

LSSN 0130-4887

**O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi
Gidrometeorologiya xizmati markazi
Центр гидрометеорологической службы
при Кабинете Министров Республики Узбекистан**

**Gidrometeorologiya ilmiy-tekshirish instituti
Научно-исследовательский гидрометеорологический
институт**

В. П. КУРБАТКИН, В. Ф. УШИНЦЕВА

**ATMOSFERA YOG'INLARI – O'RTA OSIYO
SUV RESURLARI MANBAIDIR**

**АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ – ИСТОЧНИК
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Под редакцией
кандидата географических наук В. Ф. Ушинцевой



Ташкент 2012



551.577 - Атмосферные осадки

551.582 (с) - Климатология

УДК 551.577+551.501.577+551.509+551.582.584+551.501.+551.506

Рецензент доктор географических наук А. К. Абдуллаев

Результаты исследований последних лет дают основу для определения доли атмосферных осадков, представляющей сейчас и в ближайшем будущем водный ресурс для неополвного земледелия, которое оценочно составит в ближайшее время 10-15 км³.

Показаны природа процессов осадкообразования, условия их формирования, временные границы сезонов выпадения атмосферных осадков. Внутри этого сезона выделены осенне-весенние вегетационные периоды и представлена обеспеченность этих периодов осадками. Оценены объемы возможного накопления доступной растениям влаги в почвенном слое в осенне-весенние вегетационные периоды года.

Представлены рекомендации по оптимизации использования атмосферных осадков.

Работа ориентирована на специалистов в области метеорологии, климатологии и агрометеорологии.

So'ngi yillardagi tadqiqot natijalari asosida sug'orilmaydigan yerlar uchun atmosfera yog'inlarinig ulushi va yaqin kelajakda suv resurslarini, qaysiki baholanishi yaqin vaqtda 10-15 km³ tashkil etadi.

Tabiiy holatda yog'inlarning paydo bo'lish jarayoni, sharoitlari va ularning shakllanishi, yog'inlarni vaqtinchalik mavsumiy chegaralari kio'rsatilgan. Bu mavsum ichida kuzgi-bahorgi vegetatsion davrlarga ajratilgan va bu davrlardagi yog'inlarning ta'minoti keltirilgan.

Yilning kuzgi-bahorgi vegetatsion davrlarida o'simliklar foydalanishi mumkin bo'lgan tuproq qatlamidagi namlikni hajmi baholandi.

Atmosfera yog'inlaridan foydalanishning maqbulligi bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Ish meteorologiya, iqlimshunoslik va agrometeorologiya sohasidagi mutaxassislariga mo'ljallangan.

У 51677
2

© В. П. Курбаткин, В. Ф. Ушинцева

© Научно-исследовательский

гидрометеорологический институт (НИГМИ), 2012 г.

Alisher Navoiy

nomidagi

O'zbekiston MK

2013/85

6478

У

Results of researches of last years make a basis for definition of a share of the atmospheric precipitation representing now and in the near future a water resource for not irrigation agriculture which оценочно will make in the near future 10-15 km³.

Conditions of their formation, time borders of seasons of loss of deposits are shown the nature of processes осадкообразования. In this season the autumn-spring vegetative periods, and present security of these periods are allocated by deposits.

Volumes of possible accumulation accessible to plants are estimated. Moisture in a soil layer during the autumn -spring vegetative periods of year.

Recommendations about optimum of use of an atmospheric precipitation are presented.

Work is focused on experts in the field of meteorology, climatology and agricultural meteorology.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДКАХ В СРЕДНЕЙ АЗИИ	
1. 1. Географическое положение и общие характеристики Средней Азии как северных субтропиков.	10
1. 2. Природа осадкообразования	12
1. 3. Условия формирования облачного слоя	17
1. 4. Структура слоистообразного облака	19
Глава 2 СЕЗОН АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИМИ ФАКТОРАМИ	21
2. 1. Элементы погоды, как климатообразующие факторы	21
2. 2. Временные границы атмосферных осадков, определяемые радиационным фактором	21
2. 3. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые циркуляцией атмосферы	24
2. 4. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые влагооборотом	27
2. 5. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые годовым ходом отдельных параметров атмосферы	31
2. 5. 1. Годовой ход атмосферного давления, как индикатор границ сезона осадков	31
2. 5. 2. Годовой ход положения уровня изотермы -22°C , как индикатор временных границ сезона осадков.	38
2. 5. 3. Годовой ход относительной влажности, как индикатор границ сезона осадков.	39
Глава 3 ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СЕЗОНА ОСАДКОВ	43
3. 1. О необходимости выявления термического режима сезона атмосферных осадков	43
3. 2. Меридиональный разрез поля температуры в пределах широт $30-55^{\circ}$ с.ш.	44
3. 3. Пространственно-временное распределение температуры воздуха, определяющей фенологические сезоны в регионе.	50
Глава 4 ПОЧВЫ РЕГИОНА И ВОЗМОЖНАЯ СТЕПЕНЬ ИХ УВЛАЖНЕНИЯ	53

4. 1.	Постановка задачи	53
4. 2.	Характерные типы почв	53
4. 3.	Агрогидрологические характеристики почв	56
4. 4.	Влагоемкость почвы (грунта) и механизмы увлажнения в зависимости от ее начального увлажнения	58
4. 5.	Количество атмосферных осадков, необходимое для различных степеней увлажнения (заполнения) почв без учета испарения	63
Глава 5	ОСЕННИЙ И ЗИМНИЙ СЕЗОН ОСАДКОВ	66
5. 1.	Общая характеристика сезона атмосферных осадков Турана	66
5. 2.	Атмосферные осадки осени	70
5. 3.	Осадки в межвегетационный период	79
Глава 6	АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ ВЕСЕННЕГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА	84
6. 1.	Краткая характеристика весеннего вегетационного периода	84
6. 2.	Весенние осадки мезотермического сезона	85
6. 3.	Некоторые вопросы, требующие дальнейших разработок	92
Глава 7	РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ РАВНИННОЙ ЧАСТИ УЗБЕКИСТАНА	103
7. 1.	Способы повышения эффективности земель	103
7. 2.	Некоторые соображения о возможности и целесообразности увеличения и интенсификации атмосферных осадков на равной территории Узбекистана за счет активного воздействия на облака	106
7. 3.	Возможное районирование по режиму атмосферных осадков на основе анализа поля вертикальных токов, формирующие осадки в регионе	111
Приложение 1	Положение Средней Азии	115
Приложение 2	Уравнение вихря	119
Приложение 3	Принципы и упрощенный метод расчета количества атмосферных осадков	121
Приложение 4	Фенологические времена года	125

Приложение 5	Карты-схемы средних многолетних дат устойчивого перехода температуры воздуха через 5, 10, 17° С весной 17, 5° С	126
Приложение 6	Карты-схемы средней многолетней суточной испаряемости на равнинных станциях Узбекистана (мм)	128
ЛИТЕРАТУРА	133

ВВЕДЕНИЕ

Осадки, как метеорологический элемент, являются составной частью понятия погода. Совокупность метеорологических элементов, характеризующих погоду, представляет как отдельные физические свойства атмосферы (давление, температура, влажность и. п.), так и физические процессы (атмосферные осадки, гроза, метель и т. д.). Очевидно, что свойства, характеризующие атмосферу в данной точке, могут меняться, но в любой момент времени в этой точке погода определяется полным набором этих свойств и процессов.

Физические процессы, такие, как атмосферные осадки, реализуются только при одновременном выполнении определенных условий состояния атмосферы, формирующих атмосферные осадки. Поэтому выпадение осадков не является непрерывным процессом.

Как отмечалось Хромовым С. П. в [53, 54] "на практике в понятие погода включаются те метеорологические элементы, которые ощутительно влияют на жизнь и хозяйственную деятельность человека. Построенное таким образом понятие погода должно расширяться с развитием хозяйственной деятельности".

Атмосферные осадки относятся к элементам погоды, которые ощущаются всеми людьми и всегда. Поэтому они входят в погоду с незапамятных времен. Однако по мере расширения хозяйственной деятельности требования к определению, измерению, выделению отдельных видов осадков тоже расширяются. Так всегда фиксировался факт выпадения осадков на определенных этапах, дополнялся сведениями о ливнях, предопределяющих сели, и снегозапасах в горах для определения возможного стока рек. По мере развития численных методов прогноза появилась необходимость более точного учета количества осадков, включая те, которые идут на смачивания осадкомерного ведра, для учета энергии, расходуемой на испарение.

Для среднеазиатского бессточного региона, характеризуемого субтропическим климатом Туранского типа, атмосферные осадки являются единственным источником воды. По оценке атмосферных осадков, проведенной в середине прошлого века О. А. Дроздовым [10], В. Л. Шульц [59] оценил объем воды, осаждаемый на земную поверхность как в целом в регионе, так и по ее отдельным частям, используя ранее выделенные им зоны формирования стока

рек, его рассеивание и зону равновесия стока, где единственным источником воды являются осадки. По этим данным на территорию формирования стока выпадает почти половина всех атмосферных осадков региона, и только половина их формирует сток рек. Эти воды речного стока внесены в водный ресурс региона. При использовании руслового стока в орошаемом земледелии, возможно пользоваться только 10 млн. га земель, что составляет менее 1% от площади равнинной территории.

Все атмосферные осадки, выпадающие на равнине, а это 50% от общего количества осадков региона, и половина осадков, выпадающих в горах, не участвующие в формировании стока, по сути, в производственной деятельности обеспечивают водой неполивное земледелие, а также естественные пастбища, расположенные на значительных территориях региона. Хотя эти воды ощутимо влияют на хозяйственную деятельность, но они не "управляемые" и поэтому не являются ресурсом в строгом смысле. Определяем "ресурс" как планомерно используемую часть природных ресурсов.

В настоящее время накоплены знания об атмосферных осадках: природе образования, пространственно-временном распределении, сезоне выпадения атмосферных осадков и режиме их выпадения внутри сезона. Объем информации уже позволяет оценить обеспеченность осадками коротких промежутков времени внутри сезона выпадения осадков. Имеются данные и разработаны основы испарения атмосферных осадков, определения границ вегетации растений, потребность их в воде, исходя из энергетических возможностей. Все эти сведения уже можно сформулировать в виде основ выделения доли атмосферных осадков (в отдельные периоды сезона осадков на избранных территориях) в виде водного ресурса.

Можно предложить некую ступенчатость видов ресурсности атмосферных осадков.

Следует выделить территории, где возможно получать урожаи сельскохозяйственных культур выше некоторого экономически оправданного уровня с высокой обеспеченностью (80%, 90%, а может 95%). Условно назовем эти участки территории "золотым фондом" страны.

Далее выделены территории с меньшей обеспеченностью (например, 70%), соответственно и с более низкой урожайностью. Отметим, что производительность на этих участках можно увели-

чивать в результате подготовки земель, смены сортности культур, повышения их морозостойкости и скороспелости. На определенных небольших участках можно собирать атмосферные осадки для полезной площади с больших территорий [23, 24]. Шире использовать рассадку с захватом времени развития растений до вегетационного периода года.

Одной из бед неполивного земледелия, которое вписывается в сезон осадков, охватывающих период с превосходством количества атмосферных осадков над испарением, являются заморозки. Один из путей предостеречь растения от заморозков, способных погубить их, не высаживать рассадку в грунт, если нельзя сохранить растение средствами борьбы с заморозками. Возможные способы сбора атмосферных осадков и их увеличения методами управления процессами осадкообразования представлены в седьмой главе.

В первых четырех главах на основе климатических (устойчивых) средних величин изложены предпосылки и методические основы, позволяющие решать задачи по выделению территорий, обеспеченных термическими и водными ресурсами, достаточными для нормальной вегетации растений, а также оценены возможности аккумуляции влаги в слое почвы-грунтов толщиной 0,5-1,0 м, доступной для растений.

В пятой главе описаны осадки осеннего и зимнего (межвегетационного) периодов, которые являются резервом влаги для весенней вегетации растений. В шестой главе описаны весенние осадки и возможности производства сельскохозяйственных культур в весенний период с позиций обеспечения влагой.

В заключительной главе предлагаются возможные пути повышения эффективности использования земель и водных ресурсов. Исходя из современных средств получения метеорологической информации, предлагается путь и следования природы осадкообразования в условиях своеобразия туранского климата, что позволит по новому оценить количество атмосферных осадков как водные ресурсы. А это, в свою очередь, позволит расширить земельные и водные ресурсы Узбекистана, да и всего региона.

ГЛАВА 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДКАХ В СРЕДНЕЙ АЗИИ

1.1. Географическое положение и характеристики Средней Азии как северных субтропиков

Средняя Азия - физико-географический район, расположенный в центре Евразийского материка. Наиболее широко этот физико-географический район представлен в академическом издании под редакцией Э.М. Мурзаева [45], а также в серии статей [17]. Детальное районирование по методике, разработанной В. М. Четыркиным, представлено в его редких и малотиражных изданиях Ташкента [57, 58].

Многие детали и развитие представлений о климате региона дается в работах [2, 8, 9, 18, 56, 58 и т. д.]. Данная работа направлена на представление сведений об атмосферных осадках в двух активных сезонах развития озимой пшеницы: осенней вегетации и весенней, а также в межсезонье (прохладная зима). Направленность работы - приблизить оптимальное использование атмосферных осадков в зоне годового количества, равного 250 мм и более.

В производственной деятельности региона большое значение имеет Туранская низменность. Она, как физико-географический объект, формирует в своей зоне климатических широт разнообразность внутриконтинентального субтропического климата - Туранский климат. В среднеазиатском регионе по площади эта климатическая зона занимает 45% всего региона, а без Южного Казахстана (равнинной части, характеризующейся разнообразностью умеренного климата) почти 70% территории четырех государств региона. Количественные характеристики площадей представлены в табл. 1.1 по [58].

Таблица 1.1

Горы и равнины Средней Азии (площади в тыс. км²) [58]

Геофации или страны	Горы	Равнины	Вся площадь, км ²
Туранская	400	800	1200
Джунгаро-Тяньшанская	300	250	550
Центрально-Азиатская	-	950	950
Итого по Средней Азии	700	2000	2700
Тоже в % к итогу	26	74	100

Как видим, равнина этих государств занимает площадь более 1000000 км² и только примерно пятая часть относится к области рассеивания стока рек [59] (рис. 1.1 и 1.2).

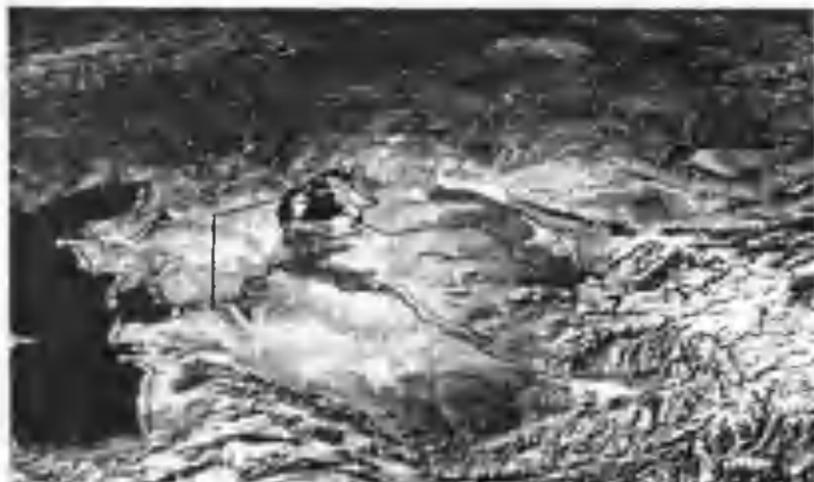
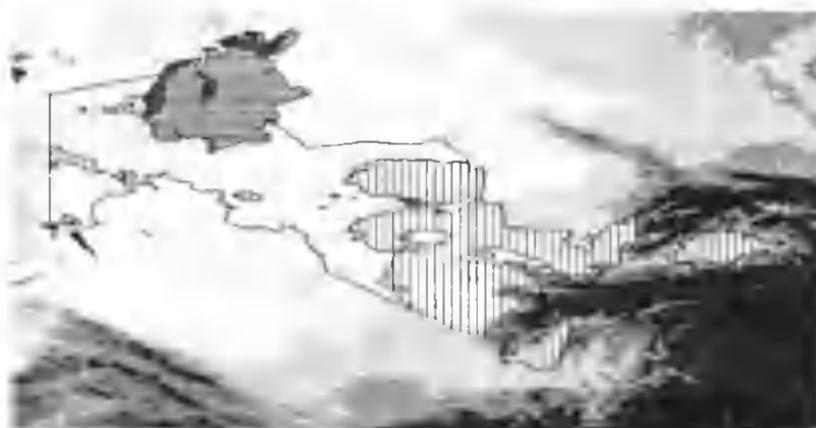


Рис. 1. 1. Средняя Азия и Казахстан.



 - зона рассеивания

Рис. 1. 2. Положение зоны рассеивания стока рек на территории Узбекистана

Порядка 80% равнинной части имеет единственный источник воды – атмосферные осадки. Грубые оценки показывают, что объем этих осадков в области равновесия стока (территории лишённые стока рек) и на половине территории рассеивания стока, на которой не хватает вод стока рек для орошения всей площади, равен соответственно 150 км^3 и 30 км^3 .

Таким образом, общий объем осадков на равнине, не имеющей других источников воды, значительно превосходит сток рек Амударьи и Сырдарьи.

Собрать эту воду для последующего использования аналогично использованию стока рек в ближайшие годы не удастся. Следует ориентироваться на ее использование на территории выпадения атмосферных осадков и по времени в пределах ее естественного испарения. Для этого необходимо знание ответов на ряд вопросов: где, когда, в каком режиме в климатическом плане выпадают атмосферные осадки; и сколько их может выпасть в вегетационный период текущего зимнего сезона. Для каких, в первую очередь, сельскохозяйственных культур может быть достаточно этого количества осадков? Ответам на эти вопросы, очевидно, не полным и посвящена данная работа. В ней попытаемся дать ответы на вопросы, касающиеся годового периода выпадения осадков, возможности выделения этого периода по метеорологическим и климатическим данным, а также характеристикам деятельной поверхности.

В этой же главе рассматривается природа процесса осадкообразования, условия его формирования и структура неконвективного слоистообразного облака, обеспечивающего регион атмосферными осадками.

1. 2. Природа осадкообразования

Генетическая классификация процессов осадкообразования в регионе. По мере перехода метеорологии от описательного состояния науки к науке, познающей процессы формирования погоды, возникла необходимость в создании генетической классификации облаков и осадков.

Такую классификацию предложили норвежские ученые в 30-х годах прошлого столетия. В кратком простом виде из этой классификации следует, что причиной возникновения облаков является упорядоченный подъем (восходящее скольжение), турбулентный

обмен и волновые движения, возникающие в атмосфере. Довольно полно генетическая классификация облаков представлена в [19]. В этой классификации выделены:

- облака упорядоченного подъема, к которым относятся Ci, Cs, As, Ns, Ac, Sc;
- облака неадиабатического охлаждения – St, Sc, Ac, As;
- облака термической конвекции – Cu, Cb, Ac cast, Cc;
- облака динамической конвекции – Cu, Cb, St, Sc, Ac, Cc Cu fr, St fr Sc vesh, Sc cuf;
- облака растекания и оседания – Ac lent, Sc cuf, Ac, Cc.

В настоящее время для равнин в зоне умеренного климата можно выделить главные факторы, определяющие выпадение атмосферных осадков: упорядоченный подъем, термическая и динамическая конвекция. Первый фактор - это фронты; второй - термическая конвекция, характерная для летнего периода в условиях дневного прогрева и влажных воздушных масс, подпитываемых испарением; третий фактор - динамическая турбулентность, вызываемая возмущением в пограничном слое атмосферы, благодаря наличию шероховатой поверхности. В условиях сложной орографии природа процесса облако-осадкообразования представляется шире.

Облака упорядоченного подъема. В более ранней литературе они назывались облаками восходящего движения. Они связаны с выхолаживанием обширных слоев воздуха над фронтальной поверхностью и его динамическим охлаждением.

Фронтальные процессы наблюдаются на границе двух воздушных масс, а они в классическом виде могут "соприкасаться" в условиях разрешения энергии неустойчивости на высотной фронтальной зоне (ВФЗ). Для нашего региона это воздушные массы тропического и полярного воздуха умеренных широт. Разность температур указанных воздушных масс на границах соприкосновения обычно не превосходит 10°C. Определение температуры воздушных масс на границе поля атмосферных осадков по метеорологическим данным и порядок этих величин показан в [13, 21]. Выпадающие в регионе осадки, формируются обычно при разности температур порядка 5°C. Величины горизонтальных градиентов температуры внутри однородной воздушной массы при существующей системе измерений возможны порядка 1°C/100 км. Тогда следует, что фронты в среднеазиатском регионе возможны при наличии горизонтального градиента температуры вдоль меридиана

более $1^\circ \text{C}/100 \text{ км}$. Статистика числа дней с разными горизонтальными градиентами для месяца с наибольшим количеством осадков в году (март) представлена в табл. 1. 2. Данная таблица представляет частную выборку, которая формировалась для проверки возможности использования метода упрощенного расчета количества атмосферных осадков без аэрологических данных. Метод расчета представлен в Приложении 3. Для данной проверки аэрологическая информация была необходима. При ее отсутствии данный день исключался, поэтому в табл. 1. 2 сумма числа дней в марте не равна 31 дню. В 45 % случаев в марте наблюдалась однородная воздушная масса, описываемая баротропными условиями; в 40% возможно облакообразование ($\partial T / \partial l \geq 2 \text{град.}/100 \text{ км}$), ~ 5% на случай, когда $\frac{\partial T}{\partial l} \sim 1^\circ/100 \text{ км}$.

Таблица 1. 2

Число дней с разными горизонтальными градиентами температуры в марте

Градации $\partial T / \partial l, \text{град} / 100 \text{ км}$	Среднее число дней	σ числа дней
менее 1	10,8	2,4
1-3	11,4	4,5
3, 1-5	1,4	0,6
5, 1-10	0,6	0,9

Толщину слоя возмущения можно определить по разности температур двух воздушных масс (Δt). Эта разность определяет и размеры фронта (ширину, высоту), что, в свою очередь, определяет вертикальную протяженность облака (возможность выпадения осадков, их интенсивность и длительность). Методика оценки этих величин "сухого" фронта по данным разности температуры двух воздушных масс [21], вертикальному градиенту температуры, разности скоростей ветра (для формулы Маргулеса) нами показана в [52]. Высоту подъема воздушной массы (H) можно оценить по формуле $H = \Delta t / (\gamma_a - \gamma)$. В знаменателе разность вертикальных градиентов температуры адиабатической и реальной. Используя материалы [22], можно рассчитать параметры облачного слоя.

Термин облака восходящего движения можно распространить также и на орографические облака, связанные с восхождением

ем воздушных масс по предгорным равнинам, склонам горного хребта и дну долин. Здесь следует помнить, что это скольжение сухого воздуха ограничено по высоте подъема кинетической энергией воздушной массы. Вертикальная скорость над наклонной поверхностью с углом наклона α определяется как $w=vtg\alpha$ при полном торможении потока $w^2=v^2$. С учетом статической устойчивости (S) высота, до которой может подняться поток, равна

$$H = \frac{v}{S} [7].$$

Для условий среднеазиатского региона H равняется не более 500 м. Резкий подъем ограничивает ширину облачного поля. Их малая вертикальная протяженность, узость полосы облаков исключают процесс осадкообразования. Однако подъем по слабонаклоненной поверхности вдоль предгорной равнины ($tg \alpha \sim 0,01-0,001$) аналогичен скольжению на фронте и способствует облакообразованию. Он также ограничен по высоте. Согласно Уилсону [60], ширина препятствия, которое вызывает блокирование воздушного потока, т. е. полное торможение, приблизительно равна $0,36v/f$, где f — параметр Кориолиса.

Однако, параметры слоя восходящего движения будут другими при переходе потоком уровня конденсации. В этом случае за счет фазовых переходов добавляется от 5 до 40 % энергии, необходимой для процесса осадкообразования при разной температуре на уровне конденсации [22, 29]. В конечном итоге энергия фазовых переходов обеспечивает рост высоты верхней границы облаков, превосходящую высоту фронтальной поверхности при сухом воздухе на долю, равную 0,05-0,40. Диапазон величин вытекает из разной абсолютной влагообеспеченности восходящего потока на уровне конденсации, о чем судим по температуре на этом уровне.

Облака неадиабатического охлаждения — это, в первую очередь, облака, образованные вследствие понижения температуры воздуха, вызванного теплообменом воздуха с более холодной земной поверхностью и (или) излучением воздуха, превосходящим приток лучистой энергии.

Такие облака обычно довольно малой вертикальной протяженности, и атмосферные осадки из них не выпадают или выпадают в таком количестве, что не представляют интерес с позиций водообеспечения хозяйства республики.

Однако эти процессы могут иметь значение в горах при следующих условиях: воздушные массы теплее снежной поверхности,

но температура в них ниже нуля, и процесс протекает длительное время. В результате конденсации будет происходить увеличение массы снежника.

Локальное значение увлажнения отдельных участков возможно в результате реализации подобных процессов и при положительных температурах воздушной массы (жидкий налет, роса, а в частных случаях и при отрицательных температурах изморозь).

Современное состояние физики приземного слоя позволяет рассчитывать величины охлаждения воздуха, а затем и определять массы осажденной из воздуха воды. Оценочные расчеты показали, что для осаднения воды над охлажденными поверхностями значимыми будут условия, когда температуры воздуха выше минус 10°C , а влажность не менее 95%.

Облака термической конвекции. Для процессов осадкообразования в регионе имеют значение не столько сами облака такого происхождения, сколько термическая конвекция.

В обычном смысле термин атмосферная термическая конвекция предполагает всплытие некоторого объема воздуха перегретого по сравнению с окружающим воздухом, в котором он зародился, и всплывает внутри более холодного слоя атмосферы. Если при этом "всплытие" температура в этом объеме достигает условий конденсации влаги, образуются облака, возможно и ливневого характера.

При недостаточной влаге будет идти прогрев верхних слоев атмосферы, увеличение вертикального градиента температуры, что будет способствовать развитию процессов облакообразования в этой воздушной массе при ее вынужденном подъеме, например, вдоль наклонной поверхности.

Такой перегрев будет наблюдаться над шероховатыми поверхностями в самом широком смысле слова (комья земли, барханы, курганы, склоны хребтов и т. п.). Здесь важны углы наклона поверхности, их ориентация относительно стран света, их площадь, густота неровностей. Эффект прогрева атмосферы над пустыней даже зимой показан в [31].

Облака динамической конвекции. Под динамической конвекцией понимают турбулентность воздушного течения, независимую от температурных условий. Над шероховатой поверхностью в темное время суток будет возникать динамическая турбулентность, в светлое время - оба вида турбулентности (динамическая и

термическая), поэтому в формуле расчета турбулентности они присутствуют как два члена.

Соотношения коэффициента турбулентности указанных видов для среднеазиатского региона приведены в [31]. Этот вид конвекции будет возникать над шероховатыми поверхностями и отдельными формами рельефа горной системы. В определенных условиях при этом будут возникать облака, и выпадать атмосферные осадки. Для образования осадков важен определенный масштаб этих участков, который в сочетании с высотой пограничного слоя и возникающими вертикальными составляющими ветра и определит возможность осадкообразования. На основе физики пограничного слоя атмосферы можно определить параметры слоя возмущения. Приведем хорошо апробированный способ, который, в частности, изложен в [35]. Высота слоя возмущения (высота пограничного слоя) и вертикальная составляющая скорости ветра на верхней границе слоя возмущения определяется по формулам:

$$H^2 = 51 \frac{V_g^2}{\gamma_a - \gamma}, \quad w(H) = \frac{\mu V_g H}{s \cdot 4,6},$$

где V_g – скорость геострофического ветра; $\gamma_a - \gamma$ – отклонение среднего температурного градиента от сухоадиабатического;

$\frac{\mu}{s}$ – отношение периметра отдельной формы рельефа горной системы к площади ее горизонтального сечения; H – высота пограничного слоя атмосферы [П. 2, ПЗ].

Этот вид облаков, как показали предыдущие исследования, является во многом определяющим в процессе осадкообразования над горными шероховатыми поверхностями, которые известны как надбазисные поверхности выравнивания. Это те участки горной системы, где выпадает более 800 мм осадков в год. По Молчанову Л. М. [36] в высокогорье возможно выпадение до 2000 мм осадков. Следует заметить, что С. Г. Чанышева и Е. Н. Смирнова [55] считают величину осадков 2000 мм завышенной и высказывают возможные причины такого завышения.

1. 3. Условия формирования облачного слоя

Рассмотрим облака неконвективных форм большой горизонтальной протяженности (сотни километров и более), с малой ско-

ростью изменения температуры в них при их образовании и эволюции (10^{-5} - 10^{-3})° C/c, как определено в [15]. Эти скорости связаны с вертикальной составляющей скорости ветра (w). При указанных изменениях температуры вертикальные скорости, возникающие в облаке, равны $\sim 0,1+10,0$ см/с (скорости усреднены в пределах 10 - 10^2 км по горизонтали и $(10^{-1}+1)$ км по вертикали и 1 ч по времени).

Таким образом, для образования поля неконвективных облаков должны образоваться зоны с положительными (восходящими) токами на площади $10^2 - 10^4$ км² и более.

Облака образуются выше уровня конденсации ($Z_{\text{конд.}}$); уровень конденсации рассчитывается по

$$Z_{\text{конд.}} = \frac{T_0 - T_z}{\gamma_a - \gamma}$$

где T_0 и T_z соответственно температура воздуха на нижнем уровне (обычно у земной поверхности по данным измерений в метеорологической будке) и на уровне конденсации, γ_a и γ – вертикальные градиенты температуры, сухоадиабатический и реальный.

Уровень конденсации также можно определить и по полуэмпирическому выражению

$$Z_k = 22(107 - f),$$

где f – относительная влажность воздушной массы на уровне начала подъема.

Очевидно, если Z_k выше верхней границы поля упорядоченного тока, облачный слой не образуется.

Представление о требованиях к вертикальной протяженности слоя упорядоченного тока, достаточной для образования облачного слоя на фронтальной поверхности, дают результаты следующей проработки.

Из литературы и опыта работы синоптиков фронт, на котором возможно формирование атмосферных осадков, образуется на разделе двух воздушных масс, имеющих разность температур, равную $\sim 5^\circ\text{C}$.

Рассмотрим ситуации с $\Delta t \leq 5^\circ\text{C}$. Тогда высоты, до которых поднимутся восходящие воздушные массы, примут значения, указанные в табл. 1. 3.

Для образования облачного слоя должно выполняться условие $\gamma \geq \gamma_{\text{влажноадиаб.}}$. Для наших условий $\gamma_{\text{влажноадиаб.}}$ в нижней части облака принимает значения $0,005$ - $0,075^\circ/\text{м}$.

Таблица 1. 3

Высота подъема (м) частицы с перегревом Δt при разных γ

$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\gamma, ^\circ\text{C}/100\text{ м}$					
	0,002	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,1	12	20	25	33	50	100
0,2	25	40	50	67	10	200
0,3	38	60	75	100	150	300
0,4	50	80	100	133	200	400
0,5	62	100	125	167	250	500
1,0	125	200	250	333	500	1000
1,5	188	300	375	500	750	1500
2,0	250	40	500	667	1000	2000
3,0	375	600	750	1000	1500	3000
4,0	500	800	1000	1333	2000	4000
5,0	625	1000	1250	1667	2500	5000

Таким образом, облака, в которых видимость меньше 1000 м, образуются при $\Delta t \geq 1,5^\circ\text{C}$.

