияния | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год  |
|----------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Средняя                                | 337 | 318  | 271 | 205 | 143 | 126 | 2585 |
| Наибольшая                             | 384 | 360  | 320 | 279 | 189 | 168 | 2854 |
| Наименьшая                             | 280 | 253  | 218 | 118 | 89  | 72  | 2396 |
| Теоретически<br>воз-<br>можная         | 468 | 431  | 375 | 342 | 293 | 280 | 4460 |

блюдаются наименьшие значения относительной продолжительности солнечного сияния (44—49 %). На эти месяцы приходится по 6—8 дней без солнца. Число дней без солнца в г. Фрунзе приведено ниже:

| I | II | III | IV | V | VI  | VII | VIII | IX  | X | XI | XII | Год |
|---|----|-----|----|---|-----|-----|------|-----|---|----|-----|-----|
| 6 | 6  | 6   | 4  | 2 | 0,5 | 0,2 | 0,4  | 0,7 | 4 | 4  | 8   | 42  |

Июль характеризуется максимальной продолжительностью солнечного сияния — 337 ч (см. рис. 4). Но и в другие летние месяцы

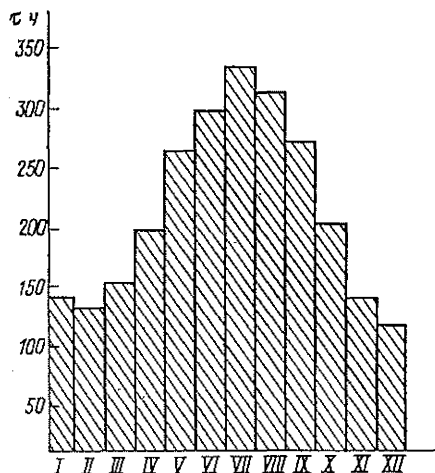


Рис. 4. Годовой ход продолжительности солнечного сияния  $t$  (ч) в г. Фрунзе.

число часов солнечного сияния достаточно велико (300—312 ч), что составляет 66—74 % возможной суммы. В отдельные годы фактическая продолжительность солнечного сияния летом может значительно превышать среднюю многолетнюю и приближаться к возможной. Летом во Фрунзе пасмурных дней не наблюдается.

Представление о суточном ходе продолжительности солнечного сияния дает табл. 5. В летний период солнечное сияние регистрируется в основном с 4 до 20 ч. Максимальная продолжительность летом наблюдается около полудня, между 11—12 ч. Зимой регистрация солнечного сияния начинается значительно позднее (с 7 ч) и заканчивается раньше (около 17 ч); наибольшее число часов солнечного сияния отмечается около полудня, в 12—14 ч. В течение года наибольшая повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния (табл. 6) приходится на градацию 10—14 ч. Осенью повторяемость этой градации составляет более 45 % всех случаев наблюдений, зимой — 35—45 %, весной и летом — около 30 %.

Таблица 5  
Суточный ход продолжительности солнечного сияния (ч)

| Месяц | Время, ч |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|----------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 4—5      | 5—6  | 6—7  | 7—8  | 8—9  | 9—10 | 10—11 | 11—12 | 12—13 | 13—14 | 14—15 | 15—16 | 16—17 | 17—18 | 18—19 | 19—20 |
| I     |          |      |      | 4,0  | 13,0 | 16,6 | 18,4  | 18,3  | 18,2  | 17,6  | 16,2  | 13,2  | 3,7   |       |       |       |
| II    |          |      | 0,6  | 7,9  | 12,1 | 14,6 | 15,9  | 16,5  | 15,7  | 15,2  | 14,6  | 12,3  | 8,0   | 0,6   |       |       |
| III   |          | 0,03 | 4,2  | 11,3 | 14,0 | 15,6 | 16,2  | 16,9  | 16,6  | 16,4  | 15,0  | 13,1  | 10,8  | 4,4   | 0,03  |       |
| IV    |          | 3,2  | 12,5 | 16,2 | 17,5 | 19,0 | 19,4  | 19,5  | 18,6  | 18,0  | 16,8  | 15,4  | 13,1  | 10,3  | 2,6   |       |
| V     | 0,3      | 11,5 | 18,6 | 20,8 | 22,0 | 22,9 | 23,1  | 22,9  | 22,0  | 21,1  | 19,8  | 18,4  | 16,6  | 13,8  | 9,3   | 0,5   |
| VI    | 3,2      | 17,3 | 20,8 | 22,4 | 23,2 | 24,0 | 24,2  | 24,0  | 23,0  | 22,0  | 20,0  | 18,8  | 17,2  | 15,7  | 13,0  | 2,7   |
| VII   | 1,2      | 17,6 | 24,3 | 26,3 | 26,8 | 27,2 | 27,7  | 27,4  | 26,7  | 25,8  | 24,5  | 23,1  | 21,2  | 19,2  | 13,8  | 1,0   |
| VIII  |          | 7,8  | 22,6 | 25,5 | 26,8 | 27,2 | 27,4  | 27,2  | 26,3  | 25,8  | 24,6  | 23,5  | 21,7  | 18,6  | 6,5   | 0,01  |
| IX    |          | 0,5  | 15,0 | 23,8 | 25,0 | 26,3 | 26,5  | 26,2  | 25,7  | 25,4  | 24,3  | 22,4  | 20,0  | 11,6  | 0,3   |       |
| X     |          |      | 2,8  | 17,7 | 21,2 | 22,7 | 23,2  | 23,8  | 22,6  | 21,9  | 20,9  | 19,2  | 14,3  | 1,7   |       |       |
| XI    |          |      | 0,04 | 6,2  | 13,6 | 16,2 | 17,1  | 17,6  | 17,5  | 17,8  | 16,5  | 14,1  | 5,2   | 0,01  |       |       |
| XII   |          |      |      | 1,9  | 12,0 | 15,5 | 16,8  | 17,3  | 17,1  | 16,7  | 15,2  | 12,1  | 1,8   | 0,0   |       |       |
| Год   | 5        | 58   | 121  | 184  | 227  | 248  | 256   | 258   | 250   | 244   | 228   | 206   | 154   | 96    | 46    | 4     |

Таблица 6

Повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния по градациям (% общего числа случаев)

| Продолжительность<br>солнечного<br>сияния, ч | I  | II | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII |
|----------------------------------------------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|-----|----|-----|
| < 2                                          | 1  | 1  | 1   | 0,5 | 1   | 1  | 1   | 0,2  | 0,2 | 0,4 | 1  | 0,3 |
| 2—4                                          | 18 | 20 | 19  | 17  | 18  | 16 | 15  | 10   | 9   | 16  | 17 | 25  |
| 4—6                                          | 20 | 19 | 17  | 14  | 15  | 13 | 9   | 9    | 9   | 14  | 16 | 20  |
| 6—8                                          | 35 | 22 | 20  | 15  | 11  | 14 | 11  | 11   | 14  | 12  | 30 | 42  |
| 8—10                                         | 26 | 38 | 21  | 15  | 13  | 15 | 14  | 14   | 18  | 48  | 36 | 12  |
| 10—12                                        |    |    | 22  | 26  | 13  | 8  | 16  | 26   | 49  | 10  |    | 1   |
| 12—14                                        |    |    |     | 13  | 29  | 21 | 31  | 30   | 1   |     |    |     |
| 14—18                                        |    |    |     |     | 0,4 | 12 | 3   |      |     |     |    |     |

### 2.3. Прямая радиация

*Прямой солнечной радиацией* называется радиация, поступающая к земной поверхности в виде пучка параллельных лучей непосредственно от солнца и околосолнечного пространства радиусом  $5^\circ$ . Она условно обозначается  $S$  и измеряется на поверхности, перпендикулярной солнечным лучам. Прямая радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, обозначается  $S'$ ; она непосредственно не измеряется, а рассчитывается по формуле

$$S' = S \sin h_{\odot},$$

где  $h_{\odot}$  — высота солнца.

Энергетическая освещенность, или интенсивность солнечной радиации, это количество солнечной радиации (Дж, кал), получаемое (или теряемое)  $1 \text{ см}^2$  поверхности за 1 мин. Для перевода интенсивности солнечной радиации, измеренной в  $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ , в Международную систему единиц (СИ) можно использовать следующие соотношения:

$$1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин}) = 698 \text{ Вт}/\text{м}^2 = 0,698 \text{ кВт}/\text{м}^2,$$

$$1 \text{ кал}/\text{см}^2 = 4,19 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{м}^2 = 41,9 \text{ кДж}/\text{м}^2,$$

$$1 \text{ ккал}/\text{см}^2 = 4,19 \cdot 10^7 \text{ Дж}/\text{м}^2 = 41,9 \text{ МДж}/\text{м}^2.$$

Для измерения прямой солнечной радиации используется термоэлектрический актинометр Савинова — Янишевского. В качестве контрольного прибора используются такие же актинометры, которые один раз в три года контролируются эталоном ГГО.

Тепловое воздействие потоков радиации на деятельную поверхность за определенный промежуток времени характеризуется энергетической освещенностью или суммой радиации ( $\sum S$ ,  $\sum Q$  и т. д.).

Суммы радиации вычисляются по срочным наблюдениям за час, сутки, месяц и год.

Суммы прямой радиации зависят от высоты солнца, продолжительности дня, облачности и прозрачности атмосферы. Сумма прямой радиации, рассчитанная для ясного неба, называется возможной суммой  $\sum S_v$ . Действительная сумма  $\sum S_d$  — сумма прямой

Таблица 7

Энергетическая освещенность прямой солнечной радиацией, поступающей на нормальную к лучу поверхность  $S$  (кВт/м<sup>2</sup>) при средних условиях облачности (о) и ясном небе (я) в сроки наблюдения

| Месяц | 6 ч 30 м |      | 9 ч 30 м |      | 12 ч 30 м |      | 15 ч 30 м |      | 18 ч 30 м |      |
|-------|----------|------|----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|       | о        | я    | о        | я    | о         | я    | о         | я    | о         | я    |
| I     |          |      | 0,34     | 0,72 | 0,42      | 0,80 | 0,22      | 0,48 |           |      |
| IV    | 0,20     | 0,50 | 0,42     | 0,80 | 0,43      | 0,86 | 0,28      | 0,74 | 0,01      | 0,07 |
| VIII  | 0,40     | 0,59 | 0,63     | 0,81 | 0,67      | 0,85 | 0,47      | 0,76 | 0,14      | 0,33 |
| X     | 0,06     | 0,21 | 0,48     | 0,75 | 0,50      | 0,83 | 0,28      | 0,56 |           |      |

радиации, определенная с учетом облачности. Эти суммы связаны соотношением:  $\sum S_d = (1 - n) \sum S_v$ , где  $n$  характеризует степень покрытия неба облаками за определенный промежуток времени.

Во Фрунзе актинометрические наблюдения проводятся с 1954 г. в следующие сроки по среднему солнечному времени: 0 ч 30 мин, 6 ч 30 мин, 9 ч 30 мин, 12 ч 30 мин, 15 ч 30 мин и 18 ч 30 мин.

Таблица 8

Сумма прямой солнечной радиации (МДж/м<sup>2</sup>) на нормальную к лучу ( $S$ ) и горизонтальную ( $S'$ ) поверхности при различных условиях облачности

| Прямая радиация | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|-----------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|-----|
|-----------------|---|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|-----|

Средние условия облачности

|      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| $S$  | 302 | 272 | 303 | 428 | 574 | 711 | 754 | 731 | 585 | 431 | 304 | 235 | 5 630 |
| $S'$ | 109 | 122 | 169 | 277 | 392 | 488 | 533 | 481 | 365 | 210 | 113 | 80  | 3 339 |

Ясное небо

|      |     |     |     |     |       |       |       |       |     |     |     |     |        |
|------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|--------|
| $S$  | 651 | 674 | 865 | 970 | 1 131 | 1 142 | 1 098 | 1 010 | 847 | 767 | 626 | 592 | 10 373 |
| $S'$ | 210 | 283 | 444 | 594 | 739   | 756   | 732   | 637   | 483 | 375 | 232 | 175 | 5 660  |

В табл. 7 и 8 приведены средняя энергетическая освещенность прямой радиацией, поступающей на нормальную к лучу поверхность, и суммы прямой радиации во Фрунзе. Поток прямой радиации при ясном небе в полтора-два раза больше, чем при средних условиях облачности, причем утром и вечером эта разница увеличивается.

Суточный ход сумм прямой радиации на горизонтальную поверхность показан на рис. 5. Приведенные графики построены для центральных месяцев каждого сезона. Изменение суточного хода сумм прямой радиации зависит от высоты солнца, прозрачности атмосферы и облачности. С изменением высоты солнца часовые

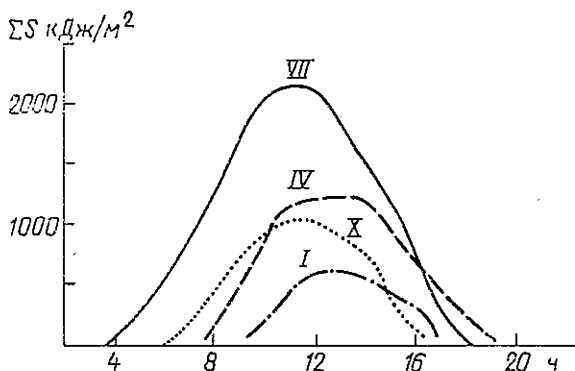


Рис. 5. Суточный ход часовых сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности в январе, апреле, июле и октябре в г. Фрунзе.

суммы увеличиваются до полудня и уменьшаются в вечерние часы; причем суточный ход не симметричен относительно полудня: в январе и апреле максимум наступает после полудня, в июле и октябре — до полудня. Эта особенность суточного хода прямой радиации обусловлена суточным ходом облачности в г. Фрунзе.

В весенне-зимний период часто формируются приземные инверсии; при этом наибольшая повторяемость пасмурного неба по общей облачности наблюдается утром, наименьшая — во вторую половину дня. Летом и осенью наибольшая повторяемость пасмурного неба по общей облачности приходится на послеобеденные и вечерние часы. С годовым ходом облачности связано увеличение прямой радиации в теплый период. В апреле — сентябре (самые малооблачные месяцы во Фрунзе) наблюдается наименьшая повторяемость пасмурного неба по общей облачности. Однако максимальные суммы прямой радиации отмечаются в марте. Это связано, по-видимому, с резким увеличением высоты солнца и с высокой прозрачностью атмосферы. В октябре и январе часовые суммы прямой радиации почти в два раза меньше по сравнению с соответствующими суммами в апреле и июле. В декабре при малой высоте солнца отмечаются минимальные суммы прямой радиации.

В годовом ходе максимум месячных сумм прямой радиации приходится на июнь — июль, минимум — на декабрь. В годовом ходе прямой радиации заметно увеличение месячных сумм от

февраля к маю (см. табл. 8), что связано с повышением высоты солнца и продолжительности дня, а также с большей прозрачностью атмосферы в эти месяцы.

Облачность снижает приход прямой радиации, особенно в марте (37 %), когда наблюдается наибольшая повторяемость общей об-

Таблица 9

Отношение (%) месячных сумм прямой радиации (при средних условиях облачности) к возможным суммам (при ясном небе)

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|
| 47 | 43 | 37  | 46 | 50 | 65 | 67  | 71   | 71 | 56 | 47 | 40  |

лачности (табл. 9). В месяцы с наибольшей продолжительностью дня и небольшой облачностью (июнь — сентябрь) сумма прямой солнечной радиации по Фрунзе составляет 65—71 % возможной.

## 2.4. Рассеянная радиация

*Рассеянная радиация* представляет собой ту часть солнечной радиации, которая после рассеивания атмосферой и отражения от облачных частиц поступает на горизонтальную поверхность земли сверху. Сюда же входит и радиация, отраженная различными предметами, расположенными выше точки наблюдения: деревьями, строениями, горами. Рассеянная радиация условно обозначается буквой *D*. Единицы измерения те же, что и для прямой радиации. Рассеянная радиация измеряется пиранометром, приемная часть которого затеняется от прямых солнечных лучей теневым экраном.

Рассеянная радиация зависит от высоты солнца, облачности, прозрачности атмосферы и отражающей способности подстилающей поверхности. При безоблачном небе поток рассеянной радиации зависит только от высоты солнца: увеличивается к полудню и убывает к вечеру. С увеличением в атмосфере количества аэрозолей поток рассеянной радиации возрастает. Особенно сильно рассеянная радиация увеличивается при наличии снега на почве и облаков верхнего и среднего ярусов, освещенных солнцем. Сплошная, плотная облачность, наоборот, значительно уменьшает рассеянную радиацию.

В табл. 10 и на рис. 6 представлен суточный ход энергетической освещенности и часовых сумм рассеянной радиации, измеренной с помощью пиранографа.

Годовая сумма рассеянной радиации при безоблачном небе (возможная сумма) составляет 1366 МДж/м<sup>2</sup>, при действительных условиях облачности — более 2000 мДж/м<sup>2</sup> (табл. 11). Наибольшие суммы рассеянной радиации во Фрунзе наблюдаются в мае за счет

Таблица 10

Энергетическая освещенность рассеянной радиацией (кВт/м<sup>2</sup>)  
при средних условиях облачности (о) и ясном небе (я)  
в сроки наблюдения

| Месяц | 6 ч 30 м |      | 9 ч 30 м |      | 12 ч 30 м |      | 15 ч 30 м |      | 18 ч 30 м |      |
|-------|----------|------|----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
|       | о        | я    | о        | я    | о         | я    | о         | я    | о         | я    |
| I     |          |      | 0,11     | 0,08 | 0,17      | 0,11 | 0,07      | 0,06 |           |      |
| IV    | 0,07     | 0,07 | 0,22     | 0,15 | 0,26      | 0,16 | 0,17      | 0,13 | 0,01      | 0,02 |
| VII   | 0,10     | 0,08 | 0,19     | 0,13 | 0,21      | 0,14 | 0,19      | 0,13 | 0,05      | 0,07 |
| X     | 0,02     | 0,03 | 0,15     | 0,11 | 0,17      | 0,12 | 0,09      | 0,08 |           |      |

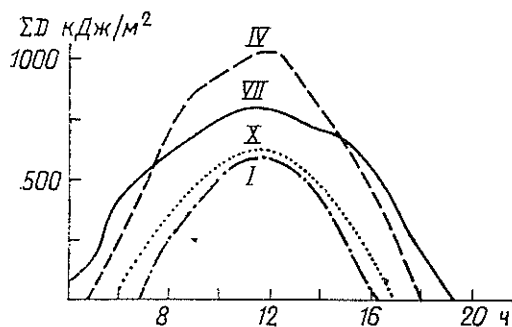


Рис. 6. Суточный ход часовых сумм рассеянной радиации при средних условиях облачности в январе, апреле, июле и октябре в г. Фрунзе (по данным самописца КСП-4).

Таблица 11

Суммы рассеянной радиации (МДж/м<sup>2</sup>) при средних условиях  
облачности и ясном небе

| Характеристика условий | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII | Год  |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|------|
| Облачно                | 113 | 149 | 206 | 234 | 273 | 247 | 246 | 214  | 169 | 142 | 98 | 90  | 2181 |
| Ясно                   | 71  | 88  | 109 | 138 | 151 | 142 | 168 | 138  | 117 | 113 | 71 | 59  | 1366 |

большой повторяемости облаков кучевых форм. В отдельные годы суммы рассеянной радиации могут значительно отличаться от средних многолетних.

## 2.5. Суммарная радиация

Общий приход прямой и рассеянной радиации на горизонтальную поверхность составляет *суммарную солнечную радиацию*  $Q$ . Таким образом,  $Q = S' + D$ . Суммарная радиация, поступающая на поверхность земли, не только поглощается, но и частично отражается. Часть суммарной радиации, отраженная от деятельной по-



верхности, называется *отраженной радиацией*  $R$ . Она зависит от отражательной способности почвы, ибо альbedo  $A$  (отношение отраженной от поверхности земли радиации к приходящей суммарной, т. е.  $A = R/Q$ ). Выражается альbedo в процентах.

Таблица 12  
Годовой ход альbedo (%) в г. Фрунзе

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 54 | 43 | 23  | 21 | 21 | 20 | 20  | 21   | 22 | 22 | 30 | 43  | 24  |

Во Фрунзе альbedo изменяется от 75—50 % зимой до 15—20 % летом, так как характер подстилающей поверхности существенно меняется от зимы к лету. Годовой ход альbedo во Фрунзе хорошо выражен (табл. 12, рис. 7). Свежевыпавший снег, альbedo кото-

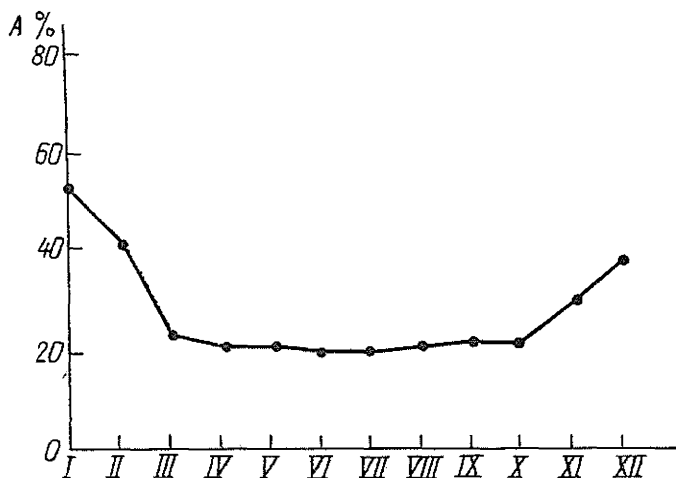


Рис. 7. Годовой ход альbedo в г. Фрунзе.

рого составляет 70—75 %, сохраняется в городе всего два-три дня.

Затем он начинает таять, смешивается с пылью, альbedo его снижается до 45—50 %. По мере разрушения снежного покрова альbedo уменьшается и достигает минимальных значений в июле — августе. Альbedo зеленой травы составляет 15—20 %, сухого асфальта — 20—22 %, гравия — 18 %.

Доля прямой и рассеянной радиации в суммарной меняется в течение года. Вклад (%) рассеянной радиации в суммарную для г. Фрунзе можно оценить по следующим данным:

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 52 | 55 | 54  | 45 | 40 | 33 | 32  | 29   | 33 | 38 | 44 | 54  | 39  |

Доля прямой радиации с увеличением высоты солнца и уменьшением облачности возрастает: в мае — сентябре она составляет 60—70 %. С декабря по март доля рассеянной радиации несколько превышает долю прямой и составляет 52—55 % суммарной.

Суточный ход суммарной радиации так же, как прямой и рассеянной, зависит от высоты солнца (рис. 8). Наибольшие часовые суммы суммарной радиации наблюдаются в полдень.

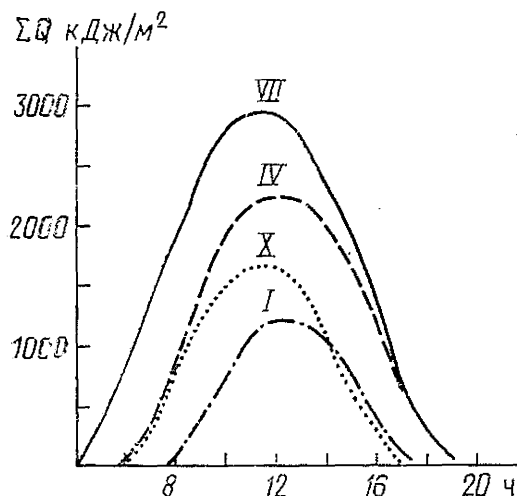


Рис. 8. Суточный ход часовых сумм суммарной радиации при средних условиях облачности в январе, апреле, июле и октябре в г. Фрунзе (по данным самописца КСП-4).

Наблюдаемая максимальная энергетическая освещенность суммарной радиацией во Фрунзе составляет 1,07 кВт/м<sup>2</sup>.

Суточный ход часовых сумм суммарной радиации почти полностью повторяет суточный ход прямой радиации. Однако в теплый период максимум более симметричен относительно полудня по сравнению с суточным ходом сумм прямой радиации. Это можно объяснить некоторой компенсацией рассеянной радиацией, суточный ход которой не имеет асимметрии относительно полудня.

В годовом ходе максимум месячных сумм суммарной радиации наблюдается в июне — июле (735—778 МДж/м<sup>2</sup>), минимум — в декабре (170 МДж/м<sup>2</sup>). Месячные суммы суммарной радиации весной возрастают в связи с увеличением высоты солнца, продолжительности дня и прозрачности атмосферы.

От года к году месячные суммы суммарной радиации испытывают значительные колебания. В летний период разность между максимальными и минимальными суммами суммарной радиации может достигать 250 МДж/м<sup>2</sup>.

Годовая сумма суммарной радиации при средних условиях облачности во Фрунзе составляет 5518 МДж/м<sup>2</sup>, или 76 % возможной (табл. 13). Наибольшие значения отношений действительных сумм суммарной радиации к возможным (80—86 %) отмечаются в летний период, наименьшие — весной (65—68 %).

Энергия солнечных лучей с длиной волны 0,38—0,71 мкм является фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Эта энергия обуславливает важнейшие физиологические процессы в растениях. Фотосинтетически активная радиация включает в себя доли прямой и рассеянной ФАР, пропорциональные потокам прямой и рас-

Таблица 13

Суммы суммарной радиации  $Q$  (МДж/м<sup>2</sup>) при средних условиях облачности и ясном небе и их отношения

| Характеристика условий | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год  |
|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| Облачно                | 222 | 271 | 375 | 511 | 665 | 735 | 778 | 695  | 533 | 352 | 211 | 170 | 5518 |
| Ясно                   | 290 | 382 | 591 | 764 | 917 | 925 | 909 | 806  | 625 | 419 | 307 | 247 | 7253 |
| Отношение, %           | 76  | 73  | 65  | 68  | 72  | 80  | 85  | 86   | 85  | 84  | 70  | 70  | 76   |

сеянной солнечной радиации. Эта зависимость используется для определения дневных и месячных сумм ФАР и выражается формулой

$$U_{\phi} = 0,43S' + 0,57D,$$

где  $U_{\phi}$  — фотосинтетически активная радиация  $S'$  — прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность,  $D$  — рассеянная солнечная радиация.

Средняя годовая сумма суммарной ФАР для Фрунзе равна 2548 МДж/м<sup>2</sup>, месячные суммы имеют следующие значения:

| I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|
| 100 | 128 | 173 | 248 | 312 | 343 | 350 | 316  | 240 | 163 | 97 | 78  |

## 2.6. Радиационный баланс

Попадая на земную поверхность, часть суммарной радиации отражается от земли и уходит в виде *отраженной радиации* обратно в атмосферу. Отраженная радиация  $R$  зависит от отражательной способности почвы. Остальная часть суммарной радиации поглощается земной поверхностью. Это *поглощенная коротковолновая радиация*:  $Q - R$ .

Земная поверхность, атмосфера и облака, нагреваясь, сами становятся источником излучения. Длинноволновое излучение земли  $E_z$  направлено вверх к атмосфере. Длинноволновое излучение — противоизлучение атмосферы  $E_a$  направлено в сторону земной поверхности. Разность этих потоков называется *эффективным излучением*:  $E_{z\phi} = E_z - E_a$ . Потеря тепла земной поверхностью зависит от температуры почвы и воздуха, абсолютной влажности и от количества облаков.

Разность между приходом и расходом лучистой энергии называется *радиационным балансом*. Рассчитывается радиационный баланс по формуле

$$B = S' + D - R + E_a - E_z.$$

В зависимости от соотношения прихода-расходных составляющих знак радиационного баланса может быть положительным (поверхность земли поглощает больше радиации, чем отдает) и отрицательным (поверхность земли поглощает меньше радиации,

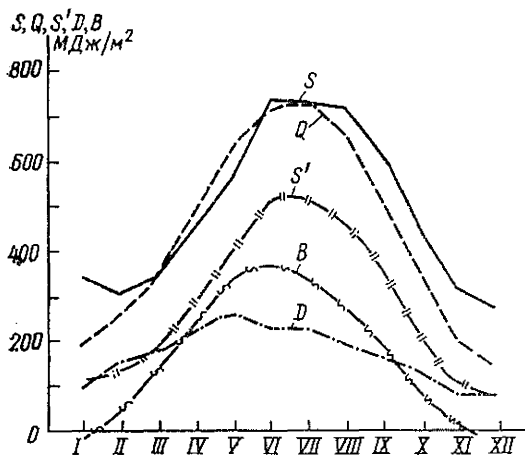


Рис. 9. Годовой ход составляющих радиационного баланса в г. Фрунзе.

$S$  — прямая солнечная радиация на горизонтальную поверхность,  $S'$  — то же на перпендикулярную поверхность,  $Q$  — суммарная радиация,  $D$  — рассеянная,  $B$  — радиационный баланс.

чем отдает). Величина и знак радиационного баланса зависят от температуры подстилающей поверхности, ее альбедо, от количества облаков и характера облачности. На рис. 9 представлен годовой ход составляющих радиационного баланса. Месячные суммы радиационного баланса приведены в табл. 14.

Таблица 14

Месячные суммы радиационного баланса (МДж/м²) в г. Фрунзе

| I  | II | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI | XII | Год  |
|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|-----|------|
| -7 | 46 | 157 | 252 | 340 | 364 | 343 | 280  | 194 | 101 | 25 | 4   | 2099 |

Годовой радиационный баланс для Фрунзе составляет 2099 МДж/м². Период с положительным радиационным балансом составляет 10—11 месяцев. Переход радиационного баланса от положительного к отрицательному отмечается в среднем в третьей декаде ноября, а в конце января знак баланса меняется на обратный. Максимум месячных сумм радиационного баланса наблюдается в июне — июле и составляет 343—364 МДж/м².

Осенью вместе с уменьшением прихода радиации снижается и радиационный баланс. В ноябре в связи с увеличением альбедо и дальнейшим уменьшением суммарной радиации месячные суммы радиационного баланса резко уменьшаются. Наименьший баланс отмечается в декабре — январе.

В отдельные годы и месяцы могут наблюдаться отклонения от описанного режима радиационного баланса в зависимости от изменения влияющих факторов. Так, максимальные суммы радиационного баланса в июне — июле может достигать  $420 \text{ МДж/м}^2$ , а в январе и декабре суммы баланса могут понижаться до  $-33,5 \text{ МДж/м}^2$ . Осенью и весной в отдельные годы в зависимости от продолжительности залегания снежного покрова может иметь место сдвиг во времени перехода радиационного баланса через нуль.

В суточном ходе максимальный радиационный баланс наблюдается в полуденные часы, минимум — ночью. Переход радиационного баланса через нуль происходит через 1 ч после восхода солнца и за 1,0—1,5 ч до захода солнца. Максимальный радиационный баланс при средних условиях облачности наблюдается в июне — июле и составляет  $29,3 \text{ МДж/м}^2$ . При средних условиях облачности ночью радиационный баланс выше, чем при ясном небе за счет уменьшения эффективного излучения. В среднем для Фрунзе радиационный баланс ночью составляет в месяцы со снежным покровом —  $1,7 \text{ МДж/м}^2$ , а в теплый период —  $2,9 \text{ МДж/м}^2$ .

## 2.7. Прозрачность атмосферы

Изменение прямой солнечной радиации, ее суточный и годовой ход в значительной степени зависят от *прозрачности атмосферы*. Прозрачность атмосферы характеризуется коэффициентом прозрачности, который является одним из важнейших показателей радиационного режима. Коэффициент прозрачности вычисляется по формуле Бугера

$$S = S_0 p^m,$$

где  $S_0$  — солнечная постоянная, т. е. интенсивность радиации на границе атмосферы; согласно международным рекомендациям,  $\delta_0 = 1,38 \text{ кВт/м}^2$ ;  $p$  — коэффициент прозрачности атмосферы;  $m$  — число оптических масс атмосферы, которое зависит от высоты солнца  $h_\odot$  и приближенно равно  $\cos h_\odot$ .

Если солнце находится в зените, то  $m = 1$ , тогда  $p = S/S_0$ . Прямая радиация у земли всегда меньше солнечной постоянной, поэтому коэффициент прозрачности всегда меньше единицы. Его величина меняется в зависимости от содержания в атмосфере пыли, водяного пара, озона, углекислого газа и других примесей. Коэффициент прозрачности зависит также от высоты солнца; при уменьшении  $h_\odot$  и увеличении  $m$  он увеличивается. Для сравнимости коэффициентов прозрачности их приводят к одинаковой мас-

се  $m=2$  или к высоте солнца  $h_{\odot}=30^{\circ}$ . Коэффициент прозрачности определяется лишь в тех случаях, когда на солнечном диске отсутствуют даже тонкие облака.

Прозрачность воздуха в течение дня непостоянна (табл. 15, рис. 10), так как количество водяного пара и других примесей

Таблица 15  
Суточный ход коэффициента прозрачности

| Месяцы | 6 ч 30 м | 9 ч 30 м | 12 ч 30 м | 15 ч 30 м | 18 ч 30 м |
|--------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| I      |          | 0,772    | 0,768     | 0,766     |           |
| IV     | 0,753    | 0,726    | 0,720     | 0,729     |           |
| VII    | 0,733    | 0,706    | 0,702     | 0,707     | 0,728     |
| X      | 0,730    | 0,726    | 0,726     | 0,726     |           |

в атмосфере меняется. В холодный период типичным является непрерывное уменьшение коэффициента прозрачности от утренних часов к вечерним. При этом главную роль играют испарение влаги и контрасты температур заснеженной и оттаявшей поверхностей.

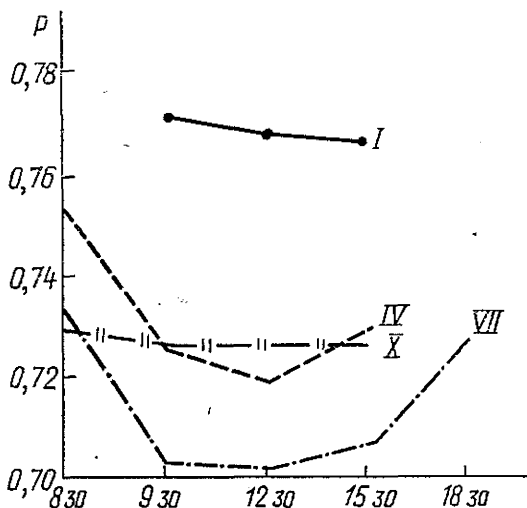


Рис. 10. Суточный ход коэффициента прозрачности в январе, апреле, июне и октябре в г. Фрунзе.

Такая картина наблюдается во Фрунзе во время частых зимних оттепелей, когда дневная температура воздуха повышается до положительных значений.

Для теплого периода характерен дневной ход коэффициента прозрачности с минимумом в околополуденные часы. Причем в соответствии с суточным ходом абсолютной влажности прозрачность

в дополуенные часы несколько меньше, чем в послеполуенные.

Годовой ход коэффициента прозрачности атмосферы характеризуют данные табл. 16. Годовая амплитуда коэффициента прозрачности составляет 0,070. Максимальный коэффициент прозрачности наблюдается зимой (декабрь, январь).

Таблица 16

Годовой ход коэффициента прозрачности атмосферы в г. Фрунзе

| I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | Год   |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,774 | 0,750 | 0,740 | 0,728 | 0,724 | 0,716 | 0,705 | 0,707 | 0,710 | 0,726 | 0,754 | 0,759 | 0,733 |

Рассматривая изменение средних годовых коэффициентов прозрачности от года к году (табл. 17), можно заметить тенденцию к их уменьшению. Объясняется это тем, что ст. Фрунзе, расположенная на западной окраине города, в последние годы оказалась

Таблица 17

Средние годовые значения коэффициента прозрачности в г. Фрунзе

| Год  | $\rho$ | Год  | $\rho$ | Год  | $\rho$ | Год  | $\rho$ | Год  | $\rho$ | Год  | $\rho$ |
|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|------|--------|
| 1955 | 0,757  | 1962 | 0,740  | 1969 | 0,715  | 1959 | 0,744  | 1966 | 0,743  | 1973 | 0,726  |
| 1956 | 0,762  | 1963 | 0,737  | 1970 | 0,706  | 1960 | 0,754  | 1967 | 0,736  | 1974 | 0,704  |
| 1957 | 0,762  | 1964 | 0,721  | 1971 | 0,709  | 1961 | 0,772  | 1968 | 0,703  | 1975 | 0,701  |
| 1958 | 0,743  | 1965 | 0,735  | 1972 | 0,726  |      |        |      |        |      |        |

полностью застроенной. В окрестностях станции расположены промышленные предприятия, автобазы, паравозное депо, являющиеся источниками загрязнения атмосферы.

### 3. ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

#### 3.1. Общие положения

В свободной атмосфере над г. Фрунзе и Чуйской долиной, как и над другими районами Средней Азии, преобладает перенос воздушных масс с запада на восток, т. е. имеет место зональная циркуляция, которая временами нарушается, вызывая тем самым изменения погоды. При этом характер погоды меняется в зависимости от того, какие воздушные массы приходят в Чуйскую долину. Так, резкие зимние оттепели во Фрунзе связаны с приходом тропического воздуха, когда течения атмосферы приобретают юго-западное или южное направление. Значительные похолодания обусловлены вторжениями арктического воздуха, когда западные течения сменяются северо-западными, северными или северо-восточными.

В условиях географического положения Средней Азии атмосферная циркуляция имеет хорошо выраженные сезонные особенности, которые определяют сезонность в режиме погоды.

Примерно на вторую половину октября приходится период, когда наступает резкое различие между тепловым балансом умеренных и южных широт. Вследствие этого усиливается общая циркуляция атмосферы и соответственно активизируется циклоническая деятельность в умеренных широтах. Зарождающиеся над северными районами Атлантики циклоны, как правило, сериями из нескольких барических образований перемещаются с северо-запада на юго-восток через территорию ЕЧС и Урал в Западную Сибирь. Каждый последующий циклон одной серии проникает все дальше на юг. Вместе с тем каждое холодное вторжение, связанное с циклоном, приносит все более низкие температуры вплоть до заморозков, которые наступают в Чуйской долине и в районе г. Фрунзе уже в середине октября, а в отдельные годы — в конце сентября.

Распространение арктического воздуха на юг и приближение его к очагам формирования тропического воздуха вызывает увеличение контрастов температур и скоростей ветра, что приводит к обострению высотной фронтальной зоны. В связи с этим в конце октября — начале ноября над районами Средней Азии формируются циклоны, обуславливающие неустойчивый режим погоды. В конце ноября — начале декабря осуществляется переход средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  и образуется устойчивый снежный покров, т. е. начинается зима. Однако отмечаются и аномальные годы, когда из-за задержки осенних арктических вторжений наступление зимы запаздывает, а снежный покров образуется лишь в январе.

При дальнейшем зимнем понижении температуры высотная фронтальная зона и связанные с ней циклоны перемещаются к югу от Средней Азии, на территорию Ирана и Афганистана. В январе и первой половине февраля район г. Фрунзе и Чуйская долина



оказываются под влиянием сибирского антициклона, который к этому времени достигает своего максимального развития. Зима характеризуется относительно устойчивой безветренной малооблачной морозной погодой с холодными вторжениями, связанными с циклонами умеренных широт.

К середине февраля над бесснежными пустынями южных широт приток солнечного тепла заметно увеличивается, происходит повышение температуры в годовом ходе. К концу февраля влияние сибирского антициклона ослабевает. При этом высотная фронтальная зона перемещается в обратном направлении, на территорию Средней Азии. При сохранении зимних холодов над Сибирью и Казахстаном формирование тропического воздуха над территорией Ирана и Афганистана становится все более интенсивным, увеличиваются контрасты температур во фронтальной зоне, циклоническая деятельность вновь активизируется. Каждый случай прорыва циклона вызывает интенсивное потепление, которое затем сменяется резким кратковременным похолоданием: дожди переходят в снегопады, образуется снежный покров, который исчезает к следующему прорыву циклона. Если вслед за циклоническим прорывом вторгается мощный поток арктического воздуха, то осадки могут быть обильными и продолжительными. В период зимне-весенней циклонической деятельности выпадает наибольшее количество годовых осадков с максимумом в апреле.

Во второй половине апреля — начале мая очаги формирования тропического воздуха начинают распространяться на пустыни Средней Азии, внутри тропического воздуха происходит интенсивный нагрев. Сезонное повышение температуры охватывает территорию Казахстана, соответственно и зона циклонической деятельности сдвигается на север.

В течение указанного периода осуществляется переход на летние типы циркуляции, т. е. активность циклонической деятельности спадает, начинается сезон грозовой деятельности и ливневых дождей, обусловленных холодными вторжениями и развитием мощной конвекции над прогретой и увлажненной после снеготаяния и весенних дождей земной поверхностью. По температурным условиям вторая половина мая во многом сходна с июнем, т. е. с летним месяцем. Но возможны возвраты холодов. Так, например, 29 мая 1958 г. интенсивное вторжение холодного воздуха арктического происхождения (из районов Карского моря) вызвало в Чуйской долине и г. Фрунзе сильный снегопад и понижение температуры воздуха до заморозков.

С наступлением летнего периода все больше сказывается влияние радиационного фактора климата, которое проявляется главным образом в быстром прогреве и трансформации воздушных масс, поступающих в Чуйскую долину из более северных широт. С середины лета радиационный фактор является уже доминирующим, так как прохождение холодных фронтов почти не вызывает понижения температуры в приземном слое воздуха и сопровождается лишь кратковременными усилениями западного ветра при

малооблачной или ясной погоде. В июле и августе дневная температура воздуха нередко достигает 36—37°C и выше, а ночная — 25—27°C. Это обусловлено не только сильным радиационным прогревом местного воздуха, но и переносом запыленного тропического воздуха с более высокой температурой, сформированного над песчаными пустынями Туранской низменности или Иранского нагорья. В такие дни горизонт затянут мглой, видимость ограничена, горы просматриваются слабо.

В сентябре уже ощущается общесезонное понижение температуры воздуха с большими колебаниями ее ото дня к ночи. Суточная амплитуда температуры в ясные дни может достигать 15—16°C. Осуществляющиеся время от времени холодные вторжения пока еще не вызывают сильных похолоданий.

Вторая половина лета и первая половина осени характеризуются малооблачной сухой погодой, наблюдающейся на фоне обширного и устойчивого размытого барического поля. На этот период приходится наименьшее количество годовых осадков.

### **3.2. Особенности синоптических процессов Средней Азии и Чуйской долины**

Синоптические процессы Средней Азии имеют свои особенности, вытекающие в основном из ее географического положения. Западная часть Средней Азии представляет собой обширные пустыни, а над восточной возвышаются мощные горные массивы Памиро-Алая и Тянь-Шаня. Летом при холодных вторжениях воздух над пустынями прогревается, вследствие чего холодные фронты нередко проявляются лишь в усилении ветра и возникновении пыльных бурь. Горные массивы, являясь мощным препятствием на пути холодных вторжений, вызывают вынужденный подъем воздуха, что усиливает процессы конденсации и приводит к выпадению осадков в горах. С юга и юго-востока Средняя Азия окаймлена высочайшими горными хребтами, которые препятствуют межширотному обмену в нижней тропосфере и деформируют воздушные течения.

Синоптические процессы Средней Азии изучены достаточно хорошо. Этой теме посвящена фундаментальная монография, составленная группой синоптиков под руководством В. А. Бугаева [18]. Имеются и более поздние работы [5, 11, 21]. В соответствии с этими работами синоптические процессы Средней Азии систематизированы в 15 типов.

Каждый из этих типов имеет свои отличительные признаки, проявляющиеся как в самом развитии процесса, так и в характере обусловливаемой им погоды.

Рассмотрим основные типы синоптических процессов, которые оказывают наиболее существенное влияние на формирование различных условий погоды в районе города Фрунзе.

*Южнокаспийские и мургабские циклоны* (в работе [18] они обозначены №№ 1 и 2; под № 3 значится верхнеамударьинский циклон). Эти циклоны образуются над территорией Ирана, Ирака и отличаются тем, что первый из них проникает в Среднюю Азию с юга Каспия, а второй появляется с бассейнов рек Теджен и Мургаб. В соответствии с направлением высотной фронтальной зоны южнокаспийский и мургабский циклоны в течение 1,5—2 сут пересекают Среднюю Азию с юго-запада на северо-восток, обуславливая вынос тропического воздуха в теплых секторах.

Предвестниками прихода южнокаспийского и мургабского циклонов служат перистые облака, которые, перемещаясь на северо-восток, постепенно уплотняются. У земли начинается усиление восточного ветра типа фёна, скорость которого в районе г. Фрунзе может достигать 15—20 м/с. Усиление восточного ветра у земли при сильном юго-западном ветре на высотах вызывает развитие интенсивной атмосферной турбулентности. Тропический воздух держится у земли недолго, около суток, затем он вытесняется холодным воздухом. Вытеснение тропического воздуха обычно сопровождается осадками. Если за циклоническим прорывом непосредственно следует холодное вторжение, то осадки могут быть значительными. С прорывом южнокаспийских и мургабских циклонов связан наиболее резкий перепад давления (от падения к росту) и установление на короткое время самых низких его значений.

*Малоподвижный циклон* на севере Средней Азии (№ 8) — редко встречающийся тип синоптического процесса. Чаще всего он формируется в результате регенерации ранее окклюдированного циклона. Циклон является высоким барическим образованием и занимает значительную часть территории Средней Азии и Казахстана; его центр располагается обычно над районом Аральского моря. Циклон очень устойчив и может удерживаться в течение 3—7 сут. При данной синоптической ситуации устанавливается сравнительно холодная облачная погода с часто возобновляющимися осадками: зимой в виде снега, в переходные сезоны — ливневые дожди с грозами.

*Волновая деятельность* (№ 7). При этом типе синоптических процессов происходит волнообразование на малоподвижных фронтах вдоль гор юго-востока Средней Азии. Один из частных случаев этого типа процессов, влияющих на погоду Чуйской долины, — волнообразование на малоподвижном фронте вдоль северных предгорий Тянь-Шаня, который формируется в результате сближения двух высотных фронтальных зон. Одна из фронтальных зон — южная — проходит от Средиземного моря, а другая — северная — подходит к северным отрогам Тянь-Шаня, огибая глубокую ложбину, расположенную обычно над Западной Сибирью. Высотная фронтальная зона, примыкающая с юга, обеспечивает перенос тепла и влаги до больших высот, а высотная фронтальная зона, примыкающая с севера, обеспечивает заток холодного воздуха с севера. Эти особенности циркуляционных условий и вызывают

обострение высотной фронтальной зоны и возникновение волнообразований на малоподвижном фронте. Одно из необходимых условий для формирования такого типа синоптических процессов — небольшая вертикальная мощность холодного воздуха, вследствие чего воздух не может преодолеть горное препятствие и задерживается в предгорной зоне. Поверх этой массы холодного воздуха наблюдается перенос теплого и влажного воздуха, обусловленный юго-западными или западными течениями со стороны Средиземного моря. Волновая деятельность проявляется главным образом в холодное полугодие и ее повторяемость намного уступает другим типам процессов. Однако продолжительность ее достаточно устойчива: один случай волновой деятельности может охватить период от 2 до 7 сут и более.

Погода при волновой деятельности крайне неустойчива. Так, в течение суток могут наблюдаться неоднократное возобновление осадков, частая смена направления ветра, чередование туманов и дымки. При интенсивных процессах волновой деятельности выпадает значительное количество осадков.

*Холодные вторжения.* Чуйская долина и район г. Фрунзе не защищены горами ни с севера, ни с запада и поэтому в значительной степени подвержены вторжениям холодных масс воздуха, с которыми связаны периоды похолоданий и ненастной погоды. В зависимости от того, откуда проникают в Чуйскую долину холодные массы, вторжения делятся на западные (№ 10), северо-западные (№ 5) и северные (№ 6). Обычно холодному вторжению предшествует потепление, которое связано с выносом теплого воздуха из более южных широт. С прохождением холодного фронта погода резко меняется: восточные ветры сменяются западными и усиливаются, небо заволакивает облаками, температура резко падает, начинают выпадать осадки. Если почва перед вторжением была сухой, то связанные с фронтом сильные ветры поднимают пыль — образуются пыльные бури. При западных и северо-западных вторжениях, как правило, выпадают осадки, при северных вторжениях возможны слабые осадки. Холодные вторжения сопровождаются значительным ростом атмосферного давления и обычно завершаются установлением юго-западной периферии антициклона.

Юго-западная периферия антициклона (№ 9). Эта синоптическая ситуация характерна для холодного полугодия (около 30 % от числа всех типов процессов).

Юго-западная периферия антициклона может сохраняться от нескольких дней до одной — двух недель. При этом устанавливается ясная погода. В холодное полугодие могут наблюдаться радиационные туманы. Сильные заморозки в районе г. Фрунзе отмечаются при юго-западной периферии антициклона. Этот тип процесса является также наиболее благоприятной синоптической ситуацией для образования мощных температурных инверсий, с которыми связана максимальная концентрация продуктов индустриального загрязнения воздушного бассейна г. Фрунзе. В редких случаях, когда антициклон задерживается над западными райо-

нами Казахстана, над Чуйской долиной на один-два дня устанавливается юго-восточная периферия антициклона (№ 9 а). В подобных случаях воздушные массы, поступающие в переднюю часть антициклона, испытывают подъем в предгорьях Киргизского хребта, что вызывает облакообразование и выпадение осадков. Ненастная погода продолжается до тех пор, пока центр антициклона не пройдет меридиан г. Фрунзе.

*Широкий вынос теплого воздуха* (№ 4). При этой синоптической ситуации тропический воздух широким интенсивным потоком с юго-запада или юга по всей толще тропосферы распространяется на Среднюю Азию, обуславливая значительное повышение температуры воздуха при ясной погоде. В районе г. Фрунзе этот процесс дополнительно усиливается фёновым эффектом, создаваемым южными ветрами, дующими с Киргизского хребта.

*Летняя термическая депрессия* (№ 11). Этот тип синоптического процесса формируется над Средней Азией только в летний период и представляет собой обширную малоподвижную и слабо выраженную область пониженного давления с центром на юге Узбекистана. В отличие от обычных циклонических областей в термической депрессии отсутствуют фронты и наблюдается безоблачная погода с рекордно высокой температурой воздуха для Средней Азии.

Среднеазиатская термическая депрессия является составной частью более мощной и обширной депрессии, которая занимает территорию Ирана, Ирака, Афганистана, Пакистана и развивается в результате сильного нагревания воздушных масс над обширными пустынями Передней и Средней Азии. Термическая депрессия сохраняется в течение 2—3 дней, реже до 5—7 дней, затем сменяется холодным вторжением.

Чуйская долина, расположенная на севере обширной горной системы, с точки зрения особенностей атмосферной циркуляции является одним из интереснейших горных районов. Широтно ориентированные горные цепи Тянь-Шаня — серьезное препятствие на пути холодных воздушных масс при их перемещении к югу. Воздушные течения в нижних 4—5 км при встрече с горными хребтами отклоняются к востоку, образуя высотную ложбину, которая оказывается орографически связанной. Периоды существования над Тянь-Шанем фронтальной зоны в передней части высотной ложбины отличаются крайне неустойчивой погодой в горах. Воздушные массы небольшой вертикальной мощности задерживаются в предгорьях, что приводит к увеличению контрастов температуры и орографическому фронтогенезу. Увеличению контрастов температуры в северных предгорьях Тянь-Шаня способствует и тот факт, что горные системы в летний период являются хорошим «поставщиком» тепла в атмосферу. В холодное полугодие сходимость потоков к северу от горных поднятий вносит определенный вклад в формирование западного отрога сибирского антициклона.

Все эти механические и термодинамические воздействия горных систем на воздушные потоки приводят к тому, что над горными

районами наблюдается максимальная скорость ветра. Весной и осенью интенсивность воздушных потоков повышается, так как они совпадают с общепланетарным.

Для выявления циркуляционных особенностей был составлен календарь синоптических процессов над Чуйской долиной за период 1955—1968 гг. Исходными материалами послужили синоптические карты и карты барической топографии, составленные Ташкентским и Фрунзенским бюро погоды, а также синоптические бюл-

Таблица 18

Средняя месячная повторяемость (%) типов синоптических процессов над Чуйской долиной за 12 лет (по 6-часовым интервалам)

| Номер типа синоптических процессов | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1, 2, 3                            | 3,7  | 4,9  | 10,0 | 5,7  | 2,2  | 1,4  | 0,3  | 0,3  | 0,5  | 1,1  | 1,7  | 2,9  |
| 4                                  | 9,1  | 3,9  | 0,7  | —    | —    | —    | —    | —    | —    | 0,3  | 4,3  | 7,2  |
| 5                                  | 4,3  | 4,9  | 3,0  | 5,4  | 4,5  | 5,2  | 5,3  | 5,3  | 7,7  | 8,3  | 6,0  | 4,3  |
| 6                                  | 2,1  | 1,8  | 2,9  | 3,2  | 6,2  | 5,4  | 4,9  | 7,4  | 4,9  | 4,4  | 3,9  | 2,8  |
| 7                                  | 9,4  | 10,7 | 22,7 | 18,4 | 28,4 | 20,3 | 14,3 | 11,8 | 7,3  | 12,3 | 18,2 | 18,2 |
| 8                                  | 3,8  | 1,2  | 0,3  | 5,1  | 12,0 | 14,8 | 20,7 | 10,4 | 5,2  | 0,9  | 4,1  | 3,1  |
| 9                                  | 34,8 | 22,8 | 15,0 | 3,6  | 9,7  | 6,7  | 1,4  | 3,9  | 10,8 | 19,6 | 22,7 | 25,2 |
| 9a                                 | 1,2  | 1,8  | 2,9  | 3,5  | 3,4  | 3,2  | 5,7  | 10,0 | 10,2 | 6,7  | 2,5  | 0,8  |
| 9б                                 | 18,6 | 23,0 | 24,6 | 27,4 | 16,3 | 15,1 | 5,7  | 14,5 | 21,0 | 22,2 | 19,3 | 18,9 |
| 10                                 | 3,8  | 4,9  | 4,5  | 2,2  | 7,7  | 8,6  | 7,7  | 4,3  | 6,3  | 4,1  | 3,3  | 4,5  |
| 11                                 | —    | —    | —    | —    | —    | 2,4  | 8,3  | 6,9  | 1,1  | —    | —    | —    |
| 12                                 | 9,5  | 10,5 | 10,5 | 26,2 | 23,0 | 34,6 | 39,2 | 44,7 | 35,1 | 36,8 | 25,1 | 13,6 |
| 13                                 | 2,7  | 1,2  | 1,8  | 1,3  | 2,8  | 1,0  | 0,8  | 0,4  | 0,8  | 2,4  | 1,2  | 3,8  |
| 14                                 | 19,2 | 14,1 | 17,9 | 9,3  | 6,8  | 4,2  | 3,7  | 1,6  | 4,4  | 9,0  | 12,4 | 16,8 |
| 15                                 | 1,7  | 7,3  | 7,2  | 3,8  | 0,2  | 0,3  | —    | —    | —    | 1,2  | 1,2  | 1,9  |

летени Гидрометцентра СССР (Центрального института прогнозов). Кроме того, использовался «Календарь типов синоптических процессов над Средней Азией». Оценка синоптического положения проводилась по основным синоптическим срокам (3, 9, 15 и 21 ч московского времени). Было проанализировано около 70 тыс. карт и по ним сделано более 18 тыс. определений.

Типизация синоптических процессов для Чуйской долины производилась в соответствии с общепринятой типизацией для Средней Азии [18].

В результате анализа многочисленных материалов было выявлено, кроме рассмотренных выше, еще пять типов синоптических процессов, формирующих погоду Чуйской долины [21]: южная периферия антициклона (№ 9 б), размытое барическое поле (№ 12), центральная часть антициклона (№ 13), передняя часть ложбины или циклона (№ 14), периферия антициклона над юго-востоком Казахстана и южный циклон над Средней Азией (№ 15). Результаты статистической обработки календаря синоптических процессов представлены в табл. 18 и 19.

Из табл. 19 видно, что в целом за год наибольшая повторяемость приходится на размытое барическое поле (21 %), южную

Таблица 19

Повторяемость (число случаев) типов синоптических процессов над Чуйской долиной  
в разные годы (по 6-часовым интервалам)

| Год                                | Номер типа синоптических процессов |      |      |      |       |      |       |      |       |      |      |       |      |       |      | Сумма  |
|------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|-------|------|--------|
|                                    | 1, 2, 3                            | 4    | 5    | 6    | 7     | 8    | 9     | 9а   | 9б    | 10   | 11   | 12    | 13   | 14    | 15   |        |
| 1955                               | 17                                 | 8    | 63   | 48   | 221   | 100  | 160   | 40   | 217   | 67   | —    | 322   | 9    | 166   | 22   | 1 460  |
| 1956                               | 38                                 | 4    | 23   | 25   | 262   | 62   | 168   | 75   | 208   | 78   | 54   | 295   | 8    | 120   | 44   | 1 464  |
| 1957                               | 38                                 | 13   | 56   | 81   | 190   | 95   | 209   | 59   | 204   | 42   | 2    | 338   | 14   | 101   | 18   | 1 460  |
| 1958                               | 41                                 | 14   | 80   | 66   | 193   | 112  | 197   | 43   | 216   | 58   | 12   | 240   | 30   | 134   | 24   | 1 460  |
| 1959                               | 51                                 | 16   | 45   | 53   | 242   | 114  | 160   | 79   | 259   | 78   | 54   | 213   | 4    | 72    | 20   | 1 460  |
| 1960                               | 34                                 | 18   | 88   | 74   | 124   | 95   | 152   | 45   | 275   | 90   | 28   | 251   | 47   | 98    | 45   | 1 464  |
| 1961                               | 26                                 | 32   | 50   | 44   | 143   | 49   | 152   | 25   | 273   | 82   | 22   | 413   | 19   | 111   | 19   | 1 460  |
| 1962                               | 22                                 | 22   | 69   | 26   | 183   | 80   | 183   | 53   | 226   | 73   | 17   | 362   | 32   | 90    | 22   | 1 460  |
| 1963                               | 22                                 | 54   | 99   | 44   | 221   | 24   | 189   | 37   | 207   | 81   | 28   | 298   | 25   | 220   | 21   | 1 460  |
| 1964                               | 14                                 | 82   | 75   | 21   | 218   | 44   | 181   | 62   | 219   | 37   | 7    | 315   | 39   | 113   | 37   | 1 464  |
| 1966                               | 72                                 | 4    | 66   | 67   | 113   | 118  | 177   | 42   | 207   | 23   | —    | 375   | 2    | 161   | 13   | 1 460  |
| 1967                               | 40                                 | 40   | 57   | 52   | 169   | 89   | 247   | 63   | 206   | 33   | —    | 283   | 14   | 157   | 10   | 1 460  |
| Сумма                              | 415                                | 307  | 771  | 601  | 2 299 | 982  | 2 175 | 623  | 2 717 | 742  | 224  | 3 705 | 243  | 1 433 | 295  | 17 532 |
| Средняя за год                     | 34,6                               | 25,6 | 64,3 | 50,1 | 199,3 | 81,8 | 181,0 | 51,8 | 266,0 | 61,8 | 18,7 | 309,0 | 20,2 | 119,4 | 24,6 | 1 461  |
| Средняя за год, %                  | 2,4                                | 1,8  | 4,4  | 3,4  | 13,1  | 5,6  | 12,4  | 3,6  | 15,5  | 4,2  | 1,3  | 21,1  | 1,4  | 8,2   | 1,7  | 100    |
| Средняя для холодного полугодия, % | 4,0                                | 3,5  | 3,8  | 2,3  | 12,7  | 2,4  | 17,8  | 1,7  | 18,2  | 3,2  | —    | 13,1  | 1,7  | 12,4  | 3,2  | 100    |
| Средняя для теплого полугодия, %   | 0,8                                | 0,9  | 4,9  | 4,5  | 13,5  | 8,7  | 7,1   | 5,4  | 12,9  | 5,3  | 2,6  | 29,0  | 1,1  | 4,0   | 0,2  | 100    |

периферию антициклона (16 %), волновую деятельность (13 %) и юго-западную периферию антициклона (12 %). На долю всех типов фронтальных процессов (№№ 1 — 5, 7, 8 и 10) приходится 28 % в холодном полугодии и 38 % в теплом. Повторяемость фронтальных процессов летом значительно больше, чем зимой (в июле 48 %, в январе 22 %). Это связано с тем, что при переходе от весны к лету происходит разрушение квазистационарного антициклона над Индией и образование высотных антициклонов над Тибетом и Передней Азией. Эти антициклоны вместе с периодическими ложбинами над Средней Азией и муссонной ложбиной над Индией создают высотное поле деформации, которое и является кинематической основой фронтогенеза.

Повторяемость того или иного синоптического процесса от года к году колеблется в значительных пределах. Так, волновая деятельность в 1960 г. наблюдалась в 8,5 %, а в 1963 г. — в 18 % случаев. Повторяемость северо-западных вторжений в 1956 и 1963 гг. составила соответственно 1,6 и 6,8 % и т. д. Аналогичная картина имеет место в отдельные месяцы. Так, в декабре 1968 г. повторяемость северных и северо-западных вторжений в сумме составила 25 шестичасовых интервалов, что превысило средние значения в 3,5 раза. Такие синоптические процессы, как выход южных циклонов и широкий вынос теплого воздуха отсутствовали. Декабрь 1968 г. был аномально холодным.

Сравнение полученных нами данных с результатами статистической обработки календаря типов синоптических процессов над Средней Азией показало, что повторяемость антициклонических ситуаций над Чуйской долиной и центральными районами Средней Азии составляет соответственно 38 и 42 % для холодного полугодия и 25 и 31 % для теплого. Невелики различия в повторяемости малоподвижных циклонов в холодном полугодии (около 2 %) и термической депрессии в теплом (около 3 %). Для остальных типов синоптических процессов различия очень существенны. Особенно это касается фронтальных процессов, повторяемость которых для районов Средней Азии составила 55 % в холодном полугодии и 59 % в теплом. Для Чуйской долины она равна соответственно 28 и 38 %.

Столь заметные различия в повторяемости синоптических положений над Чуйской долиной и центральными районами Средней Азии обусловлены разными масштабами и орографическими особенностями территорий. В связи с этим при выяснении синоптических условий формирования осадков, гроз, гололеда, туманов и других явлений над отдельными районами целесообразно проводить типизацию синоптических процессов для конкретного физико-географического района.

Повторяемость большинства синоптических процессов имеет более или менее выраженный годовой ход (см. табл. 18). Следовательно, влияние процессов на формирование погоды в том или ином месяце оказывается различными. Поэтому месяцы с одинаковой повторяемостью одних и тех же синоптических процессов были



объединены в группы. В результате появилась возможность определить границы синоптических сезонов для Чуйской долины.

*Зима.* В этот сезон вошли декабрь, январь и февраль. Переход от осени к зиме (от ноября к декабрю) характеризуется резким уменьшением повторяемости размытого барического поля (с 20,9 % до 10,9 % случаев) и увеличением (до 13,6 %) повторяемости передней части ложбины. В течение всех трех месяцев преобладает повторяемость южной и юго-западной периферии антициклона и передней части ложбины. Очень мала повторяемость северных вторжений и юго-восточной периферии антициклона.

*Весна.* Этот сезон включает март, апрель и первую половину мая. В марте заметны черты зимнего циркуляционного режима: часто наблюдается передняя часть ложбины (14,4 %) и сравнительно редко — размытое барическое поле (8,5 %). Однако от февраля к марту отмечается резкое уменьшение повторяемости юго-западной периферии антициклона (с 20,2 до 12,1 %) и широкого выноса теплого воздуха (с 3,5 до 0,5 %) и увеличение повторяемости волновой деятельности (с 9,5 до 18,2 %) и выхода южных циклонов (с 4,4 до 8,1 %). Самым весенним месяцем является апрель: повторяемость южной периферии антициклона составляет 21,8 %, размытого барического поля — 21,8 %, волновой деятельности — 15,4 %. В мае указанные процессы преобладают, однако отмечаются типично летние процессы; повторяемость выхода южных циклонов снижается до 1,8 %, южной периферии антициклона — до 13,0 %. От апреля к маю почти вдвое возрастает повторяемость северных вторжений (с 2,7 до 5,0 %) и малоподвижного циклона (с 4,2 до 9,7 %). Увеличивается также и повторяемость западных вторжений (до 6,3 %).

*Лето.* Этот сезон в Чуйской долине самый продолжительный; он включает частично май, июнь, июль, август и первую половину сентября. В июне наблюдаются преимущественно летние процессы: размытое барическое поле (от мая к июню повторяемость увеличивается с 18,6 до 28,8 %), малоподвижные циклоны (12,3 %); появляется типично летний процесс — термическая депрессия (2,1 %). В июле повторяемость волновой деятельности составляет 16,4 %, малоподвижного циклона — 16,7 %, северных и западных вторжений — около 10 %. Летом южные циклоны практически не наблюдаются.

Следует отметить, что повторяемость термической депрессии даже в самые жаркие летние месяцы составляет всего лишь 5,6—6,6 %, что совпадает с данными [5], но резко расходится с данными работы [18], согласно которым термическая депрессия в июле наблюдается в 22 % случаев.

Анализ динамики синоптических процессов позволил разделить летний период на две части: 1) конец мая — июль, 2) август — начало сентября. Вторая половина лета характеризуется снижением волновой деятельности и малоподвижного циклона и увеличением повторяемости антициклонических типов погоды (в июле до 10,2 %, в августе до 22,8 %). В сентябре отмечаются черты осеннего ре-

жима циркуляции. Повторяемость антициклонических типов возрастает до 35 %, термической депрессии почти не наблюдается.

*Осень.* Этот сезон в Чуйской долине включает вторую половину сентября, октябрь и ноябрь. Для осени характерны большая повторяемость размытого барического поля, юго-западной периферии антициклона. Осенью наблюдаются также фронтальные процессы (в октябре 20,9 %) и северо-западные вторжения.

### 3.3. Атмосферное давление

*Атмосферное давление* является важной климатической характеристикой. Карты распределения среднего месячного давления, приведенного к уровню моря, позволяют изучать особенности циркуляции атмосферы. Эти карты являются основным материалом при анализе и прогнозе погоды.

Давление воздуха подвержено как периодическим, так и непериодическим колебаниям, при этом последние могут быть весьма значительными. Поэтому при обработке данных рекомендуется использовать длительные ряды наблюдений. Используемый в данной работе 40-летний ряд наблюдений можно считать достаточным для получения надежных средних значений. В табл. 20 для сравнения приведены средние значения давления, рассчитанные для разных периодов осреднения (данные за 20-летний период наблюдений заимствованы из работы [8]).

Атмосферное давление зависит от высоты местности, температуры воздуха и циркуляции атмосферы. Чем выше расположена местность относительно уровня моря, тем ниже давление воздуха. В теплой воздушной массе давление воздуха ниже, в холодной — выше. Наиболее значительные изменения давления воздуха связаны с прохождением циклонов, а также со сменой воздушных масс.

Среднее годовое давление воздуха в г. Фрунзе составляет 928,2 гПа (1013 гПа на ур. м.). Таким образом, с повышением местности на 100 м давление уменьшается на 11 гПа. По мере подъема вертикальный градиент давления несколько уменьшается.

Среднее годовое давление является достаточно устойчивой характеристикой (см. табл. 20). Разность между крайними годовыми значениями составляет 2,3 гПа (табл. 21), что значительно меньше, чем, например, в Минске (5,4 гПа).

В районе г. Фрунзе атмосферное давление имеет достаточно четко выраженный годовой ход с минимумом в июле и максимумом в ноябре (см. табл. 20). При этом от месяца к месяцу давление меняется неодинаково. Значительный рост атмосферного давления от августа к сентябрю и от сентября к октябрю связан с годовым ходом температуры и повторяемости синоптических процессов. Именно в эти месяцы средняя месячная температура воздуха понижается (на 7—8°C) и увеличивается повторяемость

Таблица 20

Среднее месячное и годовое давление воздуха (гПа) за различные периоды

| Период<br>осреднения | I     | II    | III   | IV    | V     | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI    | XII   | Год   | Годовая<br>амплитуда |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| 1941—1980 гг.        | 933,7 | 932,9 | 931,5 | 929,8 | 928,1 | 924,7 | 921,9 | 924,0 | 929,2 | 933,5 | 936,0 | 935,1 | 930,0 | 14,1                 |
| 1941—1960 гг.        | 933,4 | 932,6 | 931,4 | 930,6 | 928,5 | 925,1 | 922,1 | 924,0 | 929,2 | 933,6 | 936,4 | 936,0 | 930,3 | 14,3                 |
| Разность             | 0,3   | 0,3   | 0,1   | —0,8  | —0,4  | —0,4  | —0,2  | 0,0   | 0,0   | —0,1  | —0,4  | —0,9  | —0,3  |                      |

Таблица 21

Наибольшее и наименьшее среднее месячное и годовое давление воздуха (гПа)

| Давление воздуха | I     | II    | III   | IV    | V             | VI    | VII   | VIII  | IX    | X     | XI            | XII   | Год           |
|------------------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|---------------|
| Наибольшее       | 938,0 | 936,7 | 935,6 | 932,4 | 930,2         | 926,4 | 924,0 | 926,2 | 931,4 | 936,7 | 940,5         | 940,8 | 931,1         |
|                  | 1934  | 1931  | 1954  | 1957  | 1955          | 1943  | 1945  | 1932  | 1930  | 1929  | 1966          | 1944  | 1943          |
| Наименьшее       | 928,0 | 929,3 | 928,7 | 927,0 | 925,2         | 921,5 | 919,1 | 922,1 | 925,4 | 930,7 | 933,2         | 928,8 | 928,8         |
|                  | 1950  | 1949  | 1968  | 1974  | 1963,<br>1973 | 1971  | 1932  | 1959  | 1959  | 1940  | 1941,<br>1961 | 1938  | 1940,<br>1971 |

антициклонов [18]. В ноябре повторяемость антициклонов над Чуйской долиной достигает максимума (12 случаев); в этом месяце наблюдается и максимум давления. Минимум давления в июле связан со значительным радиационным прогревом огромной толщи атмосферы.

Анализ годового хода атмосферного давления в отдельные годы показал, что минимум давления почти всегда отмечается в июле,

Таблица 22

Годовой ход давления воздуха (% годовой амплитуды)

| Станция    | Высота,<br>м | I  | II  | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX | X  | XI  | XII |
|------------|--------------|----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|----|-----|-----|
| Фрунзе     | 760          | 85 | 75  | 67  | 58  | 45  | 20 | 0   | 17   | 53 | 83 | 100 | 94  |
| Барнаул    | 170          | 96 | 100 | 89  | 61  | 36  | 11 | 0   | 11   | 42 | 66 | 86  | 95  |
| Шпицберген | 10           | 0  | 11  | 54  | 78  | 100 | 69 | 63  | 62   | 38 | 30 | 16  | 13  |
| Ленинград  | 10           | 67 | 76  | 70  | 100 | 92  | 46 | 0   | 0    | 79 | 87 | 65  | 70  |

а максимум довольно часто наблюдается в зимние месяцы. Так, за период 1941—1980 гг. максимальные значения среднего месячного давления отмечались в ноябре 15 раз, в декабре 13, в январе 7 и в феврале 8 раз.

Рассмотренные особенности годового хода давления характерны для районов Средней Азии, расположенных в пределах высотного пояса 600—2000 м. На высотах менее 600 м давление достигает максимума в декабре, на высотах 2000—3000 м в годовом ходе давления наблюдаются два максимума и два минимума; выше 3000 м максимум давления отмечается летом, минимум — зимой. В табл. 22 для сравнения приведены данные о годовом ходе давления для некоторых станций, расположенных в разных географических условиях.

Как видно из приведенных данных, наибольшая роль в изменениях давления принадлежит атмосферным процессам. Об этом свидетельствуют и данные табл. 23. В зимний период г. Фрунзе находится в зоне сильного влияния сибирского антициклона; давление здесь выше, чем, например, в Нукусе, расположенном на той же широте, но находящимся под меньшим влиянием сибирского антициклона. Летом давление выше в Нукусе, так как повторяемость антициклонов над этой территорией в июле и августе больше, чем над Чуйской долиной [18].

Годовая амплитуда давления воздуха во Фрунзе составляет 14,3 гПа. Отметим для сравнения, что в предгорьях Алтая, где располагается центр юго-западного отрога сибирского антициклона, годовая амплитуда давления достигает 33 гПа.

Колебания от года к году средних месячных значений давления больше, чем средних годовых (табл. 21, 24). При этом в холодный период изменчивость среднего месячного давления в два раза больше, чем в теплый. Следует отметить, что изменчивость сред-

*Таблица 23*  
**Годовой ход давления (гПа), приведенного к уровню моря**

| Станция | Высота,<br>м | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|---------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Фрунзе  | 760          | 1028 | 1026 | 1022 | 1018 | 1014 | 1009 | 1006 | 1008 | 1016 | 1023 | 1027 | 2028 | 1019 |
| Нукус   | 77           | 1026 | 1024 | 1021 | 1016 | 1013 | 1009 | 1007 | 1010 | 1017 | 1022 | 1025 | 1026 | 1018 |

*Таблица 24*  
**Средняя и наибольшая изменчивость среднего месячного давления воздуха (гПа) за период 1951—1975 гг.**

| Изменчивость                | I            | II           | III          | IV           | V                     | VI           | VII          | VIII         | IX           | X            | XI           | XII          | Год  |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Средняя                     | 1,4          | 1,7          | 1,6          | 1,2          | 0,9                   | 0,7          | 0,7          | 1,0          | 0,9          | 0,9          | 1,6          | 2,0          | 1,2  |
| Наибольшая<br>положительная | 3,3<br>1955  | 4,1<br>1969  | 4,1<br>1974  | 2,4<br>1957  | 2,0<br>1966           | 1,3<br>1951  | 1,3<br>1951  | 1,6<br>1965  | 1,4<br>1952  | 1,8<br>1961  | 4,4<br>1966  | 4,7<br>1960  | 2,7  |
| Наибольшая<br>отрицательная | -4,0<br>1968 | -2,5<br>1971 | -2,7<br>1968 | -3,0<br>1974 | -3,0<br>1963,<br>1973 | -3,1<br>1971 | -1,7<br>1974 | -2,1<br>1959 | -3,9<br>1959 | -2,2<br>1975 | -3,6<br>1973 | -4,3<br>1971 | -3,0 |

него месячного давления во Фрунзе сравнима с изменчивостью давления в Алма-Ате и Ташкенте (1,6—1,9 гПа зимой и 0,8—0,7 гПа летом); она в два раза меньше, чем в Ленинграде (5,6 гПа зимой и 2,4 гПа летом) и в Свердловске (4,9 гПа зимой и 2,0 гПа летом). Известно, что район Средней Азии характеризуется наименьшей изменчивостью давления. Это объясняется тем, что среднеазиатские циклоны неглубокие, а антициклоны по мощности уступают антициклонам умеренных широт.

В отдельные годы среднее месячное давление воздуха во Фрунзе может значительно отличаться от нормы. Анализ циркуляционных факторов показал, что в такие месяцы повторяемость синоптических процессов также резко отличается от нормы (табл. 25). Так, например, в январе 1968 г., когда среднее месячное давление было значительно ниже обычного, повторяемость южных циклонов в три раза превышала норму; совершенно отсутствовали северные и северо-западные вторжения; на 20 % меньше нормы была повторяемость антициклонических ситуаций. Очень часто район Чуйской долины оказывался под влиянием передней части барической ложбины. Так, в феврале 1969 г., когда давление было аномально высоким, выходов южных циклонов не наблюдалось, чаще обычного осуществлялись холодные северо-западные вторжения; выше нормы была повторяемость антициклонических ситуаций. В ноябре 1966 г. (давление выше нормы) преобладали северные и северо-западные холодные вторжения, в результате чего средняя месячная температура воздуха оказалась на 3°С ниже нормы.

Экстремально низкие значения атмосферного давления в районе г. Фрунзе (табл. 26) наблюдаются при таких редких синоптических ситуациях, когда центр южнокаспийского циклона с относительно низким давлением проходит через северные районы Тянь-Шаня. Такие ситуации обычно наблюдаются при зимне-весенней активизации циклонической деятельности над Средней Азией. Поскольку прорыв южнокаспийского циклона — процесс скоротечный то и период с экстремально низким атмосферным давлением весьма кратковременный: после падения давления до минимума сразу же начинается его бурный рост, связанный с холодным вторжением.

Периоды с экстремально высоким давлением значительно устойчивее и связаны с установлением мощного отрога сибирского антициклона над восточными районами Казахстана. При таких ситуациях высокое атмосферное давление без существенных изменений может наблюдаться в течение 2—3 сут и более.

Случаи резких перепадов давления характерны для циклонической деятельности над районами Средней Азии. Наибольшие перепады давления (рост—падение) в г. Фрунзе обусловлены энергичными прорывами южнокаспийских циклонов. В отдельных случаях барометрическая тенденция (изменение давления в течение 3 ч) может достигать 9—12 гПа.

Для целей медицинской климатологии большой интерес представляет междусуточная изменчивость атмосферного давления

Таблица 25

Повторяемость (число случаев) синоптических процессов над Чуйской долиной в отдельные аномальные по давлению месяцы (по 6-часовым срокам)

| Месяц, год     | Номер типа синоптического процесса |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Всего<br>сроков |
|----------------|------------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------------|
|                | 1, 2, 3                            | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 9б | 9а | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |                 |
| Январь, 1968   | 11                                 | — | —  | —  | 14 | —  | 33 | 2  | 7  | 2  | —  | 12 | —  | 40 | 3  | 124             |
| Январь, 1955   | —                                  | — | 4  | —  | —  | —  | 57 | 19 | 1  | 13 | —  | 9  | —  | 21 | —  | 124             |
| Февраль, 1969  | —                                  | — | 8  | —  | 12 | —  | 4  | 60 | 4  | —  | —  | 12 | —  | 12 | —  | 112             |
| Март, 1968     | 7                                  | — | 2  | —  | 6  | 6  | 15 | 11 | 7  | 11 | —  | 21 | 2  | 36 | —  | 124             |
| Апрель, 1957   | 3                                  | — | 10 | 16 | 18 | —  | 18 | 20 | 4  | —  | —  | 26 | —  | 4  | 1  | 120             |
| Май, 1963      | 7                                  | — | 5  | 4  | 36 | 8  | 15 | 2  | —  | 8  | —  | 28 | —  | 11 | —  | 124             |
| Май, 1966      | 7                                  | — | 8  | 5  | 13 | —  | 5  | 39 | 10 | —  | —  | 20 | —  | 17 | —  | 124             |
| Август, 1959   | —                                  | — | 6  | 4  | 31 | 23 | 2  | 7  | 9  | 4  | 16 | 21 | 1  | —  | —  | 124             |
| Сентябрь, 1959 | —                                  | — | 4  | —  | —  | —  | 15 | 32 | 15 | 13 | 13 | 26 | —  | 2  | —  | 120             |
| Октябрь, 1961  | —                                  | — | —  | 10 | 17 | —  | 2  | 32 | —  | 2  | —  | 45 | 3  | 9  | 4  | 124             |
| Ноябрь, 1966   | 2                                  | — | 10 | 16 | —  | —  | 34 | 14 | 1  | —  | —  | 34 | —  | 9  | —  | 120             |
| Декабрь, 1960  | 2                                  | — | 1  | 5  | —  | —  | 18 | 35 | —  | 13 | —  | 26 | 16 | 8  | —  | 124             |

Примечание. Условные обозначения типов синоптических процессов приведены в п. 3.2.