1. 4. Структура слоистообразного облака

Следует различать, условно говоря, три стадии слоистообразных облаков. Предполагая, что сначала образуется дымка, затем просвечивающие облака и плотные, которые переходят в дождевые, и выделяют три стадии. Так развиваются конвективные. Вполне возможно, что слоистообразные облака развиваются таким же образом. Однако их образование на больших площадях с малыми вертикальными скоростями (одновременно и малыми скоростями охлаждения при подъеме) не позволяет проследить этот процесс. В работах Л. Т. Матвеева указывается, что фронтальная система $Ns - As$ возникает одновременно в слое упорядоченного тока. Не обсуждая вопрос образования слоистообразного облака и, учитывая, что нас, в первую очередь, интересуют атмосферные осадки как водный ресурс для формирования стока рек и увлажнения почво-грунтов, идущего на рост и развитие растений, рассмотрим структуру облака, из которого выпадают осадки, достигающие земной поверхности. Такая модель представлена нами в [22, 29].

Модель "развитого облака" состоит из трех слоев, каждый из которых выполняет свои функции.

В нижнем слое, минимальном по своей вертикальной протяженности (от нескольких до десятков метров) формируются частицы облаков на атмосферных аэрозолях. В среднем слое в основном происходит конденсационный рост частиц облаков, поступивших с нижнего слоя за счет вертикальных токов и турбулентности, и рост частиц осадков, оседающих сверху из слоя их зарождения за счет силы тяжести. Эти частицы в виде кристаллов зарождаются в верхней части третьего слоя облака при температуре (-20) - $(-25)^{\circ}\text{C}$. В нижней части слоя зарождения кристаллов среди водяных капель кристаллы быстро растут до размеров ≥ 30 мкм, и начинают оседать. В среднем слое до зарождения кристаллических частиц осадков наблюдаются водяные частицы, с появлением кристаллов слой становится смешанным (водяные и ледяные частицы). Ледяные продолжают быстро расти, как за счет конденсации, так и коагуляции. По нашим расчетам доля роста частиц за счет конденсации такого же порядка, что и за счет коагуляции. В конвективных облаках, где размер частиц осадков больше, а ледяные частицы более обтекаемые, коагуляционный рост значительно превосходит конденсационный.

В среднеазиатском регионе для обеспечения процесса выпадения осадков с оптимальным числом частиц осадков достаточно, чтобы слой зарождения частиц осадков был равен нескольким сотням метров. Чем больше будет средний слой роста частиц облаков и осадков, тем больше будет размер частиц осадков и выпадет большее количество осадков с большей интенсивностью. Для "продуктивных" осадков [46-48], эта часть облака по вертикали должна быть $\sim 2,0$ - $2,5$ км, в целом вертикальная протяженность облака должна быть порядка 2,5-3,5 км [22, 29].

ГЛАВА 2

СЕЗОН АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЙ КЛИМАТООБРАЗУЮЩИМИ ФАКТОРАМИ

2. 1. Элементы погоды, как климатообразующие факторы

Погода в данном месте в данный момент характеризуется совокупностью значений метеорологических элементов. Во времени они меняются. Причиной таких изменений является взаимосвязь процессов теплообмена, влагообмена и общей циркуляции атмосферы. Нас интересуют атмосферные осадки. Их образованию предшествует процесс облакообразования. Очевидно, облакообразование связано с влагообменом, который зависит от тепловых условий подстилающей поверхности и атмосферы. А они в определенной степени зависят как от радиационных процессов данной местности, так и адвекции тепла. Адвекция – это общая циркуляция атмосферы и связанные с ней переносы тепла (холода), влаги, вихря скорости. Режим каждого элемента погоды есть результат действия всех трех климатообразующих процессов.

Ниже рассмотрим их с позиций выявления сезонности, в первую очередь, сезонности выпадения атмосферных осадков.

2. 2. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые радиационным фактором

Широта местности (φ) является тем фактором климата, который определяет положение Солнца на небе. В полдень высота Солнца (h_{\odot}) в разные дни года определяется широтой местности и наклоном Солнца. Как видим (табл. 2. 1), на широте 40° с. ш., близкой к Ташкенту, в летний период h_{\odot} достигает 70° . На такой же высоте летом Солнце находится на экваторе. Зимой Солнце в полдень поднимается только на 30° . На горизонтальную поверхность вне атмосферы приходится поток лучистой энергии, равный $\sin h$ солнечной постоянной.

Рассмотрим приход лучистой энергии Солнца зимой и летом на широты 40 и 50° с. ш..

Таблица 2. 1

Высота Солнца ($h_{\text{ср}}$) в полдень при склонении
Солнца (δ) на разных широтах

$\varphi, ^\circ$	$\delta, ^\circ$				
	-20	-10	0	10	20
60	10	20	30	40	50
50	20	30	40	50	60
40	30	40	50	60	70
35	35	45	55	65	75
30	40	50	60	70	80
20	50	60	70	80	90

Значения функции $\sin 20^\circ$ и 30° , 60° и 70° соответственно равны 0,34 и 0,50, 0,87 и 0,94. Разница значений соответственно составляет 0,16 и 0,07, т. е. контрастность к лету падает более чем в 2 раза. Эта контрастность в зимний период и объясняет смещение климатического полярного фронта на юг, что приводит к формированию атмосферных осадков в этот период года, и большой разброс значений температуры.

Более полное представление о количестве лучистой энергии, приходящей на единицу поверхности в разные периоды года и суток в долях солнечной постоянной, за пределами атмосферы дает табл. 2. 2.

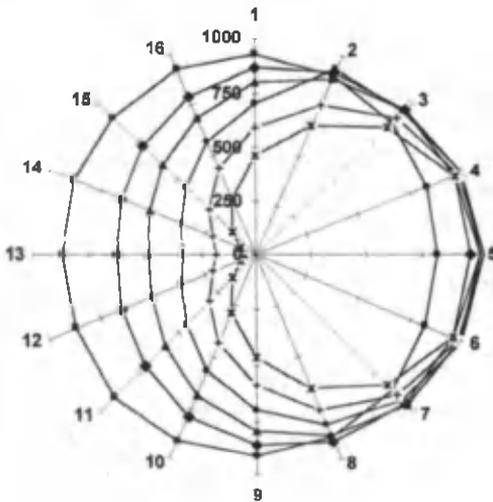
Таблица 2. 2

Значения $\sin h$ на широте Ташкента
в отдельные дни года

Время, ч, мин.	Январь		Апрель		Июль		Октябрь	
	10	20	10	20	10	20	10	20
12-00	0,449	0,477	0,834	0,867	0,945	0,936	0,672	0,622
12-30	0,443	0,471	0,827	0,861	0,940	0,930	0,665	0,616
13-00	0,428	0,452	0,809	0,841	0,922	0,912	0,647	0,598
13-30	0,394	0,424	0,777	0,811	0,892	0,883	0,614	0,566
14-00	0,357	0,383	0,734	0,868	0,853	0,841	0,572	0,524
14-30	0,306	0,332	0,679	0,714	0,802	0,791	0,518	0,469
15-00	0,245	0,271	0,616	0,651	0,742	0,730	0,452	0,407
15-30	0,117	0,201	0,543	0,579	0,673	0,661	0,379	0,334
16-00	0,101	0,125	0,462	0,498	0,598	0,585	0,299	0,252
16-30	0,019	0,042	0,375	0,411	0,516	0,501	0,211	0,167

Время, ч, мин.	Январь		Апрель		Июль		Октябрь	
	10	20	10	20	10	20	10	20
17-00	-0,066	-0,046	0,282	0,321	0,430	0,415	0,118	0,075
17-30			0,187	0,277	0,340	0,326	0,024	
18-00			0,089	0,131	0,250	0,233		
18-30				0,035	0,160	0,141	0,075	
19-00			0,007		0,070	0,051		
				0,059				

Рассмотрим суточные величины лучистой энергии, приходящей на верхнюю границу атмосферы в течение 16 дней (16 дней: 1-21 марта; 2 - 13 апреля; 3-6 мая; 4-29 мая; 5-22 июня; 6-15 июля; 7-8 августа; 8-31 августа; 9-23 сентября; 10-11 октября; 11-8 ноября; 12-30 ноября; 13-12 декабря; 14-13 января; 15-4 февраля; 16-26 февраля), рис. 2. 1.



■ - $\varphi 0^\circ$; ◆ - $\varphi 20^\circ$; ▲ - $\varphi 30^\circ$; ● - $\varphi 40^\circ$; + - $\varphi 50^\circ$; x - $\varphi 60^\circ$

Рис. 2. 1. Распределение суточных сумм солнечной радиации ($\text{кал}/\text{см}^2$), приходящей на горизонтальную поверхность при отсутствии атмосферы в северном полушарии

Как видим, с 29 мая до 15 июля на широтах 20-60° с. ш. различий в значениях приходящей за сутки лучистой энергии Солнца "нет". Приходящая на широту 40° с. ш. и широты 30 и 50° лучистая энергия Солнца в течение 20 дней в ту и другую сторону от указанного выше периода отличается не более чем на $\pm 10\%$.

Если не рассматривать географическую среду, то май-август и есть без фронтальный период года на широтах среднеазиатского региона.

2. 3. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые циркуляцией атмосферы

Распределение радиации по земной поверхности определяет циркуляционные процессы. Погодные условия конкретного района определяются синоптическими процессами, а осредненная погода есть климат.

Для Средней Азии возможные синоптические условия и их взаимосвязи с погодой в своей основе были изучены в 30-50 годы прошлого столетия и обобщены в [43]. Впоследствии они уточнялись, архивировались в банк данных. Синоптические процессы, определяющие круглогодичные осадки в Киргизии с максимумом в мае-июне, рассмотрены в [20]. Периодически эти сведения обобщались. Последнее обобщение исследований синоптических процессов в Средней Азии представлено в [14]. Воспользуемся таблицей из [14], в которой представлено число дней с синоптическими процессами за период 1961-1990 годы (рабочее тридцатилетие, определенное Всемирной метеорологической организацией (ВМО).

В табл. 2. 3 показаны результаты осреднений по двум группам процессов: циклонические и малоградиентные поля.

В первую группу вошли три типа погоды (1-3 типы), известные как прорывы южных циклонов, а также малоподвижный циклон над Средней Азией (8 тип) и западный циклон (14 тип). Можно считать, что учтен и ныряющий циклон (тип 15), который в указанный период в среднем многолетнем наблюдался в течение 0,1 дня в январе и декабре. Во вторую группу вошли три типа погоды: малоградиентные поля повышенного (12 тип) и пониженного давления (тип 13) и летняя термическая депрессия (11 тип).

Как видим (табл. 2. 3, рис. 2. 2), максимум циклонической деятельности приходится на март-апрель, когда граница климатического полярного фронта проходит по северной границе средне-

азиатского региона. В зимний период (декабрь-февраль) циркуляционная деятельность несколько ослаблена и по продолжительности наблюдается на 30 % реже. Летом по сравнению с мартом циклоническая деятельность наблюдается в пять раз реже.

Таблица 2.3

Число дней с циклонической деятельностью (I) и термической депрессией (II)

Месяцы	Тип погоды	
	I	II
Январь	5,8	2,7
Февраль	6,0	2,1
Март	8,8	2,3
Апрель	8,1	3,7
Май	4,7	7,8
Июнь	1,8	10,9
Июль	2,0	13,8
Август	1,4	11,1
Сентябрь	1,1	8,1
Октябрь	1,5	4,8
Ноябрь	4,4	3,3
Декабрь	5,2	2,4

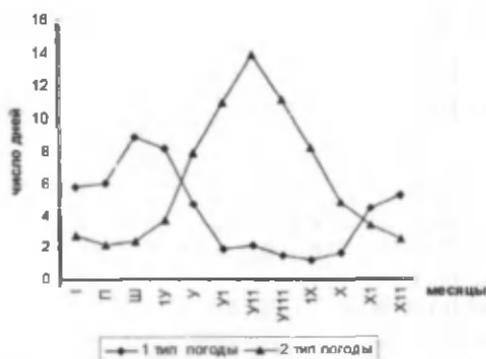
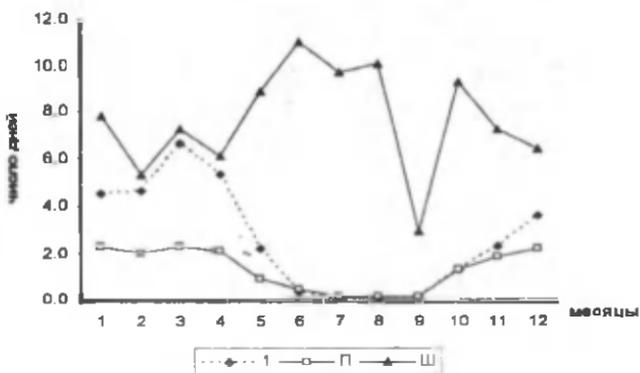


Рис. 2. 2. Число дней с циклонической деятельностью (I) и термической депрессией (II)

Выше было показано, почему летом контраст температуры воздуха при меридиональном обмене воздушных масс намного меньше, чем весной, а именно контраст температур и определяет интенсивность процесса восхождения на фронте. При этом важно, чтобы регион находился в полосе, занятой тропической воздушной массой, а воздушные массы северного вторжения, выполняющие роль холодильника в термической системе фронта, формировались над снежными поверхностями.

Как видно (табл. 2. 3 или рис. 2. 3), летом также в пять раз возрастает число дней с малоградиентным полем, которое способствует формированию туранской тропической воздушной массы. Приведенные данные констатируют положение о субтропическом климате в среднеазиатском регионе. С учетом особенностей рельефа, детально описанного Геллером С. Ю. в [45] и в кратком виде, представленном в П. 1, в [31] отмечается влияние рельефа на циркуляцию в атмосфере, особенно в нижней тропосфере, а также на усиленный прогрев воздуха в холодный период года и формирование туранского субтропического климата в среднеазиатском регионе.



I – прорывы южных циклонов; II – волновая деятельность на холодном фронте;
 III – северо-западными вторжения

Рис. 2. 3. Число дней с процессами, вносящими в регион влажные морские и континентальные воздушные массы

Исходя из наблюдений за осадкообразующими процессами в среднеазиатском регионе, сезон атмосферных осадков определяется периодом с октября по май.

2. 4. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые влагооборотом

Рассмотрим процессы, которые во многом определяют выпадение атмосферных осадков, представляющие основной водный ресурс региона. В табл. 2. 4 представлены результаты осреднения по группам процессов, сведения о которых приведены в [14]. В первую группу вошли прорывы южных циклонов, в которых атмосферные осадки выпадают из теплых влажных тропических воздушных масс. В табл. 2. 3 они входят в состав группы 1. По климатическим описаниям их относят к континентальному тропическому воздуху. Очень вероятно, что морской тропический средиземноморский воздух не прослеживается в приземном слое.

Вторая группа представлена одним процессом – волновая деятельность на холодном фронте. В этом процессе атмосферные осадки образуются также из теплых влажных воздушных масс, влагообеспеченных также как и процессы первой группы или менее обеспеченных влагой, т. к. они сформированы над Атлантикой. Здесь возможны как тропические воздушные массы, так и воздушные массы умеренного климата юга Европы.

Третья группа представлена западными и северо-западными вторжениями. Районами влагообеспечения этих воздушных масс частично являются южные районы Европы (часть западных вторжений), а частично районы Атлантики и Северной Европы. Все северо-западные вторжения несут воздушную массу, сформированную в основном над Европейской частью России (табл. 2. 4).

В сезон осадков через регион относительно часто проходят влажные воздушные массы, сформированные над водными поверхностями. Наибольшая продолжительность таких потоков наблюдается в марте-апреле, когда приходится более 40 % выпадающих осадков от годовой нормы (предгорная равнина). Для сезона осадков (декабрь-апрель) характерно 7-10 дней в месяц с влажными южными воздушными потоками и 10-16 дней с влажными холодными потоками воздушных масс, сформированными над Атлантикой и Европой. В летний период число дней третьей группы даже несколько увеличивается. Однако, по всей видимости, эти воздушные массы континентального происхождения с малыми значениями относительной влажности и с малыми температурными контрастами по сравнению с предшествующими и сменяющими их воздушными массами. Причину этого явления следует искать в

малом различии приходящих суточных сумм солнечной радиации в этот период, по крайней мере, в полосе от широт расположения среднеазиатского региона и до 60° с. ш..

Таблица 2. 4

Число дней с процессами, вносящими в регион влажные морские и континентальные воздушные массы

Месяцы	Тип погоды		
	I	II	III
январь	4,5	2,3	7,8
февраль	4,7	2,0	5,3
март	6,6	2,3	7,2
апрель	5,3	2,1	6,1
май	2,2	0,9	8,9
июнь	0,3	0,4	11,0
июль	0,0	0,1	9,7
август	0,0	0,1	10,1
сентябрь	0,1	0,1	2,9
октябрь	1,3	1,3	9,3
ноябрь	2,3	1,8	7,2
декабрь	3,6	2,2	6,4

Источником влаги в атмосфере являются большие водные пространства, над которыми формируются воздушные массы с индексом "м" (морские), увлажненные степи и леса, зимой - снежные поверхности. В мезомасштабе это водные пространства внутренних морей, снежники, ледники и т. д.

В среднеазиатском регионе мезомасштабным источником влаги для атмосферы выступает согласно терминологии В. Л. Шульца "зона рассеивания поверхностного стока", с которой испаряются воды стока рек на орошаемых территориях. По В.Л.Шульцу [59] к этой зоне рассеивания добавляется испаряемость за счет стока рек, равная 194 мм, что в сумме с количеством атмосферных осадков составляет порядка 500 мм. Вторым мезомасштабным источником влаги является пустыня, которая в период март-апрель (общая длительность порядка 1-1,5 месяца) испаряет накопленную за зиму влагу в вегетационный период пастбищной растительности. Порядок испарения в этот период составляет 100 мм. Эта

влаги, в какой-то мере, идет на формирование атмосферных осадков в среднегорье, факт наличия которых отмечен в [2].

Из климатологии известно, что в среднеазиатском регионе морские воздушные массы отсутствуют или очень редки. Этот результат получен по данным наземных станций. Его перенесли при объяснении малого количества осадков в регионе. Хотя специализированные исследования процессов осадкообразования в регионе указывают на наличие влажных воздушных потоков над регионом и на наличие двух, а то и трех воздушных масс одна над другой над регионом. Это можно найти, в частности, в [43] и в разделах, написанных Е. М. Козиком в [59]. Нами представлялся доклад на международную конференцию стран средиземноморья о роли Средиземного моря [27] в процессах формирования осадков региона. Развитие этих работ показало, что осадки, вносящие значительный вклад в среднее годовое количество осадков в среднеазиатском регионе, образуются из морских воздушных масс, прошедших над горными системами Европы и южной горной системой среднеазиатского региона. Отсечение нижней части влажных потоков горами сказывается на малом количестве осадков на равнинах региона, но эти потоки обеспечивают среднее годовое количество осадков (700 мм и более) в горах, в зоне формирования стока рек.

Для выявления горных территорий, способствующих формированию осадков при общих западных потоках (динамическая конвекция), проведена обработка климатических данных по следующей схеме. Рассчитана статистика

$$\xi = \frac{q_i - q}{\sigma},$$

где q_i – среднее месячное количество осадков на i -той станции, q – среднее площадное количество осадков по горной территории за данный месяц, σ – среднее квадратическое отклонение.

По данной статистике материал разбит на пять равновероятных групп, пронумерованных от 1 до 5. Взяты станции, отнесенные к группе 5 с наибольшим количеством осадков на территории Таджикистана во все месяцы года. В полосе, ограниченной широтами 38,5-39° с. ш. и от 68,4 до 70,6° в. д., выделяется 5 участков. Внутри участков перепад высот составляет 500-900 м. По потоку есть участки с меньшими высотами относительно предыдущих и последующих, но отстоящих от высоких возвышенностей. Такое

положение внутри горной системы не препятствует обдуву участка воздушным потоком свободной атмосферы. На всех этих станциях выпадает более 800 мм осадков в год. Все они находятся в потоках общей циркуляции атмосферы, насыщенной морской влагой. Частично этот вопрос освещен в [31]. Порядка 30% станций в Таджикистане отмечают наибольшее значение ξ в течение 6-12 месяцев. Рассмотрим те станции, на которых наблюдается $\xi > 0.84$ несколько месяцев подряд. Для таких станций длительность этого периода составляет 2-7 месяцев. Как правило, этот сезон с большим количеством осадков относительно всей территории Таджикистана наблюдается в феврале-июне. Отметим, что эти периоды могут начинаться и осенью. Сезонное увеличение осадков здесь связано с высотой станции, глубиной расположения ее в глубине горной системы.

Сезоны с $\xi > 0,84$ в течение 2-3 месяцев отмечаются внутри горной территории с сугубо локальными процессами осадкообразования.

Среднее площадное количество осадков в абсолютных единицах рассмотрено в [32]. Из этих данных следует, что Киргизия за пределами Ферганской долины не вписывается в субтропический климат. Сезон осадков в Туране начинается в октябре и заканчивается в июне. Равнинная территория имеет более длительный сухой период. Начинается он в конце мая-июня и завершается в первой половине октября. При этом в мае количество осадков в 1,5-2 раза меньше, чем в апреле, а в октябре меньше, чем в ноябре. В Южном Туркменистане количество осадков в ноябре в 1,5 раза отличается от количества осадков в декабре. Этот сдвиг сезона осадков относительно периода с близкими значениями приходящей суточной суммы радиации вдоль меридиана (рис. 2. 1) связан с деятельной поверхностью: первым выпадением снега, периодами его устойчивого залегания, выхолаживанием (высушиванием) воздуха поздней осенью и ранней весной. Снежная поверхность и сухой воздух в абсолютных величинах влажности на территории Казахстана обеспечивает вторжение северных воздушных потоков, отличающихся по температуре на 3-5°C и более влажных воздушных масс относительно проходящих над Тураном. Эта ситуация и способствует выпадению значительных осадков на территории с туранским климатом с середины октября до середины мая.

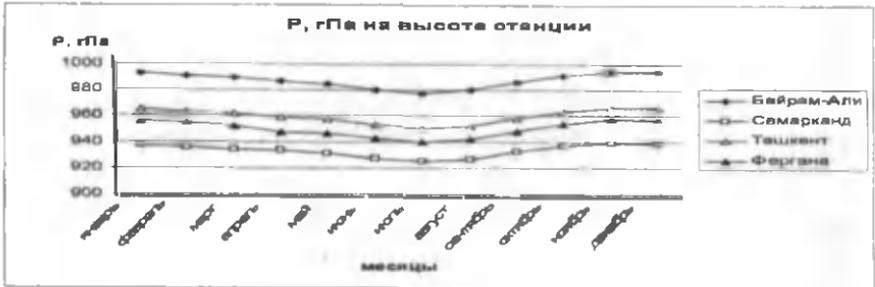
2. 5. Временные границы сезона атмосферных осадков, определяемые годовым ходом отдельных параметров атмосферы

2. 5. 1. Годовой ход атмосферного давления, как индикатор границ сезона осадков

Субтропический климат – это климат с влажной зимой и сухим летом. В зависимости от разновидности субтропиков атмосферные осадки, выпадающие в летние месяцы, характеризуются как слабые (субтропики, расположенные на западных берегах материков и находящиеся в зоне муссонного климата), так возможно и их полное отсутствие, как в тропиках. Осадки, выпадающие в зимние месяцы – осадки, аналогичные климату умеренных широт, воздушные массы которого и определяют погоду зимы субтропиков. Однако эта аналогия требует учета географического положения. Эту аналогию можно обнаружить в поясе умеренного климата с равномерным выпадением осадков в течение года, с умеренно теплой зимой, с осадками субтропиков с учетом временного сдвига, определяемого равенством высоты Солнца в наших субтропиках и указанных зонах в поясе климата умеренных широт.

Южная граница субтропиков определяется зимним положением полярного фронта, т. е. полосой повышенного давления на средней карте атмосферного давления. По Хромову С. П. [54] участок климатического полярного фронта в зоне долгот Средней Азии в январе проходит от точки 30° с. ш., 50° в. д. до 40° с. ш., 75° в. д. и далее по широте 40° с. ш. до 90° в. д.), а в июле полярные фронтальные зоны над Евразией проходят в широтах около 50° с.ш., так как южнее формируются континентальные тропические воздушные массы. Это определение позволяет обозначить границы летнего и зимнего сезонов в Туране по климатическим данным среднемесячных значений давления. Возьмем данные метеорологических станций в зоне туранского климата по единому ряду наблюдений по северной области Турана. Это Самарканд ($\varphi=39^{\circ}41'$, $\lambda=67^{\circ}00'$, $H=727$ м н. у. м.); Ташкент ($\varphi=41^{\circ}20'$, $\lambda=69^{\circ}18'$, $H=489$ м н. у. м.) и Фергана ($\varphi=40^{\circ}42'$, $\lambda=71^{\circ}45'$, $H=557$ м н. у. м.). Последняя расположена в горной впадине (Ферганская долина). Центр Туранской низменности характеризуем данными ГМС Байрам-Али ($\varphi=37^{\circ}26'$, $\lambda=62^{\circ}12'$, $H=241$ м н. у. м.). Годовой ход параметров атмосферного давления на этих станциях характеризуют рис. 2. 5 и 2. 6.

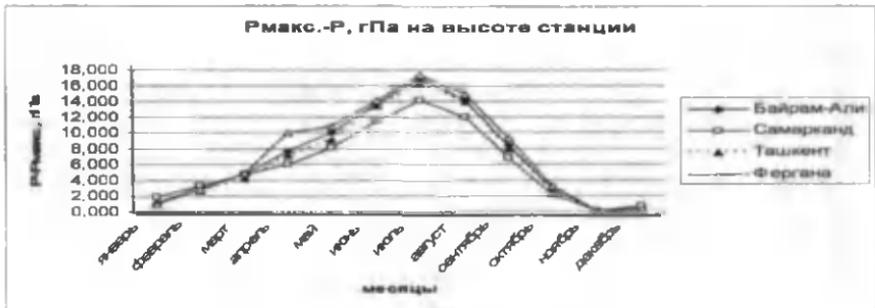
а



б



в



а – р; б – нормированное на максимум; в - центрированное

Рис. 2. 5. Годовой ход давления воздуха (P, гПа) на уровне станции

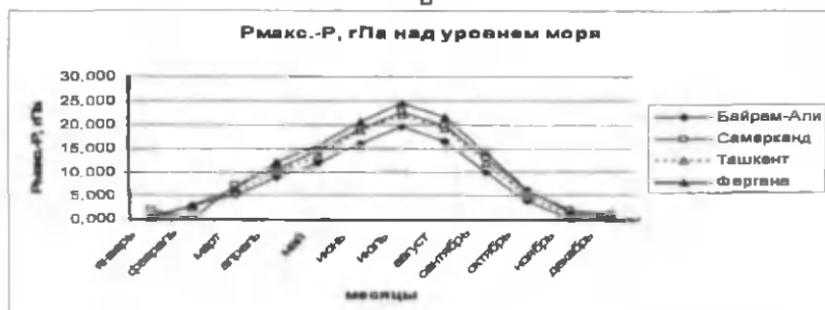
а



б



в



а – p ; б – нормированное на максимум; в - центрированное

Рис. 2. 6. Годовой ход давления воздуха (P , гПа) над уровнем моря

На них представлены средние месячные величины атмосферного давления на высоте станции и приведенные к уровню моря, а также годовой ход давлений в относительных единицах, отнормированных на максимальное значение средней месячной величины давления в году на этой станции. Как видим, годовой ход давления идентичен и отличия в абсолютных величинах давления на высоте станций определяются высотой станций относительно уровня моря (рис. 2. 5а). После приведения давления к уровню моря (рис. 2. 6а) кривые сливаются в летний (май-сентябрь) период, когда средние суточные температуры воздуха превосходят 22°C.

В холодный период года значения давления приведенное к уровню моря в полосе широт 39°41'-41°20' близки, в то время как в центре пустыни (Байрам-Али) на 3-7 гПа меньше. Это указывает на то, что гребень полосы высокого давления лежит на севере субтропической зоны.

Отнормированные величины (рис. 2. 5б) и отцентрированные (рис. 2.5в) на максимальное значение среднего месячного давления на каждой станции показывают на большие отличия величин в летний период.

Так как давление приводилось к уровню моря и температуре 0°C по каждой станции с учетом средних месячных данных, характеризующих свое географическое положение, то различия в давлении на рис. 2. 6б и 2. 6в отражают климатические различия в температуре воздуха в этих точках. На этих рисунках видно, что в годовом ходе в Самарканде максимум давления отмечается в феврале, то время как на остальных станциях в ноябре – январе.

Интересен факт "высоких" абсолютных значений давления, приведенных к уровню моря (рис. 2. 6а) в Фергане относительно остальных станций. ГМС Фергана расположена в Ферганской долине – наибольшей горной котловины Тянь-Шаня. Под влиянием горной системы формируется устойчивые нисходящие потоки в холодный период года, а в теплый период в ночное время года, которые питают горные и склоновые ветры.

Факт формирования антициклона зимой над Ферганской долиной отмечался [2]. В [31] показана роль этого процесса в формировании осадков. Сам факт формирования полярного фронта в азиатской части материка во многом объясняют не только континентальностью, но и горными системами этой части материка [17]. В связи с этим представляет интерес рассмотрение годового хода давления по 3 станциям, расположенным на юге, севере и востоке

Ферганской долины. Это Фергана ($\varphi = 40^{\circ}22'$; $\lambda = 71^{\circ}45'$; $H = 557.2$ м), Наманган ($\varphi = 40^{\circ}98'$; $\lambda = 71^{\circ}36'$; $H = 449$ м) Андижан ($\varphi = 49^{\circ}73'$; $\lambda = 72^{\circ}33'$; $H = 496$ м) (рис. 2. 7). Как видим (рис. 2. 7а), на станциях, расположенных на юге и севере напротив друг друга по центральному разрезу долины давление, приведенное к уровню моря, не отличается. Несколько ниже оно на ГМС Андижан, которая расположена восточнее ГМС Ферганы.

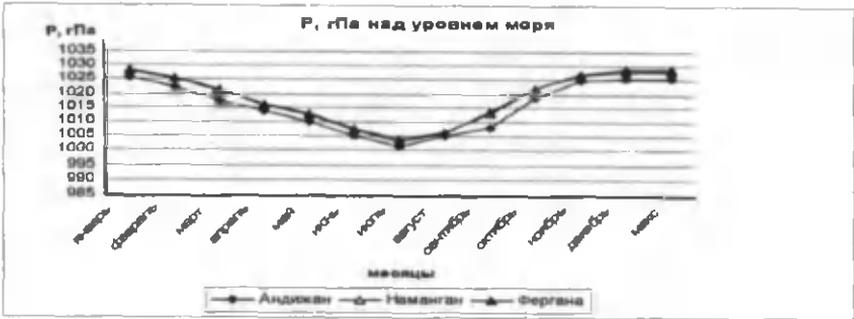
Можно предположить, что локальный антициклон Ферганской долины, входящий в общий Евроазиатский антициклон, может иметь замкнутую центральную изобару в центральной части Ферганской долины. Наличие зоны нисходящих токов над центром Ферганской долины, подтверждает пустынная часть ее центра.

Для выявления временных границ сезона осадков по годовому ходу средних месячных значений давления рассмотрим годовую ход, как среднего месячного количества осадков, так и его составляющих: обложные и ливневые осадки. Такое его представление приводится в серии книг "Климат города". Рассмотрим города, расположенные по северной границе Турана ($\varphi \sim 40-41^{\circ}$ с. ш.) [16] (рис. 2. 8). Период, когда обложные осадки вносят в общую сумму количества осадков значительную часть (80% и больше), атмосферное давление в годовом ходе поднимается до $0,995P_{max}$. В абсолютных величинах отличие среднего месячного значения атмосферного давления, приходящегося на первый и последний месяц сезона обложных осадков от давления в месяце года с максимальным значением, составляет 5гПа и менее.