Таблица 26  
Абсолютный максимум и абсолютный минимум давления  
воздуха (гПа)

| Давление<br>воздуха | I             | II            | III           | IV            | V             | VI            |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Максимальное        | 952,9<br>1949 | 949,5<br>1967 | 949,9<br>1954 | 947,9<br>1960 | 944,9<br>1943 | 939,0<br>1944 |
| Минимальное         | 906,6<br>1931 | 902,2<br>1929 | 906,0<br>1938 | 908,3<br>1939 | 907,9<br>1933 | 905,1<br>1938 |

| Давление<br>воздуха | VII           | VIII          | IX            | X             | XI            | XII           | Год           |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Максимальное        | 934,5<br>1966 | 936,5<br>1962 | 946,1<br>1962 | 951,2<br>1953 | 959,2<br>1954 | 956,7<br>1950 | 959,2<br>1954 |
| Минимальное         | 906,9<br>1932 | 908,9<br>1935 | 912,5<br>1935 | 913,8<br>1932 | 912,5<br>1933 | 910,2<br>1931 | 902,2<br>1929 |

(табл. 27). Во Фрунзе междусуточная изменчивость давления меньше, чем в других районах. Например, ее среднегодовое значение составляет в Ленинграде 6,0 гПа, в Свердловске 5,2 гПа, в Якутске 4,4 гПа. Наименьшая междусуточная изменчивость давления во Фрунзе наблюдается в летний период (в 50 % случаев она составляет 0,0—2,0 гПа). В зимний период в 25 % всех случаев междусуточная изменчивость давления превышает 6 гПа. Такие изменения давления в медицинской климатологии тракту-

Таблица 27  
Повторяемость (%) междусуточной изменчивости  
атмосферного давления в г. Фрунзе за период  
1950—1959 гг.

| Месяц    | Междусуточная<br>изменчивость, гПа |         |         |      | Среднее<br>значение,<br>гПа |
|----------|------------------------------------|---------|---------|------|-----------------------------|
|          | 0,0—2,0                            | 2,1—4,0 | 4,1—6,0 | 6,0  |                             |
| Январь   | 30,7                               | 25,1    | 16,5    | 27,7 | 4,4                         |
| Февраль  | 33,0                               | 22,3    | 18,8    | 25,2 | 4,2                         |
| Март     | 28,4                               | 26,4    | 18,7    | 26,4 | 4,4                         |
| Апрель   | 34,3                               | 24,7    | 16,0    | 25,0 | 4,1                         |
| Май      | 34,5                               | 27,8    | 17,5    | 20,3 | 3,9                         |
| Июнь     | 52,0                               | 25,7    | 12,0    | 10,3 | 2,6                         |
| Июль     | 45,8                               | 20,6    | 8,4     | 7,5  | 2,0                         |
| Август   | 44,8                               | 26,4    | 12,3    | 5,2  | 2,2                         |
| Сентябрь | 42,4                               | 22,4    | 14,0    | 8,0  | 2,4                         |
| Октябрь  | 47,2                               | 27,4    | 15,2    | 14,2 | 3,0                         |
| Ноябрь   | 40,3                               | 23,7    | 13,3    | 19,7 | 3,6                         |
| Декабрь  | 35,5                               | 28,7    | 19,6    | 27,4 | 4,7                         |
| Год      | 39,1                               | 25,0    | 15,2    | 18,1 | 3,4                         |



ются как резкие. В целом небольшая междусуточная изменчивость давления в Киргизии — положительный фактор воздействия климата на организм человека.

Кроме значительных и длительных изменений давления, связанных с годовым ходом температуры и с прохождением циклонов и антициклонов, существуют еще периодические суточные изменения давления. Как отмечал А. И. Воейков [4], суточные изменения

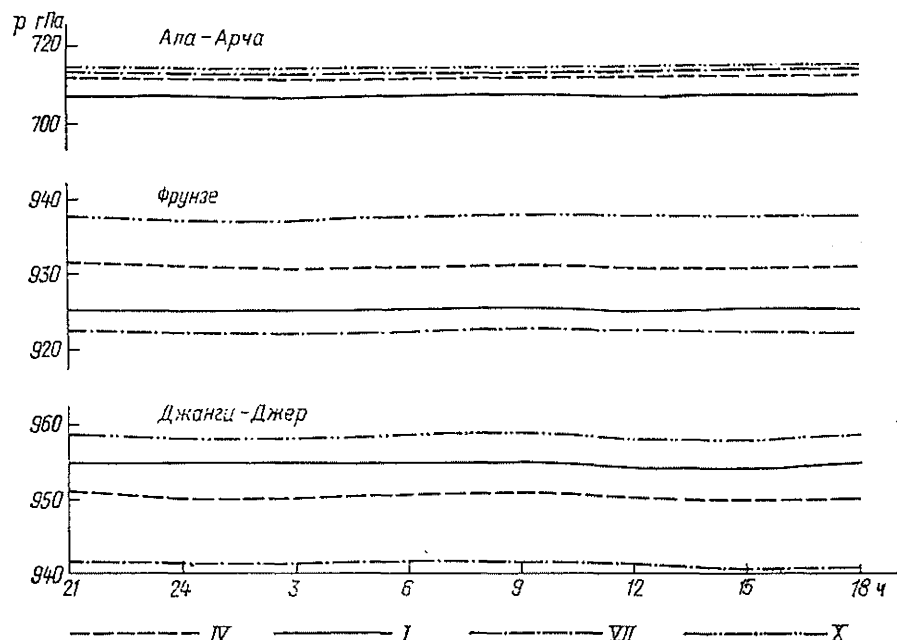


Рис. 11. Суточный ход атмосферного давления в Чуйской долине в январе, апреле, июле и октябре.

давления воздуха — одно из самых сложных явлений в метеорологии. В отличие от суточного хода других величин, имеющих, как правило, один максимум и минимум, в суточном ходе давления воздуха обнаруживаются два максимума и два минимума. При этом характер хода кривой суточного хода давления и суточные амплитуды давления зависят от целого ряда факторов — широты, высоты над уровнем моря, формы рельефа, сезона и др. В полярных и умеренных широтах суточные колебания давления очень малы, в низких широтах, напротив, достаточно велики (до 3—5 гПа).

Суточный ход давления в г. Фрунзе выражен достаточно отчетливо, имеет два минимума и два максимума (рис. 11). Моменты наступления минимумов и максимумов зависят от сезона: летом ночной минимум и дневной максимум наступают раньше, а дневной минимум позже, чем в другие сезоны. Амплитуда суточного

хода давления невелика для всех сезонов и составляет 0,7—0,8 гПа.

Для выявления особенностей суточного хода давления, присущих высотному поясу, в котором располагается г. Фрунзе, на рис. - 11 нанесены кривые суточного хода давления для станций, расположенных выше и ниже г. Фрунзе. Анализ суточного хода давления показывает, что ниже г. Фрунзе (ст. Джанги-Джер, около 600 м над ур. м.) в суточном ходе также обнаруживаются два максимума и два минимума, однако амплитуда колебаний здесь в 1,5—2,5 раза больше, чем в г. Фрунзе; дневной минимум во все сезоны ниже ночного, а ночной максимум выше утреннего (за исключением лета). В суточном ходе давления на станции, расположенной выше г. Фрунзе (выше 2000 м), отмечаются один максимум (в вечерние часы) и один минимум (в утренние часы) в теплый период.

Следует отметить, что причина образования двух максимумов и двух минимумов в суточном ходе давления выяснена еще не полностью. В настоящее время такой ход давления объясняется сложным сочетанием термических факторов и приливо-отливных волн в атмосфере.

### 3.4. Ветер

Положение г. Фрунзе в предгорной зоне Киргизского хребта, в центральной части Чуйской долины во многом определяет особенности ветрового режима города: 1) из-за значительной шероховатости подстилающей поверхности скорость ветра здесь меньше, чем на прилегающих равнинах Казахстана; 2) ветры носят периодический характер — ночью они дуют вниз по склону, днем — вверх по долине.

На режим ветра большое влияние оказывают атмосферные процессы: в периоды холодных вторжений в городе наблюдаются сильные западные ветры; при малоградиентных барических полях получает развитие склоновая и горно-долинная циркуляция (ночью южный и юго-восточный ветер, днем — северо-западный и западный); в периоды, когда северные районы Киргизии оказываются под воздействием отрогов сибирского антициклона, а по территории Средней Азии перемещается глубокий циклон, в Чуйской долине дуют сильные восточные ветры, сопровождающиеся значительным фёновым эффектом (резко повышается температура и уменьшается влажность воздуха).

Ветровой режим города изучался в основном по данным метеостанции Фрунзе. Кроме того, для анализа особенностей ночных горных ветров привлекались данные ст. Фрунзе, АМСГ; для анализа режима ветра на высотах использовались данные аэрологической станции, расположенной рядом с метеостанцией.

Представление о направлении господствующих ветров дают розы ветров, построенные для различных сезонов и в целом за

год, а также за различные сроки наблюдений (рис. 12). Анализ этих материалов показывает следующее.

В целом за год в г. Фрунзе преобладает южный, юго-восточный и западный ветер (18—19 % общей повторяемости направлений). В два раза реже наблюдается восточный, юго-западный и северо-западный ветер. Ветер северного и северо-восточного направления наблюдается очень редко. Пятую часть всего времени в году за-

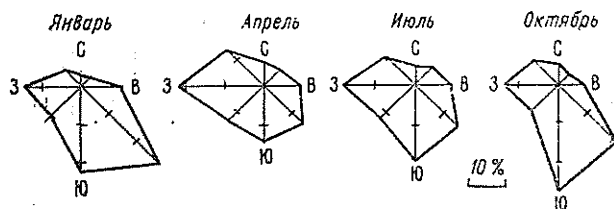


Рис. 12. Розы ветров в г. Фрунзе по направлениям.

нимают штили. В южной части города (по данным ст. Фрунзе, АМСГ) господствующее направление ветра — южное (42 % общей повторяемости); юго-восточный ветер здесь — явление довольно редкое. Повторяемость другого направления ветра почти такая же, как на метеостанции.

По многолетним данным, средняя годовая скорость ветра в г. Фрунзе составляет 1,9 м/с внутри города и 2,6 м/с на его южной

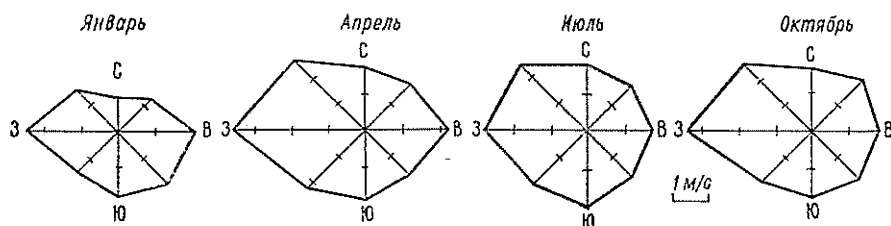


Рис. 13. Розы ветров в г. Фрунзе по скорости.

окраине. При этом ветер с западной составляющей характеризуется наибольшей средней скоростью (около 3 м/с) (рис. 13). Самым слабым является северный и северо-восточный ветер. Повторяемость штилей в течение года составляет 15—27 %; чаще всего (30—40 %) штили наблюдаются в утренние часы.

Среднее число дней с сильным ветром ( $\geq 15$  м/с) за год составляет 18 в городе и 25 на южной окраине (ближе к горам); в отдельные годы может наблюдаться до 40 дней с сильным ветром.

Скорость ветра 15 м/с и более в 80 % случаев наблюдается при западном направлении (ветры холодных вторжений); в отдельных случаях сильные ветры могут быть восточными или юго-

восточными (фёновый ветер), южными или юго-западными (кратковременный шквалистый ветер, связанный с кучево-дождевой облачностью над Киргизским хребтом) (табл. 28). Максимальная

Таблица 28  
Повторяемость (%) сильного ветра ( $\geq 15$  м/с)  
по направлениям

| Сезон | С | СВ | В  | ЮВ | Ю  | ЮЗ | З  | СЗ |
|-------|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Зима  |   |    | 11 | 6  | 11 |    | 61 | 11 |
| Весна | 3 | 3  | 3  | 3  | 3  | 10 | 68 | 7  |
| Лето  |   |    | 6  | 7  | 22 | 7  | 64 |    |
| Осень |   |    |    |    |    |    | 94 |    |
| Год   | 1 | 1  | 5  | 4  | 8  | 5  | 73 | 3  |

скорость во все сезоны связана с западным ветром (табл. 29). Наибольшая скорость ветра в г. Фрунзе за период наблюдений 1938—1980 гг. составляет 38 м/с; отмечалась она 2 мая 1975 г. Сведения о максимальном порыве ветра приведены в табл. 30.

Таблица 29  
Максимальная скорость ветра (м/с)  
по направлениям

| Сезон | С  | СВ | В  | ЮВ | Ю  | ЮЗ | З  | СЗ |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Зима  | 7  | 8  | 20 | 17 | 18 | 12 | 21 | 10 |
| Весна | 20 | 7  | 17 | 20 | 17 | 17 | 38 | 17 |
| Лето  | 7  | 9  | 13 | 16 | 17 | 20 | 25 | 10 |
| Осень | 7  | 8  | 9  | 12 | 9  | 12 | 21 | 10 |
| Год   | 20 | 9  | 20 | 20 | 18 | 20 | 38 | 17 |

Для решения многих практических задач необходимы данные о вероятности различной скорости ветра (табл. 31). В целом за год в г. Фрунзе наиболее вероятна скорость ветра до 3 м/с; с повторяемостью один раз в год может наблюдаться скорость ветра

Таблица 30  
Максимальный порыв ветра у земли

| Месяц                   | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII |
|-------------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|
| Максимальный порыв, м/с | 32 | 20 | 25  | 26 | 38 | 30 | 30  | 24   | 25 | 24 | 26 | 25  |

15—17 м/с, один раз в 5 лет — 23 м/с, один раз в 10 лет — 25 м/с, один раз в 15 лет — 27 м/с и один раз в 20 лет — 28 м/с.

Южный и юго-восточный ветер является ночной составляющей (горный ветер) в системе горно-долинной циркуляции. Это особенно хорошо заметно по розам ветров, построенным для различных сроков наблюдений (рис. 12). В ночные часы повторяемость южного и юго-восточного ветра в сумме составляет около 70 %, днем преобладает (до 60 %) западный и северо-западный ветер.

Таблица 31

Вероятность различной скорости ветра по градациям  
(% от общего числа случаев за год)

|                               |       |       |       |       |       |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Скорость ветра, м/с . . . . . | 0—1   | 2—3   | 4—5   | 6—7   | 8—9   |
| Вероятность, % . . . . .      | 48,7  | 43,6  | 6,3   | 0,9   | 0,3   |
| Скорость ветра, м/с . . . . . | 10—11 | 12—13 | 14—15 | 16—17 | 18—21 |
| Вероятность, % . . . . .      | 0,1   | 0,04  | 0,04  | 0,03  | 0,02  |

Большая повторяемость южных ветров позволяет считать их одним из климатообразующих факторов. Эти ветры приносят в город чистый горный воздух, в летний период смягчают жару. Детальные исследования южных горных ветров [16] показали, что такие ветры формируются, как правило, при размытом барическом поле и юго-западной периферии антициклона, когда в обширном слое атмосферы над поверхностью земли наблюдается адвекция теплого воздуха. В таких условиях горный ветер возникает за 1—2 ч до захода солнца, максимальной скорости (в южной части города — до 4—6 м/с) достигает около полуночи и исчезает через 1—2 ч после восхода солнца. При хорошо развитом южном ветре относительная влажность воздуха составляет в среднем менее 70 %, видимость во всей Чуйской долине — более 10 км. При других типах синоптических процессов южный ветер возникает позже и исчезает раньше захода солнца; его скорость составляет 1—2 м/с, относительная влажность воздуха высокая, иногда в холодный период могут наблюдаться дымки и даже туманы.

Для градостроительства большое значение имеет распределение ветра по высотам (табл. 32). По данным аэрологической станции, в 1000-метровом слое над г. Фрунзе большую часть года преобладает западный и северо-западный (в сумме до 40—50 %), восточный и юго-восточный (в сумме до 30—40 %) ветер. Повторяемость западного и северо-западного ветра с высотой возрастает, а восточного и юго-восточного уменьшается.

Скорость ветра с высотой постепенно возрастает (табл. 33). В теплый период скорость ветра несколько больше, чем в холодный. Максимальная скорость ветра в 1000-метровом слое может достигать 30 м/с (табл. 34).

Годовой ход характеристик ветрового режима обусловлен ходом радиационного баланса и сезонной атмосферной циркуляцией над Чуйской долиной.

Таблица 32

Повторяемость (%) направления ветра на разных высотах  
(без учета штилей)

| Направление | Высота, м |     |     |     |     |      | Направление | Высота, м |     |     |     |     |      |
|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|------|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|------|
|             | 50        | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |             | 50        | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |
| Зима        |           |     |     |     |     |      | Лето        |           |     |     |     |     |      |
| С           | 4         | 4   | 3   | 3   | 4   | 4    | С           | 6         | 6   | 6   | 7   | 7   | 8    |
| СВ          | 6         | 5   | 5   | 5   | 6   | 9    | СВ          | 4         | 4   | 5   | 5   | 7   | 9    |
| В           | 20        | 21  | 25  | 26  | 28  | 29   | В           | 7         | 7   | 8   | 10  | 13  | 15   |
| ЮВ          | 20        | 20  | 20  | 19  | 15  | 11   | ЮВ          | 15        | 14  | 14  | 12  | 9   | 6    |
| Ю           | 10        | 8   | 6   | 6   | 7   | 7    | Ю           | 18        | 16  | 9   | 7   | 4   | 4    |
| ЮЗ          | 12        | 11  | 9   | 7   | 7   | 7    | ЮЗ          | 13        | 14  | 12  | 9   | 8   | 7    |
| З           | 21        | 23  | 25  | 26  | 25  | 24   | З           | 26        | 28  | 32  | 33  | 34  | 33   |
| СЗ          | 7         | 8   | 7   | 8   | 8   | 9    | СЗ          | 11        | 11  | 14  | 17  | 18  | 18   |
| Штиль       | 13        | 5   | 4   | 4   | 2   | 1    | Штиль       | 2         | 10  | 1   | 1   | 1   | 1    |
| Весна       |           |     |     |     |     |      | Осень       |           |     |     |     |     |      |
| С           | 8         | 8   | 7   | 7   | 7   | 6    | С           | 10        | 7   | 6   | 6   | 6   | 6    |
| СВ          | 6         | 6   | 7   | 8   | 7   | 8    | СВ          | 4         | 5   | 6   | 6   | 6   | 9    |
| В           | 14        | 14  | 17  | 19  | 21  | 22   | В           | 12        | 14  | 16  | 19  | 21  | 22   |
| ЮВ          | 13        | 14  | 12  | 11  | 11  | 9    | ЮВ          | 16        | 15  | 14  | 13  | 12  | 9    |
| Ю           | 11        | 9   | 6   | 5   | 3   | 5    | Ю           | 11        | 10  | 6   | 5   | 4   | 6    |
| ЮЗ          | 11        | 11  | 9   | 7   | 7   | 7    | ЮЗ          | 13        | 12  | 10  | 8   | 6   | 8    |
| З           | 26        | 26  | 29  | 29  | 29  | 30   | З           | 23        | 25  | 28  | 28  | 28  | 27   |
| СЗ          | 11        | 12  | 13  | 14  | 15  | 13   | СЗ          | 11        | 12  | 14  | 15  | 17  | 13   |
| Штиль       | 4         | 3   | 2   | 1   | 1   | 0,4  | Штиль       | 14        | 2   | 2   | 2   | 2   | 1    |

Зимой в ночные часы формируются благоприятные условия для стока холодного воздуха с гор в долину, а наличие над Чуйской долиной отрога Сибирского антициклона способствует развитию восточной составляющей в потоке. Суммарная повторяемость южного и юго-восточного ветра в г. Фрунзе в этот период дости-

Таблица 33

Средняя скорость ветра (м/с) для холодного (числитель) и теплого (знаменатель) периодов на разных высотах

| Время<br>(мск), ч | Высота, м |     |     |     |     |     |      |
|-------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                   | 10        | 50  | 100 | 200 | 300 | 500 | 1000 |
| Ø 3               | 1,7       | 2,4 | 3,0 | 3,4 | 3,4 | 3,6 | 3,9  |
|                   | 1,8       | 2,6 | 3,4 | 3,9 | 4,3 | 3,9 | 3,6  |
| Ø 9               | 1,7       | 2,2 | 2,9 | 3,2 | 3,3 | 3,6 | 3,7  |
|                   | 2,2       | 2,9 | 3,4 | 3,8 | 3,8 | 3,7 | 3,6  |
| 15                | 1,7       | 2,4 | 3,0 | 3,5 | 3,5 | 3,7 | 3,8  |
|                   | 2,4       | 3,2 | 3,9 | 4,6 | 4,6 | 4,4 | 4,0  |
| 21                | 1,9       | 2,6 | 3,3 | 3,8 | 3,8 | 3,9 | 3,7  |
|                   | 2,5       | 3,2 | 4,1 | 4,4 | 4,1 | 3,9 | 3,7  |

гает максимальных значений (50—60 %, летом — 30—40 %). При этом горные ветры утром и вечером наблюдаются так же часто, как и в полночь. В полдень их повторяемость составляет 14—18 %. Западный и северо-западный ветер в дневные часы отмеча-

Таблица 34

Максимальная скорость ветра (м/с) на разных высотах

| Высота, м | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|-----------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 14        | 15 | 20 | 15  | 18 | 14 | 17 | 12  | 14   | 10 | 13 | 18 | 15  | 20  |
| 100       | 17 | 19 | 25  | 20 | 17 | 25 | 19  | 16   | 16 | 19 | 25 | 15  | 25  |
| 200       | 17 | 20 | 24  | 21 | 20 | 23 | 22  | 14   | 18 | 15 | 30 | 18  | 30  |
| 300       | 17 | 19 | 24  | 22 | 19 | 25 | 20  | 16   | 18 | 15 | 29 | 17  | 29  |
| 500       | 19 | 19 | 30  | 18 | 20 | 24 | 20  | 16   | 19 | 19 | 29 | 18  | 30  |

ется в 40—50 % случаев. В годовом ходе наименьшая средняя скорость ветра наблюдается зимой (табл. 35). Западный и восточный ветер в зимний период характеризуется максимальной скоростью (см. табл. 29). Суточный ход скорости ветра проявляется слабо.

Таблица 35

Средняя скорость ветра (м/с) по направлениям (числитель)  
и повторяемость направления ветра (%) знаменатель)  
в различные сезоны

| Сезон | С   | СВ  | В   | ЮВ  | Ю   | ЮЗ  | З   | СЗ  | Штиль |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Зима  | 1,2 | 1,3 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,6 | 2,5 | 1,7 | 24    |
|       | 4   | 3   | 10  | 28  | 21  | 12  | 15  | 6   |       |
| Весна | 1,7 | 1,7 | 2,1 | 1,8 | 1,9 | 2,2 | 3,4 | 2,5 | 19    |
|       | 7   | 6   | 10  | 15  | 15  | 12  | 22  | 12  |       |
| Лето  | 1,8 | 1,7 | 1,8 | 1,7 | 1,9 | 2,0 | 2,8 | 2,4 | 20    |
|       | 6   | 5   | 8   | 17  | 21  | 13  | 20  | 10  |       |
| Осень | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 3,2 | 2,3 | 18    |
|       | 5   | 4   | 7   | 21  | 27  | 11  | 16  | 10  |       |
| Год   | 1,6 | 1,6 | 2,0 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 3,0 | 2,2 | 20    |
|       | 5   | 5   | 9   | 20  | 21  | 12  | 18  | 10  |       |

Повторяемость штилей зимой достигает максимальных значений (около 25 %). Число дней с сильным ветром в зимний период составляет всего лишь 0,7—1,3 дня, иногда 5—6 дней; максимальная скорость в отдельные дни достигает 20 м/с, максимальный порыв — 32 м/с. Метели наблюдаются редко.

Весной планетарная высотная фронтальная зона смещается в районы Киргизии. Повторяемость фронтальных процессов, а сле-

довательно, и западных ветров увеличивается. Так, в марте—апреле западный ветер наблюдается в 33—37 % случаев (годовой максимум). Значительно реже (по сравнению с зимой) отмечаются горные ветры (см. рис. 12, табл. 35). Средняя месячная скорость весной достигает максимальных значений. Наибольшая скорость характерна для западных и северо-западных ветров. Повторяемость штилей в дневные часы резко уменьшается (в 3—4 раза). Число дней с сильным ветром ( $\geq 15$  м/с) по сравнению с зимой возрастает в два раза. Наиболее сильный ветер связан, как правило, с грозовыми шквалами. При сухой почве в апреле могут отмечаться пыльные бури. Суточный ход скорости ветра выражен достаточно отчетливо.

Характерная черта ветрового режима летнего периода — значительное развитие горно-долинных ветров. Этому способствует тот факт, что в связи со смещением планетарной высотной фронтальной зоны в более северные районы Чуйская долина оказывается в условиях ослабленной общей циркуляции. По сравнению с весной увеличивается повторяемость горных ветров (ночью она достигает 78—89 %). Западные и северо-западные долинны ветры также наблюдаются часто (днем в 60 % случаев). Повторяемость штилей в дневные часы достигает минимальных значений за год (5—8 %). В июне наблюдается наибольшая повторяемость сильных ветров за год. Как и весной, наибольшая скорость ветра отмечается при западном и северо-западном направлении. В июне и июле могут наблюдаться пыльные бури (2—3 дня за месяц). Суточный ход скорости ветра выражен хорошо: максимум скорости ветра внутри города отмечается днем, на южной окраине — ночью.

Ветровой режим осеннего периода является переходным от летнего к зимнему.



## 4. ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ

### 4.1. Температура воздуха

*Температура воздуха* — один из важнейших факторов климата, изменчивый во времени и пространстве. Распределение температуры по территории определяется широтой местности, положением относительно крупных водных объектов, а также высотой местности над уровнем моря. Периодические изменения температуры во времени обуславливаются изменением радиационного баланса в течение года и суток; непериодические — связаны с развитием атмосферных процессов.

Основными характеристиками температурного режима являются средняя годовая и средняя месячная температура воздуха, абсолютный максимум, абсолютный минимум, средний максимум, средний минимум, повторяемость числа дней со средней суточной температурой воздуха в различных пределах, даты перехода средней суточной температуры через определенные пределы. Представление об изменчивости температуры воздуха дают отклонения фактической температуры от средней многолетней, а также повторяемость междусуточной изменчивости температуры воздуха в различных пределах.

Температура воздуха измеряется на высоте 2 м в специальных метеорологических будках, защищающих термометры от прямых солнечных лучей. Наблюдения за температурой воздуха, так же, как и за другими метеорологическими величинами, производятся на станциях восемь раз в сутки, через каждые три часа. Термографы, установленные в таких же будках, регистрируют непрерывный ход температуры.

Город Фрунзе расположен на широте около 42°; на этой же широте расположены такие города, как Орджоникидзе, Сочи, София, Марсель, Ницца, Неаполь, Чикаго и Владивосток. Термические условия г. Фрунзе отличаются от средних широтных (табл. 36) из-за континентального положения. Средняя годовая температура в г. Фрунзе ниже, чем средняя широтная; при этом зима во Фрунзе значительно холоднее, а лето теплее, чем в средних широтах. Этот факт подтверждается и данными табл. 37. На станциях, расположенных на одной широте с г. Фрунзе, в январе температура воздуха выше (за исключением Владивостока), а в июле ниже (за исключением Неаполя), чем в г. Фрунзе. Средняя годовая температура воздуха в г. Фрунзе ниже, чем в приморских районах (Сочи, Неаполь, Марсель).

Самый холодный месяц во Фрунзе — январь (табл. 38). Средняя месячная температура января составляет  $-5,0^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура воздуха в январе в отдельные годы может меняться от  $-12^{\circ}\text{C}$  (1969 г.) до  $1,0^{\circ}\text{C}$  (1963 г.). Иногда температура воздуха в феврале и декабре ниже, чем в январе. Январь отличается как самый холодный месяц примерно в 50 % случаев, февраль и

Таблица 36

## Средняя месячная температура воздуха (°C)

|                  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя широтная | 1,0  | 2,1  | 5,0  | 10,2 | 14,9 | 19,1 | 20,7 |
| Фрунзе           | —5,0 | —2,9 | 4,0  | 11,7 | 17,0 | 21,5 | 24,4 |
| Отклонение       | —6,0 | —5,0 | —1,0 | 1,5  | 2,1  | 2,4  | 3,7  |

|                  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя широтная | 20,6 | 16,8 | 12,6 | 6,7  | 1,8  | 11,0 |
| Фрунзе           | 22,8 | 17,5 | 10,5 | 2,5  | —2,7 | 10,1 |
| Отклонение       | 2,2  | 0,7  | —2,1 | —4,2 | —4,5 | —0,9 |

декабрь — соответственно в 17 и 33 % случаев. В январе и феврале средняя суточная температура воздуха ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  наблюдается 1—2 дня, температура воздуха выше  $5^{\circ}\text{C}$  — 8—9 дней. В конце января температура воздуха начинает повышаться; средняя месячная температура в феврале на  $2,1^{\circ}\text{C}$  выше, чем в январе.

Весна начинается в первой пентаде марта, когда средняя суточная температура воздуха переходит через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону новы-

Таблица 37

## Сравнение термического режима г. Фрунзе и других станций

| Станция                                            | Температура воздуха, °C |      |      | Станция                                  | Температура воздуха, °C |      |      |
|----------------------------------------------------|-------------------------|------|------|------------------------------------------|-------------------------|------|------|
|                                                    | январь                  | июль | год  |                                          | январь                  | июль | год  |
| Фрунзе                                             | —5,0                    | 24,4 | 10,1 | Станции с близкой годовой температурой   |                         |      |      |
| Станции, расположенные на одной широте с г. Фрунзе |                         |      |      | Одесса                                   | —2,6                    | 22,8 | 10,1 |
| Орджоникидзе                                       | —3,7                    | 20,3 | 8,6  | Денвер                                   | —2,1                    | 22,1 | 9,7  |
| Сочи                                               | 4,9                     | 22,5 | 13,4 | Станции с близкой январской температурой |                         |      |      |
| София                                              | —2,5                    | 21,0 | 9,7  | Киев                                     | —6,0                    | 19,3 | 6,9  |
| Марсель                                            | 6,3                     | 22,6 | 13,9 | Туркестан                                | —6,0                    | 28,2 | 12,1 |
| Ницца                                              | 8,4                     | 23,9 | 15,7 | Ереван                                   | —5,8                    | 25,0 | 11,3 |
| Неаполь                                            | 8,2                     | 24,2 | 15,8 | Саппоро (Япония)                         | —6,1                    | 19,0 | 6,9  |
| Чикаго                                             | —4,8                    | 22,0 | 9,1  | Станции с близкой июльской температурой  |                         |      |      |
| Владивосток                                        | —13,5                   | 18,4 | 4,8  | Бухарест                                 | —4,0                    | 22,8 | 10,3 |
| Станции с близкой годовой температурой             |                         |      |      | Париж                                    | 2,3                     | 18,3 | 10,0 |
|                                                    |                         |      |      | Вашингтон                                | 0,7                     | 24,6 | 12,6 |
|                                                    |                         |      |      | Тбилиси                                  | 0,1                     | 24,2 | 12,6 |

Таблица 38

Средняя месячная и годовая температура воздуха, (°C)

| Температура воздуха                                            | I    | II   | III  | IV   | V             | VI   |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|---------------|------|
| Средняя                                                        | -5,0 | -2,9 | 4,0  | 11,7 | 17,0          | 21,5 |
| Наибольшая                                                     | 19   | 25   | 31   | 35   | 35            | 39   |
|                                                                | 1966 | 1963 | 1971 | 1946 | 1954          | 1966 |
| Наименьшая                                                     | -32  | -34  | -24  | -12  | -3            | 1    |
|                                                                | 1969 | 1951 | 1898 | 1960 | 1931,<br>1936 | 1924 |
| Среднее квадратическое отклонение средней месячной температуры | 3,1  | 4,1  | 2,5  | 1,7  | 1,6           | 1,4  |

| Температура воздуха                                            | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя                                                        | 24,4 | 22,8 | 17,5 | 10,5 | 2,5  | -2,7 | 10,1 |
| Наибольшая                                                     | 43   | 40   | 36   | 34   | 26   | 23   | 43   |
|                                                                | 1983 | 1984 | 1947 | 1941 | 1979 | 1971 | 1983 |
| Наименьшая                                                     | 8    | 5    | -3   | -14  | -32  | -38  | -38  |
|                                                                | 1926 | 1972 | 1944 | 1898 | 1905 | 1930 | 1930 |
| Среднее квадратическое отклонение средней месячной температуры | 1,4  | 1,2  | 1,4  | 1,7  | 2,9  | 3,8  | 0,9  |

шения. В отдельные годы даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C могут значительно отличаться от средних многолетних (табл. 39). Так, один раз в 20 лет весна может наступить в первой пентаде февраля или в третьей декаде марта.

От марта к апрелю температура воздуха наиболее интенсивно повышается (на 7,7°C), что связано с увеличением прозрачности атмосферы в эти месяцы и с повышением высоты солнца над горизонтом.

Таблица 39

Даты наступления средней суточной температуры воздуха выше и ниже 0°C различной вероятности

| Средняя дата | Вероятность наступления в указанные и более ранние даты, % |    |    |    |    |    |    | Самая ранняя и самая поздняя даты |
|--------------|------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----------------------------------|
|              | 5                                                          | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |                                   |

В период повышения температуры

4 III | 3 II | 12 II | 22 II | 4 III | 14 III | 20 III | 23 III | 27 III

В период понижения температуры

27 XI | 11 XI | 13 XI | 18 XI | 27 XI | 5 XII | 16 XII | 22 XII | 7 XI

Средняя месячная температура в мае на 5,3°C выше, чем в апреле. Лето начинается в первой декаде мая, когда средняя суточная температура воздуха переходит через 15°C в сторону повышения. В отдельные годы лето может начаться значительно раньше — в пятой пятидневке апреля; один раз в 20-лет лето запоздывает на 15—20 дней (табл. 40).

Таблица 40

Даты наступления средней суточной температуры воздуха выше и ниже 15°C различной вероятности

| Средняя дата | Вероятность наступления в указанные и более ранние даты, % |    |    |    |    |    |    | Самая ранняя и самая поздняя даты |
|--------------|------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|-----------------------------------|
|              | 5                                                          | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 |                                   |

В период повышения температуры

6 V | 22 IV | 25 IV | 30 IV | 6 V | 11 V | 17 V | 21 V | 26 V

В период понижения температуры

28 IX | 21 IX | 23 IX | 26 IX | 28 IX | 1 X | 3 X | 6 X | 18 IX

От мая к июню и в июле температура воздуха продолжает повышаться. В июле наблюдается годовой максимум температуры (24,4°C). Самая высокая температура воздуха в июле за весь период наблюдений отмечалась в 1944 г. (27,2°C), самым прохладным июль был в 1934 г. (21,9°C). В июле в течение 28 дней температура воздуха превышает 20°C, в течение 13 дней — выше 25°C. В отдельные годы самым жарким месяцем может быть август (в 19 % случаев); один раз за весь период наблюдений самая высокая температура воздуха отмечалась в июне (1941 г.).

От июля к августу температура воздуха понижается в среднем на 1,6°C. От августа к сентябрю понижение температуры воздуха увеличивается. Ночи становятся холоднее, но днем по-прежнему тепло (температура воздуха составляет 20 ... 23°C). В конце сентября осуществляется переход средней суточной температуры через 15°C в сторону понижения — наступает осень (см. табл. 40). Один раз в 20 лет осень может начаться в начале третьей декады сентября или в первой декаде октября. Наиболее ранняя осень отмечалась в 1934 г. (19 сентября).

От сентября к октябрю наблюдается наиболее резкое понижение температуры воздуха. Средняя месячная температура воздуха в октябре на 7°C ниже, чем в сентябре. В октябре в течение 20 дней средняя суточная температура воздуха выше 10°C. В третьей декаде октября наблюдается более прохладная погода с температурой воздуха 6 ... 8°C.

В ноябре увеличивается число дней со средней суточной температурой 0 ... 5°C. Зима наступает в конце ноября, когда средняя

суточная температура воздуха переходит через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону понижения. В отдельные годы даты наступления зимы могут отличаться от средних многолетних (см. табл. 39). Декабрь — зимний месяц. Средняя месячная температура воздуха из года в год значительно колеблется (табл. 41). Осенью и зимой средние отклонения средней месячной температуры воздуха от средней многолетней больше, чем летом, причем абсолютные значения положительных отклонений выше отрицательных.

Таблица 41

Средние и наибольшие отклонения средней месячной температуры воздуха от средней многолетней. Фрунзе, 1927—1975 гг.

| Отклонения               | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Средние                  | 2,4  | 3,3  | 2,0  | 1,5  | 1,2  | 1,0  |
| Наибольшие положительные | 6,4  | 10,5 | 4,2  | 2,9  | 3,5  | 2,8  |
|                          | 1969 | 1931 | 1960 | 1934 | 1960 | 1954 |
| Наибольшие отрицательные | -6,6 | -6,0 | -5,8 | -5,3 | -3,7 | -2,8 |
|                          | 1963 | 1953 | 1944 | 1929 | 1961 | 1941 |
| Отклонения               | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
| Средние                  | 1,0  | 0,9  | 1,0  | 1,3  | 2,6  | 2,9  |
| Наибольшие положительные | 2,2  | 2,0  | 2,8  | 2,7  | 6,3  | 9,1  |
|                          | 1934 | 1932 | 1949 | 1953 | 1952 | 1944 |
| Наибольшие отрицательные | -3,1 | -2,6 | -4,2 | -5,8 | -5,3 | -7,9 |
|                          | 1944 | 1935 | 1959 | 1936 | 1956 | 1971 |

Следует отметить, что в отдельные периоды отклонения температуры воздуха от средней многолетней могут быть значительными.

Годовая амплитуда (разность средних месячных температур воздуха самого теплого и самого холодного месяцев) во Фрунзе составляет  $29,4^{\circ}\text{C}$ . По годовой амплитуде температуры воздуха можно судить о степени континентальности климата. Согласно А. И. Кайгородову, районы с годовой амплитудой температуры от  $29,0$  до  $35,0^{\circ}\text{C}$  относятся к умеренно-континентальному климату. Для сравнения отметим, что годовая амплитуда температуры воздуха составляет в Сочи  $18^{\circ}\text{C}$ , во Владивостоке  $32^{\circ}\text{C}$ , в Верхоянске  $65^{\circ}\text{C}$ .

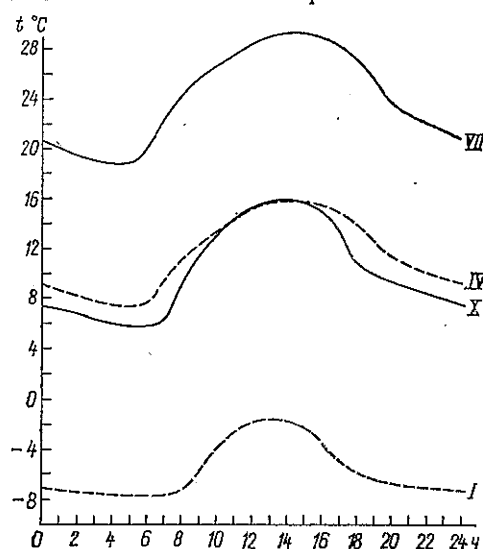
Суточный ход температуры воздуха в г. Фрунзе выражен достаточно отчетливо: минимум наблюдаются в 4—7 ч, максимум — в 13—15 ч (рис. 14). В зимний период минимум температуры воздуха наступает позже, а максимум — раньше, чем в летний.

Средняя суточная амплитуда (разность средних максимумов и средних минимумов температур воздуха для данного месяца) имеет хорошо выраженный сезонный ход: в теплый период

(июль—сентябрь) она достигает максимальных значений (13,9... 14,3 °C), зимой — суточная амплитуда минимальна (около 11,0 °C).

Суточная амплитуда температуры воздуха зависит от условий погоды. При тихой, ясной погоде она в 2 раза больше, чем при пасмурной (табл. 42).

Обычно под заморозком понимается понижение температуры до 0 °C и ниже на поверхности почвы или в воздухе на общем



фоне положительных температур. Основная причина образования заморозков — радиационное выхолаживание земной поверхности (радиационные заморозки) с последующим охлаждением приземных слоев воздуха. Радиационное выхолаживание увеличивается при повышении влажности воздуха, уменьшении количества облаков, особенно нижнего яруса, и ослаблении скорости ветра. Заморозки

Рис. 14. Суточный ход температуры воздуха.

более вероятны над сухими почвами. Заморозки возникают также и при вторжениях холодного воздуха (адвективные заморозки).

Сопоставление средних дат образования заморозков со средними датами перехода температуры воздуха через 10 °C позволяет определить морозоопасность в том или ином физико-географическом районе, поскольку за начало (окончание) вегетационного периода большинства теплолюбивых культур принимается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10 °C в сторону повышения (понижения).

Таблица 42

Средняя суточная амплитуда температуры воздуха (°C) при различном состоянии неба

| Состояние неба               | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ясно                         | 13,1 | 13,3 | 13,8 | 14,6 | 14,9 | 14,8 | 15,6 | 15,7 | 15,9 | 15,4 | 13,6 | 13,4 |
| Полужасно                    | 8,9  | 8,9  | 9,0  | 10,1 | 11,0 | 12,2 | 12,7 | 12,6 | 12,2 | 10,6 | 8,6  | 9,6  |
| Пасмурно                     | 5,6  | 6,1  | 6,6  | 7,6  | 8,0  | 8,1  | 9,1  | 8,2  | 7,7  | 7,5  | 6,2  | 6,5  |
| Независимо от состояния неба | 11,0 | 10,6 | 10,4 | 11,7 | 12,1 | 13,2 | 13,9 | 14,3 | 14,0 | 13,0 | 11,0 | 10,5 |

В г. Фрунзе переход температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения осуществляется обычно весной (6 апреля), а в сторону понижения — осенью (16 октября). Сопоставление этих дат с данными табл. 43 показывает, что район г. Фрунзе, особенно его северная пониженная часть, является морозоопасным районом. Особенно губительными здесь могут быть весенние заморозки. Так, в 1958 г. заморозок в воздухе наступил 30 мая — на 25 дней позже средней даты перехода температуры через  $15^{\circ}\text{C}$ .

Анализ данных табл. 43 свидетельствует о том, что заморозки на поверхности почвы начинаются на неделю раньше и заканчиваются на неделю позже, чем заморозки в воздухе. Соответственно продолжительность безморозного периода в воздухе на 13 дней больше, чем на поверхности почвы.

В отдельные годы переход средней суточной температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$  может осуществляться на 15—20 дней раньше или позже средней многолетней даты. Соответственно и степень опасности заморозка в каждом конкретном году будет зависеть от особенностей термического режима.

В табл. 44 приведена вероятность наступления заморозков различной интенсивности. Поздней весной и ранней осенью наиболее вероятны заморозки интенсивностью 0,  $-1^{\circ}\text{C}$ . Однако весной после перехода и осенью до перехода температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$  возможны губительные заморозки интенсивностью  $-4$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ .

При выборе приемов борьбы с заморозками необходимо знать их продолжительность. В г. Фрунзе средняя продолжительность заморозков на поверхности почвы составляет в апреле 3 дня, в мае 1 день. Интенсивные заморозки ( $\leq -4^{\circ}\text{C}$ ) даже в апреле, как правило, непродолжительны (1—2 дня). В осенний период, начиная с третьей декады сентября, средняя продолжительность заморозков любой интенсивности составляет 2—3 дня. В отдельные годы продолжительность заморозков может быть значительной (5—7 дней).

Для выявления условий возникновения особо опасных заморозков для каждого года за период 1951—1977 гг. были определены даты перехода средней суточной температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$ . За 27 лет в Чуйской долине наблюдалось 23 случая особо опасных заморозков в воздухе весной и 12 случаев осенью. Таким образом, в Чуйской долине особо опасные заморозки весной отмечаются почти ежегодно, осенью — один раз в два года.

При разработке мероприятий по борьбе с заморозками необходимо знать метеорологические условия их возникновения. Исследования показали, что, воздействуя на те или иные факторы, определяющие тепловой режим приземного слоя, можно уменьшить понижение температуры.

В г. Фрунзе средняя суточная и максимальная температуры воздуха в течение двух дней перед заморозком понижается на 2— $5^{\circ}\text{C}$  и в последние сутки перед заморозком оказывается ниже средней многолетней температуры этого дня. В отдельных случаях

Таблица 43

Даты первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода в воздухе и на поверхности почвы в г. Фрунзе

| Характер заморозка   | Дата последнего заморозка |              |               | Дата первого заморозка |              |               | Продолжительность безморозного периода, дни |                 |                 |
|----------------------|---------------------------|--------------|---------------|------------------------|--------------|---------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                      | средняя                   | самая ранняя | самая поздняя | средняя                | самая ранняя | самая поздняя | средняя                                     | наименьшая, год | наибольшая, год |
| В воздухе            | 13 IV                     | 8 III 1947   | 30 V 1958     | 15 X                   | 6 IX 1968    | 2 XI 1980     | 184                                         | 118 1958        | 244 1980        |
| На поверхности почвы | 19 IV                     | 1 IV 1969    | 26 V 1977     | 6 X                    | 6 IX 1968    | 26 X 1977     | 171                                         |                 |                 |

Таблица 44

Вероятность (%) заморозков различной интенсивности в воздухе и на поверхности почвы

| Характер заморозка   | Интенсивность заморозка, °C | Апрель |    |    | Май |    |    | Сентябрь |    |    | Октябрь |    |    |
|----------------------|-----------------------------|--------|----|----|-----|----|----|----------|----|----|---------|----|----|
|                      |                             | 5      | 15 | 25 | 5   | 15 | 25 | 5        | 15 | 25 | 5       | 15 | 25 |
| В воздухе            | 0                           | 78     | 52 | 28 | 11  | 5  | 3  |          |    | 7  | 25      | 54 | 87 |
|                      | -3                          | 32     | 12 | 5  | 3   | 0  |    |          |    | 2  | 5       | 16 | 50 |
| На поверхности почвы | -5                          | 17     | 5  | 3  | 3   | 0  |    |          |    | 0  | 2       | 8  | 26 |
|                      | -0                          | 95     | 70 | 40 | 20  | 5  |    | 5        | 15 | 40 | 65      | 95 |    |
|                      | -1                          | 95     | 60 | 35 | 20  | 5  |    | 5        | 15 | 35 | 60      | 90 |    |
|                      | -2                          | 90     | 30 | 15 |     |    |    | 5        | 10 | 25 | 50      | 75 | 95 |
|                      | -3                          | 55     | 20 | 10 |     |    |    |          |    | 5  | 30      | 70 | 95 |
|                      | -4                          | 45     | 15 | 5  |     |    |    |          |    | 5  | 25      | 60 | 90 |
|                      | -5                          | 35     | 15 | 5  |     |    |    |          |    |    | 10      | 40 | 80 |

Примечание. Данные по заморозкам в воздухе получены за 1927—1960 гг., по заморозкам на поверхности почвы — за период 1951—1970 гг.



максимальная температура в день перед заморозком может достигать 18 ... 20°C.

Минимальная температура на поверхности почвы в ночь перед заморозком составляет в среднем 3 ... 6°C. Температура почвы на глубине 5 и 10 см в течение двух дней перед заморозком составляет 8 ... 13°C осенью и 6 ... 12°C весной и бывает ниже средней многолетней температуры почвы в эти периоды.

Количество облаков в течение двух дней перед заморозком весной составляет 7—9 баллов, осенью — 3—7 баллов, а в ночь с заморозком наблюдается ясная погода. Таким образом, радиационный фактор играет значительную роль в образовании заморозков в г. Фрунзе.

Относительная влажность в ночь с заморозком равна 70—80 %. Перед заморозками часто выпадают осадки, однако их количество невелико и составляет 1—2 мм, редко 4—6 мм. Почва во время заморозков в осенний период в основном сухая, весной — сухая или влажная.

Для всех случаев особо опасных заморозков были определены типы синоптических процессов. Анализ полученных данных показал следующее. В весенний период особо опасные заморозки в Чуйской долине в 80 % случаев наблюдаются при северных и северо-западных холодных вторжениях; в 12 % случаев — при западных вторжениях и очень редко (1—2 раза за 27 лет) — при затоке холодного воздуха в тыл малоподвижного циклона и юго-восточной периферии антициклона. При этом в апреле заморозки чаще отмечаются при северо-западных вторжениях, а в мае — при северных.

В осенний период особо опасные заморозки в 88 % случаев наблюдаются при северных и северо-западных процессах. Так, например, в сентябре такие заморозки в 60 % случаев отмечались при северных вторжениях. В октябре заморозки могут возникать даже при вторжении холодного воздуха с запада.

Особенности развития атмосферных процессов, при которых возникают особо опасные заморозки, позволяют с заблаговременностью до 3 дней предсказать появление заморозков в Чуйской долине.

## 4.2. Температура почвы

Температура почвы является одним из важных климатических параметров, поскольку она в значительной степени определяет термический режим воздуха. Кроме того, температура почвы представляет практический интерес для сельского хозяйства, лесоводства и различных отраслей строительства.

Термический режим почвы зависит от количества приходящей и поглощенной солнечной радиации, от физических свойств почвы, формы рельефа, экспозиции склонов, характера растительности, а в зимний период — от плотности и высоты снежного покрова.

В понятие термического режима почвы входят температура поверхности почвы (по данным срочного, минимального и максимального термометров), температура ее верхних слоев (по данным коленчатых термометров на глубинах 5, 10, 15, 20 см), а также температура почвы в трехметровом слое (по данным вытяжных термометров на глубинах 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,2, 1,6, 2,4 и 3,2 м).

Термический режим почвы определяется также ее структурными особенностями: почвы в районе г. Фрунзе суглинистые, в слое 20—80 см — супесь с примесью гальки, ниже — глина, ниже 160 см — крупная галька с глиной.

Начиная со второй декады декабря и по вторую декаду февраля почва покрыта снегом; под снежным покровом почва находится около 80 дней в году. Около 40 дней в году (преимущественно в переходные сезоны) почва находится в замерзшем состоянии. Весной и в начале лета почва часто влажная или мокрая, летом в основном сухая.

Как следует из данных табл. 45, средняя годовая температура почвы во Фрунзе составляет  $12^{\circ}\text{C}$ . Большую часть года средняя суточная температура почвы выше нуля и лишь в зимние месяцы она отрицательная. Средняя месячная температура почвы в околополуденные часы положительна в течение всего года; перед восходом солнца температура на поверхности почвы отрицательна в период с ноября по март. На поверхности почвы абсолютный минимум составляет  $-40^{\circ}\text{C}$  (январь 1969 г.), абсолютный максимум  $69^{\circ}\text{C}$  (июнь, июль).

В годовом ходе температуры поверхности почвы наблюдается один минимум (январь) и один максимум (июль). Годовая амплитуда средней месячной температуры поверхности почвы составляет  $39^{\circ}\text{C}$  (на  $9^{\circ}\text{C}$ ) выше, чем годовая амплитуда температуры воздуха. Большую часть года средняя месячная температура поверхности почвы выше, чем температура воздуха; и лишь в холодный период, со второй декады ноября по первую декаду марта, почва холоднее воздуха. В дневные часы температура поверхности почвы в среднем в течение года выше, а в ночные ниже, чем температура воздуха.

В течение года в почве происходит постоянный теплообмен: в теплый период тепло передается от верхних слоев к нижним, в холодный период тепло распространяется от глубинных слоев почвы к верхним. В районе г. Фрунзе с апреля по сентябрь температура поверхности почвы выше, чем температура глубоких слоев. При этом разность температура поверхности почвы — температура на глубине 3,2 м возрастает от  $4^{\circ}\text{C}$  в апреле до  $14^{\circ}\text{C}$  в июле. С октября по март температура почвы с глубиной повышается.

В годовом ходе температуры почвы на различных глубинах наблюдается один максимум и один минимум. Однако с глубиной экстремумы сдвигаются, запаздывая относительно времени их наступления на поверхности почвы (табл. 46). Так, на глубинах 0,0, 0,8 и 3,2 м максимум температуры наблюдается в июле, ав-

Таблица 45

Средние месячные значения температуры почвы и воздуха (°C) в г. Фрунзе и их разность

| Характеристика                                 | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя месячная температура поверхности почвы | -7   | -4   | 5    | 14   | 21   | 27   | 31   | 28   | 21   | 11   | 2    | -4   | 12   |
| Средняя месячная температура воздуха           | -5,0 | -2,9 | 4,0  | 11,7 | 17,0 | 21,5 | 24,4 | 22,8 | 17,5 | 10,5 | 2,5  | -2,7 | 10,1 |
| Разность                                       | -2,0 | -1,1 | 1,0  | 2,3  | 4,0  | 5,5  | 6,6  | 5,2  | 3,5  | 0,5  | -0,5 | -1,3 | 1,9  |
| Средний максимум на почве                      | 1    | 6    | 18   | 33   | 42   | 50   | 56   | 54   | 44   | 30   | 13   | 4    | 29   |
| Средний максимум в воздухе                     | 1,4  | 3,3  | 9,7  | 17,8 | 22,9 | 27,9 | 31,1 | 29,8 | 24,5 | 17,5 | 8,7  | 3,0  | 16,5 |
| Разность                                       | 0,4  | 2,7  | 8,3  | 15,3 | 19,1 | 22,1 | 24,9 | 24,2 | 19,5 | 12,5 | 4,3  | 1,0  | 12,5 |
| Средний минимум на почве                       | -14  | -10  | -3   | 4    | 9    | 13   | 15   | 14   | 8    | 2    | -5   | -11  | 2    |
| Средний минимум в воздухе                      | -9,6 | -7,3 | -0,7 | 6,1  | 10,8 | 14,8 | 17,2 | 15,5 | 10,5 | 4,5  | -2,3 | -7,5 | 4,3  |
| Разность                                       | -4,4 | -2,7 | -2,3 | -2,1 | -1,8 | -1,8 | -2,2 | -1,5 | -2,5 | -2,5 | -2,7 | -3,5 | -2,3 |

густе и сентябре, а минимум — в январе, феврале и марте соответственно. Кроме того, с глубиной снижается годовая амплитуда колебаний температуры (от 39°C на поверхности почвы до 8,6°C на глубине 3,2 м). Средняя годовая температура почвы на всех глубинах примерно одинакова и составляет 13,5°C.

Таблица 46

Средняя месячная и годовая температура почвы (°C) на различных глубинах. По данным вытяжных термометров; г. Фрунзе

| Глубина, м | I    | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|------------|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0,2        | -1,2 | 0,7 | 5,3 | 12,7 | 19,2 | 24,5 | 29,0 | 28,5 | 23,4 | 13,7 | 5,1  | 0,6  | 13,5 |
| 0,4        | 0,1  | 0,9 | 5,0 | 11,8 | 18,3 | 23,3 | 27,6 | 27,7 | 22,9 | 14,5 | 6,0  | 1,5  | 13,5 |
| 0,8        | 2,4  | 2,3 | 5,1 | 10,5 | 16,0 | 20,5 | 24,6 | 25,7 | 22,5 | 16,1 | 9,1  | 4,5  | 13,3 |
| 1,6        | 6,9  | 5,9 | 6,3 | 8,9  | 12,5 | 16,1 | 19,3 | 21,3 | 20,8 | 17,8 | 13,4 | 9,6  | 13,3 |
| 2,4        | 9,3  | 8,0 | 7,7 | 8,9  | 11,3 | 14,1 | 16,6 | 18,7 | 19,0 | 17,7 | 14,7 | 11,8 | 13,4 |
| 3,2        | 10,9 | 9,5 | 8,9 | 9,3  | 10,8 | 12,8 | 14,8 | 16,7 | 17,5 | 17,1 | 15,2 | 13,0 | 13,1 |

Наличие естественного покрова значительно сглаживает годовой ход температуры почвы. Летом оголенная почва теплее, чем почва, покрытая растительностью. В зимний период большое влияние на термический режим слоев почвы оказывает снежный покров, который предохраняет почву от выхолаживания. Теплоизолирующая роль снежного покрова хорошо иллюстрируется следующим примером:

| Год  | Средняя месячная температура января, °C | Высота снежного покрова, см | Максимальная глубина проникновения 0°C в почву, см |
|------|-----------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| 1951 | -12,2                                   | 8                           | 105                                                |
| 1969 | -12,4                                   | 30                          | 64                                                 |

Из приведенных данных видно, что почва под снежным покровом промерзает на меньшую глубину.

Глубина промерзания почвы и глубина проникновения температуры 0°C (которая обычно больше глубины промерзания) являются важными характеристиками термического режима почвы в холодный период. Эти характеристики используются при строительном проектировании и играют немалую роль в сельскохозяйственном производстве.

В табл. 47 приведены сведения о средней, наибольшей и наименьшей глубине проникновения в почву температуры 0°C. Эта таблица составлена по наблюдениям на глубинах 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 и 320 см.

Максимальная глубина проникновения в почву нулевой изотермы (под естественным покровом), возможная один раз в 50 лет,

Таблица 47

Глубина проникновения (см) в почву  
температуры 0 °С. По данным ст. Фрунзе  
(под естественным покровом)

| Глубина<br>проникновения | X | XI | XII | I  | II  | III  | IV |
|--------------------------|---|----|-----|----|-----|------|----|
| Средняя                  | 0 | 26 | 51  | 58 | 54  | < 20 | 0  |
| Наибольшая               | 0 | 43 | 92  | 85 | 105 | 98   | 0  |
| Наименьшая               | 0 | 0  | 0   | 0  | 0   | 0    | 0  |

составляет 120 см (норма —60 см). Температура  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  на глубине 20 см возможна в 86 % лет, на глубине 80 см — в 14 % лет.

Средняя глубина промерзания почвы составляет в декабре 7 см, в январе 16 см, в феврале 21 см, в марте 8 см. Наибольшая глубина промерзания 45 см. Устойчивое промерзание почвы в г. Фрунзе начинается в среднем 6 декабря; оттаивает почва 4 марта.

## 5. РЕЖИМ УВЛАЖНЕНИЯ

### 5.1. Влажность воздуха

В реальных условиях в воздухе всегда содержится водяной пар, но его количество колеблется и зависит главным образом от температуры воздуха, наличия источников испарения и циркуляционных условий. Для характеристики влажности воздуха используются три показателя: парциальное давление (упругость) водяного пара, абсолютная и относительная влажность.

*Парциальное давление водяного пара* и *абсолютная влажность* характеризуют количество влаги в воздухе, а *относительная влажность* — степень насыщения воздуха водяным паром. Чем выше температура воздуха, тем больше поглощается влаги. А это вызывает соответствующее увеличение парциального давления водяного пара. Поэтому парциальное давление водяного пара летом больше, чем зимой; изменяется оно также и в суточном ходе; максимум наблюдается днем, а минимум — ночью.

Среднее годовое парциальное давление водяного пара в г. Фрунзе составляет 7,8 гПа (табл. 48); минимум наблюдается зимой,

Таблица 48

Среднее месячное и годовое парциальное давление водяного пара (гПа)

| I   | II  | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 3,3 | 3,8 | 5,8 | 8,3 | 10,9 | 12,5 | 12,9 | 11,8 | 8,8 | 6,8 | 5,1 | 3,9 | 7,8 |

максимум — летом (в июне — июле). По многолетним данным наибольшее среднее месячное парциальное давление водяного пара наблюдалось в августе (16,0 гПа), а наименьшее — в феврале (1,6 гПа; табл. 49).

Изменения парциального давления водяного пара в суточном ходе проявляются менее отчетливо (табл. 50). Суточная амплитуда парциального давления изменяется от 0,5 гПа в ноябре до 2,6 гПа

Таблица 49

Наибольшее и наименьшее среднее месячное парциальное давление водяного пара (гПа)

| Парциальное давление водяного пара | I   | II  | III | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X   | XI  | XII |
|------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Наибольшее                         | 4,7 | 5,3 | 7,2 | 10,7 | 13,4 | 15,8 | 15,7 | 16,0 | 10,1 | 9,8 | 6,0 | 5,4 |
| Наименьшее                         | 2,0 | 1,6 | 4,4 | 6,1  | 7,4  | 9,4  | 9,6  | 8,3  | 6,0  | 4,6 | 3,6 | 2,0 |

в июле. Следует также отметить, что суточный максимум парциального давления водяного пара в ноябре — феврале отмечается днем (13 ч), а в марте — октябре — вечером (19 ч). В годовом ходе суточный минимум наблюдается летом и осенью, как правило, ночью (1 ч), зимой и ранней весной — утром. В теплый период

Таблица 50

Среднее месячное и годовое парциальное давление  
водяного пара (гПа) в различное время суток

| Время,<br>ч | I   | II  | III | IV  | V    | VI   | VII  | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0           | 2,8 | 3,3 | 5,5 | 8,4 | 10,6 | 11,9 | 12,1 | 11,0 | 8,6 | 6,9 | 5,2 | 4,0 | 7,6 |
| 6           | 2,8 | 3,3 | 5,5 | 8,7 | 11,3 | 13,1 | 13,3 | 12,3 | 9,5 | 7,4 | 5,2 | 3,9 | 8,0 |
| 12          | 3,4 | 3,9 | 5,9 | 8,4 | 10,4 | 11,9 | 12,0 | 11,2 | 8,6 | 7,1 | 5,7 | 4,6 | 7,8 |
| 18          | 3,1 | 3,7 | 6,3 | 9,4 | 12,0 | 13,7 | 13,8 | 12,2 | 9,2 | 7,4 | 5,7 | 4,3 | 8,4 |

(апрель — сентябрь), кроме основного ночного минимума, обусловленного понижением температуры, отмечается вторичный минимум днем, связанный с конвекцией.

В табл. 51 приведены данные о средней месячной и годовой относительной влажности. В годовом ходе максимум относительной влажности в г. Фрунзе наблюдается в феврале — марте. В эти

Таблица 51

Средняя месячная и годовая относительная влажность  
воздуха (%)

| I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 69 | 72 | 72  | 63 | 59 | 51 | 44  | 45   | 47 | 57 | 69 | 71  | 60  |

месяцы земная поверхность либо покрыта снегом, либо влажная или мокрая; температура воздуха днем положительная (3...10°C). Кроме того, в феврале — марте наблюдаются частые выходы южных циклонов; при этом в Чуйскую долину поступает очень влажный средиземноморский воздух.

От марта к апрелю относительная влажность понижается на 9 %, так как резко повышается температура воздуха, более чем в два раза увеличивается число дней с сухой почвой.

Минимум относительной влажности наблюдается в июле — августе. В эти месяцы Чуйская долина зачастую оказывается под воздействием термической депрессии или размытого барического поля. От октября к ноябрю относительная влажность повышается на 12 %.

В суточном ходе относительной влажности отмечаются следующие особенности: максимум наблюдается ночью, минимум — днем.

Следует отметить, что в холодный период относительная влажность в течение ночи практически не меняется, несмотря на понижение температуры; в теплый период наблюдается постепенное увеличение относительной влажности от вечера к середине ночи. Эти особенности объясняются тем, что зимой относительная влажность с высотой в горах понижается. Так, в январе на высотах 760, 1600 и 3000 м она составляет соответственно 71, 56 и 46 %.

Таблица 52

Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха (%) в различное время суток

| Время,<br>ч | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|-------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| 0           | 72 | 76 | 78  | 73 | 72 | 60 | 53  | 53   | 57 | 67 | 75 | 76  | 68  |
| 6           | 72 | 75 | 74  | 65 | 60 | 49 | 44  | 45   | 50 | 64 | 74 | 75  | 62  |
| 12          | 56 | 59 | 58  | 47 | 44 | 36 | 30  | 30   | 32 | 43 | 55 | 61  | 46  |
| 18          | 72 | 76 | 76  | 66 | 65 | 54 | 47  | 46   | 49 | 62 | 75 | 76  | 64  |

В вечерние часы в предгорье воздушная масса характеризуется высокой относительной влажностью; с развитием местного горного ветра относительная влажность остается на прежнем уровне или незначительно уменьшается несмотря на понижение температуры воздуха. Летом относительная влажность возрастает на высотах 760, 1600 и 3000 м она составляет соответственно 44, 52 и 66 %. Ясно, что с развитием местных горных потоков в город поступает более влажный, чем в предгорьях, воздух. Таким образом, горный ветер зимой приносит в город сухой, а летом более влажный чистый воздух.

Суточная амплитуда относительной влажности в летний период довольно значительна и составляет 22—25 %.

Организм человека определенным образом реагирует на содержание влаги в воздухе. Относительную влажность 45—60 % принято считать комфортной, а экстремальные значения относительной влажности (<45 и >60 %) — дискомфортными. Судя по средним многолетним данным (табл. 51, 52), относительная влажность в г. Фрунзе близка к комфортной. Однако детальный анализ данных показывает, что в июне—октябре в дневные часы (13 ч) отмечается наибольшая повторяемость относительной влажности <30 % (табл. 53). Максимальная повторяемость высокой относительной влажности (80—100 %) в 13 ч наблюдается в ноябре—марте.

Повторяемость относительной влажности 20—40 % в 13 ч в июле, августе и сентябре составляет соответственно 71,5, 74,6 и 66,2 %.

Отмечаются дни с экстремально низкой относительной влажностью <10 %. Такая низкая влажность обусловлена интенсивными



Таблица 53

Повторяемость (%) относительной влажности в 13 ч  
в различных пределах

| Относительная влажность, % | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 0—9                        |      |      | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,3  |      |      |      | 0,9  | 0,7  |      |     |
| 10—19                      | 0,1  | 0,3  | 3,4  | 9,5  | 4,8  | 5,9  | 11,6 | 11,1 | 15,5 | 15,4 | 5,8  | 0,9  |     |
| 20—29                      | 3,9  | 4,8  | 6,2  | 13,9 | 17,4 | 28,5 | 43,3 | 44,2 | 42,7 | 25,2 | 8,8  | 3,4  |     |
| 30—39                      | 9,6  | 9,2  | 13,2 | 17,5 | 27,1 | 27,6 | 28,2 | 30,4 | 23,5 | 17,8 | 9,5  | 8,6  |     |
| 40—49                      | 16,3 | 15,3 | 10,7 | 16,9 | 20,5 | 20,7 | 9,4  | 8,4  | 8,3  | 12,7 | 13,2 | 14,8 |     |
| 50—59                      | 16,3 | 14,3 | 13,8 | 13,5 | 13,6 | 9,2  | 4,1  | 2,8  | 5,6  | 9,0  | 13,7 | 15,3 |     |
| 60—69                      | 12,5 | 15,7 | 14,5 | 9,9  | 7,1  | 2,8  | 1,8  | 1,5  | 2,4  | 5,6  | 11,1 | 16,6 |     |
| 70—79                      | 12,4 | 17,0 | 13,4 | 6,8  | 3,1  | 3,5  | 0,9  | 1,2  | 0,8  | 4,1  | 14,0 | 15,3 |     |
| 80—89                      | 12,7 | 12,0 | 12,9 | 6,8  | 3,0  | 0,7  | 0,4  | 0,1  | 0,8  | 5,0  | 12,5 | 12,1 |     |
| 90—100                     | 16,2 | 11,4 | 11,6 | 4,8  | 3,1  | 0,8  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 4,3  | 10,7 | 13,0 |     |

фёнами с одновременно сильным прогревом подстилающей поверхности в дневные часы.

## 5.2. Облачность

Облачность относят к группе атмосферных явлений. При наблюдениях за облачностью используют три характеристики: количество, форму и высоту нижней границы. Степень покрытия небосвода облаками определяют по 10-балльной шкале: 0—2 балла — ясно, 3—7 баллов — полуясно, 8—10 баллов — пасмурно.

Все облака в зависимости от высоты их нижней границы делятся на три яруса. К облакам верхнего яруса (высота 6—10 км) относятся перистые, перисто-кучевые и перисто-слоистые облака. Средний ярус (высота 2—6 км) — высоко-кучевые и высоко-слоистые облака. К облакам нижнего яруса относятся слоистые и слоисто-дождевые облака, а также облака вертикального развития — кучевые и кучево-дождевые, характеризующиеся большой вертикальной протяженностью. Нижняя граница всех облаков располагается ниже 2 км, а у слоистых облаков она может опускаться до поверхности земли.

Поскольку облака нижнего яруса представляют большой практический интерес, принято наблюдать отдельно общую и нижнюю облачность. Поэтому все графики и таблицы, приведенные в этой главе, выполнены отдельно для общей и нижней облачности.

Облачность в г. Фрунзе умеренная; она составляет в среднем за год 5,0—6,2 балла по общей облачности и 2,3—3,5 балла по нижней (табл. 54).

Пасмурное состояние неба по общей облачности наблюдается в основном с ноября по май (повторяемость более 50 %); максимальная повторяемость пасмурного неба отмечается в марте

Таблица 54

Среднее месячное и годовое количество (баллы) общей и нижней облачности в различное время суток

| Время суток, ч    | I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Общая облачность  |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 0                 | 5,7 | 6,1 | 6,9 | 6,2 | 5,5 | 4,3 | 3,4 | 2,8  | 3,1 | 4,3 | 5,2 | 6,4 | 5,0 |
| 6                 | 7,1 | 7,5 | 7,4 | 7,2 | 6,4 | 5,0 | 4,2 | 3,2  | 3,6 | 5,6 | 6,6 | 7,7 | 6,0 |
| 12                | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 7,6 | 7,0 | 6,1 | 4,7 | 3,8  | 4,4 | 6,0 | 6,2 | 7,3 | 6,2 |
| 18                | 6,1 | 6,1 | 6,9 | 7,1 | 7,3 | 7,2 | 5,9 | 4,5  | 4,0 | 4,9 | 5,7 | 6,6 | 6,0 |
| Нижняя облачность |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 0                 | 2,4 | 2,8 | 3,4 | 3,2 | 2,5 | 1,7 | 1,5 | 1,1  | 1,3 | 2,1 | 3,0 | 3,4 | 2,3 |
| 6                 | 2,7 | 3,1 | 3,6 | 3,4 | 2,9 | 2,5 | 2,0 | 1,6  | 1,5 | 2,6 | 3,5 | 3,5 | 2,7 |
| 12                | 2,1 | 2,4 | 3,6 | 4,2 | 4,5 | 4,3 | 3,2 | 2,5  | 2,5 | 2,8 | 2,9 | 3,4 | 3,2 |
| 18                | 2,5 | 2,6 | 3,8 | 4,1 | 4,9 | 4,8 | 4,2 | 3,1  | 2,4 | 2,5 | 3,1 | 3,4 | 3,5 |

(табл. 55, рис. 15), что подтверждается и коэффициентом устойчивости пасмурной погоды, который в ноябре — марте составляет 44—53 %. Число ясных и пасмурных дней существенно дополняет данные о повторяемости ясного, полужасного и пасмурного неба (табл. 56).

Облачность в г. Фрунзе имеет хорошо выраженный годовой ход, обусловленный особенностями атмосферной циркуляции (см. табл. 55 и 56). В годовом ходе числа пасмурных дней по общей облачности отмечается два максимума: основной в марте (17 дней) и второй в декабре (15 дней). Наименьшее число пасмурных дней по общей облачности наблюдается в июле — августе (4 дня). В течение года в г. Фрунзе наблюдается 125 пасмурных дней. Однако следует отметить, что зачастую повторяемость пасмурного состояния неба (8—10 баллов) по общей облачности рассчитывается

Таблица 55

Повторяемость (%) ясного (0—2 балла), полужасного (3—7 балла) и пасмурного (8—10 баллов) состояния неба по общей и нижней облачности

| Облачность, баллы | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|-------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Общая облачность  |    |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |     |
| 0—2               | 34 | 29 | 24  | 27 | 29 | 36 | 46  | 54   | 59 | 48 | 36 | 35  | 38  |
| 3—7               | 9  | 8  | 8   | 12 | 18 | 22 | 22  | 18   | 14 | 11 | 10 | 10  | 14  |
| 8—10              | 57 | 63 | 68  | 61 | 53 | 42 | 32  | 28   | 27 | 41 | 54 | 55  | 48  |
| Нижняя облачность |    |    |     |    |    |    |     |      |    |    |    |     |     |
| 0—2               | 71 | 68 | 56  | 60 | 59 | 60 | 65  | 72   | 75 | 73 | 68 | 69  | 66  |
| 3—7               | 4  | 4  | 9   | 12 | 18 | 22 | 21  | 15   | 11 | 9  | 6  | 4   | 12  |
| 8—10              | 25 | 28 | 35  | 28 | 23 | 18 | 14  | 13   | 14 | 18 | 26 | 27  | 22  |

с учетом облаков верхнего яруса (в основном перистых), поэтому большую часть пасмурных дней можно отнести к ясным дням.

В годовом ходе повторяемости ясного неба по общей облачности максимум наблюдается в сентябре, минимум — в марте. Соответственно и число ясных дней по общей облачности в сентябре

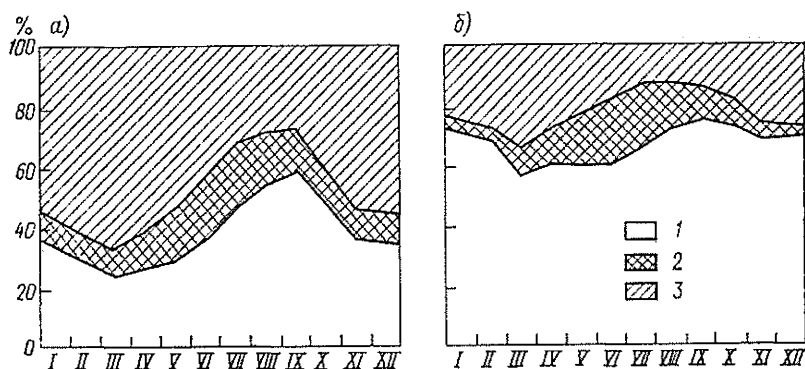


Рис. 15. Повторяемость (%) состояния неба по общей (а) и нижней (б) облачности.

1 — ясно, 2 — полужасно, 3 — пасмурно.

наибольшее (10 дней), а в марте наименьшее (2 дня). В целом за год в г. Фрунзе наблюдается 57 ясных дней по общей облачности.

Поскольку нижняя облачность играет важную роль в обеспечении нормальной работы некоторых отраслей народного хозяйства, ее изучению придается особое значение.

Годовой ход пасмурного состояния неба по нижней облачности более сглажен, так как минимум, приходящийся на теплый период, и максимум весной (март) выражены менее резко.

Повторяемость ясного неба по нижней облачности преобладает в течение всего года; коэффициент устойчивости ясной погоды изменяется от 75 до 85 %. Максимальная повторяемость ясного неба наблюдается в сентябре, минимальная — в марте.

Таблица 56

Число ясных и пасмурных дней по общей и нижней облачности

| Облач-ность   | I    | II   | III  | IV   | V    | VI  | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год |
|---------------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| Ясные дни     |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |
| Общая         | 3,7  | 3,1  | 2,1  | 2,7  | 2,5  | 2,8 | 6,3  | 10,0 | 10,5 | 6,3  | 4,6  | 2,7  | 57  |
| Нижняя        | 16,1 | 14,3 | 11,2 | 9,9  | 9,0  | 8,4 | 11,4 | 15,3 | 16,7 | 15,4 | 13,1 | 12,6 | 153 |
| Пасмурные дни |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |     |
| Общая         | 12,9 | 13,5 | 17,1 | 15,5 | 11,9 | 7,3 | 4,5  | 3,8  | 4,9  | 8,7  | 10,4 | 14,9 | 125 |
| Нижняя        | 2,6  | 3,1  | 5,3  | 5,1  | 3,1  | 1,4 | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 3,1  | 3,9  | 5,6  | 33  |

Характерным показателем режима облачности для г. Фрунзе является число ясных и пасмурных дней. Число пасмурных дней по нижней облачности в холодный период не превышает 3—5 в месяц. Особенно мало пасмурных дней наблюдается летом в связи

Таблица 57  
Повторяемость (%) основных форм облаков

| Облака             | I   | II | III | IV | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X  | XI | XII | Год |
|--------------------|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|------|-----|----|----|-----|-----|
| Перистые           | 45  | 47 | 38  | 47 | 48  | 44  | 30  | 24   | 22  | 36 | 41 | 41  | 39  |
| Перисто-кучевые    | 2   | 2  | 3   | 2  | 2   | 2   | 2   | 1    | 1   | 2  | 2  | 1   | 2   |
| Перисто-слоистые   | 20  | 21 | 20  | 18 | 14  | 11  | 4   | 4    | 6   | 10 | 15 | 17  | 13  |
| Высоко-кучевые     | 32  | 30 | 26  | 30 | 35  | 38  | 33  | 20   | 19  | 32 | 34 | 30  | 30  |
| Высоко-слоистые    | 24  | 24 | 24  | 20 | 16  | 12  | 7   | 5    | 7   | 13 | 21 | 22  | 16  |
| Кучевые            | 3   | 4  | 8   | 14 | 24  | 33  | 30  | 25   | 17  | 10 | 4  | 3   | 15  |
| Кучево-дождевые    | 0,3 | 1  | 3   | 9  | 18  | 25  | 20  | 17   | 11  | 5  | 1  | 0,4 | 9   |
| Слоисто-кучевые    | 16  | 17 | 28  | 32 | 35  | 34  | 35  | 36   | 27  | 25 | 23 | 18  | 27  |
| Слоисто-дождевые   | 13  | 13 | 18  | 12 | 6   | 3   | 1   | 2    | 2   | 8  | 13 | 13  | 9   |
| Слоистые           | 8   | 6  | 4   | 1  | 0,8 | 0,5 | 0,6 | 0,5  | 0,6 | 1  | 5  | 6   | 3   |
| Разорвано-дождевые | 4   | 4  | 11  | 9  | 5   | 4   | 1   | 2    | 2   | 6  | 8  | 6   | 5   |

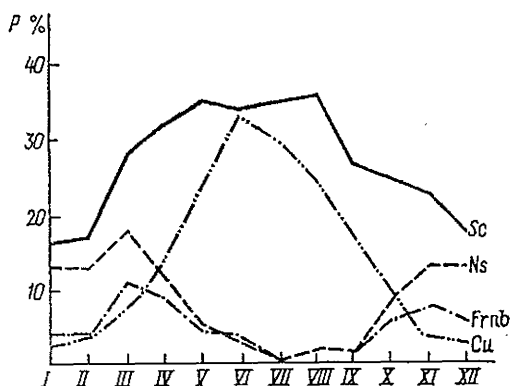


Рис. 16. Повторяемость основных форм облаков в течение года.

с интенсивной трансформацией воздушных масс и высокой конденсацией водяного пара. С июля по сентябрь отмечается безоблачная погода (по нижней облачности): в г. Фрунзе наблюдается всего по одному пасмурному дню за месяц.

Большую часть года над г. Фрунзе преобладают перистые (Ci) облака (повторяемость 22—45 %) и высоко-кучевые (As). В весен-

не-зимний период увеличивается повторяемость высоко-слоистых облаков (As) (табл. 57, рис. 16).

Чаще других форм наблюдаются слоисто-кучевые облака (Sc). В теплый период их повторяемость составляет 25—36 %, в холодный — 16—20 %. От зимы к лету наблюдается значительное уменьшение слоисто-дождевых и разорванно-дождевых облаков. Их повторяемость зимой и в переходные сезоны составляет 12—18 %, летом — 1—3 %.