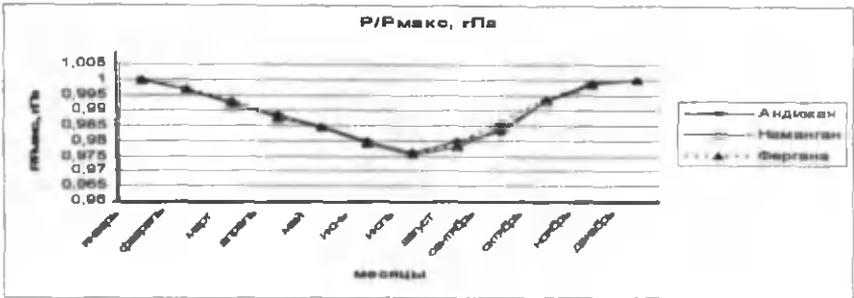
Интересно отметить, что в апреле обложные и ливневые осадки вносят почти одинаковый вклад в общее количество осадков. В мае-июне ливневые осадки преобладают над обложными осадками. Однако с учетом испаряемости в эти месяцы их вклад в обеспечение растительности влагой очень мал.

По параметру P , равному $0,995P_{max}$, можно выделить сезон осадков (октябрь-март), когда полярный фронт проходит через регион на юг и возвращается на север. Атмосферные осадки в регионе выпадают и в период, когда климатический полярный фронт располагается несколько севернее, когда холодные вторжения способствуют подъему весенних тропических воздушных масс на 2-3 км выше уровня конденсации.

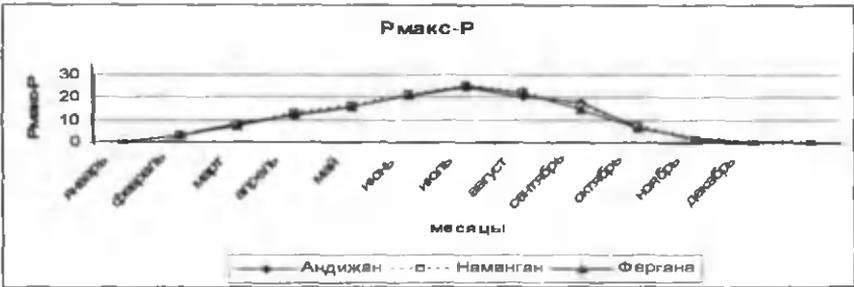
а



б



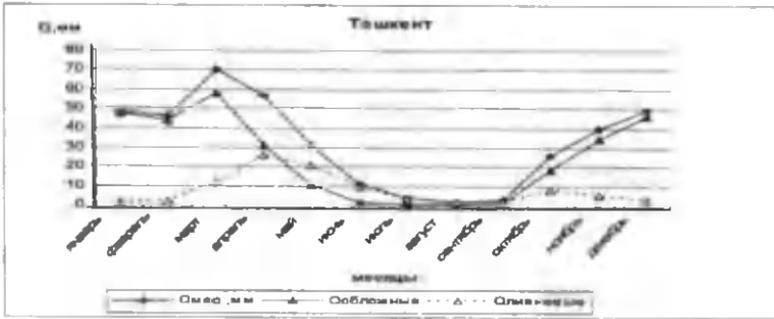
в



а – р; б – р, нормированное на максимум;
в – р, центрированное

Рис. 2. 7. Годовой ход давления воздуха (Р, гПа) над уровнем моря на станциях Ферганской долины

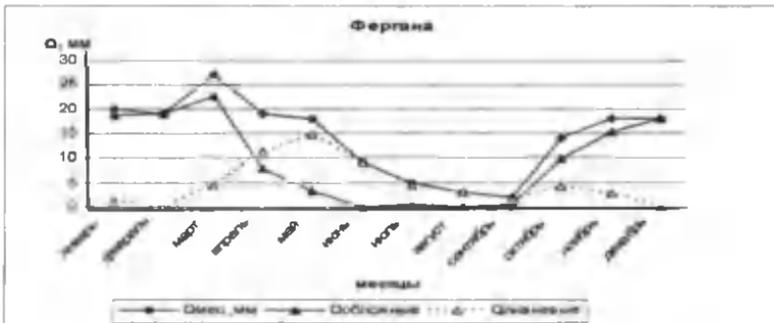
а



б



в



а-Ташкент; б-Самарканд; в-Фергана

Рис. 2. 8. Годовой ход атмосферных осадков

2. 5. 2. Годовой ход положения уровня изотермы -22°C , как индикатор временных границ сезона осадков

Осадкообразование, ведущее к выпадению обложных осадков, а они вносят основной вклад в суммарное количество осадков Турана, как территории с прохладной влажной зимой, возможно при достаточном количестве естественно образуемых кристаллов в облаке. Экспериментальные данные, объясняемые теорией фазовых переходов воды, показывают, что в облаке при отрицательной температуре, близкой к 0°C , кристаллов ничтожно мало. При температуре -1°C в облаке в объеме воздуха, равном 1 л, образуются 10^{-5} кристаллов. При этом это нитевидные кристаллы. Для образования кристаллов, на которых может вырасти частица осадков, требуется температура -12°C . Это плоские кристаллы. Для обложных осадков, при которых реализуется в осадки значительная часть парообразной влаги, вносимой вертикальными токами в облако вертикальной протяженностью $\sim 3,0-3,5$ км требуется температура на верхней границе облака -22°C . Это условие является критериальным в методиках воздействия на облака. Оно обеспечивает образование кристаллов в столбе воздуха от нижней до верхней границы облаков в среднем 1-10 част./л объема облака. Эти вопросы широко освещены в литературе по физике облаков. Нами это довольно подробно рассмотрено в [22, 29]. Там же приведен годовой ход высот основополагающих для воздействия на облака температур (рис. 2. 9).

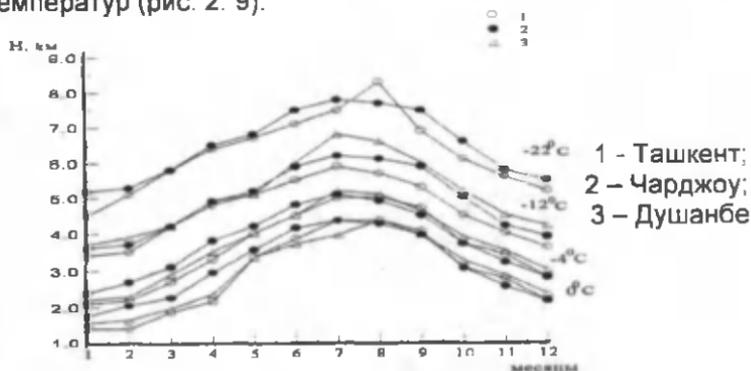


Рис. 2. 9. Годовой ход высоты (км) отдельных изотерм по трем радиозондирующим станциям Средней Азии

Как видим, в зимние месяцы средняя месячная температура -22°C отмечается на высотах 4,5-5,0 км. К июлю эта изотерма поднимается до высот 7,0-7,5 км и только к декабрю опускается до положения изотермы минус 22°C зимнего сезона. Заметим, что это средние климатические значения. В отдельные периоды этого сезона она будет колебаться, по всей видимости, чаще в пределах $\sim 0,5$ км.

Какие энергетические затраты требуются для обеспечения подъема воздуха с поверхности Земли на такие высоты?

Из разделов термодинамики атмосферы известно, что перегретая на ΔT° относительно окружающего воздуха частица поднимется в стратифицированной атмосфере на высоту

$$\Delta z = \frac{\Delta T}{\gamma_a - \gamma},$$

где γ_a и γ соответственно сухоадиабатический вертикальный градиент температуры и наблюдаемый в настоящее время. По нашим экспериментальным данным в пасмурные дни зимнего периода $\gamma = 0,0065-0,0085^{\circ}/\text{м}$ в слое 0-1,5 км в 79% случаев и в слое 1,5-3,0 км – в 30% случаев.

Как видим, для достижения требуемых высот частице сухого воздуха необходим перегрев на $\sim 8-15^{\circ}$. В [17] показано, что в зависимости от температур и влажности теплой воздушной массы за счет фазовых переходов эта воздушная масса получит от 10 до 30% энергии, необходимой для такого ее подъема. Отсюда получаем, что осадки при разности температур теплой и холодной воздушных масс на фронте в 2° незначительны, а вносящие основной вклад в сезонное количество осадков имеют $\Delta t = 6-10^{\circ}\text{C}$. Летом при равномерном прогреве территории от 30 до 60° с. ш., таких различий вторгающихся воздушных масс на нашей территории нет. По этому показателю следует, что сезон осадков – это период с ноября по май.

2. 5. 3 Годовой ход относительной влажности, как индикатор границ сезона осадков

В зависимости от вертикальной протяженности облака и его водности в нем формируются частицы осадков определенного размера. Теория физики облаков позволяет рассчитывать ее по

профилям температуры, влажности, вертикальным токам. Исходя из положений физики облаков, как теории, так и накопленных экспериментальных данных, сухость воздуха для решения нашей задачи можно определить следующим образом. В конечном итоге надо определить пройдет ли частица осадков подоблачный путь, не испарившись в нем.

Опустившись в подоблачное пространство, относительная влажность в котором ниже влажности у поверхности капли, а температура капли ниже температуры воздуха, частица осадков начнет испаряться.

За время t ее размер (радиус) r_1 примет величину r_2

$$\tau = \frac{\rho_k R_p T}{2D_m} \frac{r_1^2 - r_2^2}{(E_k - e)(1 + F)},$$

где ρ_k - плотность капли; T -температура воздуха в подоблачном пространстве ($^{\circ}\text{K}$); $(1-F)$ - ветровой коэффициент, D_m - коэффициент молекулярной диффузии водяного пара в воздухе.

$$D_m = 0,22 + 0,0015t,$$

где t - в $^{\circ}\text{C}$.

Скорость падения капли размером от 50 до 600 мкм приближенно можно определить по формуле $v = (8 \cdot 10^3 c^{-1})r$.

В [22, 29] приведены возможные размеры частиц осадков для характерных толщин облака и его водности в слоистообразных облаках, из которых выпадают обложные осадки. При вертикальной протяженности облака в 3,5-4,0 км и довольно большой водности ($0,20 \text{ г/м}^3$) $r_1 \sim 200$ мкм при условии, что до поверхности Земли должны дойти частицы осадков, хотя бы такие, как частицы мороси ($r \sim 80$ мкм). До поверхности Земли частицы с $r \sim 200$ мкм будут опускаться чуть более 10 минут. Это при условии, что капля, опустившись под облако, будет иметь температуру -3°C , а влажность воздуха 70%. Нижняя граница облака 1000 м над поверхностью земли. Это классическое условие, которое является базовым в руководствах по прогнозу погоды. Оно же заложено в руководствах по воздействию на облака в виде, что при нижней границе облаков, равной 1000 м и более эффективность воздействия мала. Такие условия для увеличения осадков полагают не эффективными. Нижняя граница слоистообразных облаков будет равна 1000 м при

влажности воздуха у поверхности Земли 60%. В этом случае критерием сухого сезона можно взять эту влажность и рассмотреть средние месячные значения относительной влажности воздуха по срокам для На севере Турана (Ташкент, Самарканд) во все сроки суток относительная влажность воздуха 60% и больше отмечается с декабря по март. Если рассматривать только три срока наблюдений, исключая дневной, то относительная влажность воздуха 60% и больше отмечается с октября по апрель. Этот период и есть сезон основных осадков (рис. 2. 10).

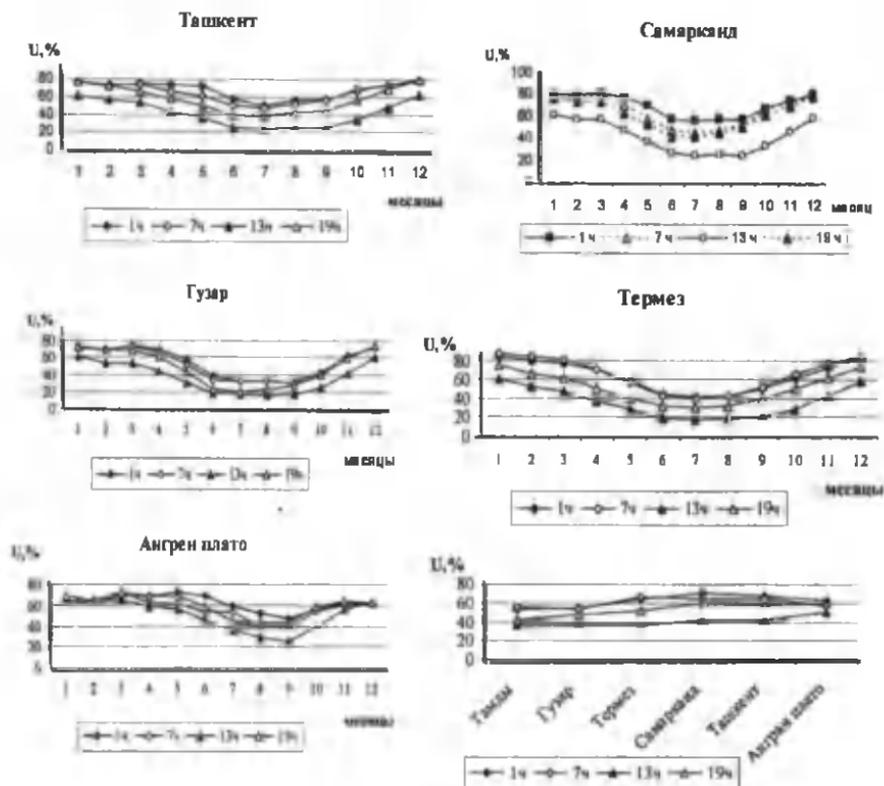


Рис. 2. 10. Средние месячные и годовые значения относительной влажности воздуха (%)

Из приведенных данных видно, что в дневное время условий для формирования атмосферных осадков значительно меньше на отдельных станциях Узбекистана.

По данным рис. 2. 10 можно заключить, что сезон "без осадков" для Ташкента июнь-сентябрь, а для Самарканда это сезон с ослабленными осадками. Однако осадки возможны и в дни, когда относительная влажность воздуха по средним месячным значениям в дневной срок меньше 60%, т. к. среднее значение характеризует не конкретную величину, а центр диапазона. При нормальном законе распределения возможные значения лежат в диапазоне $x \pm 3\sigma$.

На юге Узбекистана (Гузар, Термез) условия по формированию облаков нижнего яруса благоприятны преимущественно в первую половину дня (ночь, утро). В году начало сезона атмосферных осадков в Гузаре возможно с ноября, в то время как в Термезе с октября, окончание сезона в мае. В Термезе фон относительной влажности воздуха повышен.

Данные метеостанции Ангрэн плато (высота 2124 м н. у. м), которая находится в потоке западных переносов, т. е. влага, отмечаемая на этой станции, характеризует влагу, вносимую общим переносом атмосферы в регион, позволяет предположить, что самым сухим периодом для региона является август-сентябрь. Менее сухими являются периоды июнь, июль, октябрь. Суточный ход средних годовых значений относительной влажности воздуха указывает на сухость в дневной и в меньшей степени в вечерний сроки. Это предопределяет как сезонный, так и внутрисуточный ход осадков.

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ СЕЗОНА ОСАДКОВ

3. 1. О необходимости выявления термического режима сезона атмосферных осадков

Целенаправленное использование атмосферных осадков региона возможно в сельском хозяйстве. Для этого необходимо выделить территории, где возможно выращивать зерновые культуры на неполивных землях. Из предыдущей главы следует, что сезон атмосферных осадков - это холодная часть года. Границы сезона при охвате 85-90% количества осадков от годовой нормы - октябрь-май. На середину этого периода приходятся самые холодные месяцы года, которые Е. П. Коровин выделил в микротермический период (относительно холодная, но влажная зима). Благоприятным для растительности в естественных условиях является мезотермический сезон. Граница этого сезона определяется временем устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 4°C, а заканчивается переходом средней суточной температуры воздуха через 20-22°C. Этот период представлен нами в [33].

В нашем регионе временные границы этого сезона: середина февраля-конец мая. В сезон осадков входит период с аналогичными температурами воздуха в осенний период. В этом периоде Е. П. Коровин и А. Н. Розанов выделили влажную, теплую весну и жаркое лето, позже Е. П. Коровин выделил период с относительно холодной и влажной зимой и назвал их микротермическим, мезотермическим и ксеротермическим. Если ориентироваться только на температуру воздуха, то следует выделить второй мезотермический сезон после лета (ксеротермического периода). Однако в отличие от первого (влажная, теплая весна) он будет с "относительно" влажной, теплой осенью. Если в первом весеннем периоде растения от всходов (пробуждении) идут к цветению, а скороспелые виды к плодоношению, то во второй мезотермический сезон это будет посев-всходы - максимум кущения и переход к межвегетационному микротермическому сезону. Межвегетационный период (сезон со средними суточными температурами января ниже 4°C) отмечается не каждый год. Вероятность вегетационных зим в этот период года покажем ниже.

Первоначально, рассматривая данные на среднем климатическом уровне при естественном развитии геофизических процессов в атмосфере, можно позволить рассматривать во временном ходе термические процессы (температурные показатели) и элементы влагооборота (осадки, увлажнение почвы, испарение) независимо друг от друга, а при анализе совмещать их по времени. При вмешательстве в эти процессы (полив, увеличение атмосферных осадков, высадка неестественных для этого ландшафта культур), также как при рассмотрении коротких периодов необходимо учитывать взаимосвязь тепло-влагообмена и микроклимат неродственных данному ландшафту "оазисов".

В данной главе будут рассмотрены термические сезоны согласно фенологической классификации (П. 4) внутри самых широких границ сезона осадков, охватывающих период с сентября по май (первую половину июня).

3. 2. Меридиональный разрез поля температуры в пределах широт 30-55° с. ш.

Туранская низменность в Средней Азии является уникальным физико-географическим районом, где формируется туранский климат, как разновидность внутриконтинентального самого северного субтропического климата. Поэтому для полноты представления поля температуры воздуха целесообразно рассматривать территорию несколько шире региона с охватом граничащих с Туранским климатическим поясом соседствующих географических поясов.

Согласно [17] субтропический климат в основном распространен между 30 и 40° широты в обоих полушариях, местами до 45° с. ш. и до 25° с. ш.. В наших материалах самая южная точка, а именно метеостанция Фарах в Афганистане расположена вблизи границы тропического пояса. Самая северная станция Кустанай расположена в северной части пояса умеренных широт с холодной зимой (-17-18°C) и теплым летом (температура ~20°C), с вегетационным периодом, продолжительностью 180-200 дней. В выборку вошли станции в горном Афганистане, расположенные не выше 800 м н. у. м. и станции, расположенные по центру Туранской низменности и Казахского мелкосопочника.

Годовой ход среднесуточных значений температуры воздуха по указанным выше широтам представлен на рис. 3. 1



Рис. 3. 1. Годовой ход средних суточных значений температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$).

Прежде чем рассматривать рис. 3. 1 покажем характерные для этих территорий географические пояса и значения температуры самого холодного и теплого месяцев года в них.

В экваториальной зоне не выделяют среднюю температуру самого холодного и самого теплого месяца, так как за год Солнце проходит экватор дважды. Средние месячные температуры этого пояса укладываются в полосу $24\text{--}28^{\circ}\text{C}$.

Тропический пояс в северном полушарии располагается севернее экваториального пояса, но южнее нашего субтропического. Характерными температурами самого холодного и теплого месяцев в тропическом поясе являются $+10^{\circ}\text{C}$ и $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Субтропический пояс характеризуется средней месячной температурой января $+4\text{--}10^{\circ}\text{C}$, а июля - до 30°C . Туранский климат только южной полосой вписывается в эти температуры. Поэтому в первой половине прошлого века его относили к климату пустынь и полупустынь умеренного пояса. Работы Бугаева В. А. и Джорджио В. А. [9] показали, что Туранская низменность формирует тропический воздух туранского типа в теплый период года и преобразует

вторгающиеся воздушные массы зимой в умеренные воздушные массы туранского типа. Для равнин региона характерен мезотермический сезон с типичной субтропической температурой, что отражено в работах Четыркина В. М., Коровина Е. П. Большой вклад в изучение этого сезона внес Бабушкин Л. Н.. В частности, он определил обеспеченность зим со средней месячной температурой января $+4^{\circ}\text{C}$ и более на территории региона, на основе средних многолетних значений температуры января. Территорию можно районировать по этому параметру. На территории со средней многолетней месячной температурой января минус 6°C наблюдается 5% зим со средней температурой января более 4°C , а с температурой $+4^{\circ}\text{C}$ - 100%. Между ними обеспеченность субтропических зон распределяется так:

$t^{\circ}_{\text{январь}}$	-6	-4	-3	-2	0	+2	+4
обеспеченность							
вегетационных зим, %	5	20	25	37	60	80	100

В горах высота изотермы января минус 6°C наблюдаются на склонах Ферганского и Кураминского хребтов высотах 1300-1450 м н. у. м.; на высотах 1500-1800 м н. у. м. - в Западном Тянь-Шане; на высотах 2000-2500 м н. у. м. - в долине р. Зерафшан и бассейне р. Кашкадарьи; на 3200 м н. у. м. - на южных склонах Байсунтау.

В выборке, представленной на рис. 3. 1, классические субтропики (средняя месячная температура января $>4^{\circ}\text{C}$) распространяется до 35° с. ш.. До широты $41,5^{\circ}$ с. ш. январские температуры выше 0°C , т. е. в полосе указанных широт наблюдается более 60% вегетационных зим. При этом в полосе широт $38,5-40,0^{\circ}$ с. ш. их обеспеченность на 20-25% выше, что, по всей видимости, связано с деятельной поверхностью в виде песка (эта полоса приходится на центральную часть Каракумов). На уровне средних месячных значений температуры января с отрицательными температурами наблюдаются выше $41,5^{\circ}$ с. ш.. Однако в полосе до 43° с. ш. вегетационные зимы отмечается в 30-40%.

Данные рис. 3. 1 позволяют наметить фенологические сезоны (П. в рассматриваемый период. Периоды декабрь-февраль - это зима (микротермический период согласно Е.П. Коровину), июнь-август - лето (ксеротермический период). Временные границы лета проходят весной в мае, осенью в сентябре. Апрель и октябрь - это временные границы окончания весны и окончания ранней

осени соответственно. Март же характеризуется окончанием ранней весны и началом разгара весны, а ноябрь – это вторая половина ранней осени, начало глубокой осени. Таким образом, исходя из значений средней месячной температуры, можно заключить, что мезотермическая весна – это февраль-май, а мезотермическая осень – сентябрь-декабрь. Суровая зима с полным отсутствием вегетационных зим отмечается выше 50° с. ш., хотя на отдельных территориях возможны такие зимы, начиная с широты 43° с. ш..

Контрастность температур между географическими поясами предопределяет тепло-массообмен между ними. Для оценки контрастности ход средних месячных температур за отдельные месяцы вдоль полосы $62-72^{\circ}$ в. д. аппроксимируем прямой линией ($y=ax+b$) в координатах ($t^{\circ}_{\text{сред. С.}}$, $\Phi_{\text{с.ш.}}$) (рис. 3. 1, 3. 2). На рис.3. 1 представлена более обширная территория, включающая Казахстан, Туркменистан, Кыргызстан и Афганистан, а на рис. 3. 2 только Узбекистан.

В нашем случае свободный член (b) характеризует температуры южной части территории, т. е. субтропики Иранского типа. Максимальные температуры воздуха в этой зоне субтропиков приходятся на июль ($b=29,3^{\circ}\text{С}$). Как видим, южные станции в представленной выборке находятся вблизи границы тропического пояса (температура июля близка, но ниже 30°С , а января соответственно 10°С).

При рассмотрении холодного (зима) и теплого (лето) периодов года как два сезона имеем переход от лета к зиме и от зимы к лету период август-ноябрь, когда температура воздуха за месяц падает на $5-6^{\circ}\text{С}$, и февраль-июль, когда она растет на $5-6^{\circ}\text{С}$.

Рассмотрим наклон изотермы в сторону севера (член a), который характеризует горизонтальный градиент температуры вдоль меридиана. Знак минус указывает, что во все месяцы года северные области рассмотренной территории ($\Phi=32-53^{\circ}$ с. ш.) холоднее южных. Как видим летом (июль) средний градиент температуры воздуха на указанном участке минимальный и наклон кривой в основном определяет две-три южные и две-три северные станции. Наклон удваивается к октябрю, который отмечается на уменьшении абсолютных значений температуры воздуха в два раза.

К декабрю " a " увеличивается еще на 0,18. Температуры воздуха октября и декабря (рис. 3. 2), показывают, что градиент температуры воздуха на участке территории Узбекистана вырос в два раза.

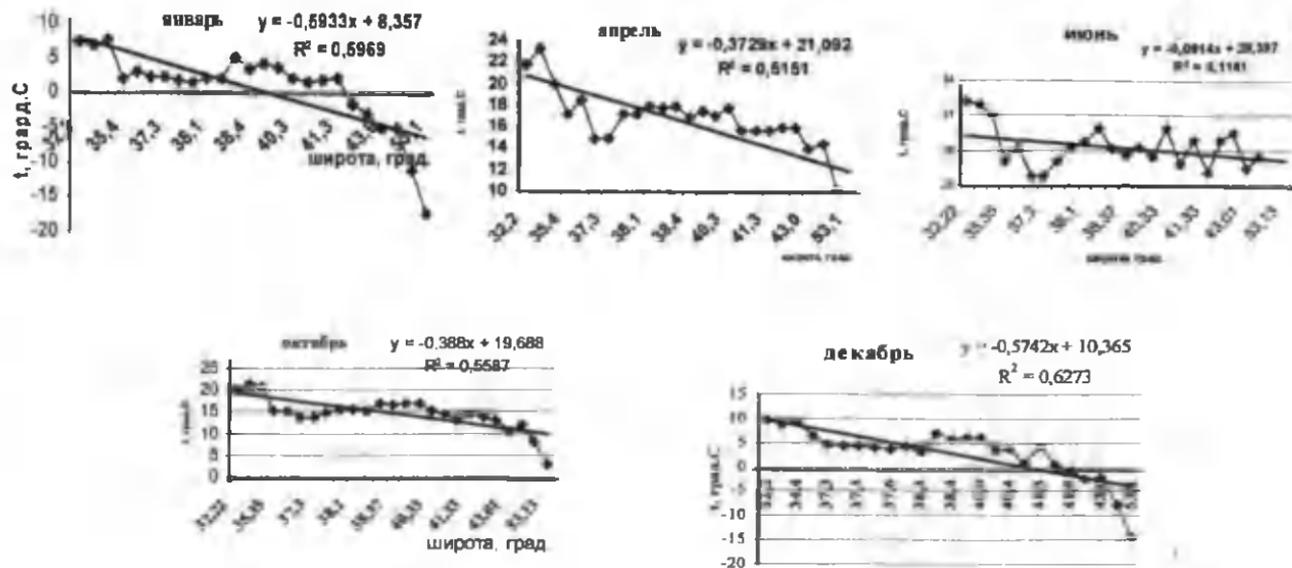


Рис. 3. 2. Широтное распределение средних месячных температур воздуха (°С) по территории Казахстана, Туркменистана, Кыргызстана, Афганистана

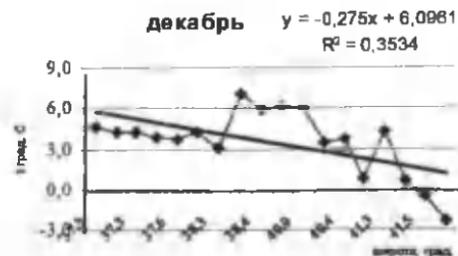
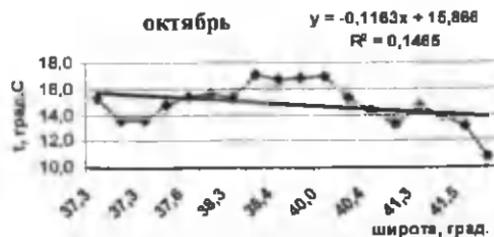
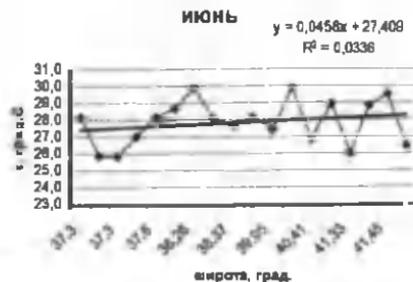
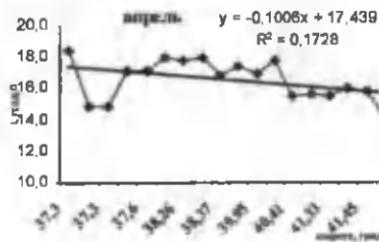
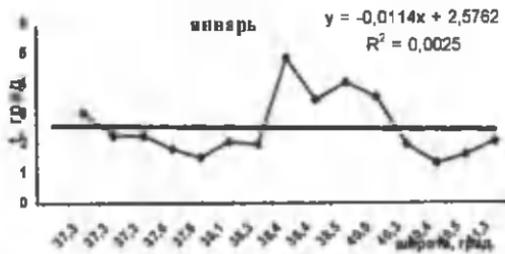


Рис. 3. 3. Широтное распределение средних месячных температур воздуха (°С) по территории Узбекистана

Январские температуры воздуха (рис. 3. 2) повторяют конфигурацию кривой декабря, хотя по величине они ниже. Кривая температуры на территории Узбекистана этого месяца несравнима с остальными месяцами, т. к. за этот месяц не было данных трех северных станций.

К лету меридиональное распределение температуры воздуха повторяется в обратном порядке.

Эти данные еще раз подтверждают результаты главы два, что основной сезон осадков распространяется на октябрь-апрель. В период апреля-июня количество осадков больше относительно сентября и ноября, т. к. он проходит на фоне более влажной атмосферы и значительный вклад дают ливневые осадки на фоне обложных, в то время как осенние осадки выпадают в период сухой атмосферы, преимущественно на фронтах.

3. 3. Пространственно-временное распределение температуры воздуха, определяющей фенологические сезоны в регионе

Для наиболее полного использования атмосферных осадков региона в зоне достаточного увлажнения необходимо ввести в оборот на этих территориях сельскохозяйственные культуры, которые начинают развитие осенью, а продолжают вегетировать весной после достаточного прогрева воздуха и почвы. Такой культурой сейчас является озимая пшеница.

Как известно, для ее развития оптимальными являются температуры воздуха 10-20 (25)°С. На отдельных этапах она может медленно развиваться при температурах 5°С и больше. Сведения о требованиях пшеницы к температурам воздуха зимой можно найти у Е. С. Улановой, где приведены как данные автора, так и многих других исследователей, получивших результаты в наиболее близких к нашим метеорологическим условиям.

Согласно этим исследованиям оптимальными термическими условиями в фазе прорастания озимой пшеницы являются температуры 14-20°С, при которых семя при достаточной влаге в почве прорастет за 7-9 дней. Сам осенний период вегетации в среднем равен 40-60 дням при сумме температур 400-600°С. Для северных районов Узбекистана период с температурами 20-5°С наблюдается в течение сентябрь-две декады ноября, для южных – сентябрь-одна (две) декады декабря. Начало весенней вегетации начинается в пе-

риод с середины-конца февраля на севере, а на юге заканчивается в середине января-начале февраля.

На рис. 3. 3 приведены средние декадные температуры воздуха с первой декады сентября по вторую декаду июня.