Таблица 58

Повторяемость (%) ясного (0—2 балла), полужасного (3—7 балла) и пасмурного (8—10 балла) состояния неба по общей и нижней облачности в различное время суток

| Месяц | Время, ч | Общая облачность, баллы |     |      | Нижняя облачность, баллы |     |      | Месяц | Время, ч | Общая облачность, баллы |     |      | Нижняя облачность, баллы |     |      |
|-------|----------|-------------------------|-----|------|--------------------------|-----|------|-------|----------|-------------------------|-----|------|--------------------------|-----|------|
|       |          | 0—2                     | 3—7 | 8—10 | 0—2                      | 3—7 | 8—10 |       |          | 0—2                     | 3—7 | 8—10 | 0—2                      | 3—7 | 8—10 |
| I     | 1        | 43                      | 7   | 50   | 73                       | 2   | 25   | VII   | 1        | 64                      | 16  | 20   | 79                       | 11  | 10   |
|       | 7        | 27                      | 11  | 62   | 66                       | 6   | 28   |       | 7        | 49                      | 22  | 29   | 77                       | 11  | 12   |
|       | 13       | 28                      | 10  | 62   | 73                       | 4   | 23   |       | 13       | 44                      | 28  | 28   | 60                       | 30  | 10   |
|       | 19       | 39                      | 8   | 53   | 72                       | 3   | 25   |       | 19       | 27                      | 24  | 49   | 44                       | 32  | 24   |
| II    | 1        | 40                      | 6   | 54   | 72                       | 2   | 26   | VIII  | 1        | 72                      | 12  | 16   | 87                       | 5   | 8    |
|       | 7        | 24                      | 7   | 69   | 61                       | 4   | 35   |       | 7        | 54                      | 18  | 28   | 77                       | 11  | 12   |
|       | 13       | 21                      | 9   | 70   | 70                       | 7   | 23   |       | 13       | 54                      | 21  | 25   | 71                       | 19  | 10   |
|       | 19       | 31                      | 11  | 58   | 70                       | 2   | 28   |       | 19       | 37                      | 22  | 41   | 53                       | 26  | 21   |
| III   | 1        | 35                      | 8   | 57   | 65                       | 4   | 31   | IX    | 1        | 72                      | 9   | 19   | 85                       | 3   | 12   |
|       | 7        | 21                      | 7   | 72   | 53                       | 9   | 38   |       | 7        | 59                      | 14  | 27   | 79                       | 7   | 14   |
|       | 13       | 15                      | 10  | 75   | 53                       | 14  | 33   |       | 13       | 55                      | 18  | 27   | 74                       | 17  | 9    |
|       | 19       | 23                      | 10  | 67   | 53                       | 10  | 37   |       | 19       | 50                      | 15  | 35   | 62                       | 18  | 20   |
| IV    | 1        | 42                      | 14  | 44   | 70                       | 7   | 23   | X     | 1        | 58                      | 8   | 34   | 79                       | 6   | 15   |
|       | 7        | 27                      | 11  | 62   | 65                       | 8   | 27   |       | 7        | 44                      | 11  | 45   | 71                       | 9   | 20   |
|       | 13       | 20                      | 13  | 67   | 56                       | 18  | 26   |       | 13       | 41                      | 14  | 45   | 71                       | 11  | 18   |
|       | 19       | 19                      | 11  | 70   | 48                       | 16  | 36   |       | 19       | 49                      | 12  | 39   | 71                       | 9   | 20   |
| V     | 1        | 46                      | 16  | 38   | 71                       | 10  | 19   | XI    | 1        | 44                      | 9   | 47   | 73                       | 4   | 23   |
|       | 7        | 32                      | 16  | 52   | 70                       | 10  | 20   |       | 7        | 28                      | 10  | 62   | 61                       | 7   | 32   |
|       | 13       | 22                      | 24  | 54   | 50                       | 30  | 20   |       | 13       | 29                      | 13  | 53   | 69                       | 8   | 23   |
|       | 19       | 17                      | 16  | 67   | 44                       | 23  | 33   |       | 19       | 42                      | 9   | 49   | 71                       | 4   | 25   |
| VI    | 1        | 53                      | 19  | 28   | 77                       | 10  | 13   | XII   | 1        | 41                      | 9   | 50   | 71                       | 1   | 28   |
|       | 7        | 41                      | 21  | 38   | 74                       | 13  | 13   |       | 7        | 29                      | 11  | 60   | 63                       | 6   | 31   |
|       | 13       | 30                      | 30  | 40   | 48                       | 37  | 15   |       | 13       | 29                      | 11  | 60   | 71                       | 8   | 21   |
|       | 19       | 20                      | 20  | 60   | 41                       | 28  | 31   |       | 19       | 42                      | 7   | 51   | 70                       | 3   | 27   |

Летом, когда над районами Средней Азии устанавливается термическая депрессия, облачность образуется главным образом за счет местной циркуляции атмосферы. Значительно увеличивается повторяемость кучевых (Cu) и кучево-дождевых (Cb) облаков (20—33 %).

Облачность характеризуется суточным и сезонным ходом (табл. 58, рис. 17, 18). Летом наибольшая повторяемость пасмур-

ного неба по общей облачности отмечается вечером и днем, зимой — утром. Суточная амплитуда повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности зимой составляет 10—20 %,

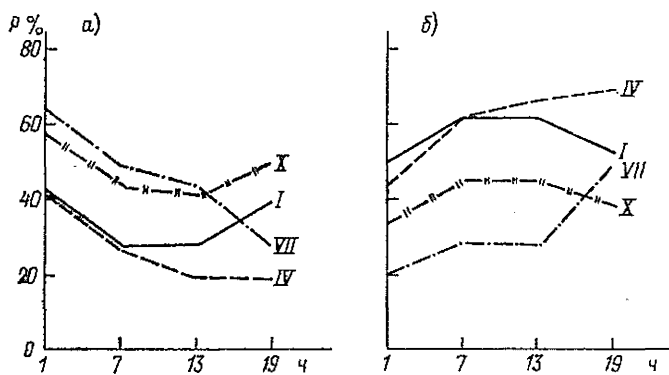


Рис. 17. Суточный ход повторяемости ясного (а) и пасмурного (б) состояния неба по общей облачности в январе, апреле, июле и октябре.

летом — 20—30 %; по нижней облачности суточная амплитуда колеблется от 7—12 % зимой до 10—20 % летом.

Суточный ход облаков, связанных с термической конвекцией, выражен более четко (табл. 59). Кучевые облака развиваются

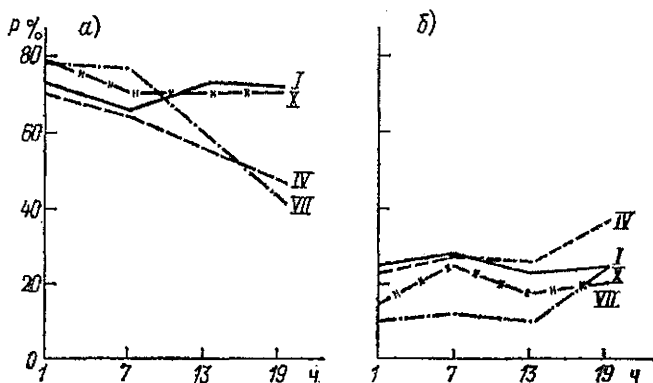


Рис. 18. Суточный ход повторяемости ясного (а) и пасмурного (б) состояния неба по нижней облачности в январе, апреле, июле и октябре.

днем и разрушаются к вечеру. Амплитуда суточного хода облаков вертикального развития зимой значительно меньше, чем летом.

Кучево-дождевые облака развиваются главным образом днем и после полудня в теплый период. Так, в Чуйской долине максимум их развития приходится на 19 ч.

Слоисто-кучевые облака в зимний период, а также поздней осенью и ранней весной днем наблюдаются в 1,5—2,0 раза чаще, чем ночью. В теплый период максимальное их развитие наблюдается вечером. Такой суточный ход слоисто-кучевых облаков, связанных с конвекцией, объясняется тем, что зимой днем турбулент-

Таблица 59

Повторяемость (%) основных форм облаков в различное время суток

| Время,<br>ч | Ci | Cc  | Cs | Ac | As | Cu  | Cb  | Sc | Ns  | St  | Frb |
|-------------|----|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| Январь      |    |     |    |    |    |     |     |    |     |     |     |
| 1           | 34 | 0,2 | 19 | 19 | 21 | 0,3 |     | 11 | 12  | 7   | 2   |
| 7           | 51 | 1   | 18 | 40 | 29 | 1   | 0,3 | 21 | 15  | 9   | 6   |
| 13          | 59 | 5   | 23 | 43 | 20 | 11  | 0,6 | 18 | 11  | 7   | 7   |
| 19          | 35 |     | 19 | 24 | 27 | 0,2 | 0,2 | 12 | 13  | 7   | 3   |
| Апрель      |    |     |    |    |    |     |     |    |     |     |     |
| 1           | 31 | 0,2 | 14 | 19 | 16 | 0,6 | 5   | 22 | 13  | 0,9 | 9   |
| 7           | 53 | 3   | 17 | 38 | 19 | 4   | 6   | 25 | 13  | 1   | 8   |
| 13          | 51 | 2   | 24 | 30 | 18 | 47  | 11  | 25 | 8   | 0,9 | 10  |
| 19          | 52 | 2   | 19 | 35 | 27 | 4   | 16  | 54 | 12  | 1   | 10  |
| Июль        |    |     |    |    |    |     |     |    |     |     |     |
| 1           | 16 | 2   | 3  | 31 | 6  | 2   | 12  | 27 | 1   | 0,7 | 1   |
| 7           | 34 | 2   | 4  | 44 | 6  | 16  | 10  | 27 | 0,8 | 0,1 | 0,6 |
| 13          | 30 | 2   | 4  | 22 | 6  | 73  | 26  | 21 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| 19          | 39 | 4   | 7  | 35 | 10 | 28  | 32  | 65 | 3   | 0,7 | 2   |
| Октябрь     |    |     |    |    |    |     |     |    |     |     |     |
| 1           | 25 | 4   | 8  | 22 | 12 | 0,1 | 2   | 15 | 9   | 0,4 | 5   |
| 7           | 46 | 5   | 9  | 40 | 13 | 5   | 5   | 32 | 7   | 2   | 6   |
| 13          | 51 | 0,2 | 15 | 38 | 13 | 34  | 8   | 24 | 6   | 1   | 7   |
| 19          | 24 |     | 8  | 27 | 14 | 0,8 | 5   | 29 | 8   | 1   | 6   |

ность развита больше, чем ночью; летом же в дневные часы уровень конденсации располагается слишком высоко, к вечеру он понижается.

Суточный ход высоко-слоистых облаков также зависит от времени года. Осенью и зимой эти облака наблюдаются чаще в дневные часы, весной — в дневные и вечерние; повторяемость высоко-кучевых облаков в дневные часы летом невелика.

Разорванно-дождевые, слоистые, перисто-слоистые, высоко-слоистые и слоисто-дождевые облака четкого суточного хода не имеют.

### 5.3. Атмосферные осадки

Особенности внутригодового распределения осадков в значительной степени характеризуют основные черты климата Чуйской долины и г. Фрунзе. Как показывают данные табл. 60, максимум

количества осадков в районе г. Фрунзе приходится на апрель и октябрь, а минимум — на август и январь. В марте — июне выпадает более половины (53 %) количества годовых осадков. Июль — сентябрь — самый засушливый период (всего 12 % общего количества годовых осадков). В отдельные годы месячное количество

Таблица 60

Внутригодовое распределение количества осадков (мм)

| Станция                                                    | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|------------------------------------------------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Фрунзе                                                     | 23 | 27 | 48  | 72 | 64 | 39 | 20  | 13   | 16 | 36 | 37 | 27  | 422 |
| Фрунзе, АМСГ<br>(период осред-<br>нения 1937—<br>1960 гг.) | 27 | 29 | 60  | 80 | 72 | 45 | 25  | 14   | 18 | 42 | 41 | 33  | 486 |

осадков может значительно отличаться от среднего многолетнего (табл. 61).

Подобное распределение количества осадков в течение года связано с сезонностью осадкообразующих типов синоптических процессов. Так, в период смещения на Среднюю Азию высотной

Таблица 61

Наибольшее и наименьшее месячное и годовое количество осадков (мм) в г. Фрунзе

| Количество осадков | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Наибольшее         | 40   | 59   | 103  | 111  | 151  | 86   | 78   |
|                    | 1950 | 1941 | 1942 | 1959 | 1960 | 1934 | 1936 |
| Наименьшее         | 3    | 4    | 14   | 19   | 10   | 2    | 0,3  |
|                    | 1955 | 1931 | 1932 | 1951 | 1943 | 1944 | 1965 |

| Количество осадков | VIII          | IX            | X    | XI   | XII  | Год  |
|--------------------|---------------|---------------|------|------|------|------|
| Наибольшее         | 82            | 52            | 107  | 75   | 70   | 601  |
|                    | 1930          | 1934          | 1951 | 1965 | 1955 | 1934 |
| Наименьшее         | 0             | 0             | 0    | 6    | 3    | 253  |
|                    | 1939,<br>1956 | 1931,<br>1959 | 1954 | 1936 | 1949 | 1944 |

фронтальной зоны наблюдается значительное увеличение количества осадков в октябре и ноябре. Затем, в связи с перемещением планетарной высотной фронтальной зоны к югу от Средней Азии Чуйская долина все больше попадает под влияние отрога сибирского антициклона; в январе наблюдается зимний минимум осадков. При зимне-весенней активизации циклонической деятельности



со второй половины февраля, а в последующем и при увеличении радиационного прогрева начинается интенсивное развитие конвекции над сильно увлажненной (после зимнего накопления влаги) подстилающей поверхностью. В результате указанных причин количество осадков значительно возрастает; в апреле отмечается основной (в годовом ходе) средний месячный максимум (72—80 мм).

Таблица 62

Повторяемость (%) периодов бездождя различной продолжительности в г. Фрунзе

| Продолжительность, дни |       |       |       |       |       |     | Максимум | Дата              |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|-------------------|
| 10—20                  | 21—30 | 31—40 | 41—50 | 51—60 | 61—70 | 70  |          |                   |
| 47,8                   | 23,1  | 9,0   | 3,7   | 5,2   | 3,7   | 7,5 | 136 дней | 14 VI — 27 X 1960 |

К середине лета, в результате значительного радиационного прогрева, холодные фронты проходят на фоне высокой температуры воздуха и ухудшения погоды почти не вызывают. Этот период включает июль, август и сентябрь и характеризуется, как было отмечено выше, наибольшей засушливостью. Так, в августе среднее за месяц количество осадков составляет всего 13—14 мм, а в сентябре — 16—18 мм (см. табл. 60).

Удаленность от водных бассейнов и близость пустынь определяют континентальные условия г. Фрунзе. Неустойчивый характер выпадения осадков и значительные колебания их количества часто вызывают засухи. Летние осадки выпадают, как правило, на фоне высокой температуры и их эффективность как фактора увлажнения значительно снижается. Поэтому для теплого периода характерны длительные периоды бездождя. Например, в 29 % случаев период бездождя составляет более 30 дней (табл. 62); в 1960 г. в течение 136 дней подряд осадки не выпадали.

В январе и декабре выпадают преимущественно твердые осадки в виде снега (51 и 53 % соответственно), а в феврале и ноябре — смешанные осадки, доля которых в общем количестве осадков составляет соответственно 42 и 41 % (табл. 63). С марта по октябрь отмечаются в основном жидкие осадки, причем в мае — сентябре их доля составляет более 96 % общего количества. В годовом ходе количество жидких осадков равно 65 % общего количества, смешанные осадки — 21 % и твердые — 14 %. Из общего числа дней с осадками за год на долю жидких осадков приходится 57 дней, на долю твердых — 29 дней и на долю смешанных — 16 дней [27].

Для переходных периодов характерно чередование различных видов осадков. В эти периоды происходит частая смена воздушных масс с различной температурой. Обычно вначале начинается

дождь, затем выпадают смешанные осадки, которые переходят в снег. Обратного перехода (из снега в дождь) при одном и том же синоптическом процессе не наблюдается, так как выпадение осадков завершается, как правило, похолоданием.

В холодный период выпадают обложные осадки (дождь, морось, снег) а в теплый — в основном ливневые дожди различной интенсивности. Наиболее интенсивные и продолжительные облож-

Таблица 63

Месячное и годовое количество жидких, твердых и смешанных осадков (% общего количества)

| Вид осадков | I  | II | III | IV | V  | VI | VII | VIII | IX | X  | XI | XII | Год |
|-------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| Твердые     | 51 | 40 | 17  | 4  | 0  | .  |     |      |    | 3  | 24 | 53  | 14  |
| Жидкие      | 8  | 18 | 53  | 78 | 98 | 99 | 100 | 100  | 96 | 63 | 35 | 10  | 65  |
| Смешанные   | 41 | 42 | 30  | 18 | 2  | 1  |     |      | 4  | 34 | 41 | 37  | 21  |

Примечание. Точка (.) означает количество осадков в пределах 0,1—0,5 %.

ные осадки выпадают при волновой деятельности на холодном фронте, располагающемся вдоль предгорий северного Тянь-Шаня. А наиболее интенсивные ливневые дожди связаны с такой синоптической ситуацией, когда через район г. Фрунзе проходит холодный фронт с волнами при высоком содержании влаги в воздухе. В табл. 64 в качестве примера приведены многолетние данные о

Таблица 64

Максимальная интенсивность (мм/мин)  
выпадения осадков за различные интервалы  
времени в г. Фрунзе 3 VI 1959 г.

| 5 мин | 10 мин | 20 мин | 30 мин | 1 ч | 12 ч | 24 ч |
|-------|--------|--------|--------|-----|------|------|
| 2,2   | 1,7    | 1,1    | 0,8    | 0,5 | 0,05 | 0,02 |

максимальной интенсивности осадков, наблюдавшейся при такой ситуации. При этом максимальная интенсивность дождя составила 2,2 мм/мин. Заметим, что интенсивность дождя 0,5 мм/мин (30 мм/ч) относится к особо опасным явлениям погоды.

Для района г. Фрунзе наиболее характерны кратковременные осадки. Так, обложные осадки непрерывной продолжительностью менее 6 ч отмечаются в 53,9 % случаев, а ливневые — в 78,3 % (табл. 65). Осадки непрерывной продолжительностью более 30 ч отмечаются в единичных случаях. Из данных табл. 66 следует, что средняя суммарная продолжительность осадков с количеством 0,1 мм и более возрастает в холодный период и в марте составляет

112 ч. Летом продолжительность дождя значительно уменьшается (в августе составляет всего 13 ч). Средняя суммарная продолжительность осадков за год составляет 697 ч, а максимальная — около 1400 мм, т. е. в 2 раза больше.

Таблица 65  
Повторяемость (%) осадков различной продолжительности

| Продолжительность, ч | Обложные осадки | Ливневые осадки | Продолжительность, ч | Обложные осадки | Ливневые осадки |
|----------------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|
| < 6                  | 53,9            | 78,3            | 36,1—42              | 0,9             |                 |
| 6—12                 | 23,4            | 15,7            | 42,1—48              | 0,4             |                 |
| 12,1—18              | 10,9            | 4,6             | 48,1—54              | 0,4             |                 |
| 18,1—24              | 5,4             | 1,3             | 54,1—60              | 0,1             |                 |
| 24,1—30              | 3,1             |                 | ≥ 60                 | 0,2             |                 |
| 30,1—36              | 1,3             | 0,1             |                      |                 |                 |

Одна из характеристик осадков в годовом и месячном ходе — число дней с осадками (табл. 67). В среднем за год отмечается 96 дней с осадками  $\geq 0,1$  мм. Больше всего таких дней наблюдается весной (в марте — мае). В августе и сентябре повторяемость числа дней с осадками уменьшается, причем дни с осадками  $\geq 5$  мм отмечаются не каждый год.

Таблица 66  
Средняя и максимальная продолжительность (ч) осадков  $\geq 0,1$  мм в г. Фрунзе

| Продолжительность | I   | II  | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX | X   | XI  | XII | Год  |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|----|-----|-----|-----|------|
| Средняя           | 84  | 82  | 112 | 74  | 56  | 30 | 16  | 13   | 15 | 48  | 80  | 87  | 697  |
| Максимальная      | 138 | 116 | 178 | 132 | 144 | 63 | 44  | 35   | 44 | 131 | 173 | 159 | 1357 |

Наибольший средний суточный максимум осадков (20 мм) отмечается в апреле и мае, а наименьший (8 мм) — в августе (табл. 68). В апреле примерно два раза за три года возможно количество осадков не менее 16 мм за сутки (обеспеченность 63 %), один раз за пять лет (обеспеченность 20 %) — не менее 28 мм за сутки, один раз за 20 лет (обеспеченность 5 %) — более 38 мм за сутки.

Следует отметить, что, несмотря на исключительную засушливость августа, абсолютный максимум суточного количества (70 мм) осадков отмечается в августе. Это количество равно среднему количеству осадков за май, который считается одним из самых влажных месяцев. Такой абсолютный максимум суточного количества осадков в августе может наблюдаться лишь один раз в 100 лет (обеспеченность 1 %) [27].

Таблица 67

Число дней с различным количеством осадков  
в г. Фрунзе

| Месяц | Количество осадков, мм |       |       |       |        |        |        |
|-------|------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|       | ≥ 0,1                  | ≥ 0,5 | ≥ 1,0 | ≥ 5,0 | ≥ 10,0 | ≥ 20,0 | ≥ 30,0 |
| I     | 8,7                    | 6,1   | 4,8   | 1,0   | 0,2    | 0,03   | 0,0    |
| II    | 8,2                    | 6,1   | 5,1   | 1,4   | 0,4    | 0,1    | 0,0    |
| III   | 10,9                   | 9,2   | 8,3   | 3,5   | 1,3    | 0,1    | 0,03   |
| IV    | 10,7                   | 9,2   | 8,1   | 4,1   | 2,3    | 0,6    | 0,1    |
| V     | 11,0                   | 9,1   | 7,8   | 3,9   | 2,1    | 0,7    | 0,2    |
| VI    | 7,6                    | 6,4   | 5,6   | 2,5   | 1,2    | 0,4    | 0,1    |
| VII   | 6,0                    | 4,7   | 3,5   | 1,3   | 0,6    | 0,1    | 0,0    |
| VIII  | 4,2                    | 3,1   | 2,4   | 0,7   | 0,2    | 0,05   | 0,03   |
| IX    | 4,0                    | 3,2   | 2,7   | 0,9   | 0,4    | 0,05   | 0,0    |
| X     | 6,3                    | 5,4   | 4,8   | 2,4   | 1,0    | 0,2    | 0,03   |
| XI    | 8,9                    | 7,2   | 6,3   | 2,5   | 0,7    | 0,1    | 0,03   |
| XII   | 9,3                    | 7,6   | 6,1   | 1,6   | 0,3    | 0,03   | 0,03   |
| Год   | 96                     | 77    | 66    | 26    | 11     | 2      | 0,6    |

Конкретной причиной малого и значительного количества осадков при обычных осадкообразующих типах синоптических процессов являются исключительно благоприятные термодинамические условия, сложившиеся в данный момент времени. Такие случаи связаны с ливневыми дождями; они носят локальный характер и возможны при большом влагосодержании воздуха.

Суточный ход осадков (без разделения их на фронтальные и внутримассовые) анализировался на основе 10-летнего ряда на-

Таблица 68

Суточный максимум осадков (мм) различной обеспеченности  
по месяцам и за год

| Месяц | Средний<br>суточный | Обеспеченность, % |    |    |    |    |    | Наблюдаемый<br>максимум |              |
|-------|---------------------|-------------------|----|----|----|----|----|-------------------------|--------------|
|       |                     | 63                | 29 | 10 | 5  | 2  | 1  | мм                      | дата         |
| I     | 8                   | 6                 | 11 | 14 | 16 | 20 | 22 | 20                      | 24 I 1961    |
| II    | 9                   | 7                 | 12 | 15 | 18 | 23 | 26 | 25                      | 24 II 1941   |
| III   | 13                  | 10                | 18 | 21 | 25 | 30 | 34 | 33                      | 17 III 1900  |
| IV    | 20                  | 16                | 28 | 33 | 38 | 45 | 51 | 48                      | 19 IV 1947   |
| V     | 20                  | 17                | 28 | 32 | 35 | 39 | 42 | 38                      | 11 V 1939    |
| VI    | 16                  | 12                | 24 | 31 | 36 | 43 | 49 | 46                      | 5 VI 1934    |
| VII   | 9                   | 5                 | 14 | 19 | 23 | 28 | 32 | 29                      | 19 VII 1957  |
| VIII  | 8                   | 3                 | 11 | 19 | 29 | 49 | 71 | 70                      | 20 VIII 1930 |
| IX    | 9                   | 6                 | 16 | 20 | 24 | 28 | 31 | 28                      | 4 IX 1896    |
| X     | 13                  | 9                 | 19 | 23 | 28 | 36 | 42 | 41                      | 2 X 1938     |
| XI    | 13                  | 10                | 18 | 22 | 27 | 35 | 43 | 40                      | 8 XI 1900    |
| XII   | 10                  | 6                 | 12 | 16 | 20 | 28 | 38 | 37                      | 24 XII 1900  |
| Год   | 31                  | 26                | 37 | 43 | 50 | 61 | 74 | 70                      | 20 VIII 1930 |

блюдений (1968—1977 гг.). Выбирались случаи выпадения осадков в сроки метеорологических наблюдений. В холодный период (ноябрь — февраль) изменение повторяемости выпадения осадков в различное время суток невелика (табл. 69). Осадки могут выпасть с относительно равной вероятностью в любое время суток. В это время года выпадают только фронтальные осадки. Их выпадение

Таблица 69

Повторяемость выпадения осадков в различное время суток  
(«+» — наибольшая, «—» — наименьшая)

| Месяцы | Время, ч |    |   |   |   |   |    |    | Средняя повторяемость числа случаев выпадения осадков |
|--------|----------|----|---|---|---|---|----|----|-------------------------------------------------------|
|        | 18       | 21 | 0 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |                                                       |
| I      | —        |    |   |   | + |   |    |    | 4,9—7,0                                               |
| II     |          |    |   | + |   | — |    |    | 4,6—6,6                                               |
| III    |          |    |   |   |   | — |    | +  | 5,3—7,3                                               |
| IV     |          | —  |   |   |   |   |    | +  | 4,7—7,3                                               |
| V      |          | —  | — |   |   |   |    | +  | 3,2—8,3                                               |
| VI     |          |    | — |   |   |   |    | +  | 2,4—7,4                                               |
| VII    |          |    | — | — | — |   |    | +  | 1,4—5,1                                               |
| VIII   |          |    |   |   | — |   |    | +  | 0,9—4,1                                               |
| IX     |          |    |   |   | — |   |    | +  | 1,2—4,0                                               |
| X      |          |    |   |   |   | — | +  |    | 3,1—5,0                                               |
| XI     |          |    | — | + |   | — |    | +  | 4,3—5,1                                               |
| XII    |          |    |   | + |   | — |    |    | 4,2—5,7                                               |

дение мало зависит от времени суток. На общем фоне относительно равномерного выпадения осадков внутри суток отмечается некоторое увеличение осадков в ночные часы (3 и 6 ч). Связано это с ночным охлаждением облаков, обеспечивающим конденсацию водяных паров.

В теплый период изменчивость повторяемости выпадения осадков велика; максимум, как правило, приходится на 15 ч. Значительна повторяемость также и в 12 ч. Реже всего осадки выпадают утром, вечером и ночью (6, 21 и 0 ч). На суточный ход осадков в теплый период влияют колебания температуры воздуха. Максимум осадков приходится на период наибольшего прогрева подстилающей поверхности и обусловлен интенсивным переносом влаги в верхние слои тропосферы, где усиливается конденсация влаги.

#### 5.4. Снежный покров

Снежный покров оказывает существенное влияние на формирование климата. Снег — плохой проводник тепла; снежный покров предохраняет почву от глубокого промерзания, защищает зимующие культуры от сильных холодов и является дополнительным источником влаги в почве. Запасы влаги в снежном покрове, харак-

тер его залегания зимой и таяние весной в значительной степени определяют весенний сток, а следовательно, режим рек и водоемов. Высота и плотность снежного покрова входят в расчеты при определении снеговых нагрузок на сооружения. Но снег может играть и отрицательную роль. Он затрудняет движение автомобильного и железнодорожного транспорта.

Таблица 70

Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова различной обеспеченности

| Станция | Средняя дата | Обеспеченность в указанные даты и более ранние, % |    |    |    |    |    |   | Самая ранняя дата |
|---------|--------------|---------------------------------------------------|----|----|----|----|----|---|-------------------|
|         |              | 95                                                | 90 | 75 | 50 | 25 | 10 | 5 |                   |

Даты образования

Фрунзе | 16 XII | — | — | 23 XII | 8 XII | 27 XI | 22 XI | 19 XI | 17 XI

Даты разрушения

| 17 II | — | — | 6 II | 21 II | 5 III | 16 III | 19 III | 19 III

Зимний период во Фрунзе сопровождается устойчивым снежным покровом. Наиболее часто он образуется в середине декабря и разрушается в середине февраля; в среднем за год наблюдается 83 дня со снежным покровом. Устойчивое его залегание продолжается 64 дня. В 16 % зим устойчивого зимнего покрова не обра-

Таблица 71

Высота, плотность и запасы воды в снеге в г. Фрунзе

|                              | Ноябрь |   |   | Декабрь |      |      | Январь |      |      | Февраль |   |   | Март |   |   |
|------------------------------|--------|---|---|---------|------|------|--------|------|------|---------|---|---|------|---|---|
|                              | 1      | 2 | 3 | 1       | 2    | 3    | 1      | 2    | 3    | 1       | 2 | 3 | 1    | 2 | 3 |
|                              | 2      | 3 | 3 | 5       | 7    | 8    | 9      | 9    | 8    | 6       | 4 | 3 | 1    |   |   |
| Высота, см                   |        |   |   |         |      |      |        |      |      |         |   |   |      |   |   |
| Плотность, г/см <sup>3</sup> |        |   |   | 0,16    | 0,16 | 0,17 | 0,19   | 0,21 | 0,21 | 0,23    |   |   |      |   |   |
| Запасы воды, мм              |        |   |   | 8       | 11   | 17   | 17     | 18   | 19   | 14      |   |   |      |   |   |

зуется. Даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова колеблются от года к году в зависимости от характера погоды (табл. 70). Крайние даты могут отличаться от средних на 25—35 дней. В холодные зимы продолжительность устойчивого залегания снежного покрова может увеличиваться до 92 дней (1977/78 г.), а в малоснежные зимы снег может залегать менее 30 дней (1964/65, 1965/66 гг.).

С установлением устойчивого снежного покрова высота его в течение зимы постепенно увеличивается и максимальных значений достигает в конце января. В январе средняя декадная высота

(по постоянной рейке) на открытом участке составляет 8—9 см, средняя из максимальных высот — 13 см, максимальная — 36 см. В полевых условиях (по данным снегосъемки и по постоянной рейке) высота снежного покрова почти одинаковая. В полевых условиях наибольшая средняя высота снежного покрова на последний день декады (10 см) также наблюдается в январе; средняя высота из максимальных значений составляет 17 см, максимальная за зиму — 33 см.

Обычно заметное уменьшение высоты снежного покрова в результате таяния и уплотнения начинается со второй декады февраля; полностью исчезает снег во второй декаде марта. Окончательный сход снега с полей отмечается в среднем 29 марта.

Сведения о высоте, плотности снега и запасах воды в снеге по декадам каждого месяца приведены в табл. 71.

## 6. АТМОСФЕРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

### 6.1. Видимость

Дальность видимости определяется в приземном слое воздуха и характеризует степень прозрачности атмосферы в горизонтальном направлении. При хорошей видимости, т. е. при отсутствии каких-либо явлений, вызывающих помутнение воздуха, наземные объекты обычно видимы с расстояния нескольких десятков километров и более.

В зависимости от состояния погоды видимость может меняться в широких пределах. Ухудшение видимости происходит при тумане, дымке, осадках, метелях, пыльной буре, мгле, дыме и других явлениях. В районе г. Фрунзе преобладает хорошая видимость (10—20 км). Средняя годовая повторяемость ее составляет 69,4 % (табл. 72). Повторяемость видимости в пределах 1,1—10,0 км

Таблица 72  
Повторяемость (%) различных градаций  
видимости

| Сезон | Дальность видимости, км |          |      |
|-------|-------------------------|----------|------|
|       | ≤ 1,0                   | 1,1—10,0 | > 10 |
| Зима  | 3,7                     | 36,2     | 60,1 |
| Весна | 0,8                     | 25,9     | 73,3 |
| Лето  | 0,0                     | 19,4     | 80,6 |
| Осень | 1,0                     | 35,2     | 63,8 |
| Год   | 1,4                     | 29,2     | 69,4 |

(ограниченная видимость) составляет 29,2 %, повторяемость плохой видимости (0—1 км) — 1,4 %).

В условиях индустриального города с интенсивным транспортным движением видимость снижается до плохой. В районе г. Фрунзе наибольшая повторяемость плохой видимости приходится на зимний период (3,7 % общего числа случаев с различной градацией видимости). Осенью и весной повторяемость плохой видимости уменьшается до 1,0 и 0,8 % соответственно, а летом она практически не отмечается.

Сезонные изменения дальности видимости связаны с сезонной повторяемостью различных явлений погоды, вызывающих ухудшение видимости. Так, например, видимость менее 1 км в районе г. Фрунзе в основном связана с туманами, значительно реже с сильными осадками. Видимость 1,1—10,0 км чаще всего отмечается при дымке, промышленном загрязнении воздуха и осадках. Все эти явления характерны для холодного периода, а наибольшая повторяемость их приходится на зимние месяцы.



В табл. 73 приведены сведения о повторяемости ухудшенной видимости в южной части города в холодном полугодии.

Существенное влияние на видимость оказывает направление ветра (рис. 19). Видимость  $< 1$  км и 1—2 км в ночные и дневные часы зимой наблюдается чаще всего при западных ветрах. Однако и при нисходящих ветрах — южных, юго-восточных (в 10—20 % случаев) видимость может быть плохой. Как правило, скорость

Таблица 73

Повторяемость (число дней) различных градаций  
видимости по месяцам. Фрунзе, АМСГ,  
1961—1964 гг.

| Видимость,<br>км | X    | XI   | XII  | I    | II   | III  | IV   |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $> 4,0$          | 26,1 | 18,3 | 19,3 | 19,0 | 14,6 | 21,6 | 26,2 |
| 3,6—4,0          | 3,4  | 6,9  | 6,1  | 5,9  | 6,4  | 5,3  | 2,5  |
| 3,0—3,5          | 0,5  | 1,1  | 1,2  | 1,6  | 1,8  | 1,2  | 0,4  |
| 2,0—2,9          | 0,3  | 1,0  | 1,4  | 1,2  | 1,6  | 0,8  | 0,2  |
| 1,0—1,9          | 0,2  | 1,7  | 1,5  | 1,9  | 1,6  | 1,3  | 0,4  |
| $< 1,0$          | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 1,4  | 2,0  | 0,8  | 0,3  |

нисходящих ветров при этом не превышает 2 м/с. Видимость  $> 4$  км ночью в 80 % случаев наблюдается при южных ветрах; в дневные часы видимость  $> 4$  км может наблюдаться при любом направлении ветра. Весной и осенью плохая видимость связана с западными и северо-западными ветрами.

При ухудшенной видимости из-за сильной запыленности воздуха смена направлений ветра у поверхности земли заметного влияния на видимость не оказывает.

Скорость ветра также играет определенную роль в формировании видимости. Так, зимой повторяемость видимости  $< 1$  км уменьшается от 15 % при штиле до 2 % при скорости ветра 5—7 м/с. Повторяемость видимости 1—2 и 3—4 км уменьшается от 18 и 36 % при штиле до 3 и 7 % при ветре 5—7 м/с. Видимость  $> 4$  км при штилях отмечается в 31 % случаев, при скорости ветра 5—7 м/с — в 88 %.

Интересно отметить, что во все рассматриваемые месяцы, особенно зимой, во время штиля и скорости ветра до 5 м/с повторяемость видимости  $< 1$  км больше ночью, а видимости 1—2 км больше днем.

Из табл. 74 следует, что при относительной влажности более 90 % повторяемость видимости обеих градаций больше ночью, чем днем. Это и понятно, так как именно в ночное время происходит значительное выхолаживание приземного слоя воздуха, а следовательно, повышение относительной влажности. При значениях последней  $< 90$  % и особенно  $< 70$  % ухудшение видимости чаще наблюдается в дневное время. Объяснить это можно следующим

образом. Скопление частиц дыма и выхлопных газов автомобилей в приземном слое воздуха происходит, как известно, при хорошо развитых радиационных инверсиях, которые лучше всего форми-

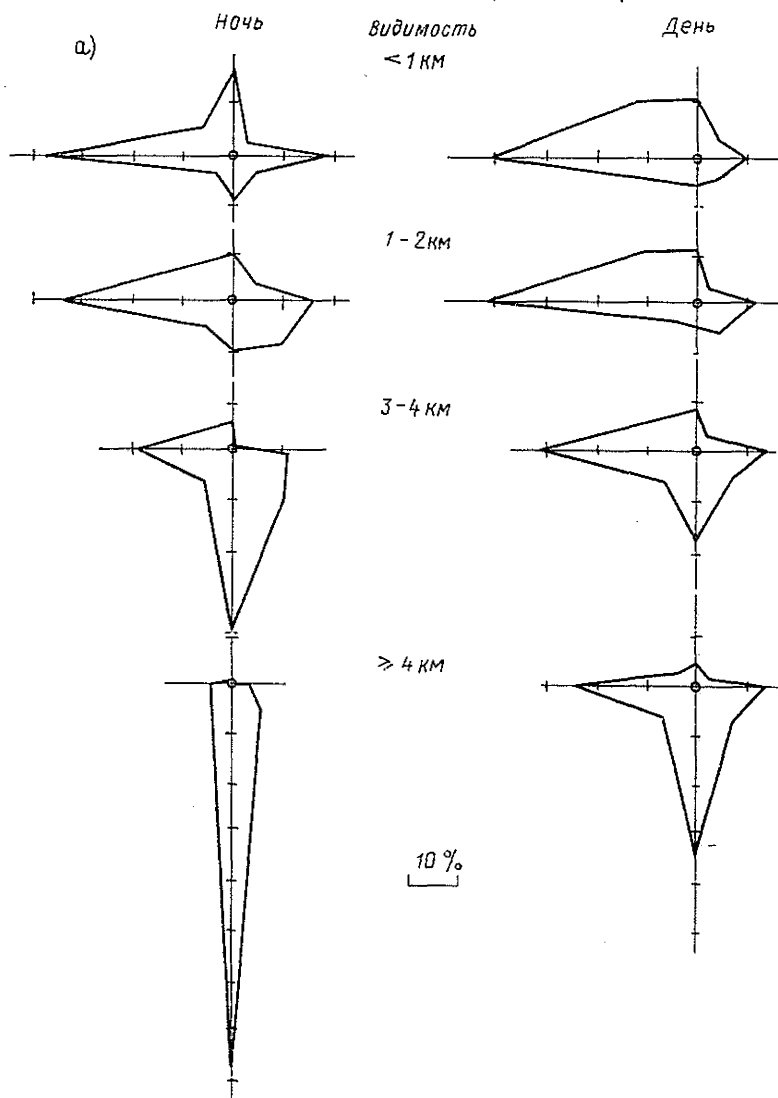
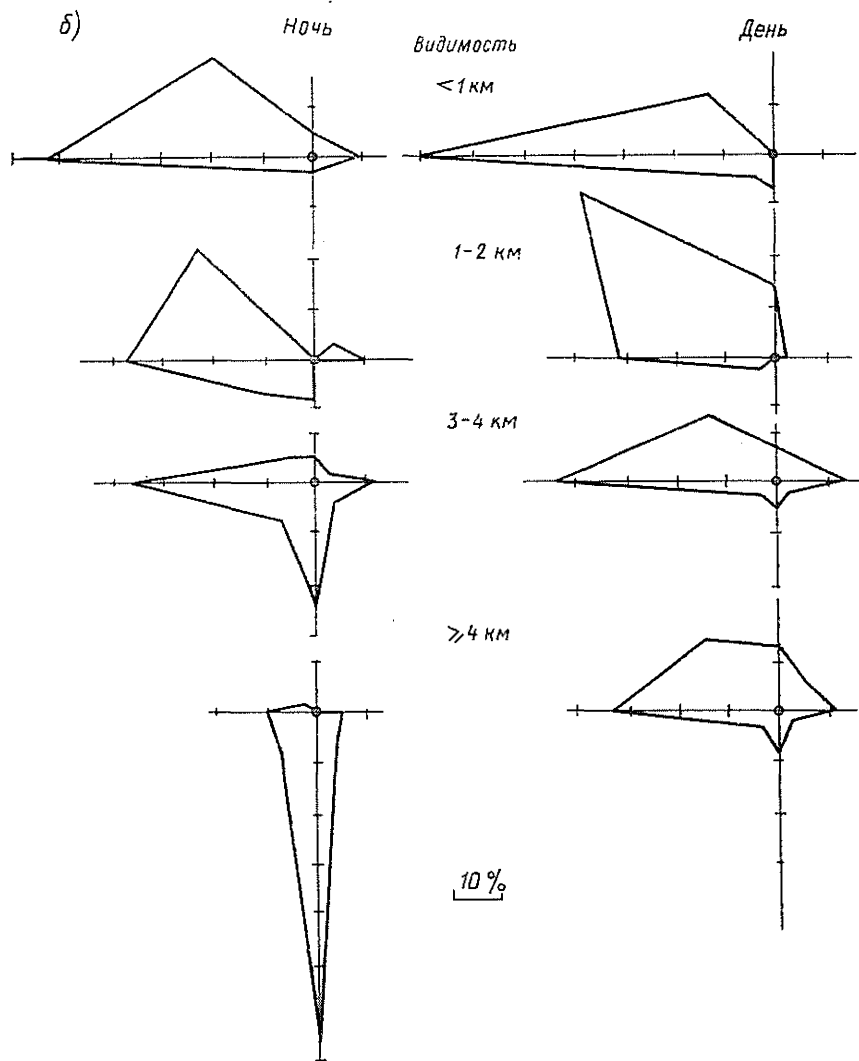


Рис. 19. Розы ветров летом (а) и

руются в наших условиях при размытом барическом поле и юго-западной периферии антициклона в ночное время. Именно во время этих процессов лучше всего выражен горный южный ветер, под влиянием которого загрязненный промышленными и бытовыми

аэрозолями приземный воздух удерживается в северной части города. Когда же южный ветер прекращается (9—11 ч), а инверсия в нижней части под влиянием солнечного прогрева начинается



зимой (б) при различной видимости.

разрушаться, появляется долинный ветер, переносающий промышленные выбросы из северной части города в южную. Промышленные выбросы отмечаются и в ночное время — очевидно, когда отсутствует южный ветер.

Как известно, видимость воздуха в большой степени определяется относительной влажностью. Зимой днем видимость  $< 1$  км при штиле и ветре 1—2 м/с изредка может наблюдаться при относительной влажности  $< 90\%$ . В случаях когда скорость ветра превышает 2 м/с, такая видимость наблюдается при относительной влажности  $> 90\%$ . Ночью видимость  $< 1$  км независимо от скорости ветра отмечается при относительной влажности  $> 90\%$ .

Таблица 74  
Видимость 1 км и 1—2 км ночью и днем  
в южной части г. Фрунзе  
в зависимости от относительной влажности

| Видимость | Часть суток | Общее число случаев за 1961—1964 гг. за декабрь, январь, февраль | Относительная влажность, % |        |        |
|-----------|-------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------|--------|
|           |             |                                                                  | $> 90$                     | $< 90$ | $> 70$ |
| $< 1$ км  | Ночь        | 362                                                              | 361                        | 1      | —      |
|           | День        | 226                                                              | 211                        | 15     | 7      |
| 1—2 км    | Ночь        | 369                                                              | 295                        | 74     | 31     |
|           | День        | 560                                                              | 259                        | 301    | 111    |

Видимость 1—2 км днем во время штиля и скорость ветра 1—2 м/с в 40 % случаев имеет место при относительной влажности 90 % и в 26 % случаев при относительной влажности  $< 70\%$ . Когда скорость ветра выше 4 м/с, ухудшение видимости до 1—2 км всегда связано с высокой относительной влажностью. Ночью видимость 1—2 км в подавляющем большинстве случаев (80 %) связана с относительной влажностью  $> 90\%$ . Это согласуется с литературными данными (например, [13]).

Видимость 3—4 км ночью при штиле и слабом ветре чаще отмечается при больших, днем — при малых значениях относительной влажности, т. е. в ночное время при наличии слабого горного ветра к ухудшению видимости даже до 3—4 км может привести лишь увеличение относительной влажности; днем видимость ухудшается из-за промышленных выбросов, выхлопных газов автотранспорта и пыли.

Видимость  $< 4$  км и ночью и днем независимо от скорости ветра в большинстве случаев связана с небольшой относительной влажностью.

Следует остановиться на средних значениях видимости в зависимости от относительной влажности и скорости ветра зимой, весной и осенью. Независимо от времени года и суток средняя видимость при относительной влажности  $< 90\%$  возрастает от увеличения скорости ветра. Так, зимой при относительной влажности  $< 70\%$  средняя видимость увеличивается от 6,6—7,5 км во время штиля до 10 км при скорости ветра 8—10 м/с.

Средняя видимость при одной и той же относительной влажности и скорости ветра больше весной и осенью по сравнению

с зимой. При относительной влажности  $> 90\%$  средняя видимость зимой возрастает от 2,5 км во время штиля до 3,4—3,5 км при ветре 3—4 м/с. При дальнейшем увеличении скорости ветра средняя видимость уменьшается до 2,3—2,8 км. Весной и осенью картина такая же, но абсолютные значения средней видимости больше в 2 раза.

Периоды с плохой видимостью весьма неустойчивы и кратковременны. В преобладающем числе случаев их непрерывная продолжительность не превышает 3 ч. Более продолжительны периоды ограниченной видимости с градацией 1—10 км. Их продолжительность обычно охватывает несколько дней. В тех ситуациях, когда удерживаются устойчивые сильные морозы, ограниченная видимость может наблюдаться в течение недели и более (из-за образования дымки).

Хорошая устойчивая видимость в холодном периоде года характерна для ситуаций, предшествующих выходу южнокаспийских и мургабских циклонов, когда преобладают в суточном режиме восточные ветры типа фёна. В теплом периоде устойчивая хорошая видимость наблюдается в свежих массах холодного воздуха вторжения, на фоне относительно высокого давления.

Видимость имеет суточный ход. Чаше всего плохая видимость отмечается в 8—9 ч весной и осенью, в 11—12 ч — зимой. Это периоды, когда горный ветер стихает и начинается долинный восходящий ветер.

## 6.2. Туманы

*Туман* — это явление ухудшения видимости в приземном слое воздуха до значений  $< 1000$  м, вызванное скоплением капель воды и кристаллов льда.

В сухом среднеазиатском климате туманы свойственны лишь холодному периоду. Туманы в районе г. Фрунзе наблюдаются с октября по апрель; в редких случаях кратковременные туманы могут возникать в сентябре и мае. В среднем число дней с туманом за год составляет в нижней части города около 30, в южной повышенной части — около 40, изменяясь в отдельные годы от 18 до 45 и от 27 до 57 дней в пониженной и повышенной частях соответственно (табл. 75 и 76). Продолжительность туманов в ча-

Таблица 75  
Среднее число дней с туманом

| Станция      | I | II | III | IV  | V   | VI   | VII  | VIII | IX   | X | XI | XII | Год |
|--------------|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|---|----|-----|-----|
| Фрунзе       | 6 | 5  | 4   | 0,6 | 0,1 | 0,05 | 0,02 |      | 0,05 | 1 | 5  | 7   | 28  |
| Фрунзе, АМСГ | 9 | 8  | 6   | 1   | 0,3 |      |      |      | 0,2  | 2 | 6  | 8   | 41  |

сах за год в среднем составляет 150 ч в пониженной части города и около 200 ч — в районе расположения старого аэропорта (табл. 77). Таким образом, продолжительность тумана в день с туманом составляют по данным обеих станций около 5 ч.

Таблица 76  
Наибольшее число дней с туманом

| Станция      | I  | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Год |
|--------------|----|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|-----|
| Фрунзе       | 12 | 15 | 10  | 3  | 1 | 1  | 1   |      | 1  | 5 | 15 | 14  | 45  |
| Фрунзе, АМСГ | 14 | 14 | 13  | 5  | 1 | 1  |     |      | 1  | 6 | 11 | 18  | 57  |

Туманы имеют хорошо выраженный годовой ход. Туманы появляются в октябре, достигают максимального развития зимой и прекращаются в апреле. Начало сезона туманов совпадает с временем года, когда из-за небольшой высоты солнца над горизонтом ( $< 30^\circ$ ) и небольшой продолжительности дня ( $< 10$  ч; см. табл. 3) резко уменьшаются месячные суммы суммарной, рассеян-

Таблица 77  
Средняя продолжительность туманов (ч)

| Станция      | I  | II | III | IV  | V   | VI | VII | VIII | IX  | X | XI | XII | Год |
|--------------|----|----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|---|----|-----|-----|
| Фрунзе       | 33 | 42 | 17  | 0,5 | —   | —  | —   | —    | 0,4 | 4 | 13 | 40  | 150 |
| Фрунзе, АМСГ | 65 | 42 | 21  | 2   | 0,5 | —  | —   | —    | 0,2 | 4 | 27 | 50  | 212 |

ной и поглощенной радиации (от октября к ноябрю месячные суммы поглощенной радиации уменьшаются в два раза). Из-за незначительного количества поглощенной радиации и увеличения эффективного излучения в связи с устанавливающимся снежным покровом в ноябре в 3—4 раза уменьшаются месячные суммы радиационного баланса (см. табл. 14). Все это приводит к значительному выхолаживанию верхнего слоя почвы, температура которого от октября к ноябрю понижается от 11 до  $2^\circ\text{C}$ , а на глубине 0,2—0,4 м — от 14 до  $5\text{--}6^\circ\text{C}$ . В результате средняя температура поверхности почвы становится ниже средней температуры воздуха, благодаря чему создаются условия для существования инверсий в большую часть суток. В декабре и январе радиационный баланс становится близким к нулю, возрастают отрицательные разности температур почва — воздух. В эти месяцы инверсии выхолаживания могут наблюдаться в течение всего дня.

Именно в эти месяцы туманы достигают максимального развития. В феврале отрицательная разность температур почва — воздух уменьшается. Уменьшается и повторяемость туманов. В марте

почва становится в среднем несколько теплее воздуха за счет значительной положительной разности температур почва — воздух в дневные часы [1]. Повторяемость туманов в марте еще значительная, однако наблюдаются они преимущественно в темную часть суток. Сравнительно большая повторяемость туманов в марте обуславливается также и благоприятным температурным фоном воздуха — низкие минимальные температуры в марте встречаются

Таблица 78

Годовой ход продолжительности туманов (ч)  
в зависимости от температурной характеристики  
месяца

| Температурная<br>характеристика<br>месяца | X | XI | XII | I  | II | III | IV |
|-------------------------------------------|---|----|-----|----|----|-----|----|
| Нормальные                                | 5 | 25 | 42  | 59 | 27 | 11  | 2  |
| Аномально холод-<br>ные                   | 8 | 27 | 32  | 20 | 58 | 34  | 3  |
| Аномально теп-<br>лые                     | 6 | 18 | 56  | 58 | 62 | 20  | 1  |

так же часто, как в ноябре. Объяснить это можно тем, что уже значительный в марте приход тепла от солнца идет на прогревание почвы, которая в марте на глубине 20—40 см остается такой же холодной, как поздней осенью.

Анализ продолжительности туманов за каждый месяц в зависимости от его температурной характеристики показывает следующее. В месяцы, для которых характерна положительная средняя месячная температура воздуха (октябрь, ноябрь, март и апрель), наибольшая продолжительность туманов наблюдается в аномально холодные месяцы. В декабре, январе и феврале, для которых средняя месячная температура является отрицательной, наибольшая продолжительность туманов отмечается в аномально теплые и «нормальные» месяцы (табл. 78).

Суточный ход туманов лучше выражен в пониженной части города и в переходные сезоны (рис. 20). Для сравнения приведен суточный ход туманов для ст. Джанги-Джер (высота около 600 м). Обращает на себя внимание слишком позднее наступление максимума в зимние месяцы в пониженной части г. Фрунзе — между 9 и 11 ч. По всей вероятности, это связано с особенностями большого и в достаточной степени промышленного города и со сменой горного ветра на долинный.

Из анализа данных табл. 79 следует, что повторяемость туманов по длительности зависит от высоты солнца. Так, кратковременные туманы ( $\leq 1$  ч) на ст. Фрунзе, АМСГ наблюдаются часто (28,6 %), в пониженной части города — реже.

В табл. 80 приведена повторяемость туманов при различных синоптических ситуациях. Из этих данных следует, что наиболее

благоприятной для возникновения туманов ситуацией является южная периферия антициклона. При этой ситуации во Фрунзе наблюдается до 30—40 % всех туманов. Реже всего туманы образуются при западной периферии антициклона и в передней части

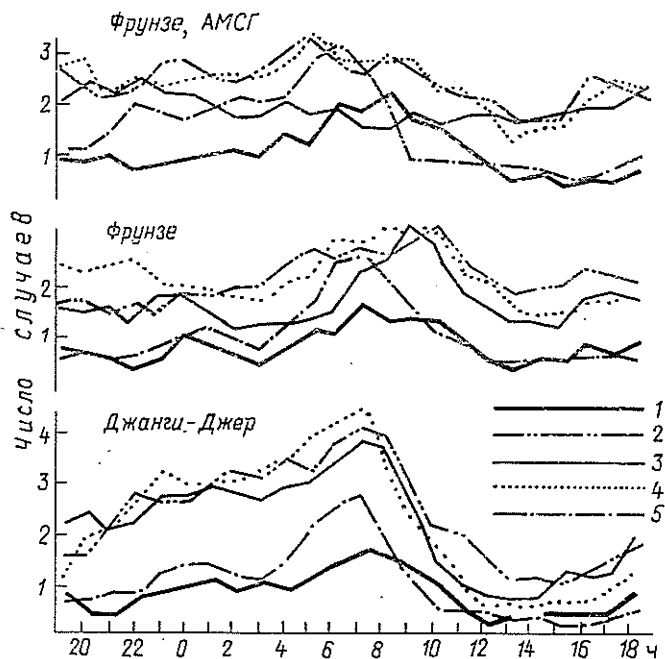


Рис. 20. Суточный ход туманов в различные месяцы.  
1 — ноябрь, 2 — декабрь, 3 — январь, 4 — февраль, 5 — март.

ложбины или циклона (0,1—1,3 %). Следует отметить, что эти синоптические ситуации являются наиболее туманообразующими в Закавказье [14].

При большинстве синоптических положений повторяемость туманов зависит от высоты расположения станций. Так, на ст. Фрунзе, АМСГ во время южной периферии антициклона возникает

Таблица 79

Распределение туманов по продолжительности  
в зависимости от высоты станции за период 1955—1964 гг.

| Станции      | Продолжительность туманов в часах |         |          |      | Число туманов продолжительностью 12 ч | Общее число случаев туманов |
|--------------|-----------------------------------|---------|----------|------|---------------------------------------|-----------------------------|
|              | ≤ 1                               | 1,1—4,0 | 4,1—12,0 | > 12 |                                       |                             |
| Фрунзе, АМСГ | 28,6                              | 39,8    | 23,8     | 7,8  | 35                                    | 445                         |
| Фрунзе       | 20,3                              | 42,2    | 27,7     | 9,8  | 29                                    | 296                         |



29,5 %, а на ст. Джанги-Джер (высота около 600 м) — 39,3 % всех туманов. Повторяемость туманов для станции Фрунзе, АМСГ и Джанги-Джер при юго-западной периферии антициклона составляет соответственно 11,0 и 21,3 %. Увеличение продолжительности туманов с уменьшением высоты наблюдается также при размытом барическом поле, т. е. при таких синоптических ситуациях, при

Таблица 80

Повторяемость туманов (%) при различных типах синоптических процессов

| Станция         | Высота станции, м | Тип синоптического процесса |                                          |                                    |                    |                                           |                 |                          |                                   |                        |                                |                  | сумм., % |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------|----------|
|                 |                   | южная периферия антициклона | волновая деятельность на холодном фронте | юго-западная периферия антициклона | стационарный фронт | циклон с юга антициклонов над Казахстаном | холодные фронты | размытое барическое поле | юго-восточ. периферия антициклона | передняя часть ложбины | западная периферия антициклона | поле антициклона |          |
| 1. Фрунзе, АМСГ | 827               | 29,5                        | 18,8                                     | 11,0                               | 10,9               | 10,6                                      | 10,0            | 4,3                      | 2,8                               | —                      | —                              | 2,1              | 100      |
| 2. Фрунзе       | 760               | 36,0                        | 9,5                                      | 16,7                               | 13,8               | 9,8                                       | 6,3             | 4,3                      | 1,6                               | 0,2                    | 0,2                            | 1,6              | 100      |
| 3. Джанги-Джер  | 597               | 39,3                        | 6,5                                      | 21,3                               | 9,4                | 7,8                                       | 2,0             | 9,7                      | 0,1                               | 1,3                    | 0,1                            | 2,5              | 100      |

которых влияние радиационного фактора на возникновение туманов велико. В случаях синоптических процессов, при которых главную роль в образовании туманов играет охлаждение воздуха по мере восхождения по горному склону, повторяемость туманов с увеличением высоты расположения станции возрастает (аналогичные выводы получены в [9, 15 и др.]). Такими процессами являются волновая деятельность, прохождение холодных фронтов и юго-восточная периферия антициклона. Во время этих процессов повторяемость туманов уменьшается в 3—4 раза с понижением на 200 м. При остальных типах процессов влияние высоты не сказывается на повторяемости туманов.

Изменение повторяемости синоптических процессов от года к году является одной из главных причин значительной изменчивости годовой продолжительности туманов. Так, на ст. Фрунзе, АМСГ продолжительность туманов составляла 138 ч в 1956 и 248 ч в 1958. Число 6-часовых сроков с южной периферией антициклона за холодный период составило соответственно 127 и 160, с деятельностью фронтов — 91 и 135, с юго-западной периферией антициклона — 139 и 95.

Основные физические процессы, принимающие участие в формировании туманов Чуйской долины и в том числе г. Фрунзе, — радиационное и адиабатическое охлаждение, смещение воздушных масс с различными термодинамическими характеристиками и испарение с теплой подстилающей поверхности в холодный воздух. Часто эти процессы действуют совместно. Так, туманы имеют мак-

симальную повторяемость в темное время суток — действие радиационного фактора. Преобладание туманов при восходящих по склону ветрах — результат воздействия адиабатического фактора. Значительная повторяемость туманов сразу или через некоторое время после прекращения осадков свидетельствует об участии испарения с влажной почвы в холодный воздух. Очень часто туманы образуются при таких аэрологических условиях, когда в при-

Таблица 81

Число случаев с различной видимостью в туманах из облаков над влажной почвой и снегом в зависимости от температуры воздуха

| Температура<br>туманообразова-<br>ния, °С | Видимость при тумане, м |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      | Всего<br>случаев | %    |
|-------------------------------------------|-------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------------|------|
|                                           | 30                      | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |                  |      |
| Влажная поверхность                       |                         |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |                  |      |
| +5                                        | —                       | —  | 6   | 4   | 4   | 6   | 1   | —   | —   | 4   | 1   | —    | 26               | 20,0 |
| +1...+4                                   | —                       | 4  | 9   | 13  | 7   | 11  | 5   | 3   | 1   | 9   | —   | —    | 62               | 48,0 |
| —0...—4                                   | —                       | 1  | 5   | 20  | 1   | 9   | —   | —   | —   | 6   | —   | —    | 42               | 32,0 |
| Всего случаев                             | —                       | 5  | 20  | 37  | 12  | 26  | 6   | 3   | 1   | 19  | 1   | —    | 130              | 100  |
| Снег                                      |                         |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |                  |      |
| +1...+5                                   | —                       | —  | —   | 2   | 3   | 1   | 1   | —   | —   | —   | —   | —    | 9                | 1,3  |
| —0...—4                                   | —                       | 3  | 37  | 48  | 25  | 63  | 17  | 6   | 11  | 34  | 2   | —    | 246              | 63,0 |
| —5...—9                                   | —                       | —  | 7   | 26  | 4   | 42  | 5   | 3   | 19  | 17  | —   | 1    | 124              | 31,7 |
| —10                                       | —                       | —  | 2   | 2   | 1   | 1   | 1   | 1   | 3   | —   | —   | 1    | 12               | 3,0  |
| Всего случаев                             | —                       | 3  | 46  | 78  | 33  | 107 | 24  | 10  | 33  | 53  | 2   | 2    | 391              | 100  |

легающем к земле слое воздуха наблюдается адвекция холода, а выше — адвекция тепла (в этих случаях одну из главных ролей играет смешение воздушных масс). Такие туманы можно отнести к адвективным. Разница состоит в том, что теплый воздух перемещается не по холодной поверхности земли, а по холодной пленке воздуха.

Метеорологические условия, при которых в г. Фрунзе (в его южной части) образуются туманы, весьма разнообразны. Большая часть туманов (45 % общей повторяемости) возникает при наличии низкой облачности; столько же туманов образуется при ясном небе или облачности верхнего и среднего яруса; иногда (в 10 %) туманы отмечаются во время выпадения осадков. При этом туманы, возникающие при наличии низкой облачности и при ясном небе, могут быть и внутримассовыми и фронтальными.

Туманы из облаков возникают и над снегом и над обнаженной почвой (чаще над влажной, чем над замерзшей), при температурах от  $-18$  до  $10^{\circ}\text{C}$  (табл. 81). При этом при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  и выше  $4^{\circ}\text{C}$  тепла образуется всего 12 % всех туманов. Чаще всего туманы возникают при слабых отрицательных темпе-

ратурах, так как в этом интервале температур отмечается оптимальное сочетание эффективного излучения, абсолютной влажности и температуры воздуха. При положительных температурах туманы образуются при относительной влажности  $> 98 \%$ ; чем ниже температура, тем при более низкой относительной влажности могут образоваться туманы.

В течение 3—5 ч перед возникновением тумана относительная влажность, как правило, увеличивается: при положительных температурах и близких к  $0^\circ\text{C}$  в среднем на 8—10 %, при отрицательных (ниже  $-5^\circ\text{C}$ ) — на 3—4 %.

Видимость в момент образования тумана при положительных температурах меньше, чем при отрицательных (около 300 и 500 м соответственно). В момент образования в кратковременных туманах видимость в среднем составляет 500—600 м, в длительных туманах — 150—300 м. В непродолжительных туманах (2—3 ч) видимость через некоторое время после образования начинает увеличиваться; в длительных туманах видимость, как правило, после возникновения тумана уменьшается. Более чем в 70 % случаев видимость в тумане составляет  $\leq 400$  м; однако туманы с видимостью  $< 100$  м очень редки — их всего 1—3 % (см. табл. 81).

Высота облачности в предтуманный период составляет 200—400 м; к моменту образования тумана облачность постепенно понижается.

Наибольшее количество туманов из опустившихся облаков (85 %) формируются при штилях и скорости ветра 1—2 м/с. Скорость ветра в момент рассеивания тумана либо такая же, как при его образовании, либо несколько выше. После тумана период усиления ветра также не наблюдается.

Туманы из опустившихся облаков возникают в большинстве случаев при наличии в нижнем слое атмосферы приподнятых инверсий температуры или других задерживающих слоев с высотой нижней границы 0,7 км. При этом либо во всем слое атмосферы, либо в прилегающем к земле отмечается понижение температуры воздуха. Такие условия стратификации складываются часто при южной периферии антициклона и прохождении холодных фронтальных разделов.

Радиационные туманы в южной части г. Фрунзе составляют небольшую долю от общей повторяемости всех туманов — всего около 18 %. Радиационные туманы имеют годовой ход, аналогичный описанному; в суточном ходе наблюдается отчетливо выраженный предутренний максимум. Наиболее благоприятными для возникновения этих туманов являются антициклонические ситуации, а среди них — южная периферия антициклона. Средняя продолжительность радиационных туманов невелика — около 3 ч, однако в зимние месяцы такие туманы могут продолжаться 17—24 ч.

Представление о термическом и влажностном режиме возникновения радиационных туманов дает табл. 82. В предтуманный период в течение 5 ч относительная влажность повышается от 75—80 до 100 % при температуре выше  $9^\circ\text{C}$  мороза и от 84 до 92 %

при температуре ниже 9°C мороза. За 3—6 ч до возникновения радиационного тумана, как правило, имеет место приземная инверсия температуры воздуха; приподнятые инверсии могут наблюдаться в 20—30 % случаев и лишь в зимние месяцы. При этом высота нижней границы инверсии в ночные часы не должна быть более 0,1—0,2 км. Во время образования радиационного тумана

Таблица 82

Относительная влажность (%) в момент образования радиационных туманов при различной температуре воздуха

| Относительная влажность, % | Температура воздуха, °C |           |          |         |        |        |
|----------------------------|-------------------------|-----------|----------|---------|--------|--------|
|                            | -16...-19               | -11...-15 | -6...-10 | -1...-5 | 0...-4 | 5...-8 |
| 80                         | 1                       |           |          |         |        |        |
| 81—85                      | 2                       | 1         |          |         |        |        |
| 86—90                      | 1                       | 6         |          |         |        |        |
| 91—95                      | 2                       | 1         | 7        | 2       | 1      |        |
| 96—100                     | 4                       | 7         | 17       | 43      | 16     |        |
| Число случаев              | 10                      | 15        | 24       | 45      | 17     | 6      |
| Средняя                    | 92                      | 93        | 97       | 99      | 99     | 100    |

лишь в 2 случаях из 28 отмечена приподнятая инверсия с высотой нижней границы 0,2—0,3 км. Полученные результаты целиком согласуются с результатами других авторов [10 и др.].

Мощность приземных инверсий в предтуманный период практически не меняется и составляет ночью 0,5—0,6 км, что несколько превышает среднюю мощность приземных инверсий независимо от туманов. Глубина инверсий в предтуманный период также не превышает значительных изменений и составляет около 4°C весной и осенью и 7°C зимой, что близко к средней глубине приземной инверсии, независимо от туманов.

В табл. 83 приводятся некоторые сведения о туманах, наблюдавшихся при скорости ветра < 4 м/с одновременно с дождем (32 случая), снегом (32 случая) и снегом с дождем (24 случая).

Таблица 83

Годовой ход продолжительности туманов (ч) во время осадков, число случаев туманов и средняя продолжительность одного тумана

| Характеристика туманов                  | X   | XI  | XII | I   | II  | III | IV  | Сумма |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Средняя месячная продолжительность      | 1,3 | 4,5 | 4,0 | 3,7 | 0,9 | 2,6 | 1,9 | 18,9  |
| Число случаев за 10 лет                 | 6   | 18  | 13  | 17  | 6   | 17  | 11  | 88    |
| Средняя продолжительность одного тумана | 2,1 | 2,2 | 3,1 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 2,0   |

Из таблицы следует, что годовой ход «дождевых» туманов несколько отличен от общего хода повторяемости всех туманов. В ноябре, декабре, январе и марте средняя месячная продолжительность этих туманов почти одинакова. Даже в апреле туманов лишь в 2 раза меньше, чем в ноябре и декабре. Общая продолжительность всех туманов в апреле составляет 3 ч, а в декабре — 50 ч. Таким образом, в апреле туманы сопровождаются выпадением осадков.

Таблица 84

Число случаев дождевых туманов разной продолжительности при волновой деятельности на холодных фронтах

| Синоптическое положение | Продолжительность туманов, ч |     |     |      |      | Сумма |
|-------------------------|------------------------------|-----|-----|------|------|-------|
|                         | < 2                          | 2—3 | 4—6 | 7—12 | > 12 |       |
| Волновая деятельность   | 28                           | 16  | 10  | 3    | 1    | 58    |
| Холодные фронты         | 18                           | 8   | 4   | —    | —    | 30    |

Средняя продолжительность одного дождевого тумана невелика (около 2 ч); в ноябре и декабре иногда могут наблюдаться и более продолжительные туманы — до 9—10 ч (табл. 84).

Туманы во время осадков имеют отчетливо выраженный суточный ход. Максимальная повторяемость этих туманов зимой, а также в марте и ноябре приходится на 9—10 ч, а в апреле и октябре на 6—8 ч. Днем в апреле и октябре даже дождевые туманы образуются в исключительно редких случаях. Вероятно, радиационный фактор играет важную роль и в образовании туманов, возникающих во время осадков.

Наблюдаются дождевые туманы при волновой деятельности (58 случаев) и на холодных фронтах (30 случаев). При этом следует иметь в виду, что волновая деятельность в рассматриваемый период имеет значительно большую повторяемость (см. табл. 18).

В зависимости от температуры воздуха число случаев туманов во время осадков распределяется следующим образом:

|                               |     |        |      |
|-------------------------------|-----|--------|------|
| Температура воздуха, °С . . . | > 0 | 0...—4 | < —4 |
| Число случаев . . . . .       | 36  | 45     | 6    |

Таким образом, при температуре воздуха ниже —4°С не следует с большой вероятностью ожидать туман во время осадков.

Дождевые туманы образуются при высокой относительной влажности.

Высота нижней границы облаков перед возникновением тумана понижается лишь при положительной температуре воздуха; при температуре ниже 0°С высота облаков может даже повыситься.

Следует отметить, что при положительной температуре дождевой туман может возникнуть через 3—5 ч при довольно высокой облачности (600—800 м). Зато при отрицательной температуре (0... —4°C) во время осадков высота облаков более 400—500 м является надежной гарантией отсутствия тумана в ближайшие 5 ч. Для температуры ниже —4°C при снеге туман не образуется, если высота облаков более 300 м.

Анализ изменения видимости перед возникновением туманов во время осадков показал, что над влажной почвой наблюдается незначительное уменьшение видимости: от 7,5 км (за 5 ч до тумана) до 4,0 км (за 1 ч перед туманом). Далее видимость меняется скачкообразно.

Таблица 85

Количество туманов в зависимости от высоты задерживающего слоя

| Задерживающий<br>слой отсутствует | Высота задерживающего слоя, км |         |         |      | Всего<br>случаев |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------|---------|------|------------------|
|                                   | >2,2                           | 1,3—2,2 | 0,8—1,2 | <0,7 |                  |
| 13                                | 16                             | 9       | 6       | 10   | 54               |

В момент образования тумана видимость выше над снежной поверхностью, чем над влажной почвой (500 и 400 м соответственно). Над поверхностью, покрытой снегом, видимость в момент образования тумана составляет около 500 м при температуре 0... —4°C и около 700 м при более низкой температуре; над влажной почвой — около 350 м при температуре 1... 5°C и 600 м при температуре, близкой к 0°C. В момент рассеивания тумана видимость несколько выше, чем в момент его образования; затем видимость медленно возрастает.

Анализ видимости при осадках показал, что средняя видимость в тумане зависит от его продолжительности. Так, в туманах продолжительностью < 2 ч средняя видимость составляет 400—600 м над влажной почвой и 600—800 м над снегом. В более продолжительных туманах (например 4—6 ч) видимость равна соответственно 270—350 и 370—490 м. По видимости в тумане в момент его возникновения можно судить о его продолжительности.

Туманы во время осадков чаще бывают слабыми или умеренными. В туманах, над обнаженной почвой, первый максимум приходится на видимость 800 м, второй — на видимость 400 м. В туманах над снежной поверхностью оба максимума равнозначны. Очень редки (1—3 %) туманы с видимостью < 100 м. Туманы во время осадков наблюдаются в 72 % случаев при понижении температуры воздуха в нижних слоях тропосферы. Следует отметить, что 15 % случаев туманов наблюдаются при повышении температуры в приземном слое воздуха и при понижении температуры выше этого слоя. Такая стратификация является крайне неустой-

чивой, так как имеет место опускание холодного и подъем теплого воздуха. Следовательно, туманы во время осадков могут наблюдаться при неустойчивой стратификации атмосферы в значительном слое. Анализ высоты задерживающих слоев при туманах во время осадков подтверждает это предположение (табл. 85).

Таблица 86

Продолжительность (ч) туманов во время осадков при скорости ветра более 4 м/с в разные месяцы

| Характеристика                               | XII | I   | II  | III | IV  | Сумма за год |
|----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|
| Средняя месячная продолжительность туманов   | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 0,3 | 1,6          |
| Число случаев за 13 лет                      | 4   | 1   | 1   | 5   | 3   | 14           |
| Средняя продолжительность одного тумана      | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,8 | 1,3 |              |
| Максимальная продолжительность одного тумана | 2,8 | 1,0 | 1,0 | 4,7 | 1,8 |              |

Из данных табл. 85 следует, что почти в 60 % случаев задерживающий слой или вовсе отсутствует или располагается выше 2 км.

Туманы во время осадков при скорости ветра более 4 м/с наблюдаются крайне редко — менее 1 % общей повторяемости всех туманов. В январе и феврале такие туманы почти не образуются (табл. 86).

### 6.3. Грозы, град

Грозы в районе г. Фрунзе наблюдаются в теплый период, преимущественно при температуре воздуха от 16 до 30 °С. Первые грозы отмечаются в марте, а самые поздние — в октябре. Фрунзе относится к району с умеренной грозовой деятельностью: среднее годовое число дней с грозой составляет около 30. Наибольшее число дней с грозой наблюдается в мае — июле (табл. 87). Иногда в от-

Таблица 87

Среднее и наибольшее число дней с грозой и их средняя продолжительность (ч)

| Характеристика            | I | II | III  | IV  | V   | VI   | VII | VIII | IX  | X    | XI | XII | Год  |
|---------------------------|---|----|------|-----|-----|------|-----|------|-----|------|----|-----|------|
| Среднее число дней        |   |    | 0,07 | 1   | 4   | 7    | 6   | 2    | 0,4 | 0,07 |    |     | 21   |
| Наибольшее число дней     |   |    | 2    | 5   | 13  | 16   | 15  | 10   | 4   | 1    |    |     | 38   |
| Средняя продолжительность |   |    | 0,06 | 1,2 | 5,7 | 10,0 | 7,2 | 2,8  | 0,2 | 0,1  |    |     | 27,3 |

дельные годы и месяцы число дней с грозой может значительно отличаться от среднего многолетнего.

В среднем за год наблюдается 27 часов с грозой, т. е. средняя продолжительность одной грозы в день с грозой составляет 1,3 ч. Большинство гроз характеризуется продолжительностью 1 ч. Грозы продолжительностью более 5 ч составляют около 2 %. В отдельных случаях продолжительность гроз может составлять 10—14 ч.

Таблица 88

Продолжительность гроз (ч) в различное время суток в г. Фрунзе

| Продолжи-<br>тельность, ч | I | II | III  | IV   | V   | VI  | VII | VIII | IX   | X    | XI | XII | Год  |
|---------------------------|---|----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|----|-----|------|
| 18—24                     |   |    | 0,04 | 0,4  | 1,7 | 2,9 | 2,4 | 1,0  | 0,04 | 0,01 |    |     | 8,5  |
| 24—06                     |   |    |      | 0,05 | 0,2 | 0,6 | 0,8 | 0,2  | 0,02 |      |    |     | 1,9  |
| 06—12                     |   |    |      | 0,02 | 0,4 | 0,9 | 0,6 | 0,2  | 0,02 | 0,03 |    |     | 2,2  |
| 12—18                     |   |    | 0,02 | 0,7  | 3,4 | 5,6 | 3,4 | 1,4  | 0,1  | 0,06 |    |     | 14,7 |

Грозовая деятельность развивается преимущественно во второй половине дня и вечером; максимум повторяемости гроз отмечается в 12—18 ч (табл. 88), в период повышенной термической неустойчивости.

Согласно данным Г. А. Апостолова (1960 и 1962 гг.), грозы (до 80 %) в Чуйской долине возникают главным образом на атмосферных фронтах, причем чаще всего на вторичных.

Град — опасное метеорологическое явление — наблюдается в теплый период. Град всегда отмечается при грозе, обычно вместе с ливневым дождем; выпадает он пятнами или полосами. Во Фрунзе выпадение града возможно с апреля по сентябрь. В среднем за год отмечается один день с градом; наибольшее число дней с градом — 4. Чаще всего град выпадает в апреле — июне; в отдельные годы в эти месяцы может наблюдаться по два случая с градом. Поздним летом градобития случаются один раз в 20—30 лет. Град отмечается чаще всего во второй половине дня. Продолжительность града обычно незначительная (менее 20 мин), диаметр градин — меньше горошины. Сильный град в г. Фрунзе наблюдается очень редко.

Анализ типов синоптических процессов за период 1960—1978 гг. показал, что более чем в 80 % случаев град выпадает при фронтальных процессах; из них в 50 % случаев он наблюдается при волновой деятельности на холодном фронте и высотном малоподвижном циклоне. В предшествующий выпадению града день в 70 % случаев тип синоптического процесса также бывает фронтальным. За сутки перед выпадением града в г. Фрунзе всегда наблюдается неустойчивая, с ливневыми дождями и грозами погода. В день с градом над г. Фрунзе формируется, как правило, очень влажная до больших высот воздушная масса. При этом над Чуйской долиной на высотах более 3—5 км наблюдается заток холодного воз-



духа, а в нижних слоях температура воздуха повышается (или не меняется). Это приводит к увеличению вертикальных градиентов температуры воздуха и, следовательно, к мощному развитию конвекции.

Очень благоприятные аэросиноптические условия для выпадения града сложились в районе г. Фрунзе 3 июня 1959 г. В этот день сильная гроза с ливнем, градом и шквалом прошла через город с юго-запада на северо-восток полосой в 2—3 км. Град выпадал в течение 15 мин. Слой града составил 8—10 см. Диаметр градин достигал 1,5 см. Городу и пригородному хозяйству был нанесен значительный материальный ущерб.

#### 6.4. Гололедно-изморозевые явления

*Гололедно-изморозевые явления*, или обледенение наземных предметов, характеризуется многообразием форм. Возникают такие явления в холодный период при благоприятных метеорологических условиях за счет воды, находящейся в атмосфере в парообразном и жидком состоянии. Обледенение наземных предметов происходит вследствие сублимации водяного пара и замерзания переохлажденных капелек воды при их соприкосновении с переохлажденными предметами.

Наиболее распространенные виды обледенения — гололед, изморозь, отложение мокрого снега, сложные отложения.

*Гололед* — слой плотного стекловидного строения льда — образуется с наветренной стороны на любых предметах при слабых морозах (0... —3°C) вследствие намерзания переохлажденных капель дождя, мороси или тумана. Нередко провода линий связи и электропередачи, ветви деревьев, мостовые, дома покрываются сплошным слоем гололеда. В отдельных случаях гололед причиняет народному хозяйству значительный ущерб.

*Изморозь* — зернистая и кристаллическая — менее плотное отложение льда. Наиболее опасной является зернистая изморозь, которая представляет собой снеговидный осадок льда рыхлого зернистого строения. Зернистая изморозь образуется в туманную, преимущественно в ветреную погоду, чаще всего при температуре воздуха —3... —8°C. Кристаллическая изморозь — белый осадок из кристаллов льда тонкой нежной структуры — возникает при низкой температуре воздуха, затишье или слабом ветре, когда в воздухе наблюдается дымка.