На территории Узбекистана оптимальные температуры воздуха для всходов озимой пшеницы отмечаются в период с конца сентября до середины (вторая декада) октября. Отметим, что диапазон оптимальных температур воздуха для всходов равен $17\pm 5^{\circ}\text{C}$, что составляет ± 10 дней от дат устойчивого перехода температуры воздуха через 17°C осенью, которые приведены в (П. 5).

Границей завершения осеннего вегетационного периода является дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C . Как видим (П. 5) на юге это середина декабря, а на севере середина ноября.

По температурному показателю продолжительность осеннего вегетационного периода на севере составляет 80 дней, а на юге 100. С учетом количества выпадающих атмосферных осадков в осенний период вегетационный период будет короче. Степень увлажнения почвы естественными атмосферными осадками будет рассмотрена в главе 5.

В весенний период вегетация на юге Узбекистана начинается в самом конце января-начале февраля, на севере в марте (П. 5). Вдоль меридиана 66° в д. в полосе широт $41,5-42,5^{\circ}$ с. ш. вегетация начинается в первой декаде, до 44° с. ш. во второй декаде, а севернее на востоке и западе территории в третьей.

Оптимальные температуры воздуха в начале вегетации наблюдаются в марте на юге, а на севере в апреле. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 17°C на юге наблюдается в апреле, на севере в мае. Созревание зерна озимой пшеницы в Узбекистане наблюдается в мае-июне. Таким образом, завершение вегетации будет происходить летом (конец мая-июнь).

Для весны, так же, как и для осени важна обеспеченность почвы влагой. Если для осени риск отсутствия влаги имеется в начале сезона (сентябрь-половина октября), то весной такой риск возникает, по крайней мере, с середины мая. Отсутствие влаги в почве в начале вегетационного периода не так опасно, как весной. Осенью зерно может пролежать до весны, если оно не погибнет в период окончания влажной осени или холодной зимы с оттепелью. Весеннее же завершение вегетации сухим периодом погубит весь урожай.

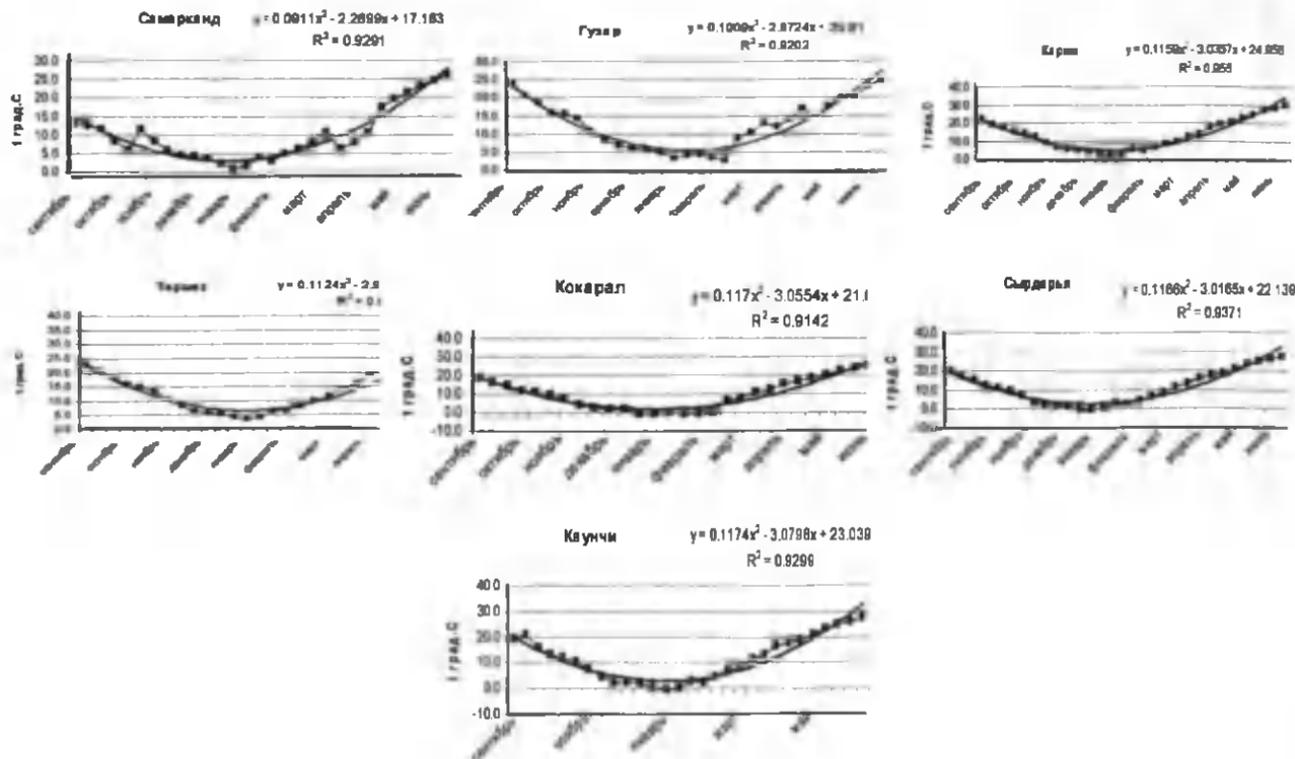


Рис. 3. 3. Средние многолетние декадные температуры воздуха (°C) за период с первой декады сентября по третью декаду июня.

ГЛАВА 4

ПОЧВЫ РЕГИОНА И ВОЗМОЖНАЯ СТЕПЕНЬ ИХ УВЛАЖНЕНИЯ

4. 1. Постановка задачи

Развитие сельского хозяйства, а особенно на отдельных его этапах принципиально новых разработок технологий требует метеорологических сведений. Однако, как отмечал К. А. Тимирязев в конце XIX века и Л. Н. Бабушкин в середине XX в климатических справочниках информации много, а биологи и агрометеорологи не могут получить отчеты на свои вопросы.

В середине XX века почвоведы и гидрогеологи изучили механизмы увлажнения почвы осадками, а агрометеорологи выявили оптимальную потребность доступной растениям влаги корневой системе. Делались попытки найти способы оперативного определения испарения, особенно в зоне поливного земледелия. Наиболее удачные позволяют по данным метеорологических станций определять испарение с малых водоемов, а также на орошаемых полях люцерны и, в какой-то мере, хлопчатника сразу после полива.

В настоящее время можно предложить следующий способ оценки испарения с сельскохозяйственных полей. По данным о структуре почвы и знании механизмов пропитывания почвы при поливе и осадками оценивать распределение влаги в почве по глубине. Далее найти способы потери влаги с поверхности почвы по апробированным методам определения испаряемости влаги в верхнем тонком слое почвы, а в метровом слое дополнительно и за счет транспирации растений. Для этого необходимы сведения о почве и механизме ее пропитывания, что и будет представлено в пределах имеющихся у нас проработок в настоящей главе. В следующей будет показана возможность использования сведений о солнечной радиации в расчетах испарения для решения рассматриваемых задач.

4. 2. Характерные типы почв

В среднеазиатском регионе из типов почв выделяются сероземы. Их типизация позволяет выделить согласно Г. М. Конобеевой типичные сероземы, темные, светлые, луговые, коричневые,

такырные. Для пустынных территорий следует выделить серобурые и песчаные.

Наибольшие площади региона занимает сероземный пояс. Среднюю часть этой зоны занимают типичные сероземы, распространенные на средних и верхних частях подгорных равнин и речных долин, заходя и на низкие предгорья. Орошаемые типичные сероземы, развитые на лессах, занимают большие площади в Ташкентском, Самаркандском, Андижанском и Сурхандарьинском вилоятах Узбекистана. Орошаемые светлые сероземы занимают большие площади (~3 млн, га) в различных частях Средней Азии (Голодная степь, западная и центральная части Ферганской долины, низовья Сурхандарьи и среднее течение р. Зеравшан).

Каждый тип почв определяется комплексом геологических, морфологических и метеорологических условий данной местности. В условиях постоянного увлажнения, пропитывания близкими грунтовыми водами по речным долинам и предгорьям в сероземном поясе развиваются луговые и болотные сероземные почвы.

Кроме этого среди типов почв различают орошаемые почвы: сероземы, включая светлые и темные, серобурые почвы, пустынные такыры и пустынно песчаные почвы, такырные, луговые. Перечисленные типы почв характерны для орошаемого земледелия и богарных земель. Для них доля этих почв составляет по 95% (табл. 4. 1), В табл. 4. 1 приведены наиболее распространенные типы почв без детализации, как перечислены они выше. Более подробные сведения можно почерпнуть в [37, 38, 42].

Таблица 4. 1

Типы почв

Типы почв	Повторяемость (%)
Сероземы типичные	65
Светлые сероземы	13
Темные сероземы	9
Горные коричневые почвы	9
Такырные почвы	4

Для пустынь указанные почвы составляют около 30%. Около 45% представляют серобурые почвы и чуть больше 20% песчаные. Такое соотношение относится к широко используемым пастбищам. Высотное распределение почв иллюстрирует табл. 4. 2.

Высотное распределение почв

Таблица 4. 2

Типы почв	Высота, м н.у.м.
Светлые сероземы	до 300
Сероземы типичные	300-360
Темные сероземы	600-900
Темные сероземы слабо выщелоченные	900-1400
Горные дерново-буроземные	1400-1800
Бурые лесостепные	1800-2200
Горные буро-выщелоченные почвы субальпийского пояса	Выше 2200

По структуре данные почвы представляют суглинки. Они делятся на тяжелые, средние, легкие, и являются характерными почвами в зонах орошаемого и неорошаемого земледелия. Песчаные почвы, в свою очередь, делятся на супесчаные, песчаные и супесь.

Для каждого типа почвы характерен свой механический состав, который определяет водно-воздушный и тепловой режим почв. Почвы состоят из различных смесей гравия, песка, илистых и глинистых частиц, органических веществ и классифицируются соответственно относительному содержанию этих компонентов. Тремя основными классами почв являются песок, суглинок и глина. На основании этого почвы классифицируются по механическому составу (табл. 4. 3).

Таблица 4. 3

Классификация почв по механическому составу (%)

Класс почвы	Песок	Ил	Глина
Песок	80-100	0-20	0 - 20
Супесь	50-80	0-50	0 - 20
Иловатый суглинок	0-50	50-100	0 - 20
Суглинок	30-50	30-50	0 - 20
Иловато-глинистый суглинок	0-30	50-80	20 - 30
Песчано-глинистый суглинок	50-80	0-30	20 - 30
Глинистый суглинок	20-50	20-50	20 - 30
Илистая глина	20-50	50-70	30 - 50
Песчаная глина	50-70	0-20	30 - 50
Глина	0-50	0-50	30-100

Так как механический состав во многом определяет свойства проводимости воды в этом грунте, то в табл. 4. 4 приведен для данных грунтов коэффициент фильтрации.

Таблица 4. 4

Коэффициент фильтрации (K)

Грунты	K	
	м/сут	м/декада
Глина	0,001	0,1
Суглинок тяжелый	0,05	0,5
Суглинок легкий	0,05-0,1	0,5-1
Супесь	0,1-0,5	1-5
Лесс	0,25-0,5	2,5-5
Песок пылевидный	0,5-1,0	5-10
Песок мелкозернистый	1-5	10-50
Песок среднезернистый	5-20	50-200
Песок крупнозернистый	20-50	200-500

4. 3. Агрогидрологические характеристики почв

Под агрогидрологическими свойствами почвы подразумевают те ее характеристики, которые позволяют судить о содержании влаги, доступной для корневой системе растений, а также некоторых физических свойствах почвы, необходимых для расчета запасов влаги. К ним относятся: объемная масса, плотность почвы, общая скважность; максимальная гигроскопичность; полная, капиллярная и наименьшая влагоемкости почв, влажность устойчивого завядания растений, коэффициент фильтрации и другие.

По данным 22 метеорологических станций, расположенных на территории богарных и пустынных земель, нами были представлены некоторые агрогидрологические свойства этих почв в виде таблиц по каждой станции в отдельности. Ниже, как пример, приводятся такие данные по метеорологической станции Машикудук (табл. 4. 5).

Таблица 4. 5

МС Машикудук, Разрез 2 (пастбица),
Почвы серобурые, песчаные, незасоленные

Агрометеорологические характеристики почв	Глубина почвы, см									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Объемная масса, г/см ³	1,47	1,44	1,40	1,39	1,42	1,45	1,39	1,51	1,52	1,47
Влажность завядания, %	1,50	2,1	2,2	2,1	2,0	2,4	2,3	2,4	2,5	3,2
Влагоемкость:										
наименьшая, мм,	9	9	9	9	10	11	11	12	12	9
%	7,7	8,4	8,7	8,8	9,3	9,5	9,9	10,5	10,4	9,5
полная, %	31	32	34	35	33	32	35	29	29	31
Непродуктивная влага, мм	2	3	3	3	3	3	3	4	4	5

В табл. 4. 6 приведены статистические данные о свойствах почв за 30-летний период наблюдений на агрометстанциях Узбекистана. Они характеризуют как почвы орошаемых полей, так богарных и пастбищ. Общие данные характеризуют почвы более чем на 100 станциях, где измерения проводились в нескольких точках.

Как видим, плотность твердой фазы почв Узбекистана довольно однородна и по пространству, и по глубине в метровом слое грунта. Объемная масса почвы имеет больший разброс. Их коэффициент вариации отличается на порядок. Отсюда пористость (скважность) почв находится в диапазоне 35-60% при средней величине 48%.

Таким образом, для максимального наполнения метрового слоя требуется слой воды от 350 до 600 мм. Далее в табл. 4. 6 представлены важнейшие для нас характеристики почв. Полная влагоемкость является расчетной по скважности, которая показывает в процентах содержание влаги в почве при полном заполнении всех пор почвы по отношению массы. Все остальные параметры также приведены в безразмерных величинах (%) по отношению к массе. Данные характеристики показывают, что в наших условиях за зимний сезон без учета реального количества осадков, т. е. теоретически можно накапливать до 280 мм осадков в метровом слое (наименьшая полевая влагоемкость).

Ближе к моменту начала вегетации растений за счет заполнения всех пор можно дополнительно накопить еще от 40 до 70% от указанной величины. Последняя строка указывает, что растения могут использовать чуть больше половины от запасов длительного хранения (наименьшая полевая влагоемкость). Для пастбищ с эфемерной растительностью, корни которой, как правило, занимают треть от рассматриваемой величины, доступный запас влаги следует накопить в верхнем 30-сантиметровом слое; для части кустарников - в 50-сантиметровом слое, т. е. в половине слоя под злаковыми.

4. 4. Влагоемкость почвы (грунта) и механизмы увлажнения в зависимости от ее начального увлажнения

Исследования процессов и условий увлажнения почво-грунтов активно проводились в середине прошлого столетия. Считаем целесообразным и достаточным, воспользоваться результатами исследований, опубликованными в [1, 37, 38, 40, 41].

Таблица 4. 6

Агрометеорологические свойства почв

Свойства почв	Глубина, см	Статистические характеристики				
		N	x	σ	x_{\max}	x_{\min}
Плотность твердой фазы (удельный вес), г/см ³	10	116	2,70	0,03	2,82	2,64
	60	112	2,72	0,03	2,80	2,67
Объемная масса почвы (объемный вес), г/см ³	10	117	1,41	0,13	1,70	1,07
	60	113	1,44	0,10	1,73	1,18
Объемная скважность почвы, %	10	116	48	4,44	60	37
	60	48	48	4,10	57	38
Максимальная гигроско- пичность почвы, %	10	99	3,19	1,14	6,4	1,3
	60	111	3,31	1,29	7,7	0,5
Наименьшая полевая влагоемкость, %	10	106	20,5	3,48	28	18
	60	102	22,2	3,24	33	17
Капиллярная влагое- емкость почвы, %	10	81	28,0	4,21	40	18
	60	78	27,8	4,33	40	19
Полная влагоемкость почвы, %	10	117	34,36	5,28	49	22
	60	113	34,25	5,35	48	21
Запасы непродуктивной влаги в мм / 10 см	10	115	8,57	2,55	16,9	2,7
	60	112	8,50	2,95	15,8	1,4

Во-первых, следует различать прохождение воды в увлажненном и сухом грунте. В условиях среднеазиатского региона, где сезон выпадения осадков на равнине прекращается в июне, и возобновляется в октябре, при высоком положении Солнца и практическом отсутствии облаков, затеняющих Солнце, почва (грунт) просыхает почти полностью.

Во-вторых, в этом случае следует выделять пять механизмов продвижения влаги в почве: диффузионный, пленочный, пленочно-менисковый, капиллярный, гравитационный.

В третьих, в вышеуказанных исследованиях было установлено, что почво-грунты имеют пустоты, конфигурация которых зависит от их структуры (состав, размеры и упаковка). Мы ограничимся рассмотрением однородных по составу и размерам частиц грунтов, характерными для основных почв равнинной части Узбекистана (сероземы средне и тяжелосуглинистые, такыровидные, темные и светлые сероземы). Однако наши оценки в указанных ограничениях будут касаться понятий увлажнения, а величины будут скорректированы путем использования экспериментальных данных. В основу заложены как результаты экспериментальных данных из [37, 38,], так и результаты исследований [1, 11, 18, 40, 41, 46-48, 51]. Эти положения и легли в основу классификации атмосферных осадков, характеризующих пропитывание и дальнейшее сохранение влаги в грунте.

Зададимся целью оценить какое количество атмосферных осадков, выпадающих за единый непрерывный процесс их выпадения, способно пропитать грунт, до какой степени и глубины.

Диффузное передвижение парообразной влаги вглубь грунта может осуществляться в период прохождения насыщенного влагой воздушного потока. Для равнинной территории этот вариант наиболее типичен и будет связан с охлаждением потока, выхолаженного относительно температуры потока поверхностью. Возможен вариант и увлажнения грунта парообразной влагой за счет слабых осадков. Какими величинами характеризуется парообразная влага в грунте?

Максимальный слой парообразной воды – это слой толщиной, равной слою плотно упакованных молекул воды. По значениям скважности грунта и структуры его поверхности (размер и упаковке частиц грунта), можно рассчитать: диаметр капилляра (размер), число капилляров, внутреннюю поверхность цилиндра.

Так как атмосферные осадки принято измерять в миллиметрах, то далее будем характеризовать структуру грунта через объемные, а не весовые единицы.

Объем одной молекулы воды составляет $11 \cdot 10^{-24}$ см³. Заметим, что при отложении пленки в одну молекулу воды по экспериментальным данным на одну молекулу приходится объем, равный $30 \cdot 10^{-24}$ см³. По данным [37, 38] и с учетом [41] для характерных почв Узбекистана максимальный объем парообразной влаги характеризуется несколькими процентами от объема грунта, т. е. на 1 см³ грунта это составит $\sim 0,03$ см³, что при пересчете на необходимый слой площадью в 1 см² составит слой толщиной в 0,3 мм. Моросящие атмосферные осадки (незначительные по количеству, по продолжительности от нескольких минут до 3-4 ч) способны увлажнить грунт парообразной влагой, толщиной до 3 см. Однако этого количества влаги недостаточно для прохождения внутрь и насыщения пор влагой. Стенки пор должны покрыться слоем воды, а не молекулами водяного газа. Из молекулярной физики известно, что молекулярные комплексы газообразной воды в количестве пяти молекул приобретают свойства жидкой воды. Это минимальный слой увлажнения стенок пор жидкой водой.

Как видим, для смачивания рассматриваемого грунта, объемом в 1 см³, требуется слой осадков, равный 1,5 мм, а согласно [41] может быть и 2 мм. Это возможно в случае, когда водный слой измеряется толщиной, равной 8 молекулам. Но эта вода не доступна для растения, однако она необходима для подготовки грунта для его пропитывания на глубину.

В зависимости от структуры грунта различают два случая. Если частица грунта менее 1 мм, то в нем влага будет находиться в капиллярно-подвешенном состоянии. Этот вариант и представляет для нас интерес, т. к. в этом случае в интересующем нас слое будет накапливаться влага, доступная растениям. При наличии крупных частиц в грунте продвижение воды будет подчиняться гравитационным силам, и она будет проходить вглубь до задерживающих слоев. По В. Л. Шульцу [59] на большей части равнинной территории Средней Азии грунтовые воды расположены ниже 3 м и более, и с учетом малого количества влаги они не способны обеспечить подпитку верхних слоев толщиной 0,2; 0,5; 1,0 м [40, 41].

Сколько же потребуется влаги для появления подвижной влаги в слое грунта толщиной 1 см при основании $S=1\text{см}^2$? Типичными

будут величины ~3,5-4,0 мм, а доступной растению будет количество влаги, равное 1,7-2,4 мм.

Таким образом, для увлажнения слоя почво-грунта толщиной 0,2 или 0,5 м до состояния наименьшей полевой влагоемкости, соответствующей влаге капиллярно-подвешенной, требуется 70÷80, 180÷200 мм осадков.

В условиях Узбекистана любой единичный дождь холодного периода года по количеству не превосходит вышеуказанных величин, т. е. не может увлажнить слой почвы толщиной 20 см, а тем более 50-сантиметровый до состояния наименьшей влагоемкости.

Для определения нижнего предела следует рассмотреть условия прогрева почвы. Результаты таких исследований описаны нами в [39]. Наблюдения по коленчатым термометрам провидятся с апреля по ноябрь в период отсутствия сильных заморозков. В апреле и октябре в суточном ходе прогрев почвы на глубинах 15-20 см не превосходит 3,0-3,5°С, в ноябре - не более, чем 2° С на глубине 15 см. Тогда следует, что для сохранения влаги от испарения желательнее выпадение осадков за единый процесс их выпадения в количестве более 20 мм. Заметное накопление влаги будет и от выпадения осадков в количестве 10 мм и более. Возможно накопление влаги и за счет осадков в количестве 5 мм, особенно, если разрыв между выпадением осадков не будет превосходить 10-15 дней.

Таким образом, из свойств структуры грунта следует, что вклад в накопление влаги в грунте в холодный до вегетационный период вносят и осадки в количестве 5 мм за единый процесс их выпадения. Более слабые осадки как серия осадков перед либо более продолжительными, либо большими по количеству, нужны для обеспечения смачивания поверхности пор.

Из проработок по механизму накопления влаги в почво-грунтах было получено, что в песчаных грунтах накапливается до 80 %, в мелкодисперсных грунтах - до 50 %. Тогда в холодный до вегетационный период года на равнине в суглинках накапливается 25+50 мм, в песчаных - 35-65 мм. Как будет показано ниже, на равнине в период вегетации выпадает 55-100 мм и более в восточной ее части, в предгорной равнине осадков выпадает больше, и, следовательно, запас влаги в почве в 1,5 раза больше.

4. 5. Количество атмосферных осадков, необходимое для различных степеней увлажнения (заполнения) почв без учета испарения

Не менее важным параметром оптимального развития культур является количество осадков, период их выпадения. Об использовании осадков растениями можно судить по многим имеющимся на настоящее время показателям. Мы воспользуемся коэффициентом накопления осадков (K_n) и коэффициентом использования осадков ($K_{ис}$). Следует заметить, что если количество осадков небольшое, то даже некоторые приемы агротехники не всегда способствуют накоплению осадков. Так углубление пахотного слоя сверх 30-40 см мало способствует накоплению осадков (K_n), т. к. почва при этом быстро уплотняется и влагоемкость уменьшается, и главная микробиологическая деятельность почвы ослабевает.

Расчет $K_{ис}$ [3] показал, что из 200 мм осадков используется только 110 мм, а 90 мм составляет средний сток. Характерными значениями для зоны формирования осадков являются $K_{ис} = 0,5$. Для предгорных территорий $K_{ис} = 0,6-0,7$ и меняется по зонам, что необходимо учитывать при расчетах запасов влаги.

Исходя из продолжительности вегетации характерных для Средней Азии сельско-хозяйственных культур, рассмотрим, как используются растениями выпадающие атмосферные осадки?

Исходя из анализа дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 5°C и продолжительности периода вегетации растений, равного 60-120 дней, рассмотрим период с 10 февраля по 31 мая.

Потребность растений в воде определяем, как воду, участвующую в процессе фотосинтеза и транспирации. В этой оценке исходим из энергетических возможностей с учетом реалий развития растения.

В процессе фотосинтеза растениями используется активная фотосинтетическая радиация (ФАР). Довольно с высокой степенью точности ее можно оценить по данным стандартных актинометрических станций, используя информацию о прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность (S^1), и рассеянной радиации. Как показал анализ, для условий нашего региона днем весной и летом с утра до вечера (наблюдения ведутся в течение 5 сроков с 6ч 30 мин до 18 ч 30 мин) основной вклад дает

прямая солнечная радиация (S^1), а в ранние утренние часы – рассеянная радиация.

По этим данным и уравнению, описывающему процесс фотосинтеза, была оценена потребность воды для этого процесса. С учетом того, что растения не покрывают всю площадь поля, температура воздуха не соответствует условиям оптимизации процесса и для полного использования ФАР требуется оптимизация ФАР с доступной для растения водой и достаточного количества CO_2 , нами взяты коэффициенты для февраля, равные 20 %, 30 % - для марта и начала апреля, а далее 50 %. Эти величины определяются величиной ФАР и биологической массой растений в наших условиях.

Расчетные данные показывают, что для осуществления фотосинтеза с полным использованием ФАР с февраля требуется влага в количестве 2 мм осадков в день. С марта до мая эта величина возрастает от 8,4 до 18,6 мм.

Для оценки возможных величин необходимой влаги, требуемой на транспирацию, использованы данные о радиационном балансе, оцененные по [12].

Как видим (табл. 4. 7) в течение сезона на эти цели необходимо ~235 мм влаги, доступной корневой системе растений. Здесь не учитывается влага, испаряющаяся с поверхности почвы. Однако не учитывалась и влага, остающаяся в почве не доступная растениям, теряется в летний сезон без осадков. Следует заметить, что испаряться будет влага из освещенного Солнцем 5-10 сантиметрового слоя почвы.

Таблица 4. 7

Суммарные величины необходимой для фотосинтеза и транспирации влаги с частичным учетом развития разросшейся растительности

Период	Необходимое количество влаги, мм
2 декады февраля	8,0
Март	27,5
Апрель	64,5
Май	133,5
Сумма	233,5

Растения могут получить такое количество влаги на средне-суглинистых почвах при выпадении атмосферных осадков в количестве 300-350 мм в год.

Сравнение расчетных данных испаряющейся воды путем транспирации и расчетных данных об испаряемости, рассчитанной по дефициту влажности воздуха, показывают на достаточную близость величин. Поэтому полагаем, что по приведенным данным о количестве необходимой растению влаги и влаги, остающейся в почве, как недоступной для растения, можно оценивать по данным об атмосферных осадках возможный вегетационный период растений в условиях Узбекистана.

ГЛАВА 5

ОСЕННИЙ И ЗИМНИЙ СЕЗОН ОСАДКОВ

5. 1. Общая характеристика сезона атмосферных осадков Турана

Сезон осадков в Туранской низменности, как было показано в главе 2, отмечается в период сентябрь-середина июня, в который выпадает до 90-95% годовой нормы.

Для максимального использования атмосферных осадков следует выбирать культуру (культуры), для которой важны осенние осадки, а затем зимние с начальным периодом весенней вегетации. Выше было указано, что осенний вегетационный период такой культуры, как озимая пшеница, равен 45-60 дням и весенний 90-120 дней. При этих условиях в целом для обеспечения всходов и роста ее необходимо не менее 200-250 мм.

Нами были выбраны 10 метеостанций в зоне возделывания озимой пшеницы на территории зоны рассеивания стока рек с годовым количеством атмосферных осадков 250 мм и более. Станции расположены на высотах 250-750 м н. у. м. На указанных метеостанциях годовое количество атмосферных осадков укладывается в диапазон 250-500 мм (рис. 5. 1).

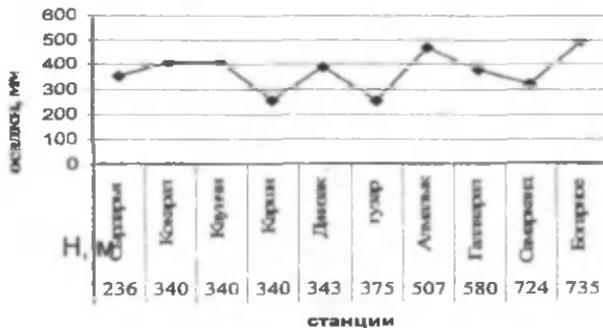


Рис. 5. 1. Среднее многолетнее годовое количество осадков, мм

Более половины этих метеостанций расположены в условиях достаточного увлажнения, три из них находятся явно в зоне

рискованного земледелия. Это южные метеостанции (Карши, Гузар) и Самарканд. В Самарканде наблюдались осадки с абсолютным минимумом ~40 мм и абсолютным максимумом ~500 мм. Обеспеченность количества осадков более 400 мм в год равна 10%, более 250 мм 80%, т. е. в один год из десяти возможны самые высокие урожаи, а в два его не будет.

Обычно об атмосферных осадках, так же как и о других метеорологических параметрах, судят по отношению их величин к норме. По выборке величин годового количества осадков за период 1985-2009 годов определены такие отношения (рис. 5. 2.). Как видим, в Самарканде в этом период осадки выпадали в диапазоне 40-160% от годовой нормы, а на одной из семи метеостанций (Сырдарья), которая по предварительным оценкам попадает в число станций, относящихся к зоне с достаточным увлажнением, диапазон составляет 60-150%.

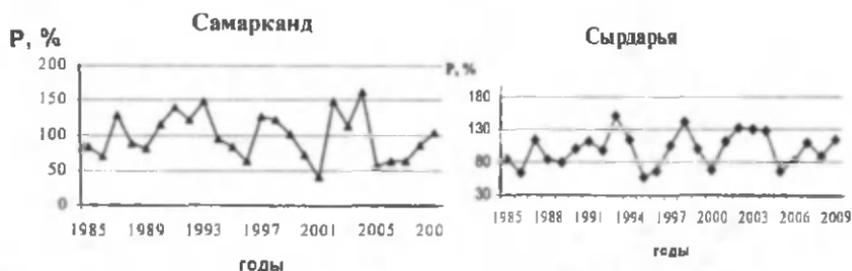


Рис. 5. 2. Отношение (P, %) годового количества осадков к норме.

Если выбрать диапазон 80-120%, то в Самарканде в этот диапазон попадает 52% лет, в Сырдарье 80%. Если учесть, что верхняя граница выделяет годы с большим количеством осадков, то при общей климатической ограниченности осадков в регионе большое количество осадков в отдельные годы не может нанести ущерба. При переходе к нижней границе (0,8 от нормы) количество влаги будет недостаточно для развития зерновых культур. При этих условиях в Самарканде осадков будет достаточно, когда их выпадает больше 0,8 от нормы. Таким образом, в Самарканде обеспеченность осадков будет 70%, а в Сырдарье 80%.

Для освоения больших территорий немаловажно знать насколько совпадают метеорологические условия на рассматрива-

емой территории. Такую характеристику иллюстрирует рис. 5. 3. Как видим, в конкретный год разброс отличий отношений количества осадков от нормы характеризуется величиной 20-60%.

За период 1985-2009 годы самым многоводным был 1993, когда практически на всех рассматриваемых станциях выпало от 140 до 170% годовой нормы. Выделяются метеостанции Карши и Гузар, где количество выпавших осадков также отмечено больше нормы, но несколько ниже (130%), чем на остальных.



Рис. 5. 3. Отношение количества осадков в *i*-том году к среднему многолетнему (норме).

Экстремальные величины (абсолютные минимум и максимум) являются не устойчивыми параметрами. Их обычно используют как вспомогательные параметры, показывающие достигается ли предельное значение составленной для анализа выборке и насколько она представительна. В нашем случае они показывают качественную характеристику количества осадков (рис. 5. 4). Так, абсолютный максимум осадков в 1993 году отмечался на семи метеостанциях из десяти, а абсолютный минимум (1995 г.) – на четырех метеостанциях.