При изменении метеорологических условий один вид гололедно-изморозевых явлений может наслаиваться на другой или переходить в другой, вследствие чего возникают *сложные отложения*.

Наблюдения за гололедно-изморозевыми явлениями производятся как с помощью соответствующих инструментов и самопишущих приборов, так и визуально. При инструментальных наблюдениях определяются не только вид, интенсивность и продолжительность отложения льда, но и его масса и размеры.

На ст. Фрунзе визуальные наблюдения за гололедно-изморозевыми явлениями были начаты в 1936 г., инструментальные (по гололедному стандартному станку) — в 1952 г.; на ст. Фрунзе, АМСГ визуальные наблюдения начались в 1948 г., инструментальные — в 1952 г.

Из данных табл. 89 видно, что гололед и изморозь в г. Фрунзе наблюдаются в основном с ноября по март; наиболее часто — в

Таблица 89

Число дней с гололедно-изморозевыми явлениями

| Станция      | X   | XI | XII | I | II | III | IV  | Год |
|--------------|-----|----|-----|---|----|-----|-----|-----|
| Гололед      |     |    |     |   |    |     |     |     |
| Фрунзе       | 0,2 | 2  | 4   | 4 | 3  | 2   | 0,1 | 15  |
| Фрунзе, АМСГ | 0,4 | 2  | 5   | 4 | 3  | 2   | 0,1 | 16  |
| Изморозь     |     |    |     |   |    |     |     |     |
| Фрунзе       | —   | 2  | 5   | 5 | 4  | 1   | —   | 17  |
| Фрунзе, АМСГ | —   | 2  | 4   | 6 | 4  | 1   | —   | 17  |
| Мокрый снег  |     |    |     |   |    |     |     |     |
| Фрунзе       | 1   | 2  | 1   | 1 | 2  | 2   | 1   | 10  |

декабре и январе; отложения мокрого снега отмечаются с октября по апрель (чаще всего весной и осенью).

Из года в год число дней с гололедом колеблется от 3 до 29 дней, число дней с изморозью — от 4 до 41 дня.

Средняя продолжительность обледенения проводов составляет около 400 ч за год.

В отдельных случаях продолжительность гололедно-изморозевых отложений может достигать 80—100 ч, однако в основном (60—70 %) продолжительность обледенения составляет 7—24 ч.

Гололедно-изморозевые явления возникают главным образом при холодных вторжениях; гололед и изморозь связаны с медленно смещающимися холодными атмосферными фронтами, а отложения мокрого снега — с быстрыми вторжениями. Образование гололеда в г. Фрунзе наблюдается при температуре воздуха, близкой к 0°С; другие гололедно-изморозевые явления формируются при более широком диапазоне температуры воздуха (табл. 90). Процессу нарастания гололедно-изморозевых отложений сопутствует понижение температуры воздуха (табл. 90).

Гололедно-изморозевые явления образуются при любом направлении ветра, однако, как показывают наблюдения, каждый вид отложения характеризуется тем или иным определенным направлением ветра. Так, гололед в 60 % случаев образуется при

Таблица 90

Повторяемость температуры воздуха при гололедно-изморозевых явлениях в г. Фрунзе (% общего числа случаев)

| Вид отложения | Температура воздуха, °C |            |             |               |               |         |
|---------------|-------------------------|------------|-------------|---------------|---------------|---------|
|               | 5,0...0,1               | 0,0...-4,9 | -5,0...-9,9 | -10,0...-19,9 | -20,0...-29,9 | ≤ -30,0 |

## В начале обледенения

|                          |    |    |    |    |    |  |
|--------------------------|----|----|----|----|----|--|
| Гололед                  | 5  | 94 | 1  |    |    |  |
| Зернистая изморозь       |    | 51 | 43 | 6  |    |  |
| Кристаллическая изморозь |    | 11 | 28 | 48 | 13 |  |
| Мокрый снег              | 58 | 39 | 3  |    |    |  |
| Сложное отложение        | 10 | 81 | 6  | 3  |    |  |

## При максимальном отложении

|                          |    |    |    |    |    |   |
|--------------------------|----|----|----|----|----|---|
| Гололед                  | 1  | 88 | 8  | 1  |    |   |
| Зернистая изморозь       |    | 48 | 43 | 9  |    |   |
| Кристаллическая изморозь | 1  | 10 | 22 | 55 | 11 | 1 |
| Мокрый снег              | 32 | 65 | 3  |    |    |   |
| Сложное отложение        | 3  | 69 | 6  | 19 | 3  |   |

западном и северо-западном направлении ветра; для возникновения изморози благоприятны юго-восточные, а также юго-западные (для кристаллической) и северо-западные (для зернистой) ветры; отложения мокрого снега на проводах возникают в основном при западных и северо-западных потоках (табл. 91). Гололедно-изморозевые отложения возникают при скорости ветра до 6 м/с (табл. 92); при этом изморозь образуется в основном при штилях, а отложения мокрого снега — при скорости ветра 2—5 м/с.

Гололед возникает, как правило, при тумане, снеге и мороси. Изморозь образуется преимущественно при тумане и дымке (табл. 93).

Таблица 91

Повторяемость направления ветра (%) и штилей при максимальном отложении льда на проводах в г. Фрунзе

| Вид отложения            | С | СВ | В  | ЮВ | Ю  | ЮЗ | З  | СЗ | Число штилей |
|--------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|--------------|
| Гололед                  | 6 | 5  | 8  | 8  | 1  | 12 | 33 | 27 | 22           |
| Зернистая изморозь       | 6 | 6  | 11 | 28 | 3  | 7  | 11 | 28 | 32           |
| Кристаллическая изморозь | 5 | 4  | 8  | 29 | 15 | 23 | 10 | 6  | 83           |
| Мокрый снег              |   |    | 4  | 4  |    | 30 | 52 | 10 | 4            |
| Сложное отложение        | 5 | 5  | 10 | 15 | —  | 10 | 15 | 40 | 11           |

Гололедно-изморозевые явления характеризуются диаметром отложения (большим и малым) и весом на погонную длину 1 м гололедного станка на уровне 2 м. В г. Фрунзе вес гололедно-изморозевых отложений незначительный. Так, максимальный вес гололеда и изморози не превышает 50 г, сложного отложения —

Таблица 92

Повторяемость скорости ветра при максимальном отложении льда на проводах в г. Фрунзе (%)

| Вид отложения            | Скорость ветра, м/с |     |     |       |       |       |       |
|--------------------------|---------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
|                          | 0—1                 | 2—5 | 6—9 | 10—13 | 14—17 | 18—20 | 21—24 |
| Гололед                  | 45                  | 52  | 3   |       |       |       |       |
| Зернистая изморозь       | 78                  | 22  |     |       |       |       |       |
| Кристаллическая изморозь | 76                  | 24  |     |       |       |       |       |
| Мокрый снег              | 32                  | 65  | 3   |       |       |       |       |
| Сложное отложение        | 52                  | 48  |     |       |       |       |       |

140 г, мокрого снега — 400 г на погонную длину провода 1 м. При этом максимальный диаметр отложений составляет для гололеда 11 мм, для изморози 39 мм, для сложных отложений 38 мм и для мокрого снега 58 мм.

Таблица 93

Повторяемость атмосферных явлений в начале обледенения проводов (% общего числа случаев)

| Вид отложения            | Морось | Дождь | Снег | Туман | Морось и туман | Снег и туман | Дождь и мокрый снег | Дымка | Иней |
|--------------------------|--------|-------|------|-------|----------------|--------------|---------------------|-------|------|
| Гололед                  | 19     | 7     | 26   | 277   | 7              | 3            |                     | 11    |      |
| Зернистая изморозь       |        |       | 1    | 64    |                | 1            |                     | 29    | 5    |
| Кристаллическая изморозь |        |       | 5    | 30    |                | 1            |                     | 58    | 6    |
| Мокрый снег              |        |       |      |       |                | 47           | 53                  |       |      |
| Сложное отложение        | 10     | 3     | 17   | 50    | 10             |              |                     | 10    |      |

При увеличении высоты подвеса проводов вес гололедно-изморозевых отложений возрастает. Для практических целей важно знать гололедные нагрузки на высоте 10 м (уровень подвеса ЛЭП) (табл. 94).

Для определения гололедной нагрузки, кроме веса отложений, используется еще одна характеристика — толщина стенки гололеда при его наибольшей плотности (нормативная стенка гололеда).

Таблица 94

Максимальные гололедные нагрузки (г/м), возможные в заданное число лет

| Высота подвеса провода, м | Число лет |     |     |     |     | Наблюдаемый максимум |
|---------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|----------------------|
|                           | 2         | 5   | 10  | 15  | 20  |                      |
| 2                         | 40        | 90  | 153 | 209 | 259 | 388                  |
| 10                        | 152       | 340 | 585 | 790 | 980 | 970                  |

По вероятности нормативной стенки гололеда можно определить вероятность гололедной нагрузки на провода воздушных линий (табл. 95).

По закономерностям режима гололедообразования г. Фрунзе относится ко второму (II) гололедному району.

Таблица 95

Толщина нормативной стенки гололеда (мм) различной вероятности

| Станция | Число лет |     |      |      |      | Номер гололедного района |
|---------|-----------|-----|------|------|------|--------------------------|
|         | 2         | 5   | 10   | 15   | 20   |                          |
| Фрунзе  | 3,9       | 7,1 | 10,2 | 12,4 | 14,3 | II                       |

## 7. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЗОНОВ

Сезоны, установленные по астрономическим признакам для всего полушария, не всегда соответствуют началу сезонов в том или ином районе. В связи с этим в климатологии границы сезонов определяются по датам перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы, а также по некоторым другим критериям.

### 7.1. Зима

За начало и конец зимы для районов Средней Азии принято считать переход средней суточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  в сторону понижения и повышения. Зима во Фрунзе начинается в последней пятидневке ноября и длится по февраль включительно. Начало зимы совпадает с резким уменьшением притока солнечного тепла и появлением снежного покрова. Переход от осени к зиме характеризуется смещением планетарной высотной фронтальной зоны в широты  $25\text{--}30^{\circ}$  с., резким уменьшением повторяемости размытого барического поля. В течение всех зимних месяцев над районами устанавливается южная и юго-западная периферия антициклона; преобладает морозная погода с небольшой облачностью, временами с туманами. Осадки зимой выпадают в основном за счет волновой деятельности на холодных фронтах, выходов южных циклонов, западных и северо-западных холодных вторжений; северные вторжения редки. Потепления связаны либо с широким выносом теплого воздуха, либо с выходами южных циклонов. В отдельные годы даты начала и окончания зимы могут на 20—30 дней отклоняться от средних.

Самый холодный месяц зимы — январь; средняя месячная температура воздуха в январе  $-5,6^{\circ}\text{C}$ , средняя минимальная температура января  $-10,5^{\circ}\text{C}$  мороза, абсолютный минимум  $-38^{\circ}\text{C}$  (отличался в декабре 1930 г.).

Сумма отрицательных температур за зимний период составляет  $365^{\circ}\text{C}$ . Обычным для зимы являются дневные оттепели — в среднем до 18 дней в месяц. Максимальная (дневная) температура в такие периоды может достигать  $20^{\circ}\text{C}$ ; возможны дни с положительной температурой (2—4 дня за месяц). Наибольший период без оттепелей составляет 30 дней. В такие периоды даже дневная температура воздуха не превышает  $0^{\circ}\text{C}$ . Иногда похолодания несколько сильны, что в течение 8 дней и более средняя суточная температура воздуха оказывается ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  (декабрь 1954 г., январь 1955 г.).

В отдельные годы аномально холодная или аномально теплая погода может удерживаться в течение всей зимы (табл. 96). Такие зимы наблюдаются один-два раза за 10 лет. Отклонения в сто-

рону низких температур больше, чем в сторону высоких. Это связано с затратами тепла на таяние снежного покрова при потеплениях в зимний период. В летний период положительные и отрицательные отклонения от нормы равновелики (см. табл. 97).

В среднем за зиму выпадает 77 мм осадков. Однако отмечаются очень сухие зимы, когда количество осадков за три зимних

Таблица 96

Средняя месячная и зимняя температура воздуха (°С) в аномально холодную и теплую зиму за период 1928—1980 гг.

| Период, сезон | XII   | I     | II    | Средняя зимняя температура | Аномалия |
|---------------|-------|-------|-------|----------------------------|----------|
| 1928—1980     | —2,7  | —5,0  | —2,9  | —3,5                       | —        |
| 1929/30       | —10,4 | —8,4  | —3,7  | —7,5                       | —4,0     |
| 1930/31       | —5,1  | —5,9  | —13,7 | —8,2                       | —4,7     |
| 1944/45       | —12,0 | —5,5  | —9,6  | —9,0                       | —5,5     |
| 1950/51       | —10,2 | —6,6  | —12,4 | —9,7                       | —6,2     |
| 1968/69       | —5,8  | —12,0 | —12,6 | —10,1                      | —6,6     |
| 1940/41       | 2,1   | —2,3  | 1,6   | 0,5                        | 4,0      |
| 1951/52       | 2,0   | —1,2  | 0,4   | 0,4                        | 3,9      |
| 1962/63       | —2,4  | 0,9   | 3,4   | 0,6                        | 4,1      |
| 1965/66       | 0,7   | —0,3  | 2,2   | 0,8                        | 4,3      |

месяца составляет лишь немногим больше половины нормы. Такие случаи наблюдались в 1932/33, 1942/43, 1962/63 гг. Самые обильные осадки были зимой 1966/67, 1978/79 и 1984/85 гг., когда выпало соответственно 134, 138 и 157 мм осадков. Много осадков наблюдалось зимой 1972/73. (122 мм), 1955/56 (117 мм), 1933/34 (108 мм) и 1968/69 гг. (102 мм).

Количество выпавших за зиму осадков зависит от повторяемости фронтальных процессов и от их интенсивности. В «сухую» зиму 1962/63 г. число дней с фронтальными атмосферными процессами составило 16 при норме 23, во «влажную» зиму 1955/56 г. (выпало 117 мм осадков) фронтальные процессы наблюдались 30 дней. Однако в еще более «влажную» зиму 1966/67 г. повторяемость фронтальных процессов оказалась равной 27 дням.

Зимой осадки выпадают обычно в виде снега или мокрого снега; иногда зимой наблюдаются дождь и морось.

Устойчивый снежный покров образуется в середине декабря, после перехода средней суточной температуры воздуха через  $-5^{\circ}\text{C}$ , и удерживается до середины февраля.

Зимой ночью, утром и вечером преобладает юго-восточный и южный ветер, днем — западный, средняя скорость ветра 2,5—2,7 м/с, (выше, чем средняя за месяц для этого сезона). Один-два раза в месяц, а в отдельные годы 5—6 раз, возможна скорость ветра 15 м/с и более.

Вечером, ночью и утром сравнительно велика относительная влажность воздуха (до 75 %); днем она составляет около 60 %. Отмечается 7—8 дней за месяц с относительной влажностью 80 % и более и 2 дня с относительной влажностью 30 % и менее.

В г. Фрунзе зимой наблюдается до 5—7 дней за месяц с туманом, а в отдельные годы — 12—15 дней; туманы чаще всего возникают при температуре воздуха, близкой к 0°C. Иногда (2—3 раза в 10 лет) возможны метели; в отдельные годы метели отмечаются 3—4 раза в месяц.

За зиму наблюдается 15 дней с гололедом и 17 дней с изморозью.

## 7.2. Весна

От февраля к марту в связи с увеличением высоты солнца и продолжительности дня увеличивается поток солнечной радиации. В результате этого переход средней суточной температуры воздуха через 0°C в сторону повышения происходит в начале марта — начинается весна. Обычно свободная к этому времени от снежного покрова земная поверхность быстро прогревается, что сопровождается повышением температуры воздуха.

В марте еще заметны черты зимнего циркуляционного режима, часто наблюдается передняя часть ложбины (14,4 %) и сравнительно редко — размытое барическое поле (8,5 %). Однако от февраля к марту отмечается резкое уменьшение повторяемости юго-западной периферии антициклона (с 20 до 12 %); увеличивается повторяемость волновой деятельности и выходов южных циклонов. Такая перестройка атмосферной циркуляции связана со смещением на районы Средней Азии планетарной высотной фронтальной зоны.

Большая повторяемость фронтальных синоптических процессов в весенние месяцы приводит к увеличению повторяемости сильных ветров, осадков, гроз. В отдельные годы в марте и апреле может отмечаться 6—9 случаев усиления ветра до 15 м/с и более.

В середине марта происходит переход средней суточной температуры воздуха через 5°C — возобновляется вегетация у растений.

В конце марта заканчивается отопительный период.

В первой декаде апреля совершается переход средней суточной температуры воздуха через 10°C — наступает пора высадки в грунт рассады теплолюбивых культур.

В городе и его окрестностях развито приусадебное садоводство. В начале второй декады апреля зацветают персик и абрикос, в двадцатых числах — вишня, а к концу месяца — яблоня.

Неблагоприятным для весны явлением являются заморозки. В среднем заморозки прекращаются в середине апреля. Однако в 1958 г. заморозок в воздухе (2°C) наблюдался 30 мая. Резкое понижение температуры со снегопадом было вызвано вторжением холодного воздуха с севера.



Заканчивается весна в г. Фрунзе в первой декаде мая — с переходом температуры воздуха через 15°C. Длится она всего два месяца.

Вёсны бывают холодными или теплыми, когда в течение двух весенних месяцев наблюдается температурная аномалия одного знака (табл. 97).

Таблица 97

Средняя месячная и весенняя температура воздуха (°C) в аномально холодную (а) и теплую (б) весну за период 1928—1980 гг.

| Период и год | III  | IV   | Средняя<br>весенняя<br>температура | Аномалия |
|--------------|------|------|------------------------------------|----------|
| 1928—1980    | 4,0  | 11,7 | 7,8                                | —        |
| а) 1928      | 0,8  | 10,2 | 5,5                                | —2,3     |
| 1936         | 0,7  | 10,5 | 5,6                                | —2,2     |
| 1937         | 2,8  | 9,2  | 6,0                                | —1,8     |
| 1960         | —0,6 | 10,3 | 4,8                                | —3,0     |
| б) 1929      | 6,6  | 16,7 | 11,7                               | 3,9      |
| 1932         | 7,8  | 14,2 | 11,0                               | 3,2      |
| 1941         | 7,4  | 13,0 | 10,2                               | 2,4      |
| 1947         | 9,1  | 13,0 | 11,0                               | 2,2      |
| 1975         | 6,0  | 13,4 | 9,7                                | 1,9      |

Температурные аномалии весной, как и в другие сезоны, связаны с аномалиями в развитии атмосферных процессов. Так, в наиболее холодную весну 1960 г. было очень мало выходов южных циклонов (1,5 дня при норме 3,9), реже обычного наблюдались юго-западная периферия антициклона (4 дня при норме 6), западные вторжения (0,8 дня при норме 1,5); повторяемость же северных и северо-западных холодных вторжений более чем в 4 раза превысила норму (6,5 дня при норме 1,5).

За два весенних месяца выпадает  $\frac{1}{4}$  часть годового количества осадков (110 мм, за год — 422 мм). Иногда сумма осадков весной достигает почти двух норм (1942, 1959, 1964 гг.). За последние 50 лет самым сухими были вёсны 1951 (36 мм), 1938 (53 мм), 1978 (55 мм), 1979 (59 мм), 1954 (63 мм) и 1962 гг. (69 мм).

Обильные осадки вызываются холодными вторжениями с предшествующими выходами южных циклонов и волновой деятельностью на холодных фронтах.

Так, весной 1959 г. выходы южных циклонов наблюдались 7,2 дня при норме 3,9; северо-западные и северные вторжения — 5,4 дня при норме 3,6, западные — 2,2 дня при норме 1,7; часто наблюдалась волновая деятельность (12,5 дня). Весной 1962 г. («сухая» весна) повторяемость южных циклонов составила 2 дня, северных и северо-западных вторжений — 2,2 дня, западных — 3 дня, волновой деятельности — 3 дня при норме 10 дней.

### 7.3. Лето

За начало лета принимается дата устойчивого перехода температуры воздуха через  $15^{\circ}\text{C}$ . Это происходит весной в первой декаде мая, а осенью — в последней декаде сентября. Таким образом, если исходить только из температурного режима (что не совсем верно), то лето во Фрунзе продолжается почти пять месяцев. Однако по характеру атмосферных процессов и погодным условиям можно выделить три периода — начало лета (май, первая половина июня), середина (вторая половина июня — первая половина августа), конец лета (вторая половина августа, сентябрь).

В начале лета ПВФЗ располагается над районами Киргизии, поэтому над Чуйской долиной велика повторяемость волновой деятельности и западных вторжений. Часто выпадают ливневые осадки, гремят грозы, проносятся шквалы. В мае еще возможны заморозки.

В середине лета ПВФЗ располагается севернее  $40^{\circ}$  с. ш. и вся Средняя Азия, в том числе и Киргизия, оказывается под воздействием тропического воздуха. Именно со второй половины июня термическая депрессия может захватывать и Чуйскую долину. Частым процессом является высокий малоподвижный циклон, а преобладающим — малоградиентное поле давления (до 10—11 дней в месяц). В это время практически отсутствуют выходы южных циклонов, крайне редко устанавливается юго-западная периферия антициклона (меньше одного дня).

Наблюдается преимущественно ясная погода, что при значительной высоте солнца и большой продолжительности дня приводит к повышению температуры подстилающей поверхности до  $60 \dots 70^{\circ}\text{C}$ , а это в свою очередь вызывает прогревание прилегающих слоев воздуха. В этот период средняя суточная температура воздуха превышает  $22^{\circ}\text{C}$ , средний максимум составляет  $23 \dots 31^{\circ}\text{C}$ , абсолютный максимум  $42^{\circ}\text{C}$ .

Атмосферные фронты северного, северо-западного и западного вторжений в середине лета проходят через Киргизию довольно часто, вызывая кратковременные ливни, грозы, шквалы. Однако чаще атмосферные фронты существенных изменений погоды не вызывают, так как приходят размытыми.

Со второй половины августа из-за понижения высоты солнца и продолжительности дня уменьшается нагрев подстилающей поверхности, граница положительного радиационного баланса (ПВФЗ) начинает смещаться к югу, Чуйская долина оказывается под воздействием воздуха умеренных широт, значительно возрастает (от 3 дней в июле до 7 дней в августе) количество антициклонических ситуаций, уменьшается повторяемость высокого малоподвижного циклона и волновой деятельности, почти не встречается термическая депрессия.

Трансформационные процессы при прохождении атмосферных фронтов над пустынями все еще велики и осадков выпадает так же мало, как и в середине лета, но по утрам температура воздуха

может понижаться до 10 ... 12 °С, да и дневная температура уже ниже 30 °С. Поскольку в летний период Средняя Азия находится преимущественно под влиянием однородной воздушной массы (тропического воздуха), температурные аномалии невелики, но даже температура воздуха на 1—2 °С выше нормы (если норма и без того высока) переносится тяжело.

Таблица 98

Средняя месячная и летняя температура воздуха (°С) в аномально холодное (а) и теплое (б) лето за период 1928—1980 г.

| Период, год | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | Средняя летняя температура | Аномалия |
|-------------|------|------|------|------|------|----------------------------|----------|
| 1928—1980   | 17,0 | 21,5 | 24,4 | 22,8 | 17,5 | 20,6                       | —        |
| а) 1934     | 13,7 | 21,5 | 21,9 | 22,4 | 14,9 | 18,9                       | —1,7     |
| 1949        | 16,3 | 20,3 | 23,7 | 22,4 | 14,2 | 19,4                       | —1,2     |
| 1954        | 16,0 | 18,8 | 22,9 | 22,8 | 17,3 | 19,8                       | —0,8     |
| 1958        | 14,0 | 20,3 | 24,3 | 20,8 | 16,5 | 19,2                       | —1,4     |
| 1967        | 16,4 | 20,5 | 23,3 | 21,8 | 16,7 | 19,7                       | —0,9     |
| 1972        | 17,0 | 20,6 | 22,0 | 21,2 | 17,3 | 19,6                       | —1,0     |
| б) 1938     | 20,2 | 22,0 | 24,5 | 24,2 | 18,8 | 22,0                       | 1,4      |
| 1939        | 17,5 | 23,2 | 25,8 | 23,4 | 18,8 | 21,7                       | 1,4      |
| 1940        | 15,5 | 23,3 | 25,4 | 23,1 | 17,4 | 20,9                       | 0,3      |
| 1941        | 18,1 | 24,1 | 23,2 | 23,7 | 17,7 | 21,4                       | 0,8      |
| 1943        | 18,2 | 21,1 | 26,4 | 24,0 | 17,3 | 21,5                       | 0,9      |
| 1944        | 19,1 | 22,5 | 27,2 | 23,2 | 16,5 | 21,7                       | 1,1      |
| 1973        | 16,0 | 22,7 | 26,2 | 23,3 | 16,2 | 20,9                       | 0,3      |
| 1975        | 17,2 | 22,4 | 26,6 | 26,3 | 19,0 | 22,3                       | 1,7      |
| 1984        | 17,0 | 23,7 | 25,9 | 25,9 | 17,5 | 22,0                       | 1,4      |

В табл. 98 приведены сведения о летних периодах, когда в течение 3—5 месяцев наблюдались аномалии одного знака. Из приведенных данных следует, что за 60 лет было всего два лета, когда все пять летних месяцев сохранялась положительная аномалия. В остальных случаях при положительной аномалии в среднем за период в отдельные месяцы аномалия была либо слабой отрицательной, либо близкой к нулю. Очень жарким было лето в 1944 и 1975 гг.

Аномально холодные летние периоды встречаются с той же повторяемостью, что и аномально теплые. При этом в «холодное» лето осадков выпадает почти всегда больше нормы, тогда как в жаркое, погода которого формируется под воздействием тропического воздуха, осадки выпадают крайне редко. Так, за три жарких месяца (июнь, июль, август) в 1944 г. выпало всего 10 мм осадков, в 1973 г. — 19 мм, в 1940 г. — 25 мм, а за три «холодных» — сумма осадков составила в 1934 г. 158 мм, в 1949 г. — 95 мм, в 1954 г. — 90 мм, в 1958 г. — 116 мм, в 1967 г. — 92 мм, в 1972 г. — 86 мм.

В целом за пять летних месяцев выпадает 36 % годового количества осадков (около 150 мм), однако большая их часть выпа-

дает в мае — июне, а на июль — сентябрь приходится лишь 11 % годовой суммы.

Самое сухое лето наблюдалось в 1943, 1944 и 1971 гг., когда за пять месяцев выпало всего 33, 47 и 56 мм осадков соответственно. Очень влажное лето было в 1934 г. (251 мм), 1981 г. (239 мм) и в 1958 г. (226 мм).

Для лета, особенно для последних трех его месяцев, характерна низкая средняя относительная влажность воздуха (менее 50 %). В дневные часы относительная влажность составляет в среднем около 30 %. Во второй половине лета отличается 18—19 дней за месяц, когда в один из сроков наблюдений относительная влажность уменьшается до 30 % и менее. В отдельные очень жаркие периоды, когда температура воздуха достигает 35 ... 40 °С, относительная влажность воздуха в дневные часы может понижаться до 10 %.

#### 7.4. Осень

Осень в г. Фрунзе довольно теплая и сухая. Осень в Чуйской долине начинается с последней пятидневки сентября и длится по ноябрь включительно. Осенью дни становятся короче, убывает приход солнечной радиации и количество тепла, поглощаемого земной поверхностью. Температура воздуха быстро понижается, увеличивается число пасмурных дней.

Циркуляционный режим осени характеризуется размытым барическим полем, значительной повторяемостью юго-западной периферии антициклона и малой повторяемостью фронтальных процессов (в октябре 26 %), хотя повторяемость северо-западных вторжений достигает максимальных значений именно осенью.

В отдельные годы осень начинается значительно раньше. Так, например, в 1934 г. она началась 18 сентября, а в 1936 г. лето продолжалось до 19 октября. Осень является самым лучшим и наиболее благоприятным для человека сезоном.

В отдельные годы в зависимости от характера циркуляции осень может быть аномально теплой или холодной (табл. 99). Особенно теплой и сухой была осень в 1936 г. Абсолютный максимум температуры воздуха достигал иногда 37 °С. Температура воздуха в октябре оказалась выше нормы на 5,4 °С, а в ноябре — на 2,1 °С. В ноябре выпало всего 4 мм осадков. Очень холодной была осень в 1952 г., когда температура воздуха в ноябре оказалась на 6,8 °С ниже средней месячной температуры воздуха за последние 60 лет.

В октябре и ноябре выпадает в среднем по 36 мм осадков. Однако наблюдаются и очень дождливые периоды. Так, в октябре 1940 и 1951 гг. сумма осадков за месяц составила соответственно 113 и 109 мм, т. е. в три раза превышала норму. Осенью 1929 г. выпало всего 20 мм осадков. Сухой была осень и в 1936, 1954, 1956 гг.

По многолетним данным заморозки начинаются с середины октября, но в отдельные годы заморозки могут возникать значительно раньше. Так, в 1949 г. ранний заморозок был зарегистрирован 22 сентября.

Глубокой осенью (в ноябре) увеличивается число дней с туманом (в среднем до 5).

Таблица 99

Средняя месячная и осенняя температура воздуха (°С) в аномально холодную (а) и теплую (б) осень за период 1928—1980 гг.

| Период, год | X    | XI   | Средняя<br>осенняя<br>температура | Аномалия |
|-------------|------|------|-----------------------------------|----------|
| 1928—1988   | 10,5 | 2,5  | 6,5                               | —        |
| а) 1949     | 7,8  | 0,0  | 3,9                               | —2,6     |
| 1952        | 9,7  | —4,3 | 2,7                               | —3,8     |
| 1953        | 7,0  | —0,3 | 3,3                               | —3,2     |
| б) 1928     | 11,3 | 4,7  | 8,0                               | 1,5      |
| 1936        | 15,9 | 4,6  | 10,2                              | 3,7      |
| 1941        | 13,2 | 3,8  | 8,5                               | 2,0      |
| 1963        | 12,0 | 4,6  | 8,3                               | 1,8      |
| 1971        | 12,6 | 7,2  | 9,9                               | 3,4      |
| 1972        | 11,1 | 6,4  | 8,7                               | 2,2      |
| 1973        | 11,5 | 6,6  | 9,0                               | 2,5      |
| 1974        | 11,4 | 5,3  | 8,4                               | 1,9      |

В конце октября (23 числа) средняя суточная температура воздуха переходит через 8°С — начинается отопительный период в г. Фрунзе.

В отдельные годы появление первого снежного покрова возможно в начале октября. Однако вероятность его появления в это время небольшая. К концу ноября верхний слой почвы промерзает до 26 см.

Осенью преобладают южные и юго-восточные ветры, средняя месячная скорость составляет 1,9—2,1 м/с. Скоростью ветра 15 м/с и более наблюдается не ежегодно (7—9 раз в 10 лет). В отдельные годы возможно до 3—5 дней с сильным ветром.

## 8. ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТА г. ФРУНЗЕ КАК БОЛЬШОГО ГОРОДА

Фрунзе — крупный промышленный и культурный центр страны. Численность населения его более 0,5 млн человек.

Площадь современного города превышает 130 км<sup>2</sup>. Рост города и развитие в нем промышленности и транспорта оказывают влияние на формирование климата.

Каменные и асфальтовые покрытия улиц, площадей, многоэтажные кирпичные, железобетонные жилые и промышленные здания, парковые насаждения, искусственные водоемы, транспортные средства — все это способствует формированию так называемого городского климата.

Основные причины формирования «городского» климата связаны с выбросами в атмосферу промышленными предприятиями и автотранспортом большого количества пыли, сажи, сернистого газа, углекислого газа, окиси углерода, которые, загрязняя воздух, изменяют его прозрачность, а значит и радиационный режим (снижают интенсивность прямой радиации, радиационный баланс). Загрязненность атмосферы создает характерную для города промышленную дымку. «Шапка» индустриальной дымки очень хорошо прослеживается с ближайших предгорий, а также с самолета. Существенное влияние на микроклимат города оказывают особенности застройки — этажность, плотность размещения промышленных предприятий, озеленение территории, свободной от застройки, водоемы.

В результате в городе уменьшается альbedo (особенно зимой) снижается расход тепла на испарение, повышается температура воздуха.

Особенности городского климата легко обнаруживаются при его сопоставлении с климатом ближайших окрестностей. В качестве «окрестности» для г. Фрунзе выбрана метеостанция Беловодск, расположенная в 40 км от Фрунзе на высоте около 730 м.

Анализ термического режима г. Фрунзе и его окрестностей с помощью разностей средних месячных температур между станциями Фрунзе и Беловодск показывает, что во Фрунзе в течение года теплее, чем в Беловодске (табл. 100). При этом наименьшие различия наблюдаются с февраля по май, когда отмечается более интенсивная циркуляция атмосферы, больше пасмурных дней и осадков. Наибольшие значения различия отмечаются в июле — сентябре.

В более поздний период (1961—1977 г.) разности возрастают, что можно объяснить развитием промышленности в г. Фрунзе.

Следует отметить, что днем разности температур очень малы, ночью, наоборот, значительны, особенно в теплый период (см. табл. 100).

Таблица 100

Характеристики термического режима на станциях Фрунзе и Беловодск и их разности (°C)

| Станция                                             | Период    | I     | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Год  |
|-----------------------------------------------------|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Средняя месячная и годовая температура воздуха (°C) |           |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе                                              | 1928—1960 | —5,6  | —3,2 | 3,8  | 11,4 | 16,9 | 21,3 | 24,1 | 22,6 | 17,3 | 10,1 | 2,2  | —2,9 | 9,8  |
| Беловодск                                           | 1928—1960 | —6,1  | —3,6 | 3,3  | 11,1 | 16,5 | 20,5 | 22,9 | 21,4 | 16,1 | 9,2  | 1,5  | —3,3 | 9,1  |
| $\Delta t$                                          |           | 0,5   | 0,4  | 0,5  | 0,3  | 0,4  | 0,8  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 0,9  | 0,7  | 0,4  | 0,7  |
| Фрунзе                                              | 1961—1977 | —4,2  | —3,0 | 4,9  | 12,0 | 17,1 | 21,9 | 24,5 | 22,8 | 17,5 | 10,4 | 3,7  | —1,8 | 10,6 |
| Беловодск                                           | 1961—1977 | —5,6  | —3,4 | 4,2  | 11,6 | 16,6 | 20,9 | 23,0 | 21,2 | 16,1 | 9,2  | 2,7  | —3,0 | 9,4  |
| $\Delta t$                                          |           | 1,4   | 0,4  | 0,7  | 0,4  | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 1,6  | 1,4  | 1,2  | 1,0  | 1,2  | 1,2  |
| Средний минимум температуры воздуха (°C)            |           |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе                                              | 1930—1960 | —10,5 | —7,9 | —1,3 | 5,4  | 10,5 | 14,1 | 16,5 | 15,1 | 10,0 | 3,9  | —2,9 | —8,3 | 3,7  |
| Беловодск                                           | 1930—1960 | —10,7 | —8,3 | —1,9 | 4,7  | 9,7  | 13,0 | 14,9 | 13,3 | 8,2  | 2,6  | —3,6 | —8,8 | 2,8  |
| $\Delta t$                                          |           | 0,2   | 0,4  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 1,1  | 1,6  | 1,8  | 1,8  | 1,3  | 0,7  | 0,5  | 0,9  |
| Средний максимум температуры воздуха (°C)           |           |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе                                              | 1928—1960 | 0,5   | 2,9  | 9,6  | 17,8 | 23,0 | 27,5 | 31,1 | 29,8 | 24,6 | 17,5 | 8,6  | 3,0  | 16,3 |
| Беловодск                                           | 1928—1960 | 0,1   | 2,8  | 9,4  | 17,7 | 23,0 | 27,5 | 30,4 | 29,4 | 24,3 | 17,3 | 8,2  | 3,1  | 16,1 |
| $\Delta t$                                          |           | 0,4   | 0,1  | 0,2  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,7  | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,4  | —0,1 | 0,2  |

Таблица 101

Суточный ход температуры воздуха (°C) в городе и его окрестностях и разности температур  
в центральные месяцы сезона

| Станция            | Время, ч |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | 1        | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
| Январь             |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | -7,4     | -7,6 | -7,6 | -7,7 | -7,7 | -7,7 | -7,7 | -7,3 | -5,7 | -3,9 | -2,6 | -1,8 | -1,4 | -1,7 | -2,2 |
| Беловодск          | -8,2     | -8,3 | -8,4 | -8,5 | -8,6 | -8,6 | -8,6 | -8,3 | -6,3 | -4,0 | -2,9 | -2,2 | -1,8 | -2,0 | -2,4 |
| Фрунзе — Беловодск | 0,8      | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 1,0  | 0,6  | 0,1  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,3  | 0,2  |
| Апрель             |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 8,5      | 8,1  | 7,8  | 7,5  | 7,3  | 7,6  | 9,3  | 10,9 | 12,2 | 13,3 | 14,2 | 14,9 | 15,5 | 15,6 | 15,6 |
| Беловодск          | 7,5      | 7,3  | 7,1  | 7,0  | 6,9  | 7,0  | 8,7  | 10,8 | 12,0 | 13,0 | 14,0 | 14,8 | 15,4 | 15,4 | 15,4 |
| Фрунзе — Беловодск | 1,0      | 0,8  | 0,7  | 0,5  | 0,4  | 0,6  | 0,6  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,2  |
| Июль               |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 20,1     | 19,6 | 19,3 | 18,9 | 18,7 | 20,0 | 22,8 | 24,4 | 25,6 | 26,7 | 27,6 | 28,4 | 28,9 | 29,0 | 29,0 |
| Беловодск          | 18,5     | 18,3 | 18,1 | 17,7 | 17,4 | 18,6 | 21,5 | 23,6 | 24,8 | 25,7 | 26,6 | 27,3 | 27,8 | 27,8 | 28,0 |
| Фрунзе — Беловодск | 1,6      | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 0,8  | 0,8  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,0  |
| Октябрь            |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 7,1      | 6,7  | 6,4  | 6,1  | 5,8  | 5,7  | 6,3  | 9,2  | 11,4 | 12,9 | 14,0 | 15,0 | 15,6 | 15,7 | 15,6 |
| Беловодск          | 5,9      | 5,7  | 5,3  | 5,1  | 4,8  | 4,6  | 5,2  | 8,2  | 10,9 | 12,5 | 13,6 | 14,6 | 15,2 | 15,3 | 15,1 |
| Фрунзе — Беловодск | 1,2      | 1,0  | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,0  | 1,5  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  |



| Станция            | Время, ч |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                    | 16       | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| Январь             |          |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | —3,3     | —4,9 | —5,8 | —6,3 | —6,6 | —6,8 | —7,0 | —7,1 | —7,2 |
| Беловодск          | —3,1     | —4,3 | —5,6 | —6,4 | —6,9 | —7,4 | —7,6 | —7,8 | —8,0 |
| Фрунзе — Беловодск | —0,2     | —0,6 | —0,2 | 0,1  | 0,3  | 0,6  | 0,6  | 0,7  | 0,8  |
| Апрель             |          |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 15,3     | 14,8 | 13,9 | 12,4 | 11,1 | 10,4 | 9,9  | 9,5  | 9,0  |
| Беловодск          | 15,3     | 14,7 | 13,8 | 12,4 | 11,2 | 10,3 | 9,5  | 8,9  | 8,3  |
| Фрунзе — Беловодск | 0,0      | 0,1  | 0,1  | 0,0  | —0,1 | 0,1  | 0,4  | 0,6  | 0,7  |
| Июль               |          |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 28,5     | 28,2 | 27,3 | 25,5 | 23,4 | 22,6 | 21,9 | 21,2 | 20,7 |
| Беловодск          | 27,7     | 27,2 | 26,1 | 24,0 | 22,1 | 21,0 | 20,2 | 19,5 | 18,9 |
| Фрунзе — Беловодск | 0,8      | 1,0  | 1,2  | 1,5  | 1,3  | 1,6  | 1,7  | 1,7  | 1,8  |
| Октябрь            |          |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Фрунзе             | 15,0     | 13,3 | 10,8 | 9,8  | 9,1  | 8,6  | 8,2  | 7,7  | 7,3  |
| Беловодск          | 14,5     | 12,7 | 10,1 | 8,6  | 7,7  | 7,0  | 6,5  | 6,2  | 5,9  |
| Фрунзе — Беловодск | 0,5      | 0,6  | 0,7  | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,7  | 1,5  | 1,4  |

Детальное исследование суточного хода разностей температур между городом и окрестностями (табл. 101) показывает, что зимой самые большие разности отмечаются перед восходом солнца, весной — в середине ночи, летом — в первую половину ночи, осенью — в начале ночи.