При большом количестве осадков за процесс поле осадков более однородно, а если они выпадают полосой, то она шире, чем на малом фоне осадков [50, 51]. Южные станции и Самарканд в этой выборке характеризуются большим количеством осадков конвективных процессов (ливневые), которые, по всей

видимости, и объясняют другие годы с абсолютным максимумом осадков. Абсолютный минимум обычно, если не нуль по значению, то близок к нему. На этом фоне осадки измеряются с большими ошибками. Однако даже при этих условиях на четырех станциях абсолютный минимум в выборке из 25 лет совпал.

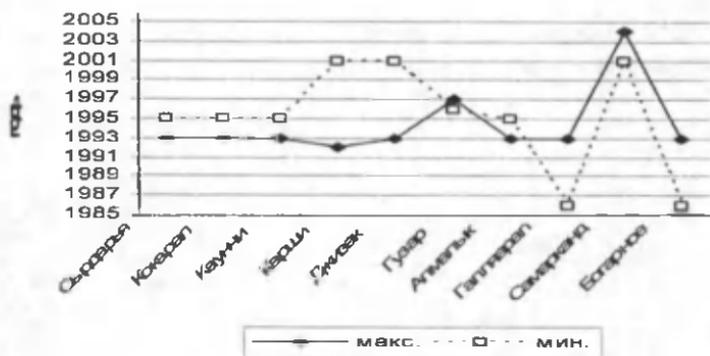


Рис. 5. 4. Экстремальные величины годового количества осадков

Для решения нашей задачи целесообразно сезон осадков (сентябрь-середина июня) разделить на три: осенний вегетационный, межвегетационный и весенний вегетационный. Как было показано в главе 3, осенний вегетационный сезон по термическим показателям начинается в сентябре. В Туранской низменности, включая предгорные равнины Западного и Южного Тянь-Шаня, Памиро-Алая, сезон осадков начинается в сентябре. Согласно климатическому календарю это осень, а фенологическому – завершение осени на севере и ранняя осень на юге. Это осенний мезотермический сезон, когда температура воздуха падает от 22-25°C до 4-5°C, заканчивается к концу ноября, началу декабря на севере Узбекистана в зоне рассеивания стока и в декабре на юге.

Ниже рассмотрим этот период осени до наступления межвегетационного периода.

5. 2. Атмосферные осадки осени

Этот сезон начинается после практического отсутствия осадков в летний период, так что почвы в этот момент увлажнены до максимального гигроскопического состояния, а если в конце лета отмечались осадки, то до состояния влажности устойчивого завядания.

Осадки, выпадающие в сентябре на территории Узбекистана представлены на рис. 5. 5.

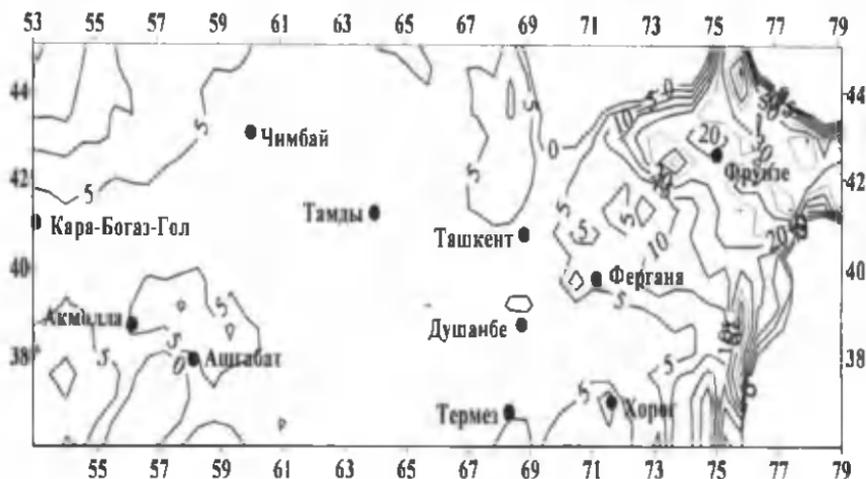


Рис. 5. 5. Карта-схема среднего многолетнего месячного количества осадков (мм) в сентябре.

Как видно в центре Турана между меридианами 61° в. д. и 67° в. д. осадки выпадают в количестве менее 5 мм. На западе региона в сентябре начинается сезон осадков вдоль небольших хребтов, выступающих стимулятором динамической конвекции, усиливающей подъем воздушных масс, дополнительно увлажненных Каспием, на слабо развитых фронтах.

Рассмотрим, какова их обеспеченность (регулярное ежегодное выпадение) (рис. 5. 6) на фоне малого количества осадков.

сентябрь

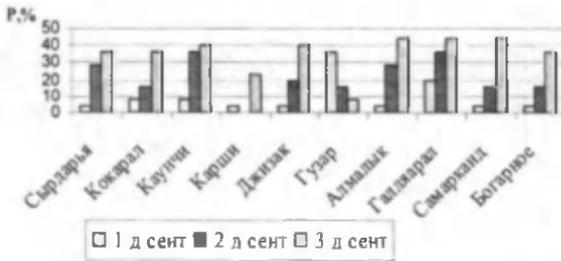


Рис. 5. 6. Обеспеченность (%) выпадения осадков в сентябре

Как видно в первой декаде сентября обеспеченность не превышает 5-10% на указанных метеостанциях, а по данным 60 метеостанций, характеризующих всю территорию Узбекистана, а не только зону рассеивания стока рек, в среднем многолетнем обеспеченность составляет 12%. Во второй и третьей декадах сентября обеспеченность повышается до 35-45%, а по данным 60 станций на 24% метеостанциях во второй декаде осадки не выпадали ни в один из 25 лет, вошедших в выборку. В среднем многолетнем по Узбекистану во второй-третьей декадах вероятность выпадения осадков составляет 40-45%. Таким образом, можно считать, что осадки, выпадающие в сентябре после практического их отсутствия в летний период, только очень слабо могут увлажнить верхний слой почвы.

В октябре (рис. 5. 7) среднее многолетнее количество осадков на большей части Средней Азии изменяется от 10 мм на западе и на равнинных пустынных районах в восточной части региона, увеличиваясь до 30-40 мм в предгорных районах, достигая в высокогорных районах 60-70 мм.

Среднее многолетнее декадное количество осадков в первой декаде октября переменное по территории региона, изменяясь от 2-4 мм на юге (ГМС Карши), до 8-10 мм в районе ГМС Алмалык, Галляраал. Во второй декаде среднее многолетнее количество осадков по всем станциям равно 7,4 мм, изменяясь по территории от 1,6 мм на юге (ГМС Карши) до 12,3 мм в района ГМС Алмалык. В третьей декаде среднее многолетнее равно 10,1 мм, изменяясь от 1,6 мм в Карши до 15,4 мм в Алмалыке.

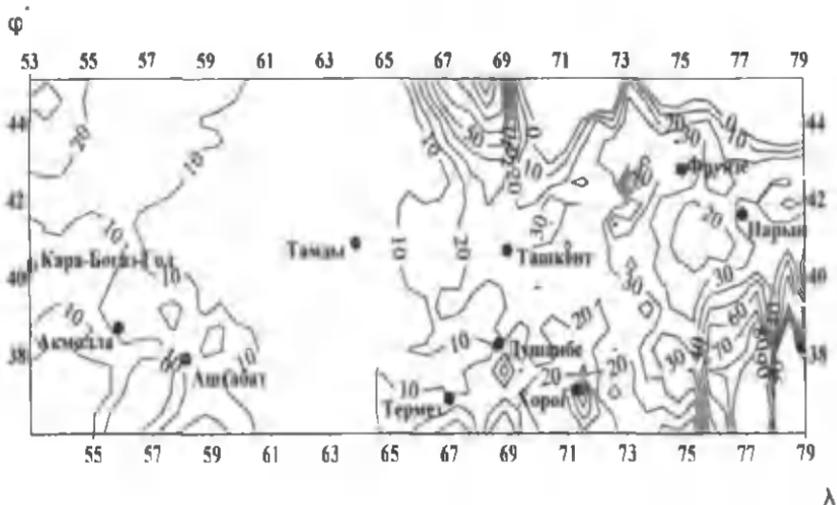


Рис. 5. 7. Карта-схема среднего многолетнего количества (мм) в октябре.

Вероятность (%) их выпадения в среднем многолетнем составляет порядка 55%, что почти в 2 раза больше, чем в третьей декаде сентября; в пустынных районах не более 25-30% (рис. 5. 8), а по количеству выпадающих осадков превосходит в 2 раза.

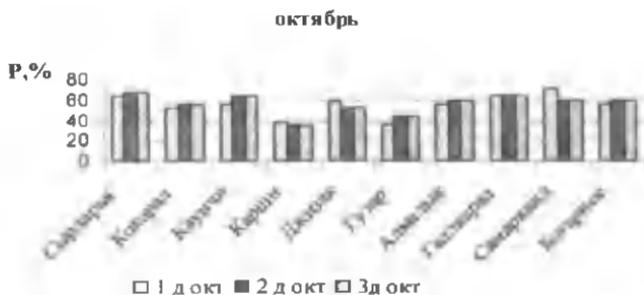


Рис. 5. 8. Обеспеченность (%) выпадения осадков в октябре.

Однако следует отметить большую изменчивость количества осадков и обеспеченность их выпадения по годам (рис. 5. 9).

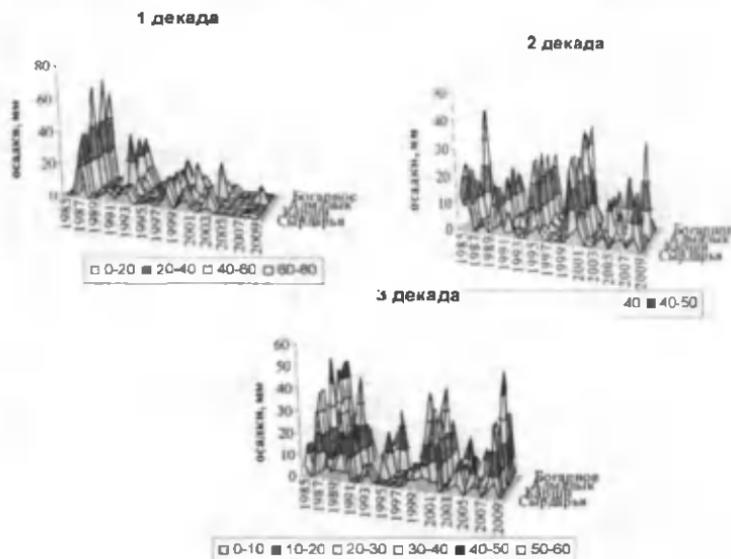


Рис. 5. 9. Декадное количество осадков (мм) в октябре по годам, мм

Изменчивость количества декадных осадков по выборке: 10 метеостанций с показаниями за каждую декаду октября по 25-летнему (рис. 5. 9) ряду наблюдений показали, что этот ряд значений количества осадков укладывается в очень широкий диапазон 0+50 мм при средних значениях по станциям 2-12 мм в декаду.

В ноябре (рис. 5. 10.) режим выпадения атмосферных осадков приближается к зимнему режиму. На равнинных частях Туркмении и Узбекистана их количество равно 10 мм, в предгорьях Копет-Дага доходит до 20 мм. На предгорных равнинах выпадает порядка 30-40 мм, а в горах Западного Тянь-Шаня доходит до 50 мм; на Памире -30-40 мм в месяц. Эти данные подтверждают, что на равнинных территориях осадки связаны с классическими фронтами, их количество растет по мере роста контраста темпе-

ратур холодной и теплой воздушных масс (рис. 3. 1), формирующих фронты.

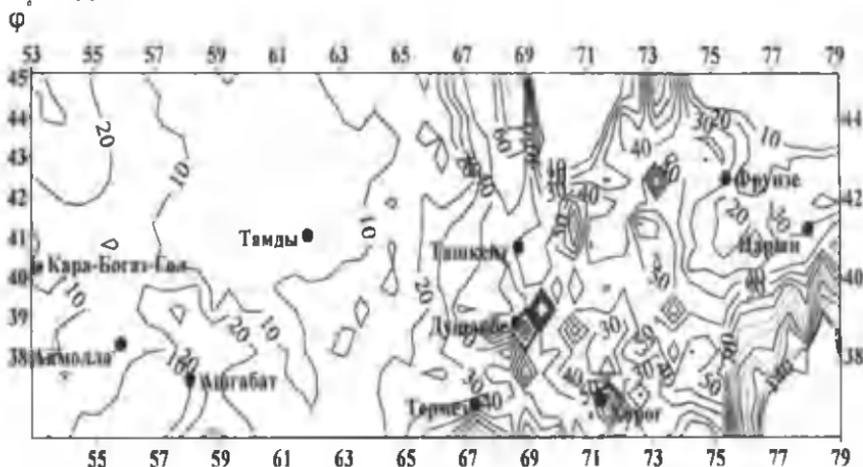


Рис. 5. 10. Карта-схема среднего многолетнего месячного количества (мм) в ноябре.

Среднее многолетнее количество осадков, осредненное по всем станциям, в ноябре во все декады равно 13 мм при разбросе по территории (по отдельным станциям) от 7 до 16 мм. Вероятность их выпадения по сравнению с октябрём повышается сравнительно мало. На большинстве станций в течение двух декад вероятность равна порядка 60%, лишь в третьей декаде повышается до 80%, что свидетельствует о том, что осадки в первой декаде выпадают в 7 годах в первой декаде, во второй 12 и в третьей в 17 (по 25-летней выборке) (рис. 5. 11). А по годам вероятность выпадения изменяется в очень широких пределах: в первой декаде 1985 и 1986 годов осадки выпадали на 10-15% анализируемых станциях; в 1998 и 2005 годах осадки не наблюдались ни на одной станции; во второй декаде в 1985 году все станции отмечали выпадение осадков, в 1998 осадки не впадали ни на одной из анализируемых станций; в 2007 и 2009 годы осадки отмечались на 10% анализируемых станций. Тогда как в третьей декаде только в 1985, 1986 и 1990 годах осадки выпадали на 15-

20% станций, в 1996 году осадки не наблюдались ни на одной из станций

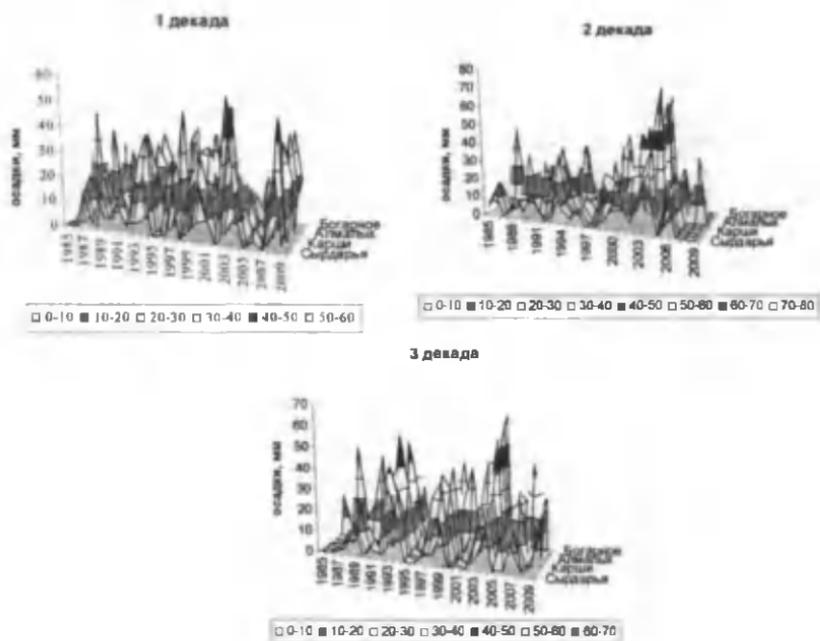


Рис. 5. 11. Декадное количество осадков (мм) в ноябре по годам.

Таким образом, в сентябре в большей части территории региона возможно выпадение осадков в один год из 25 в первой декаде, до 3 лет во второй и до 8 в третьей. В октябре вероятность выпадения осадков возрастает. Во второй декаде в каждый второй год из 25 лет может выпасть от 10мм на равнине до 20-30 мм в предгорьях и до 50-70 мм в горах. И, наконец, в ноябре в первой декаде каждый второй год выпадают осадки, а в третьей практически каждый год выпадает от 10 мм на равнине до 30-40 в предгорьях и до 50 мм в горах (табл. 5.1).

В среднем многолетнем в осенний период выпадения осадков после практического их отсутствия в летние месяцы могут, по крайней мере, увлажнить верхние почвенные слои и аккумуляиро-

вать малое количество влаги. Как показывают прямые измерения влажности почвы в октябре увлажнение верхних десятисантиметровых слоев чаще обеспечивает состояние устойчивого завядания растений, гораздо реже состояние наименьшей влагоемкости. Зато в ноябре за исключением отдельных лет в верхних 10-сантиметровых слоях отмечается 15-20 мм и более влаги.

Рассмотрим, как идет процесс накопления атмосферных осадков в осенние месяцы (сентябрь-ноябрь), исходя из данных, суммируя их подекадно (табл. 5. 1, рис. 5. 12). Как видно к концу сентября количество выпавших осадков по территории меняется от 4 мм на юге Узбекистана (ГМС Карши) до 15-20 мм (ГМС Сырдарья, Кокарал, Богарное). В октябре месячная сумма осадков возрастает почти в 1,5-2 раза, достигая 20-45 мм. И только в Карши количество осадков не превышает 5 мм в месяц. В ноябре месячная сумма осадков составляет ~25-60 мм. Как видно на рис. 5. 12, доля суммарного количества осенних (сентябрь-ноябрь) осадков от годовой нормы составляет от 14 до 26%. Минимум количества осадков за сентябрь-ноябрь приходится на южные районы Узбекистана (ГМС Карши), а в районе возделывания озимых культур приходится до четверти годового количества осадков.

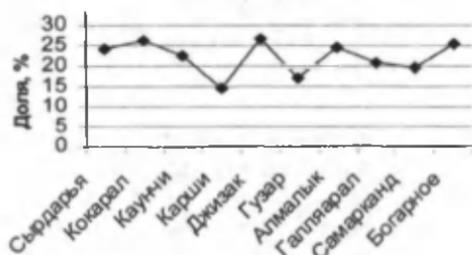


Рис. 5. 12. Доля (%) осенних осадков (сентябрь-ноябрь) от годовой нормы.

Для прорастания зерновки пшеницы оптимальным является наличие продуктивной (доступной для растений) влаги в слое 0-10 см не менее 10-12 мм. С учетом же непродуктивной влаги для 10-сантиметрового слоя требуется 15-20 мм осадков без учета испарения. После прорастания такое увлажнение требуется уже в 20-сантиметровом слое, а к концу осеннего вегетационного сезона, по крайней мере, в 0,5-метровом слое.

Таблица 5.1

Количество осадков, выпавших
в первой половине сезона осадков

Периоды суммиро- вания	Станции									
	Сыр- дарья	Кок- арал	Каун- чи	Карши	Джизак	Гузар	Алма лык	Галля- арал	Са- мар- канд	Бо- гар- ное
1 декада	1,0	1,5	1,3	0,7	0,0	4,3	0,0	0,0	0,9	4,0
2 декада	5,1	8,0	2,6	0,0	0,6	1,8	5,0	3,1	1,0	6,3
3 декада	8,4	10,0	3,8	3,2	8,4	0,2	9,4	5,8	3,0	9,0
Σсентябрь	14,6	19,5	7,7	3,9	9,0	6,3	14,5	9,0	4,9	19,3
1 декада	6,3	8,9	5,9	2,4	10,9	3,7	9,1	9,4	5,4	10,6
2 декада	10,6	12,4	8,9	1,6	10,6	4,0	15,6	5,9	7,3	9,1
3 декада	12,5	16,0	13,1	1,5	14,7	9,0	19,3	9,7	8,5	10,7
Σоктябрь	29,4	37,3	27,9	5,6	36,1	16,7	44,0	25,0	21,2	30,4
1 декада	15,7	20,8	14,1	6,8	21,7	12,3	23,6	14,2	9,4	15,0
2 декада	13,9	15,1	10,6	8,7	17,4	10,1	17,5	16,1	14,9	17,6
3 декада	12,1	13,4	11,0	9,2	19,6	12,1	16,0	14,6	12,2	22,2
Σноябрь	41,7	49,3	35,6	24,8	58,8	34,5	57,0	44,9	36,5	54,8
Σсент.-ноябрь	85,7	106,1	71,2	34,2	103,9	57,4	115,5	78,9	62,7	104,5
Σгод	352,5	406,1	319,0	237,9	388,4	338,6	468,5	379,8	322,2	407,3
Доля (%)Σгод	0,24	0,26	0,22	0,14	0,27	0,17	0,25	0,21	0,20	0,26

Рассмотрим, когда почвы увлажняются до требуемых значений, необходимых для прорастания зерновки. Как видим, осадки сентября могут увлажнить 10-сантиметровый слой типичных сероземов по механическому составу относимых к среднесуглинистым, до состояния непродуктивной влаги. Условия для прорастания могут оказаться достаточными к середине-концу октября. Если полагать, что недоступную растениям влага трудно испарить с верхнего 5-10-сантиметрового слоя и практически очень сложно из более глубоких слоев, то от середины (2 декада) октября можно вести отсчет времени осенней вегетации. В северных районах при условии средних суточных температур воздуха выше 15°C в октябре-начале ноября, и высокой обеспеченности влагой 20-30-сантиметрового слоя почвы осенний вегетационный период может завершиться благоприятно.

Согласно широко известным справочникам "Агроклиматические ресурсы", составленные по всем областям (вилоятам) Узбекистана в наших условиях время появления всходов при посевах в конце августа-середине ноября возможно не только в ноябре, но и зимой (декабрь-февраль), а то и в начале марта. Сдвиг спелости и уборки может различаться на две недели в зависимости от времени всходов, а может и только на несколько дней. Посев до начала весны позволяет более полно использовать осадки, по крайней мере, накопленные зимой и выпадающие в весенний период. При влажной же осени посевы будут использовать и все осенние осадки. Чем больше будут использованы осадки, тем выше будет урожай.

При совершенствовании технологии выращивания зерновых можно будет предусмотреть полив после посева или во время (при посеве с вводом воды). Исходя из требований к условиям увлажнения при прорастании и всходах требуется увлажнить 10-20-сантиметровый слой до увлажнения порядка 20 мм на 10-сантиметровый слой почвы. Данная величина практически не учитывает осадки, выпадающие осенью до полива. Для ее достижения ориентировочно потребуется порядка 100-150 м³ воды на 1 га.

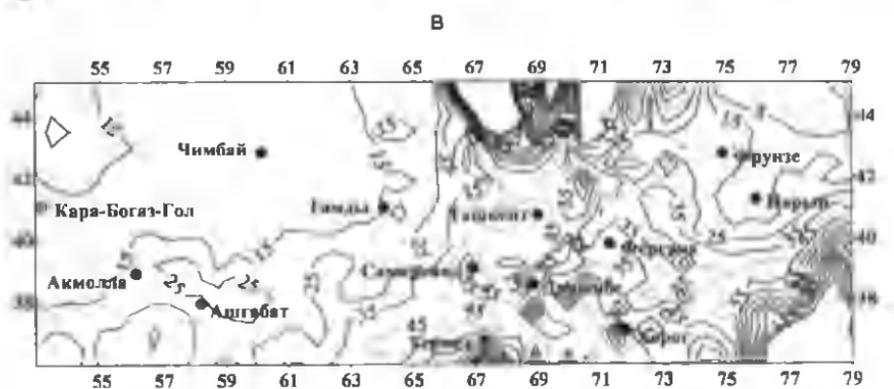
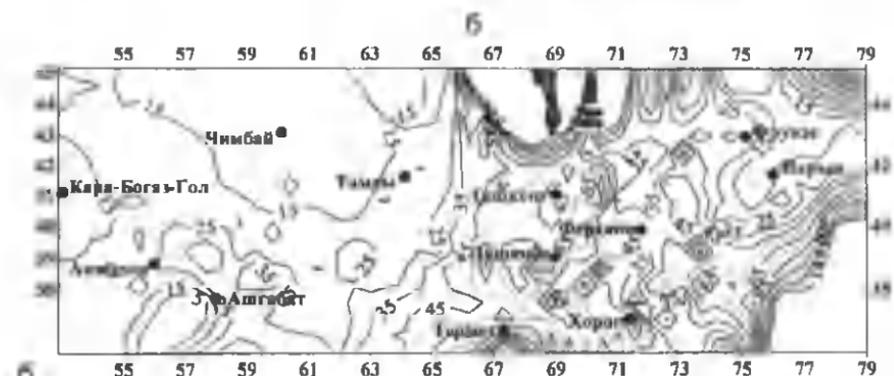
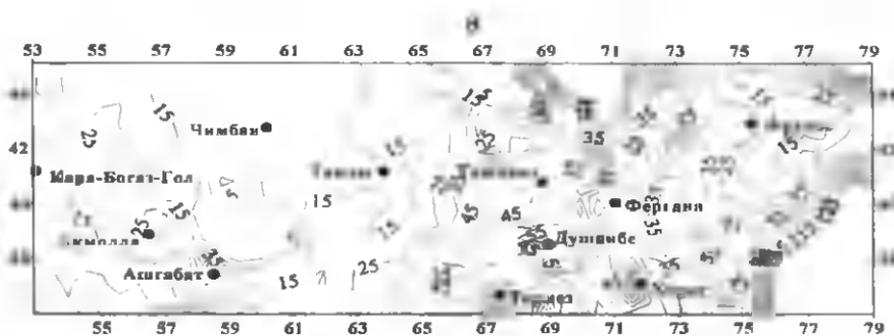
5. 3. Осадки в межвегетационный период

Межвегетационный период начинается с даты устойчивого перехода температуры воздуха через 4°C осенью в сторону понижения и кончается весной с даты устойчивого перехода температуры воздуха через 4°C в сторону повышения. Как было показано в главе 3 временная граница окончания осени, т. е. начала зимы наступает на юге в середине декабря, а на севере в середине ноября. Средние даты устойчивого перехода температуры воздуха от осени к зиме и от зимы к весне по территории региона приведены в (П. 5).

Окончание зимы, т. е. начало весны на юге Узбекистана начинается в самом конце января-начале февраля, на севере в марте (П. 5). Вдоль меридиана 66° в.д. в полосе широт $41,5-42,5^{\circ}$ с. ш. вегетация начинается в первой декаде, до 44° с. ш. во второй декаде, а на севере в восточной и западной частях территории в третьей декаде.

Таким образом, разница между ранними и поздними датами составляет порядка двух месяцев.

Зимние месяцы (декабрь-февраль) характеризуются ровным ходом количества осадков (рис. 5. 13) и высокой степенью обеспеченности их выпадения (рис. 5.14). Этому благоприятствует стабильность климатообразующих факторов: устойчивость градиентов температуры вдоль меридиана на участке $30-50^{\circ}$ с. ш. и стабильность высоких значений давления (относительная устойчивость положения климатического полярного фронта) в период зимнего солнцестояния, устойчивая заснеженность земной поверхности в зоне формирования воздушных масс, приходящих с севера. Территориально, как и осенью, в западной равнинной части среднеазиатского региона отмечается повышенное количество осадков вдоль полосы хребтов. В восточной части предгорной равнины их в 1,5-2 раза больше, а в верхней части в 2-2,5 раза больше, чем на равнине. Анализ распределения количества осадков в зимние месяцы (рис. 5. 13) показал на продолжающееся нарастание (очень слабое) месячного количества осадков на северо-востоке, юге и в центре региона, где проявляется мезомасштабное явление процесса осадкообразования с участием горных ветров, формирующих в выраженных долинах. В феврале количество осадков в первой декаде такое же, как в декабре, а со второй декады наблюдается постепенное уменьшение до 17 мм



а – декабрь; б – январь ; в – февраль

Рис. 5. 13. Карта-схема количества (мм) зимних атмосферных осадков в Средней Азии.

во второй, в третьей до 13 мм. Обеспеченность (%) выпадения осадков в зимние месяцы в среднем многолетнем изменяется от 80% до 100%, т.е. осадки в каждой декаде выпадают практически ежегодно (рис. 5. 14) с небольшими вариациями - в первой декаде декабря и в третьей декаде февраля на 10-15% меньше, т. е. осадки не выпадают в течение 2-3 лет из 25 лет.

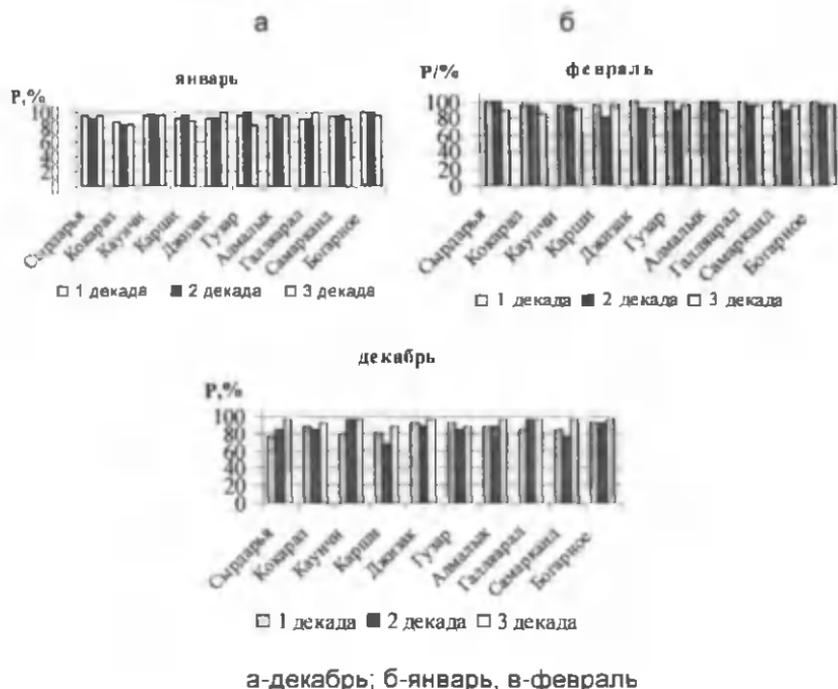


Рис. 5. 14. Вероятность (%) выпадения осадков в зимние месяцы

Как известно, для роста и развития растений и, особенно сельскохозяйственных культур важны осадки не в целом за год или вегетационный период, а в конкретный период их развития, например, в ноябре и апреле-мае (основной период развития озимых): всходы и выход в трубку, колошение. Также важны осадки зимнего и весеннего периода вегетации декабрь-май. Весенние

осадки будут представлены в шестой главе. Здесь же рассмотрим, как идет накопление атмосферных осадков в межвегетационный период их выпадения, добавив к нему количество осадков с начала сезона выпадения осадков после длительного засушливого летнего периода (табл. 5. 2, рис. 5. 15). Запасы продуктивной влаги (доступной растению) в слое 0-10 см в период посев-всходы должна быть не менее 8-10 мм [6].

Таблица 5. 2

Сумма среднего многолетнего декадного количества осадков (мм) за разные периоды суммирования

Станция	Период подекадного суммирования				$\Sigma_{\text{год}}$	Доля $_{\Sigma}$ от $\Sigma_{\text{год}}$
	1 сен- тября- 1 ок- тября	2- ок- тября- 2 но- ября	3- нояб- ря- 3-де- кабря	1- янва- ря-3 февра- ля		
Сырдарья	13,5	40,2	60,6	60,2	352,5	49,5
Кокарал	15,3	51,6	55,5	61,5	360,8	50,9
Каунчи	24,1	53,2	67,2	55,1	319,0	62,6
Карши	6,3	18,7	48,5	52,8	237,9	50,1
Джизак	16,5	64,4	79,6	62,8	388,4	50,1
Гузар	17,6	46,0	70,5	70,9	338,6	60,5
Алмалык	28,4	77,2	87,5	76,9	468,5	57,6
Галляарал	29,5	53,6	83,6	62,9	379,8	56,6
Самар- канд	24,9	48,5	76,7	68,4	322,2	67,8
Богарное	29,7	52,4	87,4	66,6	407,3	57,9
Среднее	20,6	50,6	71,7	63,8	307,5	56,4

Как видно (табл. 5. 2, рис.5. 15), в среднем многолетнем на территории, характеризуемой приведенными метеостанциями, количество выпавших осадков с начала сезона их выпадения (первая декада сентября-1 декада октября) равно 20,6 мм. Максимум (29,7 мм) наблюдался на метеостанции Богарное, минимум (6,3 мм) отмечен в Карши, т. е. суммарное количество осадков за этот период по станциям отличается в 4-5 раз. Количество выпавших осадков за период второй декады октября-вторая декада но-

ября в среднем многолетнем составляет 50,6 мм, или превышает количество осадков сентября-первая декада октября в 2-2,5 раза.

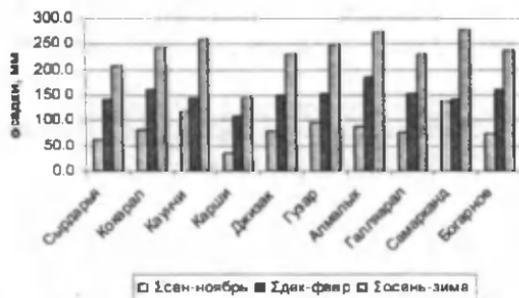


Рис. 5. 15. Количество выпавших осадков за межвегетационный период плюс осадки с начала сезона их выпадения

Доля суммарного количества осадков, выпавших в первые 40 дней осенних месяцев на большинстве станций от годовой нормы составляет 7-9%, за исключением ГМС Карши, где не превышает 2%. Доля осадков межвегетационного периода равно 35-45% от годовой нормы. В целом за период осень-зима (сентябрь-две декады февраля) выпадает осадков 60-85% от годовой нормы.

Количество осадков второй половины осени (две декады октября-вторая декада ноября) превышает количество осадков начала осени в 1,5-3 раза.

Если бы выпавшие осадки оставались на земной поверхности, а значения влажности и температуры воздуха наблюдались те же, что отмечают на метеостанции, то влага на почве наблюдалась бы с конца ноября. В реальных условиях, когда влага впитывается в почву, а затем просачивается вглубь, законы испарения влаги с водной поверхности не применимы. Согласно наблюдениям за свободно усвояемой влагой можно заключить, что в отдельные годы в ноябре в Самарканде даже в первой декаде в 30-сантиметровом слое почвы отмечалось до 15-20 мм свободно усвояемой влаги. К марту в 50-сантиметровом слое почвы ее накапливается более 60-80 мм. В этом случае при измерении влажности почвы величины будут выше указанных на величину непродуктивной влаги, т. е. в первом случае на 25-30 мм, а во втором на 35-50 мм.

ГЛАВА 6

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ ВЕСЕННЕГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

6. 1. Краткая характеристика весеннего вегетационного периода

Наступление и окончание вегетационного периода (весенний сезон) определяется фенологическими признаками, которые представлены в П. 4. В агрометеорологии этот весенний мезотермический сезон определяется температурными границами дат устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C в сторону повышения до $20\text{--}22^{\circ}\text{C}$ (рис. 6.1, П. 5). По датам наступления различаются ранняя или поздняя; по температурному режиму - теплая или холодная; по характеру развития - дружная или затяжная. Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 5°C весной является нижним пределом вегетации для таких культур как озимая пшеница, горох и эфемеры на пастбищах.

Ф

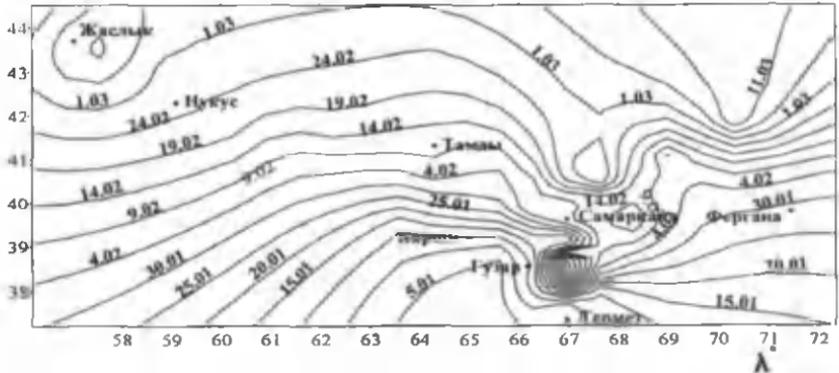


Рис. 6. 1. Ранние даты наступления устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C весной

Характерные явления этого периода: прогрев атмосферы сначала в течение 2-3 ч в сутки, затем до 6 ч; контрастность тем-

температур между севером и югом региона, отдача влаги, накопившейся в почве до начала вегетационного периода за зимний период, как с поверхности почвы, так и из слоя, занятого корневой системой путем транспирации.

Ранняя весна, когда начинается период вегетации растений и возобновление вегетации озимых культур, наступает 15 января на юге и в конце февраля на севере (рис. 6. 1). В сложных формах рельефа, в закрытых котловинах в среднем многолетнем даты устойчивого периода температуры воздуха через 5-20°C могут наступать в зависимости от высоты и открытости местности несколько раньше или позже, чем на окружающих их территориях.

Продолжительность наступления весны в регионе с юга на север (рис. 6. 1) составляет порядка двух месяцев. Поздние даты устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C могут отстоять от ранних от 30 до 60 дней (рис. 6. 2).

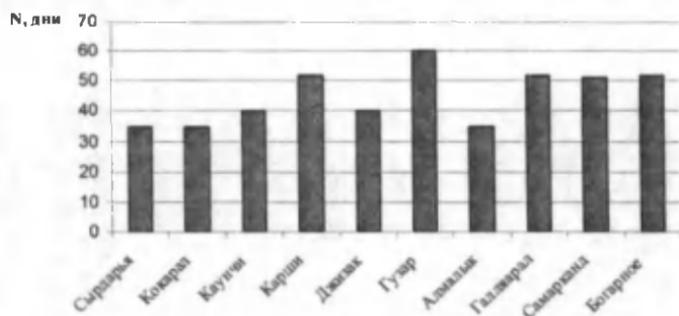


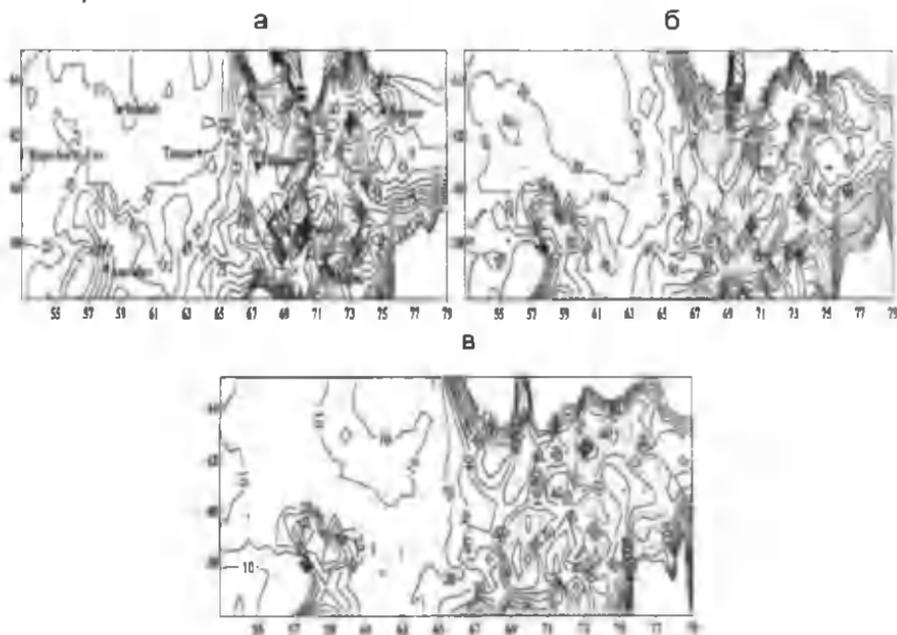
Рис. 6. 2. Число дней между ранними и поздними датами наступления устойчивого перехода температуры воздуха через 5°C весной.

6. 2. Весенние осадки мезотермического сезона

Во временном ходе количества атмосферных осадков в вегетационный период (март-май, в южных районах возможно рассматривать и февраль) максимум в годовом ходе, как на равнинной, так и на значительной части предгорных равнин приходится на март-апрель. По плювиографическим данным, которые фиксируют осад-

ки только в теплое время года (с апреля), в апреле можно наблюдать наибольшую продолжительность осадков длительностью 18-24 ч, а в мае-июне в 24-6 ч. Общее количество длительности осадков падает от апреля к маю в 1,5-2 раза по всем периодам суток, а от мая к июню в 4-5 раз. Можно полагать, что это связано с влажностью воздуха и прогревом воздушных масс днем на равнине и их подходом к предгорьям и горам к вечеру, когда образуются дополнительные осадки на возникающих в горах вторичных фронтах. К лету срок сдвигается, т. к. осадки способны образовываться на больших высотах, а прогрев атмосферы на этих высотах запаздывает по отношению к нижележащим слоям.

По картам-схемам (рис. 6. 3) можно видеть, что максимум осадков этого периода в среднеазиатском региона приходится на март, когда выпадает от 25-30 мм на западе в равнинной части региона, увеличиваясь до 80-100 мм и более в предгорных равнинах и горах.



а – март; б – апрель ; в – май
 Рис. 6. 3. Карта-схема среднего многолетнего месячного количества (мм) весенних атмосферных осадков в Средней Азии.

В среднем многолетнем по территории декадное количество осадков в марте (20,6 мм) наименьшим оказывается в первой декаде, доходя до 24,3 мм в третьей. В первой декаде количество осадков по территории изменяется от 17,5 мм по данным ГМС Карши до 24-25 мм в Алмалыке и Богарное. В третьей декаде среднее многолетнее количество осадков 30,7 мм наблюдается на ГМС Богарное (рис. 6. 4). Месячная сумма осадков в марте наименьшей (50-53 мм) отмечается на ГМС Сырдарья и Карши, а наибольшая (76 мм) на ГМС Богарное.

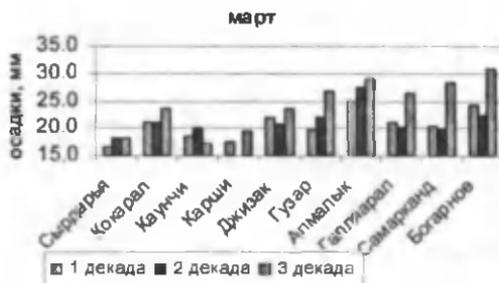


Рис. 6. 4. Декадное количество осадков, мм

Обеспеченность (%) выпадения осадков в первой декаде марта равна от 85% по данным ГМС Каунчи и Самарканд до 95% на большей части территории региона. Во второй и третьей декадах вероятность выпадения осадков составляет 98-100%, т. е. осадки выпадают каждый год на всей рассматриваемой территории (рис. 6. 5).

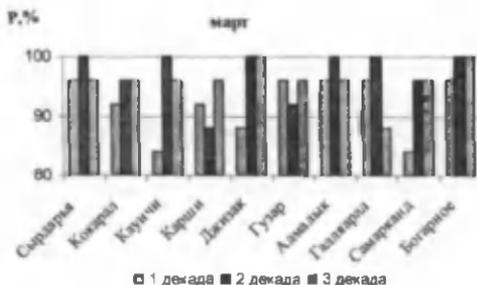


Рис. 6. 5. Обеспеченность (%) выпадения осадков

С апреля-мая начинается уменьшение количества выпадающих осадков в западной и центральной равнинной частях региона на ~10 мм, в предгорьях и горах до 50-70 мм. В среднем многолетнем в первой декаде апреля количество осадков оказывается наибольшим (21,3 мм), уменьшаясь во второй до 17,6 мм и несколько повышаясь в третьей. И опять же наибольшим оказывается на ГМС Богарное (рис. 6. 6).

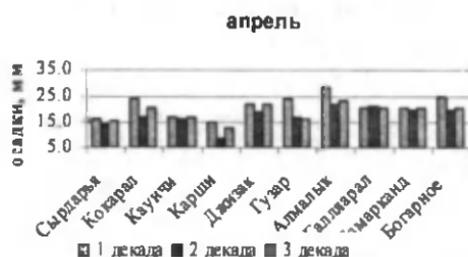


Рис. 6. 6. Декадное количество осадков, мм

Обеспеченность (%) выпадения их представлена на рис. 6. 7.

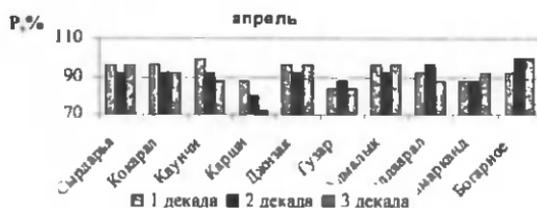


Рис. 6. 7. Обеспеченность (%) выпадения декадного количества осадков, %

В мае продолжается дальнейшее уменьшение количества выпадающих осадков. На западе региона и в центральных пустынных районах выпадает до 10 мм, в предгорных до 40-50 мм и в горных районах до 60 мм (рис. 6. 3в).

Декадное количество осадков в первой декаде в среднем многолетнем равно 15 мм, на 3 мм меньше во второй и в 2 раза меньше в третьей. По рассматриваемой территории наибольшее количество в первой декаде наблюдается на ГМС Гузар (24 мм), в

Самарканде 18 мм и наименьшее в Карши, в первой 12 мм, во второй в 2 раза меньше и в третьей декаде порядка 4 мм (рис. 6. 8).

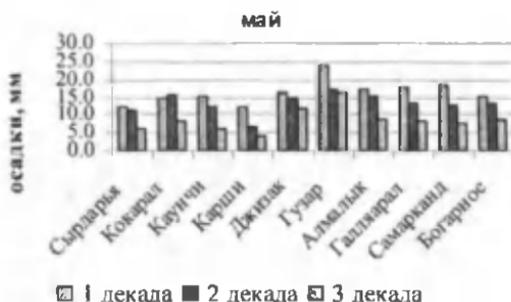


Рис. 6. 8. Декадное количество осадков

Обеспеченность (%) их выпадения в первой декаде составляет порядка 75-85%, во второй и в третьей 75-80%, т. е. осадки выпадают не каждый год (в 18 из 25 лет) (рис. 6. 8).

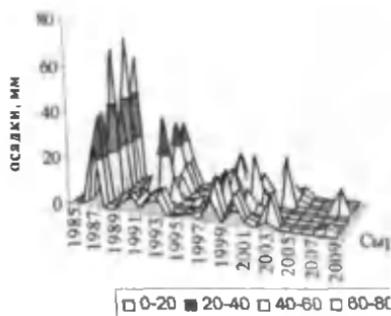


Рис. 6. 9. Обеспеченность (%) выпадения осадков

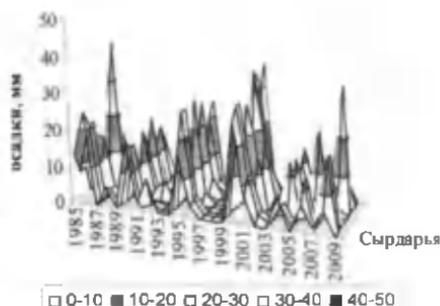
Рассмотрим количество осадков, выпавших в разные годы (рис. 6. 10). Как видим, принятый 25-летний ряд количества осадков за декады марта на территории, характеризуемой десятью метеостанциями, сильно меняется от декады к декаде, вплоть до отсутствия осадков в отдельные декады, гораздо меньше изменчивость от станции к станции. Ранние декады (первая и вторая) характеризуются меньшим количеством осадков по сравнению с

третьей. В эти две декады заметны 5-6-летние периоды с малым количеством осадков по всей территории.

1 декада



2 декада



3 декада

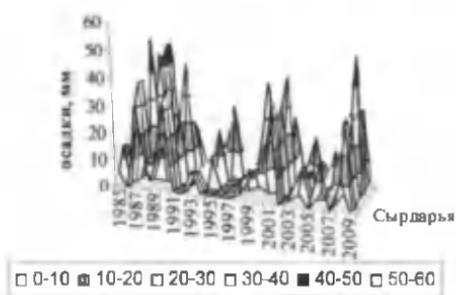


Рис. 6. 10. Декадное количество осадков (мм) в марте по годам, мм

В заключении рассмотрим сводные данные об осадках весеннего мезотермического сезона (табл. 6. 1).

В весенний период на рассматриваемой территории наиболее влажные являются март и апрель, хотя в апреле количество осадков несколько меньше. Заметный спад количества осадков наблюдается в мае. Последнюю декаду мая с учетом испаряемо-

Таблица 6. 1.

Весенние осадки, мм

Месяц, Σ , %		Сырдарья	Кокарал	Каунчи	Карши	Джизак	Гузар	Алмалык	Галляарал	Самарканд	Богарное
март	1	16,6	21,0	22,2	21,0	22,1	19,9	27,5	21,0	20,5	24,1
	2	18,2	20,9	20,0	20,9	20,8	21,8	28,9	20,1	19,7	22,3
	3	18,2	23,7	18,0	23,7	23,6	26,6	81,3	26,6	28,2	30,7
	Σ	53,0	65,6	60,2	65,6	66,5	68,4	137,8	67,6	68,4	77,1
апрель	1	16,4	24,0	16,9	24,0	21,8	24,0	28,6	20,6	21,0	24,7
	2	14,4	17,4	17,6	17,4	19,1	17,2	22,0	21,5	20,0	19,8
	3	15,7	20,4	19,0	20,4	22,3	16,4	23,8	20,8	20,9	20,6
	Σ	46,5	61,9	53,5	61,9	63,2	57,6	74,3	62,9	61,9	65,1
май	1	12,3	14,6	18,1	14,6	16,3	16,1	17,5	17,8	18,5	15,3
	2	11,3	15,9	14,0	15,9	13,9	9,3	15,1	13,0	13,0	13,5
	3	6,0	7,9	8,9	7,9	8,8	6,7	8,7	8,3	7,5	8,8
	Σ	29,6	38,4	41,0	38,4	39,0	32,1	41,3	39,2	39,0	37,5
Σ март-май		129,1	165,9	154,7	165,9	168,7	158,0	253,3	169,7	169,3	179,7
Год		352,5	357,7	335,3	237,9	388,4	338,6	468,5	379,8	368,2	407,3
% от года	март	15,0	18,3	18,0	27,6	17,1	20,2	29,4	17,8	21,2	18,9
	апрель	13,2	17,3	16,0	26,1	16,3	17,0	15,9	16,6	19,2	16,0
	май	8,4	10,7	12,2	16,2	10,0	9,5	8,8	10,3	12,1	9,2
	март-май	36,6	46,4	46,1	69,7	43,4	46,7	54,1	44,7	52,5	44,1

Полагаем, что апрель наиболее благоприятный по температурам месяц весны, когда общее испарение с поверхности почвы и через растения близки к испаряемости (Л. 6), следует ожидать, что в этот месяц будут использоваться значительные величины влаги в почве, накопленные в зимний период. На мало обеспеченных осадками территориях, в первую очередь, на юге Узбекистана для доведения жизни растений до сбора урожая, потребует предусмотреть полив. Оценочно общее количество воды на полив (осенний и весенний) будет соизмерим с 20-35% от того количества, которое дают естественные осадки.

6. 3. Некоторые вопросы, требующие дальнейших разработок

Лимит воды в аридной зоне требует разработок в области поиска источников водных ресурсов в таком замкнутом бессточном бассейне, как Средняя Азия, где водообеспечение ее территории осуществляется за счет выпадения собственных атмосферных осадков. Авторы предприняли попытку выделить долю атмосферных осадков, по количеству достаточную для потребностей растений, по возможности исключая потери на испарение с поверхности земли, за исключением обеспечения влажности воздуха в среде растений до 60-80% или обеспечения растений оксидом углерода (CO_2) в условиях штилей и сильной неустойчивости атмосферы в период летних перегревов почвы. В эти периоды растения не могут освоить лучистую солнечную энергию, способствующую фотосинтезу. Невостребованная часть лучистой энергии в этом случае будет идти на дополнительную транспирацию и нагрев растений. В какой-то мере перечисленные вопросы освещены в [23-26, 28, 30-31, 46-49].

Ниже изложим некоторые фрагментарные стороны этих опубликованных и еще неопубликованных работ.

1. Выделение доли атмосферных осадков, идущей на рост и развитие возделываемых сельскохозяйственных культур и пастбищных трав, условно названа "продуктивными".

При обосновании понятия "продуктивные" атмосферные осадки, в первую очередь, следовало учесть то количество, которое необходимо для физиологических процессов (фотосинтез и транспирация), пропитывания почво-грунтов и впитывания вглубь и сохранения там, исключая потери на испарение (см. глава 4). То-

гда "продуктивные" осадки – это доля осадков из общей суммы выпадающих в заданном месте и заданное время с учетом всех вышеречисленных параметров

$$Q_{\text{продуктивные}} = Q_i - Q_j = Q_{\text{ФАР}} + Q_{\text{транспирация}} + Q_{\text{почва}}$$

где Q_i – сумма выпавших осадков за i -тый период; Q – количество осадков, испарившихся с деятельной поверхности; $Q_{\text{ФАР}}$ – количество атмосферных осадков, необходимое для осуществления процесса фотосинтеза); $Q_{\text{транспирации}}$ – количество осадков, необходимое для транспирации; $Q_{\text{почва}}$ – количество осадков, остающееся в почве, равное влажности устойчивого завядания. Следует заметить, что испаряемое количество осадков, снижая температуру в среде растений, оказывает благоприятное воздействие на вегетацию растений.

2. В холодный период года выпадающие атмосферные осадки пропитывают почву в момент выпадения и там сохраняются. Часть влаги теряется на испарение. Основная часть расходуется на развитие растений в вегетационный период.

Механизмы впитывания и просачивания влаги в почве рассмотрены в [41]. Нами они частично освещены в главах 4-5. Для смачивания рассматриваемого грунта в 1 см^3 требуется слой осадков, равный 1,5 мм, а согласно [41] может быть и 2 мм. Это возможно в случае, когда водный слой измеряется толщиной, равной 8 молекулам. Но эта вода не доступна для растения. Однако она необходима для подготовки грунта для его пропитывания на глубину.

Для увлажнения слоя толщиной 0,2 или 0,5 м до состояния наименьшей полевой влагоемкости, соответствующей влаге капиллярно-подвешенной, требуется выпадение осадков в количестве $(70 \div 80) - (180 \div 200)$ мм.

В наших условиях в зимний период возможно накопить осадки до 150 мм и более (см. Гл. 5). Часть влаги будет теряться на испарение. Потери влаги почвой в межвегетационный период вызваны прогревом почвы. У нас нет измерений температуры внутри 20-50-сантиметрового слоя зимой. Такие наблюдения обычно проводятся с апреля по октябрь. Используя их, попробуем оценить толщину слоя, которая не прогревается (слабо прогревается). В апреле и октябре в суточном ходе прогрев на глубинах 15 и 20 см не превосходит $3,0 - 3,5^\circ \text{C}$. В ноябре это не более 2°C на глубине

15 см. Тогда следует, что осадки, выпадающие за единый процесс их выпадения в количестве 20 мм и более, исходя из механизма пропитывания почво-грунтов в зимний период, займут положение ниже указанных глубин. В этом случае влага сохранится в почве до весеннего мезотермического периода практически без потерь. Заметное накопление влаги будет и от выпадения осадков в количестве 10 мм и более. Возможно накопление влаги и за счет осадков в количестве 5 мм, особенно, если разрыв между выпадением осадков не будет превосходить 10 -15 дней.

3. В настоящее время благодаря достижениям биофизиков и актинометристов можно по данным о солнечных лучистых потоках в приземном слое атмосферы оценивать потребности растения в воде и CO_2 , в первую очередь, исходя из поступающих к полю фотосинтетически активной радиации (ФАР). Суть в следующем. Нам известно из наблюдений или получено расчетным путем поступающая суммарная радиацию По ней определяем ФАР, которая составляет порядка 50% от суммарной радиации. В ФАР выделяем сине-фиолетовую часть спектра и красную. Их роль в начальном процессе формирования углеводов известна, также известны потери сине-фиолетовой части спектра на облегченную диффузию в листе растения при прохождении молекулы через мембрану (порядка 30% от энергии данной части спектра, которая составляет 17% от суммарной радиации) и красной части спектра на активную транспортировку (70% от энергии данной части спектра).

Тогда можно выделить часть ФАР, которая идет на образование биомассы, по которой и определяем потребность растений в CO_2 . Оставшаяся часть будет рассеяна в листе. Очевидно, она пойдет на транспирацию. В этом случае по ней можно будет определить долю воды, которая испарится путем транспирации.

Как известно, излучение листа и получаемая им энергия инфракрасного спектра близки по значению. Из прямых измерений известно, что альbedo в различных частях спектра близки. По прямым измерениям Е. А. Лопухина альbedo листьев растений в инфракрасном спектре примерно в два раза больше, чем следовало бы ожидать. Вполне возможно, что измеренная величина составляла сумму энергий: отражаемую и излучаемую. Указанные здесь позиции, конечно, требуют дальнейших разработок и уточнений.

4. Полагаем, что необходимая растению влагав весенний период определяется испаряемостью. Тогда на территории с различной влагообеспеченностью следует выбирать сельскохозяйствен-

ные культуры с различным периодом вегетации. Нами были выбраны периоды по длительности, соответствующие вегетационным периодам некоторых культур. По длительности, равной этому периоду были рассчитаны испаряемость за указанный период от начальной точки момента устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха 5°C весной. Значения суммарной испаряемости за период различной длительности приведены в табл. 6. 2.

Если считать, что испарение соответствует испаряемости, то по приведенным в табл. 6. 1 значениям, исходя из знания о количестве атмосферных осадков можно определить на какой период этих осадков хватит. Так для Гузара при наличии осадков с декабря до середины мая достаточно для 90-дневной вегетации.

Таблица 6. 2

Значения испаряемости (мм) за вегетационный период разной продолжительности с начала весны

Станция	Длительность периода вегетации, дни			
	50	80	90	110
Бухара	70	175	248	365
Бузаубай	72	207	290	460
Тамды	72	192	265	414
Машикудук	72	183	250	387
Пахтаарал	64	148	200	304
Гузар	94	187	250	380

5. Современное состояние науки позволяет рассчитывать с высокой степенью точности потоки лучистой энергии солнца, приходящие к верхней границе атмосферы в любой момент времени (день, часы, минуты) на любой широте [31].

Значения лучистого потока, приходящего к верхней границе атмосферы, рассчитывается с высокой степенью точности. При прохождении атмосферы до тропосферы теряется 10% энергии. Эта величина и заложена во все модели атмосферы. При прохождении тропосферы лучистые потоки могут не дойти до земной по-

верхности. Основные потери – облачные слои. Очевидно, что ощутимую часть может теряться на аэрозолях. Ее легко учесть через параметр прозрачности атмосферы.

В справочной литературе можно найти сведения о составляющих лучистого потока, приходящего к земной поверхности для абсолютно ясного дня и для средних погодных условий. Последнее подразумевает среднюю арифметическую величину за указанный период. В этом случае использование средней величины для расчетов испарения, потребности CO_2 не будет отражать истинных значений. Первый этап фотосинтеза проходит в реальном "режиме времени", что требует рассмотрения периодов, соизмеримых, по крайней мере, с часами, а то и 10-минутными периодами.

Для приближения к истине следует выделить ситуации с равнозначными значениям потери энергии при прохождении ее к земной поверхности. Для учета облачности следует, например, в месячном периоде выделить ясные дни, пасмурные по общей и нижней облачности. Можно выделить дни с учетом формы и продолжительности наблюдения облаков.

В метеорологической справочной литературе регулярно приводятся сведения о покрытости неба облаками (балльность облачности) и продолжительности наблюдения облаков.

Балльность облачности, как метеорологический параметр, фиксируется на метеостанциях, по крайней мере, уже второе столетие. Наблюдения за балльностью на соседних метеостанциях характеризуется единообразием и расхождения в оценке у разных наблюдателей не более 1-2 баллов. Если учесть, что в природе облака или есть или нет, то основные расхождения относятся к так называемой переменной облачности. Это когда надвигается или уходит фронт или при формировании облаков не хватает влаги или наблюдается конвективная облачность. Однако конвективные облака образуются на некой площади. Здесь балльность есть степень развития облаков. При высокой влажности и развитой конвекции балльность конвективных облаков порядка 5-7 баллов. Выделяются облака нижнего яруса, нижняя граница их не выше 2 км, и общая (без учета форм облаков).

Сведения о годовом ходе числа ясных и пасмурных дней приведены на (рис. 6. 11), а балльности облаков на рис. 6. 12.

Как видим, например, в Ташкенте в январе порядка 8 дней с ясной погодой, когда и возможна максимальная потеря влаги в течение 2-3 часов около полудня. Пасмурных же дней может быть

более 15-20. В эти дни при отсутствии ветра испарение будет близко к нулю.

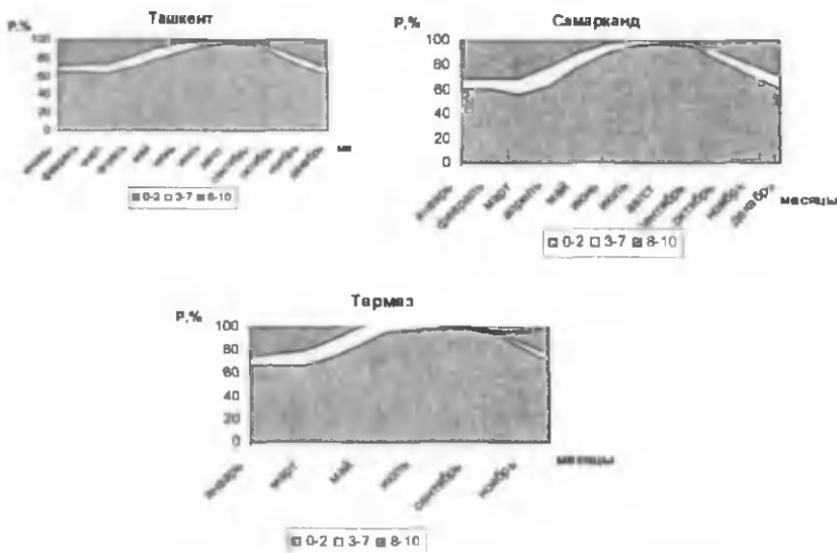
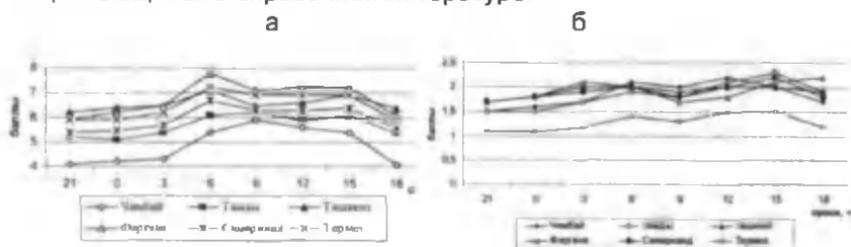


Рис. 6. 11. Годовой ход числа ясных и пасмурных дней по общей облачности.