Описанный годовой и суточный ход разностей температуры между городом и окрестностями является результатом сложного взаимодействия факторов; формирующих тепловой баланс. Следует отметить и такие факты. Метеостанция Фрунзе расположена в западной части города, где отсутствует многоэтажная застройка; в ночные часы скорость нисходящего ветра в районе г. Фрунзе больше, чем в районе ст. Беловодск.

Таблица 102

Средние даты последнего и первого мороза, продолжительность безморозного периода

| Станция   | Дата последнего мороза | Дата первого мороза | Продолжительность безморозного периода, дни |
|-----------|------------------------|---------------------|---------------------------------------------|
| Фрунзе    | 16 IV                  | 14 X                | 182                                         |
| Беловодск | 19 IV                  | 8 X                 | 172                                         |

Влияние города сказывается и на продолжительности безморозного периода (табл. 102).

Устойчивый снежный покров во Фрунзе образуется на 3 дня позже, а разрушается на 6 дней раньше, чем в пригородной зоне.

В городском воздухе содержится меньшее количество водяных паров. Различия абсолютной влажности в летний период составляет в среднем 1,2—2,0 гПа, за год — 0,5 гПа. Относительная влажность в городе в среднем на 7 % меньше, чем в пригородной зоне. Наиболее существенны различия относительной влажности летом и осенью в вечерние часы и ночью, когда разность пригород — Фрунзе достигает 12—14 %. В холодный период различия сглаживаются. Зимой относительная влажность в городе на 3—5 % ниже.

Средние месячные и годовые значения скорости ветра во Фрунзе и ближайших окрестностях различаются мало, поскольку станции расположены в одинаковых орографических условиях.

## 9. ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОЗДУХА В ГОРОДЕ

Развитие промышленности, наземного и воздушного транспорта приводит к значительному загрязнению воздушного бассейна. Загрязнение окружающей среды оказывает пагубное воздействие на растительный и животный мир, является причиной целого ряда хронических заболеваний у людей.

Наиболее опасными по своему влиянию на организм человека примесей являются окислы азота и двуокиси серы. Они разрушают дыхательные пути, вызывают головокружение, способствуют понижению кровяного давления.

Постоянные наблюдения за состоянием загрязнения воздуха в г. Фрунзе осуществляет Киргизское республиканское управление по гидрометеорологии. Систематические наблюдения проводятся на шести стационарных пунктах, расположенных в разных районах города. На наиболее оживленных магистралях проводятся маршрутные наблюдения.

Основными источниками загрязнения атмосферы в городе являются промышленные предприятия, ТЭЦ, автотранспорт, многочисленные, разбросанные по всему городу котельные, которые работают на твердом и жидком топливе. По оценочным данным в воздушный бассейн г. Фрунзе ежедневно выбрасывается около 80 т золы и пыли, сернистого газа, окислов азота.

Загрязненность воздуха вредными веществами зависит как от количества выбросов и их характеристик, так и от метеорологических условий. Метеорологические условия могут благоприятствовать накоплению вредных веществ или, наоборот, способствовать их рассеиванию.

Известно, что с высотой температура воздуха в основном понижается. И чем сильнее понижается температура с высотой, тем интенсивнее перемешивается воздух. Нагретый у земли воздух становится менее плотным и поднимается вверх, способствуя очищению городского воздуха от загрязняющих веществ в нижних слоях атмосферы.

В ряде случаев в основном при излучении земной поверхности в ясные ночи наблюдается обратное распределение температуры с высотой, т. е. рост температуры с высотой (инверсия). Иногда *инверсии* формируются на некоторой высоте над поверхностью земли — приподнятые инверсии. Инверсии препятствуют развитию конвективных движений (они получили название задерживающих слоев) и способствуют накоплению загрязнений в приземном слое. Поэтому при инверсиях концентрации вредных веществ у земли возрастают.

В г. Фрунзе ночью во все сезоны наблюдается большая повторяемость приземных инверсий. Наибольшая повторяемость их (80—97 %) отмечается летом (рис. 21). Орографические условия местности и ясные ночи создают исключительно благоприятные

условия для радиационного выхолаживания. Ночные приземные инверсии наблюдаются при южном и юго-восточном ветре.

Днем и вечером весной, летом и осенью повторяемость приземных инверсий незначительна (2—10 %). Зимой даже в дневное время инверсии наблюдаются более чем в 25 % случаев.

В годовом ходе наиболее тонкие приземные инверсии наблюдаются летом (рис. 22). Начиная с осени мощность инверсий растет и достигает максимума (440—460 мм) зимой. В суточном ходе наиболее мощные (460—500 м) приземные инверсии наблюдаются в утренние и ночные часы.

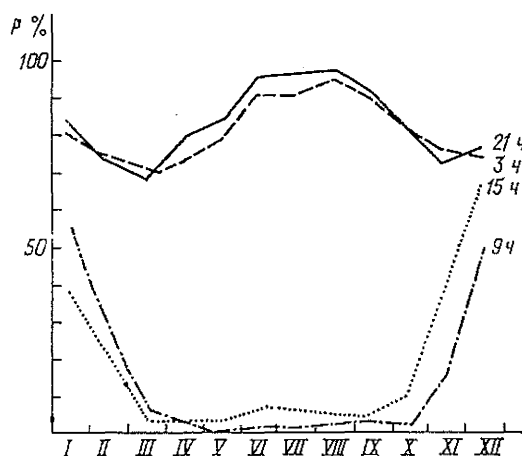


Рис. 21. Годовой ход повторяемости приземных инверсий в различные часы суток.

Повторяемость других типов профилей в ночное время — приподнятых инверсий, возникающих на некоторой высоте, и безынверсионных стратификаций возрастает в феврале, марте и ноябре — декабре. Днем характер температурных профилей зависит от

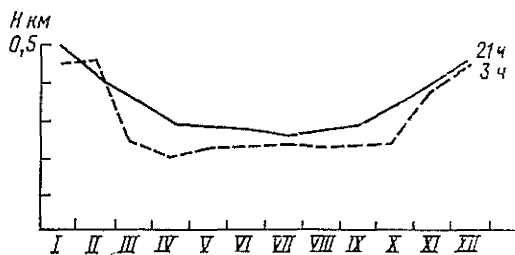


Рис. 22. Годовой ход мощности приземных инверсий.

сезона. В декабре и ноябре днем с одинаковой вероятностью (43—46 %) встречаются как приземные, так и приподнятые инверсии. Повторяемость безынверсионных профилей мала (10—12 %). По мере увеличения высоты солнца над горизонтом повторяемость приземных инверсий уменьшается, и с марта по октябрь в дневные часы наблюдаются либо приподнятые инверсии, либо безынверсионные типы стратификации. С мая по октябрь в дневное время явно преобладают безынверсионные температурные профили.

Анализ годового хода приподнятых инверсий в ночное и дневное время показал, что ночью приподнятые инверсии в летний период почти отсутствуют (1—3 %), в холодный период их повторяемость увеличивается (до 8 %). В январе наблюдается второй

минимум. Независимо от высоты нижней границы мощность приподнятых инверсий колеблется от 100 до 380 м.

Таким образом, физико-географические и циркуляционные условия г. Фрунзе способствуют формированию мощных и глубоких приземных инверсий в темное время суток в течение всего года и создают тем самым высокий потенциал загрязнения атмосферы.

Степень загрязнения воздуха при равном количестве выбросов может существенно различаться в зависимости от микроклиматических особенностей отдельных районов.

Вредные примеси потоками воздуха переносятся в горизонтальном и вертикальном направлениях, поэтому при решении вопроса о строительстве новых микрорайонов и промышленных предприятий очень важно учитывать преобладающие направления ветра. В г. Фрунзе преобладают (повторяемость 42 %) юго-восточные и южные ветры. Наименьшую повторяемость (5 %) имеют ветры северных и северо-восточных румбов.

В ряде работ установлено, что приподнятые инверсии, нижние границы которых расположены непосредственно над трубами промышленных предприятий и электростанций, приводят к значительному увеличению концентрации у земли. Приземные инверсии опасны при наличии большого количества низких источников выбросов (автотранспорт, мелкие котельные и др.). При штиле значительное загрязнение воздуха создается за счет выбросов низких источников, в частности от химических предприятий, осуществляющих холодные выбросы.

Контроль за состоянием воздушной среды в г. Фрунзе осуществляется по девяти ингредиентам: пыли, сернистому газу, окиси и двуокиси азота, фенолу, окиси углерода, растворимым сульфатам, формальдегиду и цианистому водороду.

К настоящему времени накоплен достаточный материал по состоянию загрязнения атмосферы в г. Фрунзе. Анализ этого материала свидетельствует о том, что уровень загрязнения воздуха во Фрунзе выше среднего по стране. Это объясняется очень слабыми ветрами и мощными и частыми температурными инверсиями в Чуйской долине.

Особенно загрязнен воздух пылью; ее концентрация в 3—5 раз превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК). Превышают ПДК в 2—3 раза и концентрации двуокиси и окиси азота, фенола, формальдегида.

Концентрации других ингредиентов находятся в пределах нормы.

Наиболее высокие уровни загрязнения наблюдаются в центре города.

В годовом ходе наиболее высокий уровень загрязнения воздуха всеми примесями, кроме формальдегида, наблюдается в зимний период (высокий потенциал загрязнения).

Анализ данных наблюдений за последние годы показал, что, несмотря на увеличение выбросов вредных веществ в атмосферу, концентрации пыли и окиси углерода снижаются.

## 10. КОМПЛЕКСНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Комплексные климатические характеристики, представляющие собой сочетание двух или нескольких величин, наблюдающихся одновременно, используются в строительстве, медицине, сельском хозяйстве и др.

Наиболее широко применяются температурно-влажностные и температурно-ветровые характеристики, которые рассчитываются, как правило, в вероятностной форме.

Комплекс температуры и влажности воздуха характеризует коррозионную агрессивность атмосферы; от его величины зависит долговечность лакокрасочных покрытий, он учитывается при расчетах систем вентиляции и кондиционирования при оценке режима внутри помещений с естественной вентиляцией.

Теплофизические свойства материалов ограждающих конструкций также зависят от температурно-влажностного режима, так как с увеличением влажности внутри конструкций возрастает их теплопроводность, а значит, ухудшаются микроклиматические условия в помещении. Долговечность сооружений также в значительной степени зависит от совместного воздействия температуры и влажности воздуха, которые часто являются причиной деформации сооружений.

Особо важное значение имеют эти сведения при оценке условий пребывания людей на открытом воздухе (работа, отдых), а также для обеспечения нормального микроклимата помещений в летнее время.

Как известно, дискомфортные условия для человека создаются при высокой относительной влажности как в сочетании с низкой температурой (ощущение холода), так и в сочетании с высокой температурой (ощущение жары, духоты).

Комплексные характеристики для г. Фрунзе рассчитаны на Новосибирской машиносчетной фабрике. Методы обработки приводятся в [24].

Характеристики температурно-влажностного режима в г. Фрунзе приведены на рис. 23 и 24. Температура воздуха дана в интервалах через  $5^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность — в интервалах через 10 %. Анализ этих рисунков показал следующее.

Зимой при слабых отрицательных температурах ( $0 \dots -5^{\circ}\text{C}$ ) чаще всего (вероятность 6 %) отмечается высокая относительная влажность (более 70 %), может наблюдаться (с меньшей вероятностью) и низкая относительная влажность. При температурах ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  влажность всегда высокая. При положительных температурах в январе создаются комфортные условия. В течение суток температурно-влажностный режим изменяется незначительно.

Весной при наиболее часто встречающихся температурах воздуха ( $12 \dots 22^{\circ}\text{C}$ ) относительная влажность, как правило, повы-

шена (на весну приходится максимум осадков), однако при очень высоких весенних температурах влажность высокой не бывает.

Осенью температура воздуха меняется в более узких, чем весной, пределах, а относительная влажность, напротив, может быть и низкой и высокой.

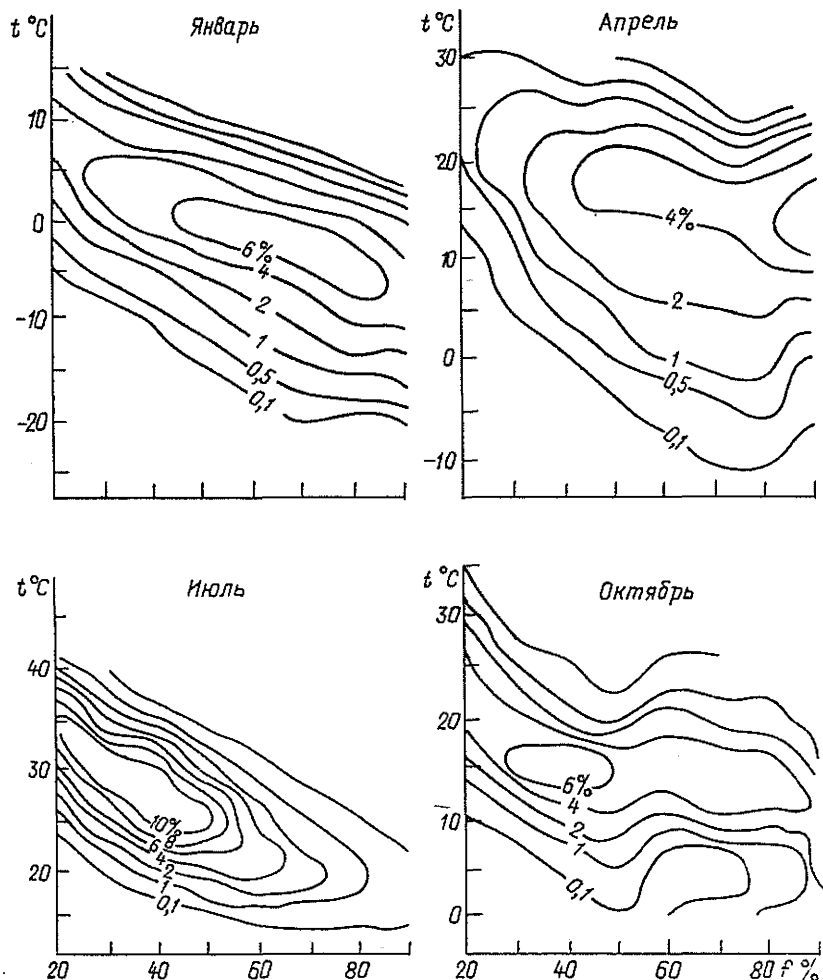


Рис. 23. Повторяемость различных сочетаний температуры  $t$  и относительной влажности воздуха  $f$  в центральные месяцы сезонов.

Особенностью температурно-влажностного режима июля является четко выраженный максимум повторяемости; в 10 % случаев температура воздуха составляет 23...35 °C, а относительная влажность — 20—50 %. Повышенная относительная влажность отмеча-

ется при температуре воздуха ниже  $20^{\circ}\text{C}$ , что наблюдается лишь в ночные часы при холодных вторжениях. В суточном ходе максимумы повторяемости сочетаний температуры и влажности ярко выражены: с повторяемостью более 20 % ночью температура воздуха находится в пределах  $24 \dots 28^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность — в пределах 38—50 %; в околополуденные часы эти значения со-

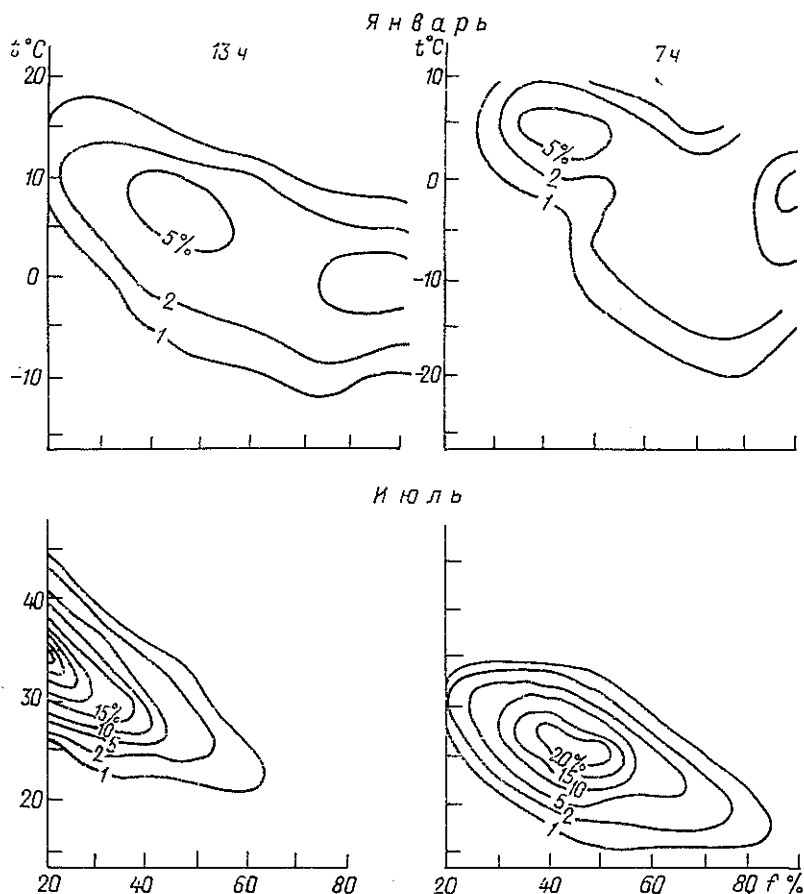


Рис. 24. Повторяемость различных сочетаний температуры  $t$  и относительной влажности воздуха  $f$  в январе и июле в дневные и утренние часы.

ставляют  $30 \dots 37^{\circ}\text{C}$  и 20—30 %. Таким образом, в летний период в г. Фрунзе наблюдаются дискомфортные для человека условия, и лишь ночью и утром создаются условия, близкие к комфортным.

Отсутствие разброса значений метеорологических величин в июле объясняется тем, что Чуйская долина в это время находится в тропическом воздухе, вдали от планетарной высотной фронтальной зоны.



Большую санитарно-гигиеническую роль играет комплексная характеристика температура воздуха — скорость ветра.

Комплексные физиолого-гигиенические и микроклиматические исследования позволили установить, что зимой дискомфортность отмечается при температуре воздуха  $-10 \dots -14^\circ\text{C}$  и скорости ветра 3 м/с и более, при температуре  $-15 \dots -19^\circ\text{C}$  и скорости

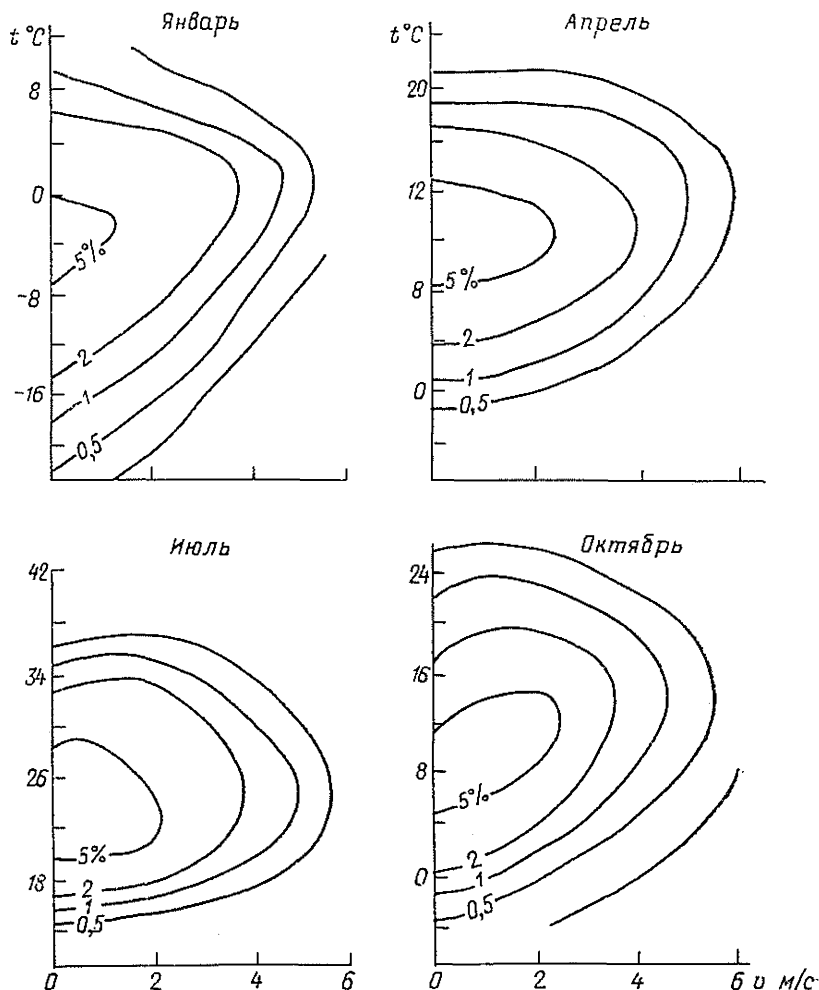


Рис. 25. Повторяемость различных сочетаний температуры воздуха  $t$  и скорости ветра  $v$  в центральные месяцы сезонов.

ветра 2 м/с и более, при  $-20 \dots -24^\circ\text{C}$  и скорости ветра 1 м/с и более, при более низкой температуре даже без ветра. При любой температуре воздуха дискомфорт создается при скорости ветра на высоте 2 м более 6 м.

В летние жаркие месяцы ветер играет роль охлаждающего и аэрационного фактора. Известно, что при скорости ветра 3 м/с теплоощущение человека понижается на  $10^{\circ}\text{C}$ ; скорость ветра, равная 2 м/с, достаточна с точки зрения проветривания территории.

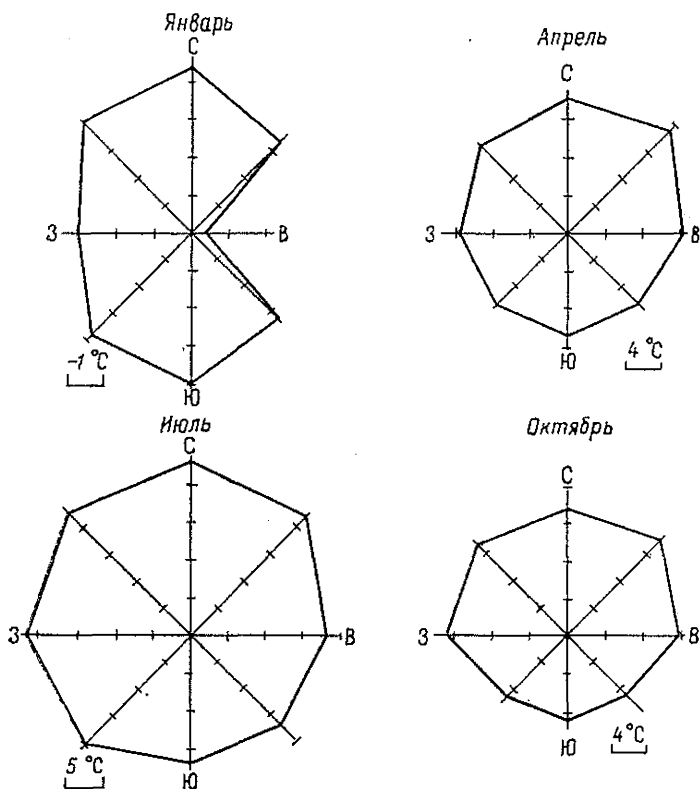


Рис. 26. Термические розы ветров для центральных месяцев сезонов.

Для января, апреля и октября отсчет температуры следует начинать с  $0^{\circ}\text{C}$ , для июля — с  $5^{\circ}\text{C}$ .

Комплекс температура воздуха — скорость ветра используется для правильного проектирования отопительных систем. При этом в теплотехнических расчетах применяется эффективная температура теплоотдачи здания. Эта температура представляет собой такое значение температуры наружного воздуха, при котором в условиях штиля здание имело бы такие же теплототери, которые происходят при данных температуре и скорости ветра [25]. Эффективная температура зависит и от теплотехнических параметров зданий.

Сведения о температурно-ветровом режиме для г. Фрунзе представлены на рис. 25 и 26. Анализ приведенных данных показывает следующее.

Зимой во Фрунзе дискомфортные условия имеют очень низкую повторяемость — несколько более 1 %. Наибольшую повторяемость имеет сочетание температуры воздуха  $0 \dots -7^\circ\text{C}$  и скорости ветра  $0-1$  м/с.

В переходные периоды преобладающая скорость ветра увеличивается до  $2-3$  м/с, а преобладающая температура составляет  $8 \dots 16$  и  $5 \dots 15^\circ\text{C}$ .

В июле при высокой температуре воздуха скорость ветра редко превышает 2 м/с, и поэтому ветер лишь несколько снижает дискомфортность.

Л. Е. Анапольская и Л. С. Гандин [3] выполнили районирование территории нашей страны по теплотерям зданий с учетом длительности периода теплотер (продолжительность отопительного периода) и теплоступлений, общих годовых теплотер в зависимости от температуры воздуха, скорости ветра и солнечной радиации, эффективной температуры воздуха. Согласно этой схеме районирования, г. Фрунзе по тепловому режиму зданий относится к III району. Этот район характеризуется отопительным периодом длительностью 5 месяцев, небольшими суммарными теплотериями зданий ( $50 \dots 99^\circ\text{C}$  за месяц), малыми теплотериями за счет ветра ( $2 \dots 5^\circ\text{C}$  за месяц) и большими теплоступлениями за счет радиации. Здания, строящиеся в городе, должны иметь средства защиты как от высокой, так и от низкой температуры.

Влияние радиации на тепловой режим зданий определяется ориентацией и площадью окон. Для отдельно стоящего здания в расчетах используется вся возможная радиация, в условиях плотной городской застройки — половина возможной радиации, достигающей стен зданий. Количество тепла, поступающего от полной радиации в условиях г. Фрунзе, изменяется от  $4 \dots 6^\circ\text{C}$  зимой до  $25 \dots 26^\circ\text{C}$  летом. Различия в длительности отопительного периода, полученной с учетом солнечной радиации и принятой в настоящее время, составляют 10—20 %. Так, в г. Фрунзе продолжительность отопительного периода при полном учете приходящей радиации составляет 144 дня, при половинном — 181 день; в настоящее время принята продолжительность отопительного периода 157 дней.

## 11. РАСЧЕТНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

**Расчетная температура наружного воздуха.** Данные о температуре воздуха имеют большое применение при проектировании различных сооружений. В качестве основных характеристик температуры воздуха в проектировании используют средние температуры самой холодной пятидневки, самых холодных суток и зимнюю вентиляционную температуру. Эти величины определяют возможные теплотери зданий. Специальными исследованиями установлено, что на температуру воздуха внутри сооружения наиболее существенное влияние оказывает низкая температура, наблюдающаяся в течение 5 дней подряд. Расчетная вентиляционная зимняя температура — это средняя температура наиболее холодной части отопительного периода. Для г. Фрунзе температура самой холодной пятидневки составляет  $-23^{\circ}\text{C}$ , самых холодных суток  $-26^{\circ}\text{C}$ , зимняя вентиляционная  $-9^{\circ}\text{C}$ .

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через  $8^{\circ}\text{C}$  осенью в сторону понижения и весной в сторону повышения приняты за начало и конец отопительного периода. Отопительный период в г. Фрунзе в среднем начинается 23 октября и заканчивается 29 марта. Средняя продолжительность периода 157 дней, средняя температура отопительного периода  $0,9^{\circ}\text{C}$ .

**Ветровая нагрузка на сооружения.** Она определяется по скоростному напору ветра  $q$ , вычисляемому по формуле  $q = v_p^2/16$ , где  $v_p$  — расчетная скорость ветра или максимальная, возможная один раз в определенное число лет.

В зависимости от проектируемого сооружения может быть принята в расчет соответствующая расчетная скорость (возможная один раз в 5, 10, 20 и т. д. лет).

Для г. Фрунзе ветровая нагрузка, возможная один раз в 5 лет, составляет  $33 \text{ кг/м}^2$ , возможная один раз в 10 лет —  $39 \text{ кг/м}^2$ .

**Снеговые нагрузки.** Для различных отраслей народного хозяйства большое значение имеет снежный покров и его воздействие на ограждающие конструкции.

Нормативная снеговая нагрузка  $P_n$  на  $1 \text{ м}^2$  площади горизонтальной проекции покрытия определяется по формуле

$$P_n = P_0 C,$$

где  $P_0$  — вес снежного покрова на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности земли, кг;  $C$  — коэффициент перехода от веса снежного покрова на горизонтальной поверхности земли к нормативной снеговой нагрузке на покрытия.

Средний вес и средняя высота снежного покрова получены из подсчета фактических данных наблюдений на участках снегосъемок как средние из максимальных значений за многолетний период.

Снеговая нагрузка для г. Фрунзе составляет 30 кг/м<sup>2</sup>. Один раз в 5 лет возможна снеговая нагрузка до 70 кг/м<sup>2</sup>.

**Гололедно-ветровые нагрузки.** Они учитываются при проектировании воздушных линий, мачт, башен и других высотных сооружений. В качестве основной характеристики при этом используется толщина нормативной стенки гололеда  $B$  (м), определяемая по полученным значениям веса гололеда  $P_d$  на воздушных линиях на высоте 10 м, при диаметре провода 10 мм по формуле

$$B = \sqrt{0,35P_d + 25} - 5.$$

Результирующая гололедная нагрузка (с учетом скорости ветра) для г. Фрунзе, возможная один раз в 5 лет, составляет 630 г на 1 м погонной длины.

Толщина нормативной стенки гололеда, возможная один раз в 5 лет, составляет 7,1 мм.

**Глубина проникновения нулевой изотермы в почву.** При проектировании, строительстве и эксплуатации железных и автомобильных дорог, прокладке подземных трубопроводов учитываются состояние поверхности почвы и ее промерзаемость. О промерзаемости судят по глубине проникновения нулевой изотермы в почву.

Местоположение нулевой изотермы вычисляется по формуле

$$H = h_1 + X,$$

где  $h_1$  — последняя глубина, где отмечена отрицательная температура;  $X$  — расстояние (см) от  $h_1$  до нулевой изотермы, определяемое в свою очередь по формуле

$$\frac{\sum T}{\Delta h} = \frac{t_1}{X},$$

отсюда

$$X = \frac{\Delta h_1 t_1}{\sum T},$$

где  $\sum T$  — сумма соседних температур, расположенных по обе стороны нулевой изотермы (без учета знака);  $\Delta h$  — разность глубин  $h_2 - h_1$ , на которых отмечались температуры  $t_2$  и  $t_1$ ;  $t_1$  — минимальная температура вышележащего слоя.

Для г. Фрунзе наибольшая глубина проникновения нулевой изотермы в почву составляет 110 см.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенштат Б. А. Радиационный баланс и температура поверхности почвы в Ташкенте.—Труды ТГО, 1957, вып. 13, с. 3—74.
2. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии, ч. I и II.—Л.: Гидрометеониздат, 1952, с. 113—132.
3. Анзипольская А. Е. и др. Метеорологические факторы теплового режима зданий.—Л.: Гидрометеониздат, 1973.—238.
4. Воейков А. И. Атмосферная циркуляция, распределение атмосферного давления, ветров и осадков по поверхности земного шара.—Избранные сочинения/Под ред. А. А. Григорьева.—М.: Изд-во АН СССР, 1949, с. 161—175.
5. Ильинова Э. С., Турсунов А. Ю., Эмм З. Г. Статистико-стохастическая характеристика синоптических положений над Средней Азией.—Труды САНИГМИ, 1965, вып. 20 (35), с. 201—243.
6. Ицкова А. И. К обоснованию гигиенических нормативов ветро-защитных мероприятий.—Гигиена и санитария, 1956, № 9, с. 11—18.
7. Кайгородов А. И. Естественная зональная классификация климатов земного шара.—М.: Изд-во АН СССР, 1955.
8. Климат Киргизской ССР/Под ред. З. А. Рязанцевой—Фрунзе, 1965.—289 с.
9. Кошеленко И. В. Влияние местных условий на образование туманов.—Труды УкрНИГМИ, 1960, вып. 21, с. 3—16.
10. Кошеленко И. В. Вертикальное распределение метеорологических элементов в тумане и некоторые физические закономерности.—Труды УкрНИГМИ, 1961, вып. 27, с. 69—79.
11. Курбаткин В. П., Скиба Е. С., Ушинцева В. Ф. Характер синоптических процессов Киргизии.—Труды САРНИГМИ, 1980, вып. 75 (156), с. 61—73.
12. Лобашова Л. И., Скиба Е. С. Аэросиноптические особенности выпадения града в Чуйской долине.—Изв. Киргизского географического общества, 1983, вып. 15. Фрунзе: Илим, с. 51—53.
13. Милашина Т. А. Связь ухудшенной видимости с различными метеорологическими элементами.—Труды УкрНИГМИ, 1964, вып. 43, с. 164—168.
14. Напетваридзе Е. А. К прогнозу туманов в районах основных аэропортов Закавказья.—Труды ЗакНИГМИ, 1959, вып. 4, с. 71—92.
15. Осипова Г. И. Особенности территориального и временного распределения туманов на северо-западе Европейской территории СССР.—Труды ГГО, 1957, вып. 71, с. 209—228.
16. Романов Н. Н., Скиба Е. С., Щербина Г. Л. Особенности режима южных ветров в районе г. Фрунзе.—Труды САНИГМИ, 1967, вып. 31 (46), с. 80—94.
17. Рубинштейн Е. С., Полозова Л. Г. Современное изменение климата.—Л.: Гидрометеониздат, 1966.—с. 268.
18. Синоптические процессы Средней Азии/Бугаев В. А., Джорджио В. А., Козик Е. М., Петросянц М. А., Пшеничный А. Я., Романов Н. Н., Чернышева О. Н.—Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.—477 с.
19. Справочник по климату СССР, вып. 32. Киргизская ССР, ч. 1—5.—Л.: Гидрометеониздат, 1966—1969.—1205 с.
20. Скиба Е. С. Общая характеристика туманов Чуйской долины.—Труды Ташкентского Государственного университета. Материалы аспирантской конференции. Естественные науки.—Ташкент, 1966, с. 117—120.
21. Скиба Е. С. О синоптических процессах над Чуйской долиной.—Изв. Киргизского географического общества, 1973, вып. 10. Фрунзе: Илим, с. 75—80.
22. Статистические характеристики типов синоптических процессов Средней Азии. Войнова Т. А., Инагамова С. И., Билялова Л. Р., Григорьева Т. С.—Труды САНИИ, 1983, вып. 95 (176), с. 3—11.

23. Туманы. Берлянд М. Е., Воронцов П. А., Красиков П. Н., Никандров В. Я., Петренко И. В./Под ред. В. Я. Никандрова.—Л.: Гидрометеониздат, 1961.—388 с.

24. Ходакова В. П. К вопросу о методике комплексной обработки температуры и влажности воздуха.—Труды ГГО, 1969, вып. 247, с. 103—109.

25. Чернавская М. М. Формирование радиационного и теплового режима городов (обзор).—М.: изд. ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1975.—с. 27.

26. Челпанова О. М. Климат Средней Азии.—Л.: Гидрометеониздат, 1963.—448 с.

27. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР.—Л.: Гидрометеониздат, 1976.—302 с.

28. Пономаренко П. Н. Атмосферные осадки Киргизии/Под ред. О. А. Дроздова.—Л.: Гидрометеониздат, 1976.—134 с.

29. Климат Ашхабада/Под ред. Ц. А. Швер, А. Б. Рыхлова.—Л.: Гидрометеониздат, 1984.—184 с.

30. Климат Душанбе/Под ред. Ц. А. Швер, В. Н. Владимировой.—Л.: Гидрометеониздат, 1988.—126 с.

31. Климат Ленинграда/Под ред. Ц. А. Швер, Е. В. Алтыкиса, Л. С. Евтеевой.—Л.: Гидрометеониздат, 1982.—254 с.

32. Климат Ташкента/Под ред. Б. А. Айзенштата, Ц. А. Швер, Г. Н. Леукиной.—Л.: Гидрометеониздат, 1982.—200 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие                                                            | 3   |
| 1. Введение                                                            | 4   |
| 1.1. Физико-географические условия местоположения города               | —   |
| 1.2. Краткие исторические сведения                                     | 5   |
| 1.3. Развитие метеорологических наблюдений                             | 6   |
| 1.4. Общая характеристика климата                                      | 8   |
| 1.5. Изменение климата                                                 | 11  |
| 2. Радиационный режим                                                  | 15  |
| 2.1. Общие положения                                                   | —   |
| 2.2. Продолжительность солнечного сияния                               | 16  |
| 2.3. Прямая радиация                                                   | 20  |
| 2.4. Рассеянная радиация                                               | 23  |
| 2.5. Суммарная радиация                                                | 24  |
| 2.6. Радиационный баланс                                               | 27  |
| 2.7. Прозрачность атмосферы                                            | 29  |
| 3. Особенности атмосферной циркуляции                                  | 32  |
| 3.1. Общие положения                                                   | —   |
| 3.2. Особенности синоптических процессов Средней Азии и Чуйской долины | 34  |
| 3.3. Атмосферное давление                                              | 42  |
| 3.4. Ветер                                                             | 50  |
| 4. Термический режим                                                   | 57  |
| 4.1. Температура воздуха                                               | —   |
| 4.2. Температура почвы                                                 | 65  |
| 5. Режим увлажнения                                                    | 70  |
| 5.1. Влажность воздуха                                                 | —   |
| 5.2. Облачность                                                        | 73  |
| 5.3. Атмосферные осадки                                                | 79  |
| 5.4. Снежный покров                                                    | 85  |
| 6. Атмосферные явления                                                 | 88  |
| 6.1. Видимость                                                         | —   |
| 6.2. Туманы                                                            | 93  |
| 6.3. Грозы, град                                                       | 103 |
| 6.4. Гололедно-изморозевые явления                                     | 105 |
| 7. Климатическая характеристика сезонов                                | 110 |
| 7.1. Зима                                                              | —   |
| 7.2. Весна                                                             | 112 |
| 7.3. Лето                                                              | 114 |
| 7.4. Осень                                                             | 116 |
| 8. Особенности климата г. Фрунзе как большого города                   | 118 |
| 9. Загрязненность воздуха в городе                                     | 123 |
| 10. Комплексные климатические характеристики                           | 126 |
| 11. Расчетные климатические параметры                                  | 132 |
| Список литературы                                                      | 134 |

## Справочник специалиста КЛИМАТ ФРУНЗЕ

Редактор Н. С. Смирнова. Технический редактор Н. М. Морозова. Корректор Л. Б. Емельянова

И/К

Сдано в набор 06.02.90. Подписано в печать 11.07.90. М-19601. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Печ. л. 8,5. Кр.-отг. 8,76. Уч.-изд. л. 9,20. Тираж 510 экз. Индекс ПРЛ-173. Заказ № 76. Цена 50 коп. Заказное. Гидрометеонадат. 199226. Ленинград, ул. Беринга, 38.

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой Государственного комитета СССР по печати.

190000, Ленинград, Прачечный переулок, 6.