Для более точного учета следует иметь информацию о степени покрытия неба облаками, т. е. сведения о балльности облаков, имеющихся в справочной литературе.



а – по общей облачности; б – по нижней облачности

Рис. 6.12. Суточный ход количества баллов по общей (а) и нижней (б) облачности

Как видно, по нижней облачности среднее многолетнее количество баллов изменяется в общем по территории от 1 до 2,5 баллов. На юге (ГМС Термез) наблюдается наименьшее (0,5-1,5) количество баллов с максимумом в 12-15 ч и минимумом в 18-00 ч.

Сведения об облачности (балльности) легко определяются оперативно. Поэтому были проведены исследования о связи потоков лучистой солнечной энергии и облаками. В результате актинометристы показали, что по балльности облаков можно определять степень (долю) прохождения солнечной радиации сквозь них. Эталонное ясное небо гасит (поглощает и рассеивает) часть энергии в атмосфере. Доля поступающей к земле в безоблачные дни солнечная радиация зависит от коэффициента прозрачности атмосферы (p) и длина пути проходимого лучами в атмосфере. Если Солнце в зените, то оптическая масса (путь) атмосферы $m=1$, а, если оно у горизонта, то $m=35$. Тогда, если к атмосфере подошел лучистый поток S , то у земли он будет равен $S_z = S \cdot p^m$. Аналогично такому выражению был найден способ оценки определения доли лучистого потока, проходящего через облачные слои.

Для суммарной радиации Q , отмечаемой при ясной погоде Q_n , при наличии облаков будет

$$Q_n = Q \cdot (1 - cn), \quad (6.1)$$

где C – облачный коэффициент; \bar{n} – среднее количество баллов за интервал, для которого выполняется Q_n . Облачный коэффициент для каждого района и сезона определяется опытным путем. По всей видимости, его придется принять из определения для других районов или найти данные ташкентских актинометристов середины прошлого столетия. В таких поисках была найдена работа Лютерштейна И. Г. и Чудновского А. Ф., где приводятся данные влияния облаков на эффективное излучение. Если E_0 – эффективное излучение при ясном небе, то при облачности оно будет равно

$$E = E_0(1 - c_n n_n - c_c n_c - c_v n_v), \quad (6.2)$$

где c – облачный коэффициент с индексом n для нижней облачности, c – средней, v – высокой; n – соответственно балльность облаков.

Для среднеазиатского региона авторы получили

$$C_n = 0,8 - 0,9; C_c = 0,6 - 0,7; C_s = 0,2. \quad (6.3)$$

Для (6.1) C принимают 0,8, а $\bar{n} = \frac{n_n + n_c}{2}$.

Таким образом, данные об облачности (балльность) позволяют оценивать потери лучистых потоков Солнца в облачном слое, и сохранения длинноволновых потоков излучения земли при расчете эффективного излучения в пасмурную погоду.

Если же необходимо определить приходящую и уходящую радиацию за такие периоды, то рассчитывать ее надо по данным за отдельные дни при разной облачности и взять эти дни в нужном соотношении для данного периода. А периоды могут быть разные, исходя из фенологических сезонов для каждой культуры.

Учесть прохождение лучистых потоков в пасмурную погоду можно и по форме облаков. Если в относительных единицах в ясный день лучистые потоки, приходящие к земной поверхности равны единице, то в пасмурную погоду они падают до нуля. По видам облаков по данным для условий умеренного климата Н. Н. Калитин по 10-летним данным наблюдений в Павловске получены средние значения прямой солнечной радиации (J), приходящей на горизонтальную поверхность, рассеянная радиация i и суммарная $Q=J+i$ при ясной погоде и сплошной облачности разных форм от высоты Солнца. Зависимость интенсивности суммарной радиации при облачности разных форм приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Формы облаков	Высота Солнца, °										
	0	2,5	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50
Ясно	0	35	63	91	128	202	286	384	483	670	851
Ci	7	21	35	49	63	119	188	279	377	600	830
Cs	14	28	42	63	77	105	140	223	314	530	768
Ac	7	28	42	63	77	112	154	181	26	356	533
As	14	21	35	49	63	91	119	140	174	244	314
Frst	0	7	14	14	31	35	56	91	132	154	202
Sc	0	0	7	14	28	56	91	19	140	188	243
St	0	7	14	14	28	42	56	70	91	112	132

Хотя приведены прямые наблюдения потоков в Вт/м² для решения нашей задачи они являются условными. Калитин Н. Н. осреднял данные об интенсивности радиации, приходящей от Солнца при фиксированном угле в разные дни года. Мы собираемся использовать эти данные для конкретного дня года. В этом случае

необходимо будет вводить поправку до $\pm 3,5\%$ к потоку солнечной энергии, приходящему к верхней границе атмосферы. Нами в [17] приведены значения потоков лучистой солнечной энергии, приходящих на перпендикулярную поверхность в околосземном пространстве в разные дни года. На равнинах Средней Азии и Южного Казахстана прямая солнечная радиация в целом за год ослабляется облачностью, согласно Пивоварой З. И. на 60-70%.

Рассмотрим формы облаков, наблюдаемых в Средней Азии.

Самыми распространенными (40-70%) формами облаков в целом за год являются перистые (Ci) и высоко-кучевые (Ac) (рисунок 6. 13).

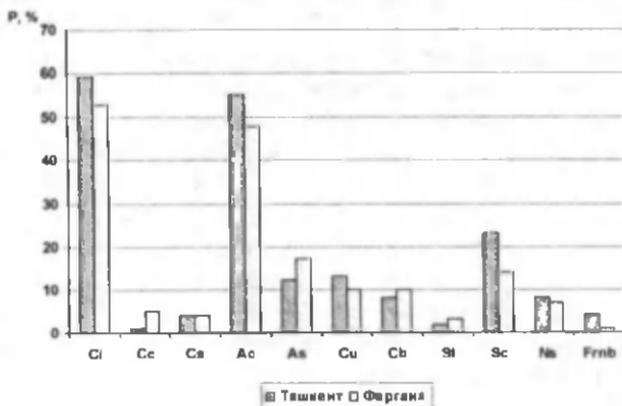


Рисунок 6. 13. Годовая повторяемость (%) облаков разных форм

Облака верхнего яруса - это Ci, Cs; среднего – Ac, As; нижнего – St, Sc, Frnb. Конвективные облака относят к облакам вертикального развития и в зависимости от уровня конденсации их нижняя граница может отмечаться и в нижнем ярусе (до 2 км) и в среднем (2-4 км). При слабой конвекции это Cu, а при сильной конвекции и высокой влажности – Cb. Из облаков нижнего яруса наиболее распространенными являются слоисто-кучевые (Sc), связанные с инверсиями, возникающими в антициклонах за холодными вторжениями. Из рисунка 6. 13 четко выделяется преоблада-

ние Ci в группе облаков верхнего яруса, Ac – среднего и Sc – нижнего.

Рассмотрим как указанные формы облаков распределяются внутри года (рис. 6. 14).

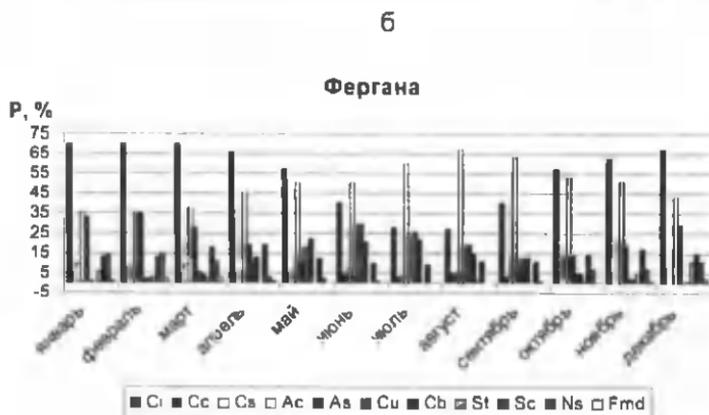
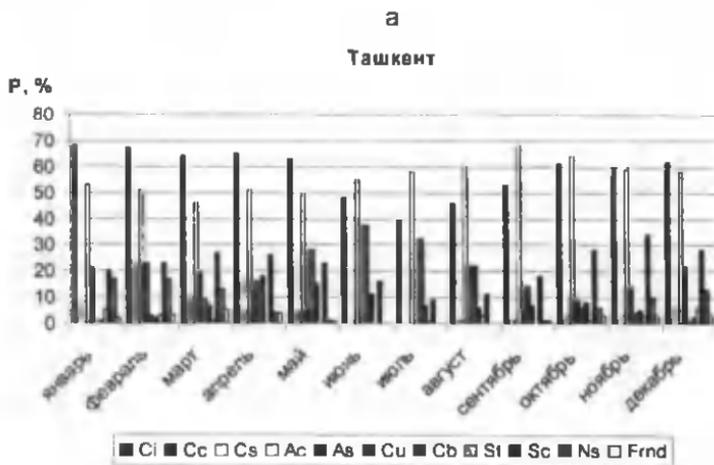


Рисунок 6. 14. Годовой ход повторяемости (%) облаков разных форм

По данным ГМС Ташкент в годовом ходе максимум повторяемости Sc (20-35%) приходится на осенне-зимние месяцы с абсолютным максимумом в ноябре. Облака вертикального развития кучевые и кучево-дождевые (Cu, Cb) в основном наблюдаются в

кучевые и кучево-дождевые (Cu, Cb) в основном наблюдаются в весенне-летние месяцы после полудня. Они характерны для предгорий и их природа динамическая (вынужденная) и термическая конвекция. При этом повторяемость Си больше (до 40%), чем Cb. Однако повторяемость последних также довольно высока (до 30%). Фронтальная облачность – это в первую очередь Ns. Их частота зависит от числа проходящих фронтов. Их повторяемость в месяц составляет не более 10-15%. В Ташкенте они в основном наблюдаются в январе-марте. Наименьшей повторяемостью (3-5%) отличаются слоистые (St). Они характерны для холодного периода года при высокой относительной влажности воздуха. По природе они являются инверсионными облаками.

Ценность этих данных в том, что данные усреднены при фиксированной высоте солнца и для сплошной облачности конкретной формы. Это позволяет собрать данные об облачности аналогично данной методики, выявить соотношения повторяемости этих облаков для конкретной точки (по данным конкретной метеостанции) в конкретный период года. Для данного периода, рассчитав суточный ход высоты солнца, можно выявить потери лучистой энергии в данной форме облаков и конкретно в выбранный период от разных облаков.

ГЛАВА 7

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ РАВНИННОЙ ЧАСТИ УЗБЕКИСТАНА

7. 1. Способы повышения эффективности земель

Для орошаемого земледелия лимитирующими погодными факторами являются солнечная радиация – фотосинтетическая активная радиация, прогрев почвы и воздуха. Для неорошаемого земледелия лимитирующим фактором является водообеспечение. Источником воды являются атмосферные осадки.

Сезон выпадения атмосферных осадков занимает холодный период года, с ноября по май. В зоне с годовым количеством осадков 300-350 мм, в указанный период выпадает до 90-97%. В мае и ноябре среднее месячное количество осадков равно и меньше соответственно значений испаряемости в эти месяцы. Более влажным периодом является декабрь-апрель, когда выпадает до 80-85% годовой нормы. Однако холодный период года даже в субтропиках со средней температурой холодного месяца более 4°C является пассивно вегетационным, поэтому в условиях нашего региона сезон осадков следует разделять на два сезона по термическим показателям: микро и мезотермические сезоны. Следует оговориться, что для отдельных районов можно выделить мезотермический период в осенний период года. Однако, он очень короткий (до декабря) и в этот период даже на территории предгорной равнины выпадает не более 50-60 мм атмосферных осадков. С обеспеченностью 80% это порядка 30-35 мм. Для обеспечения роста зерновых культур до периода кущения требуется дополнительная вода, соизмеримая с количеством осадков этого периода года, что можно считать одним из способов повышения эффективности использования земель и водных ресурсов в нашем регионе. В этом случае будут максимально использоваться атмосферные осадки сезона. При наличии возможности полива в начале вегетационного периода и весенне-летний период созревания озимой пшеницы можно использовать и земли, на которых не хватает естественных осадков для поддержания сельскохозяйственных культур.

Предварительные оценки показали, что полив потребует от 20 до 40% от количества естественных осадков и в период не требующих полива на орошаемых землях. В районах отсутствия зарегулированного стока такой путь можно считать эффективным для земледелия.

Как можно повысить эффективность использования земель в зонах отсутствия стока рек?

Как было показано выше, сезон выпадения атмосферных осадков распадается на два термических сезона – относительно холодная, но влажная зима и влажная теплая весна. В период зимы, выпадающие атмосферные осадки, а в отдельные районах это ощутимое количество по сравнению с испаряемостью в первые весенние месяцы, накапливаются в почве. В районе Гузара ~ 130 мм. При влажной осени почво-грунты предварительно увлажняются осадками до капиллярно подвешенного состояния, теряя часть на испарение с тонкого верхнего слоя. В зависимости от структуры почвы определяются и потери влаги на испарение и объемы накапливаемой влаги в фиксированном слое. В этом случае количество атмосферных осадков будет определять глубину увлажнения слоя. Оценки показали, что слой, теряющий влагу на испарение, равен порядка 5 см. Влага, проникая на глубину, практически сохраняется до вегетации.

С устойчивым переходом температуры воздуха через 4°С начинается вегетация растительности и “глубинная” влага теряется в процессе транспирации. Последняя и предопределяет необходимую влагу. Следует отметить, что количество осадков должно превосходить количество влаги, транспирируемой растением, т. к. будет уже происходить испарение с поверхности почвы, как указывалось выше. Оно будет и в период вегетации, добавляя количество испаряемой влаги с поверхности растений; в почве останется влага в объемах недоступных растениям [46], часть влаги может просочиться вглубь почвы, и станет недостижимой корневой системе. Речь идет о глубине залегания грунтовых вод. Для расширения используемых под сельскохозяйственные угодья земель в зонах недостаточного увлажнения можно использовать способы обеспечения вегетации растений аридных зон. Для неприспособленных для этих условий видов растений в результате подготовки земельных участков следует использовать способ сбора осадков с площадей, превосходящих используемую полезную площадь.

Здесь можно предложить различные варианты, но все пригодны для очень небольших индивидуальных хозяйств, особенно в пустынной зоне. Смысл их сводится к тому, что площадь, занятая выращиваемой культурой, должна быть меньше, площади с которой будут собираться выпадающие осадки. Причем, на полезный участок будут собираться осадки в слое будущей корневой системы, а вспомогательный участок воронкообразной формы, толщиной от 3-5 см на краях до 10-15 см у границ полезной площади должен обеспечивать на нее сток осадков. Можно заготовить формы и заполнять их грунтом в объеме до глубины, достаточной для корневой системы, по ширине в необходимых для производства площадях (сверху можно насыпать тонкий слой песка (~5 см)), что уменьшит испарение.

Возможно, выкопать некоторый объем грунта, уплотнить или покрыть пленкой стенки для водонепроницаемости, и засыпать почвой, что и будет способствовать накоплению осадков и повышению урожая.

Для южных районов (Гузар) и северных (Кокарап) испаряемость в период вегетации (середина февраля-середина мая) равна 380 мм и 255 мм соответственно. Для данных точек с учетом потери влаги в зимний период года и при наличии растительности, а также с обеспеченностью 80% (т. е. в 4 года из пяти гарантировано можно иметь чуть более половины осадков от нормы), желательно удвоить количество влаги на участках. В этом случае диаметр площади сбора осадков должен превосходить диаметр его полезной площади ~ в 1,4 раза.

При освоении таких методов можно будет расширить возможности освоенных земель, когда под участками будет накапливаться влага на глубине, позволяющей ее подъем до корнеобитаемого слоя, но ниже слоя, занятого корнями. Ориентировочно это на глубине 1,0-2,0 м в зависимости от структуры почвы и количества выпадающих атмосферных осадков в этом физико-географическом районе.

Для повышения эффективности земледользования, учитывая гидротермические ресурсы региона, следует шире использовать рассадку. Ее можно выращивать на компактных участках, что обеспечит ее защиту от заморозков. Прямая выгода от использования малых площадей в возможности более полного использования солнечного ресурса, что демонстрирует табл. 7.1 на примере метеостанции Акмолла, расположенной в центре равнинной

территории среднеазиатского региона. Как видно, при обращенных к Солнцу поверхностях поток прямой солнечной радиации, приходящей на них, почти в 1,5-3 раза больше, чем на горизонтальную поверхность в разные часы суток, кроме полудня, в разные месяцы.

В этом свойстве заложена возможность выращивания рассады на "установках" с обращенными к Солнцу поверхностями земли. Таким образом, рассаду можно вырастить до начала вегетации в грунте. Сами поля также следует ориентировать по странам света и углу наклона поверхности. Это позволяет, как бы сдвинуть сезон года.

Таблица 7.1

Прямая солнечная радиация ($\text{кВт}/\text{м}^2$) на поверхности, перпендикулярную лучам (S) и горизонтальную (S')

Сроки, ч	Параметры	Месяцы				
		II	III	IV	V	VI
6 ч 30 мин	S	-	0,29	0,48	0,60	0,63
	S'	-	0,03	0,11	0,20	0,22
9 ч 30 мин	S	0,82	0,85	0,86	0,86	0,86
	S'	0,35	0,49	0,62	0,69	0,70
12 ч 30 мин	S	0,92	0,91	0,90	0,90	0,90
	S'	0,55	0,67	0,78	0,84	0,85
15 ч 30 мин	S	0,72	0,77	0,79	0,80	0,79
	S'	0,25	0,35	0,45	0,54	0,53
18 ч 30 мин	S	-	-	-	0,22	0,33
	S'	-	-	-	0,02	0,05

7. 2. Некоторые соображения о возможности и целесообразности увеличения и интенсификации атмосферных осадков на равнинной территории Узбекистана за счет активного воздействия на облака

Исходя из возможностей увеличения естественно выпадающих осадков (до 30 % за период их выпадения [23, 50]) и потребности в воде сельскохозяйственных культур, произрастающих в условиях мезотермического сезона [33], когда выпадает

~250 мм в год, используя методы активных воздействий на облака, для расширения пригодных для возделывания сельскохозяйственных культур земель следует рассматривать те территории, на которой естественные осадки, выпадающие в этот сезон по количеству равны не менее 180-200 мм в год.

Заметим, что решение о целесообразности организации и проведении работ по активным воздействиям на облака с целью увеличения или интенсификации, выпадающих естественных осадков на территориях с неполивным земледелием, следует принимать только после оценки экономической эффективности на экспериментальном этапе работ. Методы планирования подобных работ нами разработаны и постоянно совершенствуются, начиная с начала 60-годы прошлого столетия, и имеется практический опыт воздействия. Они описаны в [25], где приводится список работ наших сотрудников и наиболее важных работ зарубежных специалистов.

Нам известно, что в природе существуют облака, из которых естественные осадки не выпадают, а существующие методы активного воздействия позволяют вызывать из них искусственные. И это без нанесения ущерба естественному режиму выпадения осадков на соседних территориях. К таким облакам относятся, в первую очередь, слоисто-кучевые. Существует другой класс облаков с довольно высокими для них температурами. Это слоисто-дождевые с довольно высокими температурами на верхней границе до $-18 - (-20)^{\circ} \text{C}$, но в которых не хватает естественных кристаллов для полной реализации в осадки влаги поступающей в облако. Кроме более полной реализации влаги в осадки в этом классе облаков, как и в следующем (слоисто-дождевые облака с температурой до $(-22) - (-25)^{\circ} \text{C}$, возможно нарастить толщину облака. За счет подъема облачных масс на большую высоту из нее можно получить дополнительную влагу, которая в естественном процессе осадкообразования не реализуется.

В бассейне р. Пскем возможно суммарное увеличение стока на 15-20 %. При этом 3-4 % можно получить за счет воздействия на облака типа слоисто-кучевые; 10-12 % - на слоисто-дождевые облака и до 5 % - на конвективные облака.

Для получения оптимального урожая зерновых на богарных землях первоочередным условием является обеспеченность осадками в осенний период (посев-всходы). По проработ-

кам агрометеорологов нашего института урожайность находится в прямой зависимости от периода сезона (начиная с октября), за который выпадает ~20 мм. В результате проведения активных воздействий можно в значительной степени сократить этот период. В последующие фазы развития пшеницы требуется дополнительно в месяц до 5-10 мм даже в годы, когда осадки близки к норме. Также известно, что за период вегетации количество осадков (в %) за отдельные периоды вегетационного роста пшеницы различно. Так, в марте-апреле выпадает до 40-50 % количества осадков от суммы за вегетационный период. В этот же период сохраняется линейная зависимость урожайности от количества осадков. Имеющиеся зависимости показывают, что каждый искусственный миллиметр осадков в указанный период может дать 3-5 кг/га зерна. Воздействие только на слоисто-кучевые облака, позволит повысить урожай на 17 %, что соответствует приросту урожая на 0,8 ц/га. Воздействуя на облака с целью интенсификации выпадающих из них естественных осадков в указанные периоды можно дополнительно получить еще порядка 1,5 ц/га.

В Узбекистане 80 % территории представляют естественные пастбища. В зависимости от питательности трав они подразделяются на 5 групп. Предельная питательность трав на пастбищах региона доходит до 350 к е/га (кормовая единица). На равнинных пастбищах, как правило, питательность трав не более 200 к. е./га. На значительных территориях питательность трав не превышает 80-150 к. е./га.

Увеличение осадков целесообразно и в пустыне. Еще Коровин Е. П. пустынные пастбища подразделил на три класса в зависимости от типа почв: лессовые, гаммада, песчаные, где произрастают травы, кустарниковая и древесная растительность. Наиболее урожайны песчаные пастбища, где коэффициент фильтрации высок, влага из почвы ниже 50 см практически не испаряется. Таким образом, осадки хорошо собираются в почве и используются растениями, испаряются преимущественно в процессе транспирации влаги растениями. Однако выпадающие над ними естественные осадки обычно не пропитывают почву до оптимальных для растений значений, поэтому для повышения урожая целесообразно проводить активные воздействия на облака во все годы.

В среднем многолетнем, проводя активные воздействия над этими пастбищами, можно дополнительно получать до 25-30 мм осадков в год (сезон), что позволяет увеличить продуктивность кормов с одного гектара на 0,8 ц/га (40 к. е).

Затраты на работы по активным воздействиям в пересчете на единицу дополнительной продукции по данным 2000 года составляли: 1-5 сумм на 1 м³ дополнительной массы воды, 300-500 сумм на 1 ц дополнительной массы зерновых на богаре, 600-1000 сумм на 1 ц дополнительной массы трав на пустынных пастбищах.

При разработке Проекта Технико-экономического обоснования работ по Активными воздействиями на облака с целью увеличения атмосферных осадков над богарными землями и пастбищными угодьями в осенне-зимний период было бы полезно учесть следующие рекомендации.

Во-первых, при планировании работ по увеличению осадков следует изучить структуру почвы, собрать экспериментальные данные об агрогидрологических свойствах почвы или провести самостоятельные исследования, которые позволят выявить соотношение капилляров и пор, по которым влага будет проходить вниз за счет гравитационных сил в отличие от капиллярных. Оптимальным для накопления влаги является вариант проникновения влаги по порам на глубину не менее 5-10 см и далее сохранение ее в капиллярах. При знании структуры почвы движение влаги можно рассчитывать.

Несмотря на характерное для региона начало периода выпадения осадков, приходящееся на вторую декаду октября, целесообразно систематические воздействия на облака с целью накопления влаги в почве начинать со второй половины ноября - начале декабря. К этому периоду над Средней Азией формируются облачные процессы, из которых часто выпадают осадки в количестве 2-5 мм и более за единый процесс их выпадения. Согласно [51] при воздействии на облачные процессы, обеспечивающие выпадение осадков в количестве 2-5 мм, можно дополнительно получить до 30 % дополнительных осадков. Воздействие на облачные процессы, в первую очередь, с меньшим количеством естественных осадков, а также и с очень большим количеством осадков обеспечат меньший эффект воздействия. Так, небольшое количество вызванных осадков вызовет только смачивание тонкого верхнего слоя почвы, хотя и это полезно. При последую-

щем выпадении осадков они будут проникать вглубь почвы. Воздействие на облачные процессы, обеспечивающие естественное выпадение большого количества осадков, плюс дополнительное вызовет уплотнение почвы, что неблагоприятно для произрастания семян. В период с середины октября до середины декабря было бы целесообразно провести единичное воздействие на облачный процесс, обеспечивающий выпадение 5-10 мм осадков, т. к. после сухого периода такое количество способно смачивать более мощный поверхностный слой почвы, а выпадение осадков из следующих за ними облачных процессов будет способствовать смачиванию почвы на большую глубину. Это свойство почва сохраняет даже, если после смачивания некоего слоя почвы влага испарилась. Проникновение влаги в глубь почвы сохраняет ее от испарения.

Немаловажным фактом является и то, что период конец ноября-середина февраля характеризуется наименьшей высотой солнцестояния, что обеспечивает наименьшие потери влаги на испарение с верхних слоев почвы. Для исключения фильтрации влаги ниже слоя корневой системы сельскохозяйственных угодий, для которых будет проводиться активное воздействие на облака, необходимо предусмотреть специальные наблюдения с обязательным измерением влагосодержания почвы до глубины 1 м для зерновых культур и 0.5 м - для пастбищ. Учитывая регулярность измерения влажности существующими методами один раз в декаду, на полях, где будет проводиться активное воздействие на облака, необходимо предусмотреть оперативный контроль за измерениями влажности почвы. Один из методов измерения - измерение температуры почвы по глубинам. В период перехода от сухого состояния почвы до влажного по этим наблюдениям можно косвенно определить глубину проникновения влаги в почву. Указанием нецелесообразности проведения активных воздействий на облака в зимний период могут служить критериальные значения агрогидрологических свойств почвы. Увлажнение нижних уровней заданного для накопления влаги слоя до состояния наименьшей влагоемкости почвы (синонимы - полевая влагоемкость, предельная полевая влагоемкость) является показателем нецелесообразности активного воздействия на облака в зимний период. Ближе к периоду вегетации растений критериальным значением следует выбрать увлажнение почвы до состояния полной влагоемкости почвы.

Определение степени потери влаги на испарение в оперативном режиме можно обеспечить, организовав теплобалансовые наблюдения. Кроме этого, можно воспользоваться формулами для расчета испаряемости по дефициту упругости или температуре и относительной влажности воздуха. Как показали наши проработки, расчетные величины довольно неплохо характеризуют испарение с поверхности почвы при ее увлажненном состоянии. По мере просыхания верхних слоев почвы можно воспользоваться результатами наших экспериментальных исследований [51, 53]. Оценку испарения следует проводить, используя метод теплового баланса при условии, что испарение является остаточным членом уравнения.

В перспективе необходимо провести исследования для более мощных эталонов почв с учетом их структуры, которые позволяют определить высоту подъема влаги по капиллярам и таким образом выявить толщину верхнего сухого слоя, затрудняющего проникновение жидкой влаги к поверхностным слоям.

7. 3. Возможное районирование по режиму атмосферных осадков на основе анализа поля вертикальных токов, формирующие осадки в регионе

Современная аэрологическая информация о термобарических полях в тропосфере представляет прогностические карты Мировых метеорологических центров. В закрытом от ведущих западных потоков горами регионе эта информация должна быть увязана с пограничным слоем атмосферы. Для этого есть наземная метеорологическая сеть, которая местами дополнена радиолокационными станциями. Для визуализации аэрологических карт есть спутниковые наблюдения. В такой ситуации можно переходить к численным прогнозам осадков (П. 3), в основе которых должны лежать карты вертикальных токов. Этому должен предшествовать анализ роли каждого члена уравнения вихря (П. 2) в формировании поля вертикальных токов в разных синоптических процессах с привязкой к рельефу.

Для нашего региона можно полагать, что для осадков, выпадающих на равнинной части, достаточно учитывать первые пять членов уравнения. Для предгорной равнины и низовьев широких долин следует учитывать и шестой член уравнения, который учитывает вклад роли подъема воздушного потока по на-

наклонной предгорной равнины. Приподнятые станции как, например, Байсун, возможно, что в случае сильных ветров (большие градиенты давления) попадают в западные влажные воздушные потоки. А из этого следует, что процессы осадков будут усиливаться, т. к. вклад шестого члена уравнения вихря возрастет. По всей видимости, на таких станциях и число случаев выпадения осадков возрастет за счет того, что подъема влажного воздуха вдоль предгорной равнины может быть достаточно для выпадения слабых осадков. На равнине в это время осадки будут отсутствовать.

Следующий класс осадков – это достаточность вертикальных токов, описываемых последним членом уравнения вихря. Это динамические турбулентные силы, возникающие над шероховатыми поверхностями. По сути это пограничные слои атмосферы. В настоящее время можно говорить о горных холмистых плато, в частности, надбазисные поверхности выравнивания. Здесь значительно выше параметр шероховатости; на этих высотах свободной атмосферы, как правило, больше скорости ветра, чем на равнине у поверхности земли. Обдуваясь западными воздушными потоками, несущими влагу морских воздушных масс, над этими поверхностями могут формироваться процессы осадкообразования и выпадать осадки при полном отсутствии всех остальных причин образования вертикальных токов.

Рассмотрим, как влияют различные формы рельефа на количество атмосферных осадков? Для этого были выбраны метеостанции, расположенные в разных формах рельефа, по данным которых судим о количестве осадков, выпадающих над этими территориями.

Для характеристики равнинной части выбрана метеостанция Аякагитма (рис. 7. 1).

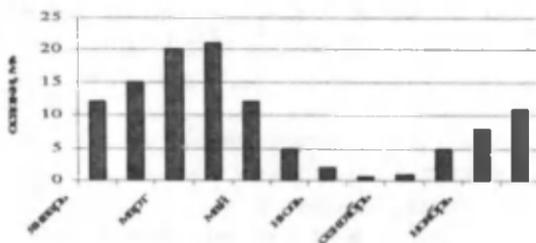


Рис. 7. 1. Годовой ход осадков на равнине.

Значительные равнинные участки предгорий характеризуют метеостанции Карши, Гузар, Сырдарья, Пахтаарал (рис. 7. 2).

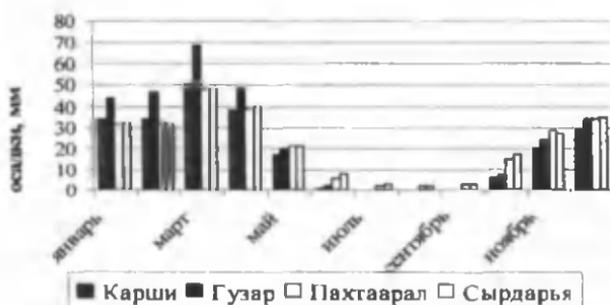


Рис. 7.2. Годовой ход осадков на равнинных участках предгорных равнин.

Выпадение атмосферных осадков на надбазисными поверхностями выравнивания характеризуют метеостанции Ангрэн, устье р. Майдантал, Аманкутан (рис. 7. 3).



Рис. 7. 3. Годовой ход осадков на площади надбазисных поверхностей выравнивания

Для сравнения количества выпадающих осадков в разных формах рельефа на рис. 7. 4 представлено годовое количество осадков по всем рассматриваемым выше метеостанциям.

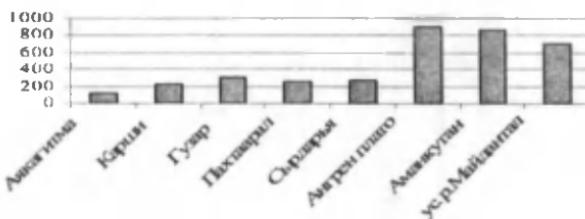


Рис. 7. 4. Годовой ход осадков, мм

Равнина, предгорья и среднегорье значительно отличаются по годовому количеству осадков. Годовой же ход атмосферных осадков идентичен. Осадки в регионе имеют некую единую природу осадкообразования. Однако, реализация процесса осадкообразования дает сильно различающиеся результаты. Так, в марте на равнине выпадет 20 мм, в предгорьях порядка 50 мм, а в среднегорье 120-160 мм.

По всей видимости, причина – это усиление вертикальных токов отдельными формами рельефа. Эта причина на качественном уровне указывалась неоднократно. Однако, в котловинном расположении региона рассмотренные три зоны обдуваются потоками разного уровня, а это разные скорости ветра, разная масса воздуха и влаги проходит за единицу времени. Наиболее влажные воздушные потоки, по всей видимости, расположены в слое 1,5-2,5 км.

Можно сформулировать ряд вопросов, не имеющих ответа на настоящее время. Где формируется поле вертикальных токов, способствующее выпадению атмосферных осадков на большой площади региона, как оно трансформируется по пути, где и когда подключается горизонтальная неоднородность вертикальных токов в вихреобразовании, каково поле вертикальных токов, создаваемое силами турбулентного трения над барханами, пересеченными формами рельефа. Имеющиеся средства (прогностические карты погоды северного полушария, спутники, радиолокационные станции и сеть наземных метеостанций) позволяет решить рассмотренные вопросы. Их решение это надежный и более заблаговременный прогноз осадков, районирование территории с выделением сезонности и обеспеченности на разных временных промежутках выпадения осадков. Их решение позволит более полно использовать водный и земельный ресурсы региона.

ПОЛОЖЕНИЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Под Среднеазиатским регионом понимается обширная территория в центре Евразийского материка (между $35^{\circ}08'$ и $45^{\circ}32'$ с. ш., $52^{\circ}23'$ и $80^{\circ}22'$ в. д.), располагающаяся в одной из впадин горной складчатой системы Евразийского материка. Эта горная система простирается от Атлантики на западе и почти до Тихого океана на востоке. Равнинная часть расположена во впадине между Кавказом, от которого отделена Каспийским морем, и входящими в район горной системой Памира и Тянь-Шаня. На севере она отделяется Арало-Иртышским водоразделом и простирается до государственной границы с Ираном, Афганистаном и Китаем на юге, хотя последний рубеж, безусловно, условен. Западным рубежом является восточный берег Каспийского моря. Горная система памиро-Алай-Тянь-Шань-Гиндукуш является одной из самых высочайших горных систем мира. На территории Средней Азии расположены 4 семитысячника, Кавказ и Эльбурсом имеют вершины чуть более 5,5 тыс. м н.у.м. Далее на запад простираются горные системы Карпат и Альп, становясь все ниже. Влагонесущие западные потоки с Атлантики проходят через все эти горные системы или обгибают некоторые из них. Наиболее мощные через понижения между хребтами Копет-Дага и Паропамиза проникают в южную часть Каспия или вдоль рек Теджен и Мургаб.

По устройству поверхности Средняя Азия делится на две резко отличающиеся части – низменную и горную: равнинная низменная часть хребтом Каратау разделяется на Балхашский бассейн и Аральский, собственно Туранский бассейн (Туранская низменность). Горная часть ее представляет западную окраину Евразийского горного пояса с двумя горными системами: Тянь-Шань и Памир, включая Алай. Хребты в этих системах преимущественно имеют широтную направленность. Впадины между ними направлены так же и чаще сужены на востоке и западе, тогда как в центральной своей части они более широкие. Благодаря этому хребты суживаются у западных и восточных границ впадин и как бы раздвигаются, обгибая впадины с севера и юга (Иссык-Кульская, Нарынская, Ферганская). Южнее Ферганской долины лежит горная система Памиро-Алая, которая делится на восточную и западную. Восточный Памир представляет нагорье с широкими долинами и

котловинами, над которыми на высоту 1200-1900 м поднимаются хребты с мягкими округлыми склонами. Западный Памир - это область глубоко расчлененного высокогорного рельефа с чередующимися хребтами и узкими горными долинами. На юго-западе этого мощного горного массива (Тянь-Шань-Памиро-Алай), известного как южная окраина Тянь-Шаня, расположены невысокие (600-2000 м) хребты, понижаясь, сливаются с равнинными пространствами широких террас Амударьи и Сырдарьи. С юга среднеазиатский регион окаймляется системой Туркмено-Хорасанских гор или Копет-Дага, которая отделена от Тянь-Шаня значительным равнинным участком (Ферганская долина) наклонных предгорных равнин, имеющих очень неправильную извилистую форму, местами довольно широкую, местами почти выклинивающуюся. Эта предгорная равнина отличается от гор и от равнин региона. Причем, по характеру рельефа от равнин отличается меньше, чем от гор, с которыми связана генетически. Наиболее широкая полоса предгорных равнин расположена к западу от юго-западного окончания Чаткальского хребта в районе впадения в Сырдарью рек Чирчик и Ангрэн. Здесь ее ширина равна 60-70 км в полосе высот 350-500 м н. у. м. Такой же широкой она представляется от отрогов Зеравшанского и Гиссарского хребтов (у г. Керки это 40-50 км). На участке, протяженностью 120 км вдоль Туркестанского хребта расположена предгорная равнина шириной 20-25 км. Вдоль северного склона Нуратау ее ширина равна 9-5-10 км. При подходе Амударьи к южному окончанию хребта Кугитанг близ пос. Кемир и вдоль северного склона Зеравшанского хребта предгорная равнина сходит на нет. Остальная часть среднеазиатского региона равнинная, постепенно понижающаяся от горной системы Тянь-Шаня к берегам Каспийского и Аральского морей. Ее обширные пространства (с запада на восток ширина ее составляет 900 км (61° в. д.)) наклонены на запад и северо-запад под углами 0,2-0,4 м/км, что является большой редкостью для Земного шара на столь больших площадях. С юга на север равнинная часть под названием Туркменская низменность простирается от Туркмено-Хорасанских гор до Казахского мелкосопочника и оконтурена 300-метровой горизонталью. Ее особенностью в отличие от других низменностей является наличие как бы двух высотных ступеней. Густая расчлененность рельефа при относительно незначительных амплитудах высот от минус 28 до 150-300 м обеспечивает близость расположения 200 м и 300 м изолиний с уклонами между ними от 1,0-1,5 до 2,5-3,0 м/км.

Внутри же пространств, ограниченных 200-метровой горизонталью, уклоны не превышают 0,2-0,025 м/км. На фоне общей равнинности выделяются такие отдельные крупные возвышения, как Малый Балхан, хребет Султан-Уиздаг (до 485 и н.у.м.). Вторая высотная ступень характеризуется малым расчленением. К ней можно отнести Большой Балхан (1880 м н.у.м.), район Джайнак или Заузбойский складчатый район. Говоря о деятельной поверхности, следует отметить, что в регионе наблюдается довольно широкий диапазон ландшафтов: песчаные, мелкие и крупные оазисы, лессовые подгорные равнины и низкие предгорья, горные степи, высокотравные и субальпийские луга, низкотравные луга и высокогорная пустыня (тундра), горнолесные ландшафты.

На территории Средней Азии формируются и рассеиваются ряд рек, при этом на 70% территории практически нет рек. По Шульцу В. Л. вся территория региона делится на три области: образования, рассеивания и равновесия стока. Первая охватывает практически всю горную систему, вторая - часть равнины, включая предгорные, которые испаряют в атмосферу сток с гор; третья область это та часть равнины, где не формируется поверхностный сток и куда не попадает сток с гор. По водоносности выделяется бассейн реки Амударья (50% всего стока); по площади - бассейны реки Теджен и Мургаб (193 тыс. км²). Сток (порядка 6-10⁹ м³) этих рек собирается и формируется за пределами среднеазиатского региона.

Как видим, равнинная часть Средней Азии является замкнутой котловиной с шероховатой поверхностью, наклоненной к северо-западу. Ограничивающие ее горы с востока имеют широтно расположенные хребты с уклоном к равнине. Расположенный с севера Казахский мелкосопочник наклонен к югу, а на севере завершается водоразделом, отделяющим среднюю и западную части Центральной Азии от Западной Сибири, которая в свою очередь, огражденная от Европейской части Урала, и на востоке горным массивом Восточной Сибири. Такое расположение способствует накапливаемому холодному воздуху в приземном слое Западной Сибири проходить на территорию Средней Азии.

По климатическому районированию в Средней Азии выделяются две крупные климатические области: субтропическая и высокогорная. Для первой, охватывающей равнинные и среднегорные пространства, выделены два климатических района: Иранский (субтропический) и Туранский (переходный), граница между кото-

рыми проходит по 40° с.ш. (по сути это граница умеренного и субтропического поясов, проходящая посреди пустынных пространств Средней Азии). В горах Средней Азии также выделяются две области: горная Тянь-Шаня и горная Памиро-Алая. На равнинной части Средней Азии в основном представлены климаты пустынь с холодной зимой (пустыни бореального типа) и климаты пустынь с теплой зимой (пустыни субтропиков). Разграничительной линией между ними может служить изотерма самого холодного месяца (январь) минус 3°C . Эта изотерма вблизи меридиана 60° в. д. на территории Средней Азии опускается примерно до широты 41° с. ш., а западнее и восточнее поднимается несколько севернее. В предгорной части Средней Азии преимущественно в ее восточной части, распространены климаты степей с теплой зимой.

В горной части региона [59] в среднем выпадает порядка 555 мм, при этом испаряется 361 мм, а 194 мм идет на формирование стока рек. С равнинной части испаряется 290 мм, в среднем выпадает 200 мм. Таков вклад осадков в обеспечение влагой атмосферы в горах и на равнине среднеазиатского региона.

В регионе число озер доходит до 5500, по площади значительная их часть (5239) занимает менее 1 км^2 , т. е. источниками влаги для региона служит порядка 5% из них.

Ледники в регионе группируются в отдельных районах. Основная их масса расположена в районе пика Хан-Тенгри (Центральный Тянь-Шань) и в районе хр. Академии Наук (Западный Памир). Общая площадь ледников Тянь-Шаня и Памиро-Алая порядка 19 тыс. км^2 , дающие $1/3$ годового стока рек Средней Азии и $1/2$ летнего. По данным В. И. Рацека в районе пика Хан-Тенгри площадь снега и фирна составляет порядка 2818 км^2 , ледников 946 км^2 , которые в основном располагаются в высотной зоне 3500 м н. у. м. и выше.

Таким образом, физико-географическое положение Средней Азии создает уникальный субтропический климат выше традиционный субтропиков на 5° широты.

УРАВНЕНИЕ ВИХРЯ

В динамической метеорологии из уравнений движения было выведено уравнение вихря (скорости). Оно поможет охарактеризовать физические процессы в атмосфере, формирующие вертикальные токи. Представим уравнение вихря скорости в следующем виде

$$\frac{\partial \Omega_z}{\partial t} = \frac{2\omega_z}{T} (u_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_x \frac{\partial T}{\partial y} - \beta v - (u \frac{\partial \Omega_z}{\partial x} + v \frac{\partial \Omega_z}{\partial y} + w \frac{\partial \Omega_z}{\partial z}) - (2\omega_z + \Omega_z) (\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}) + \frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} (\frac{\partial \tau_x}{\partial x} - \frac{\partial \tau_y}{\partial y})$$

Из приведенного уравнения видно, что изменение вертикальной составляющей вихря в некой точке может произойти под влиянием следующих факторов:

- геострофическая адвекция тепла или холода - первое слагаемое в правой части;
- меридиональное движение воздушной массы - второе слагаемое;
- адвекция вихря (как горизонтальная, так и вертикальная) – третье слагаемое;
- дивергенция скорости ветра – четвертое слагаемое;
- неравномерное распределение в пространстве вертикальных составляющих скорости ветра – пятое и шестое слагаемые;
- турбулентные силы трения – последнее слагаемое.

Процесс облако-осадкообразования наблюдается при наличии вертикальной скорости ($w > 0$). Обложные атмосферные осадки образуются в поле упорядоченных вертикальных токов. По масштабу эти поля характеризуются как крупно и среднемасштабные. Исходя из этого, и будем выделять процессы, способные сформировать указанные поля.

Вернемся к вышеприведенному уравнению скорости вихря.

Положительные значения вертикальной скорости будут наблюдаться при адвекции холода. Положительные вертикальные токи образуются при зональном движении, если в данную точку придут воздушные массы с запада с более холодных поверхностей. Более типичной ситуацией, обеспечивающей адвекцию холода, является меридиональное движение воздушной массы с севера.

Это значительный фактор для региона. Все холодные воздушные массы, являющиеся составной частью фронтальных про-

цессов, вторгаются с северной стороны, чаще с северо-запада, севера, возможно с северо-востока. В описании движения такого типа входит число Россби. А это значит, что по мере перемещения к югу величина $\sin \varphi$ уменьшается, т. е. будет осуществляться сходимость воздушного потока ($w > 0$). Восточная составляющая, вернее северо-восточная, на севере региона способствуют образованию циклонов. В субтропическом поясе высоких давлений северо-восточные ветры при усиленных западных переносах и ведут к образованию циклонов, разрушающих пояс высокого давления на отдельные антициклоны.

Для нас важным являются горизонтальный и вертикальный перенос вихря из других областей. По мере передвижения вихря будет наблюдаться падение давления в передней части циклона и рост в тыловой части. Область с падением давления определяет зону упорядоченных восходящих токов, а она приносится на нашу территорию. Это макромасштабные явления и их можно предсказывать на подходе к региону. Другие причины будут усиливать или ослаблять эту зону.

Для решения нашей задачи важно и четвертое слагаемое в правой части уравнения вихря, учитывающее влияние дивергенции горизонтальной скорости ветра на изменение вихря. Как известно, дивергенция скорости ветра складывается из дивергенции модуля скорости ветра и дивергенции направления. При сходимости воздушного потока дивергенция модуля скорости ветра положительна (величина скорости возрастает по потоку), а дивергенция направления отрицательная. В итоге по правилу Михеля В. М., имеем, что только в 60-70 % случаев давление растет при сходимости линий тока и падает при расходимости.

В ряде случаев (юго-восточная часть равнины региона и южная в области 60° в. д.) сочетание третьего и четвертого слагаемых правой части уравнения вихря объясняет сухую область центральной части региона и зону повышенного количества осадков в юго-восточной части региона.

Для среднеазиатского региона важна роль горизонтальной неоднородности вертикальных токов (предгорная равнина) (пятое и шестое слагаемые уравнения), а также последнее слагаемое уравнения. Однако если он является как бы вспомогательным для равнинной части, то для зон высокогорных нагорий (надбазисных поверхностей выравнивания) он является основным в процессе осадкообразования.

**ПРИНЦИПЫ И УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА
КОЛИЧЕСТВА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ**

Принципы расчета количества осадков

Для расчета количества осадков требуется информация о состоянии атмосферы в тропосфере. С учетом распределения влаги в атмосфере для расчета обложных осадков можно ограничиться половиной толщины тропосферы, т. е. рассматривать ее в слое поверхность Земли - 5,5 км н. у. м.

Состояние атмосферы определяется пространственным распределением полей давления, ветра, температуры, влажности на принятых уровнях (земля, 850 гПа - ~1.5 км, 700 гПа (~3,0 км), 500 гПа (~5,0 км). Поверхность Земли освещается ~20 параметрами. Густота гидрометеосети (наземная) с шагом ~30 км ограничивается 300 км. Крупнейшие метеорологические центры имеют такую информацию со всего земного шара и не менее чем на 12 уровнях. Региональные освещают четвертую часть - половину северного или южного полушария.

Вариант расчета количества осадков. Определяют изменение температуры воздуха в некоторой точке

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \tau \left(\frac{\gamma_a - \gamma}{g\rho}\right) + \tau \frac{\xi}{c_p},$$

где T - температура воздуха; u и v - составляющие фактического ветра; $\gamma = \frac{\partial T}{\partial z}$ и $\gamma = \frac{Ag}{c_p}$ - фактический и сухоадиабатический вертикальные

градиенты температуры; g - ускорение свободного падения; ρ - плотность воздуха; c_p - удельная теплоемкость воздуха при $p = \text{const}$; P - атмосферное давление; $\tau = -g\omega$ - вертикальная скорость в гПа/с; ω - вертикальная скорость в метрической системе; ξ - удельный приток тепла, отнесенный к единице массы воздуха.

Вертикальная скорость рассчитывается по уравнению вихря, рассмотренного [П. 2]. Укажем, что это уравнение отражает следующие факторы, формирующие вертикальные токи:

- геострофическая адвекция тепла или холода;
- меридиональное движение воздушной массы;

адвекция вихря (как горизонтальная так и вертикальная);
 дивергенция скорости ветра;
 неравномерное распределение в пространстве вертикальной составляющей скорости ветра;
 турбулентные силы трения.

В облачном слое, который определяют из профилей температуры точки росы, учитывают фазовые переходы. Это еще один член в приведенное уравнение. По данной информации рассчитывают интенсивность осадков. Для обложных осадков без учета трансформационных осадков интенсивность находят по формуле

$$I_{z_0} = \int_{z_0}^z \rho_w \frac{\partial q_{\max}}{\partial Z} dz,$$

где q_{\max} - максимальная удельная влажность.

Количество осадков определяют по выражению

$$Q_{\text{обл}} = I_{\text{обл}} t.$$

Часто в прогнозах принимают $t=12$ ч, что и приводит к погрешностям.

Использование таких методов возможно при наличии указанной информации, технических средств по ее приему и обработке и определенного штата высококвалифицированных специалистов соответствующих профилей.

Общие методы достаточны для однородных физико-географических сред крупных масштабов. Центры же должны учитывать особенности районов меньших масштабов.

Наш регион, расположенный в центре Евразийского материка, имеет особенность – замкнутость с относительной доступностью северным ветрам [31]. Это явно расслаивает атмосферу, и для точных как описаний, так и прогнозов погоды, необходимы аэрологические наблюдения в регионе, по крайней мере, в 2-3-километровом слое атмосферы. В предгорьях при развитом горном ветре наблюдается три слоя. Заметим, что восточные ветры в Ташкенте – это стоковые горные ветры.

Упрощенные методы расчета количества осадков

Для оценочных работ можно использовать упрощенные способы расчета параметров облаков и осадков.

В первую очередь, это расчет вертикальной скорости. Для промежутка времени сутки и менее можно пренебречь притоком тепла (ξ), тогда можно оценить вертикальную скорость по изменению температуры во времени в данной точке

$$w = -\frac{1}{\gamma_a - \gamma} \frac{DT}{Dt}.$$

При отсутствии данных температурного зондирования атмосферы можно определять γ в приземном слое, исходя из теории приземного слоя, ограничиваясь данными наземных метеостанций, согласно разработанным А. Р. Константиновым методам. Выше приземного слоя атмосферы, принимая его равным наиболее вероятному значению $\gamma = -0,0065^\circ\text{C}/\text{м}$ в свободной атмосфере.

В пограничном слое H (его толщина над равнинной частью региона, рассмотренная [31]).

$$w_{z=h} = \frac{C_g}{2a},$$

где C_g - скорость геострофического ветра, которую можно принять равной реальной расчетной скорости по полученным данным Европейского центра на уровне 700 гПа.

Для контроля можно использовать другую формулу, которая учитывает изменение с высотой коэффициентом турбулентности в отличие от первой, но она требует знаний отклонения скорости ветра на высоте приземного слоя от геострофического (α_0). При отсутствии специальных градиентных наблюдений можно воспользоваться опять же методом А. Р. Константинова. По данным метеостанции ($t_{\text{воздуха}}$, $t_{\text{почвы}}$ и скорости ветра на высоте флюгера) и Z_0 (шероховатость в районе станции, определенной по состоянию деятельной поверхности) определить поворот ветра в приземном слое в данном состоянии атмосферы (α_0). В крайнем случае, принять высоту приземного слоя равной $H=100$ м. В этом случае

$$w_{z=h} = \frac{C_g}{2a} \sin 2\alpha_0.$$

Для убедительности правоты решения о высоте приземного слоя атмосферы следует оценить параметр устойчивости в приземном слое. Нами рассчитаны параметры устойчивости атмосферы (число Ричардсона и параметр устойчивости γ , введенный Константиновым А. Р. Эти параметры указывают на необходимость учета стратификации атмосферы при расчетах параметров приземного слоя. В пределах обычно наблюдаемых чисел Ричардсона (от +0,3 до -0,3) данный коэффициент γ на высоте 1 м изменяется от 1,1 до 0,86.

В вышеприведенных выражениях

$$a = \sqrt{\frac{l}{2k}},$$

где l — параметр Кориолиса, k — коэффициент турбулентности на высоте приземного слоя.

В синоптических работах за скорость вертикальной составляющей ветра принимают параметр $\tau = -g\omega$. Это выражение позволяет судить о вертикальной составляющей ветра ω по индивидуальному изменению давления соответственно с некоторыми погрешностями. Зная ω и l , можно оценить интенсивность обложных осадков по выражению

$$I_{\text{обложн.}} = -\frac{\bar{\tau}}{g} (q_{\text{max}})_{850}.$$

В данном случае τ усреднено по слою ($p_0 - p$) и для повышения точности расчета необходимо рассматривать и последующие уровни. Практика показывает, что для наших условий часто достаточно еще одного слоя ($H_{700} - H_{850}$). Зная $I_{\text{обложн.}}$ определяем количество осадков Q , как $Q = I_{\text{обложн.}} t$.

Для повышения точности при анализе материала можно взять измеряемую на станциях продолжительность процесса осадков, а в оперативной практике на равнинных территориях взять данные станций, расположенных на наветренной стороне от данной, или по синоптическим картам, спутниковым снимкам, зная протяженность облачного слоя. Мгновенное поле осадков, как правило, по размерам составляет 1/3 от линейных размеров облака по направлению ветра.

ФЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ВРЕМЕНА ГОДА

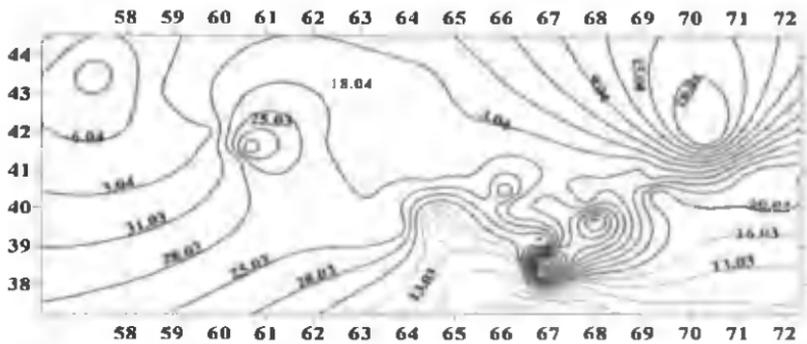
№ пп	Фенологический сезон	Характерные сезонные явления
1.	Предвесенний	Время пробуждения небольшого числа наиболее ранних видов растений.
2.	Ранняя весна	Время появления и начало развития листьев большинства кустарниковых и древесных пород до начала цветения фруктовых деревьев и ягодных кустарников.
3.	Разгар весны	До начала цветения озимой ржи на полях и малины в садах.
4.	Раннее лето	Время максимального цветения луговой растительности и начало созревания ягод; кончается цветением винограда и липы мелколистной.
5.	Полное лето	Время созревания ранних плодов и уборка хлебов; кончается полным созреванием плодов рябины и началом осеннего пожелтения листьев берез, лип и вязов.
6.	Ранняя осень	Время созревания поздних плодов, осенней расцветки деревьев и начало листопада.
7.	Глубокая осень	Время массового листопада, кончается полным опадением листвы поздних кустарников (обыкновенная сирень) и прекращением травянистых растений.
8.	Зима	Период полного покоя растительности

Карты-схемы средних многолетних дат устойчивого перехода температуры воздуха через 5, 10, 17° С весной 17, 5° С осенью

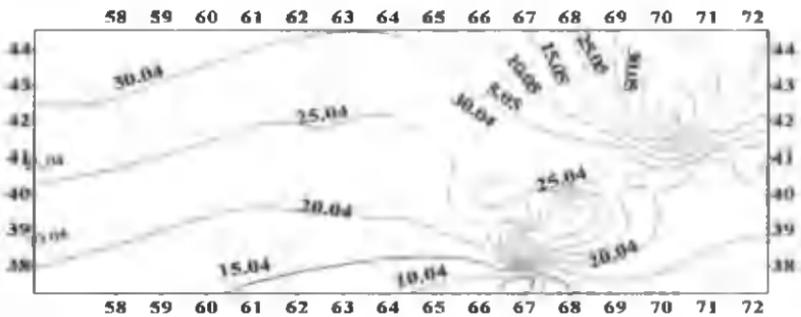
5°С весной



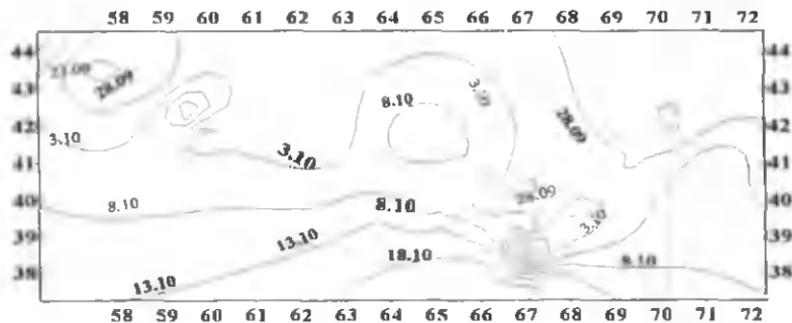
10°С весной



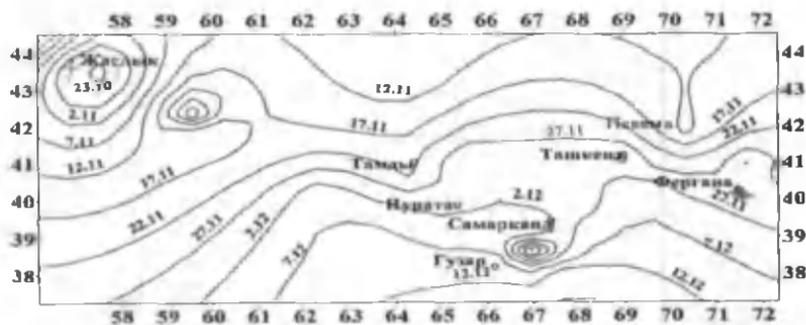
17°С весной



17°C осенью



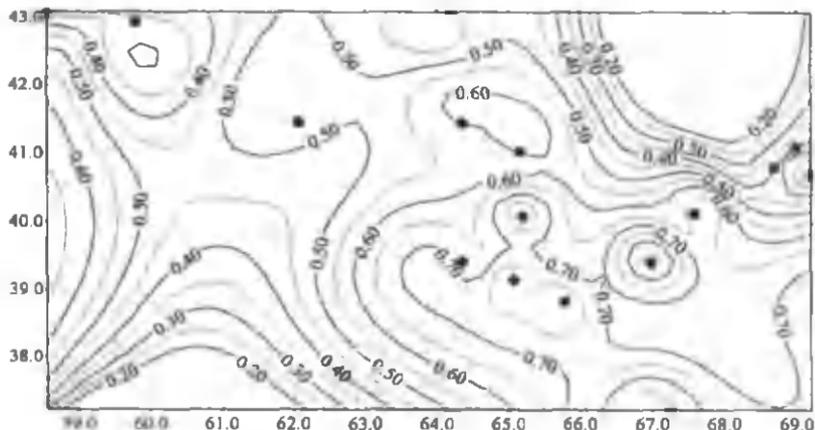
5°C осенью



**КАРТЫ-СХЕМЫ СРЕДНЕЙ МНОГОЛЕТНЕЙ СУТОЧНОЙ
ИСПАРЯЕМОСТИ
НА РАВНИННЫХ СТАНЦИЯХ УЗБЕКИСТАНА (ММ)**

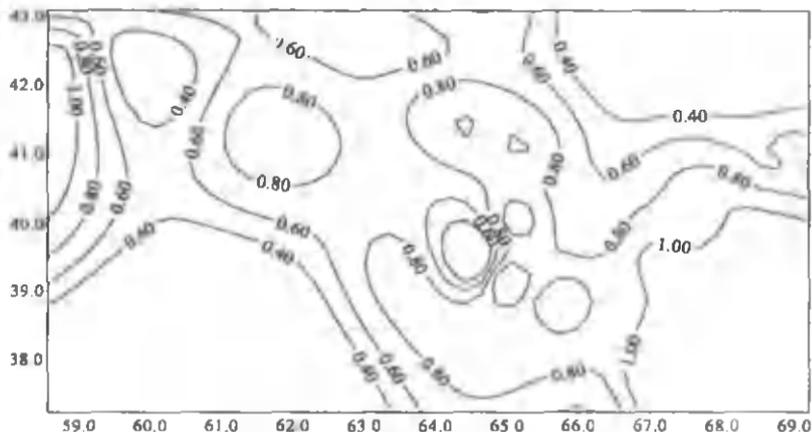
январь

широта, град



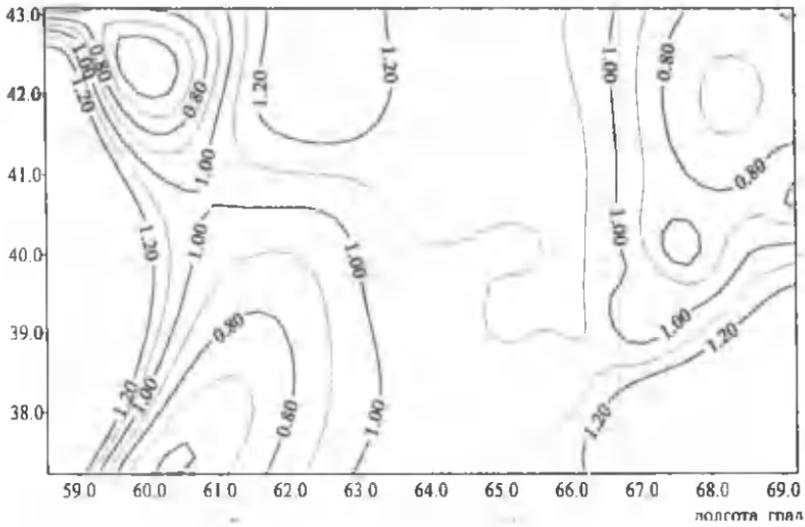
долгота, град

февраль



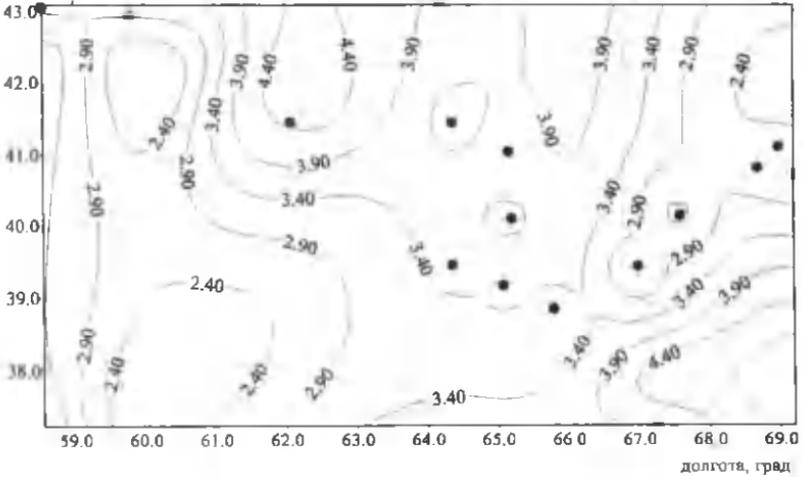
март

широта, град

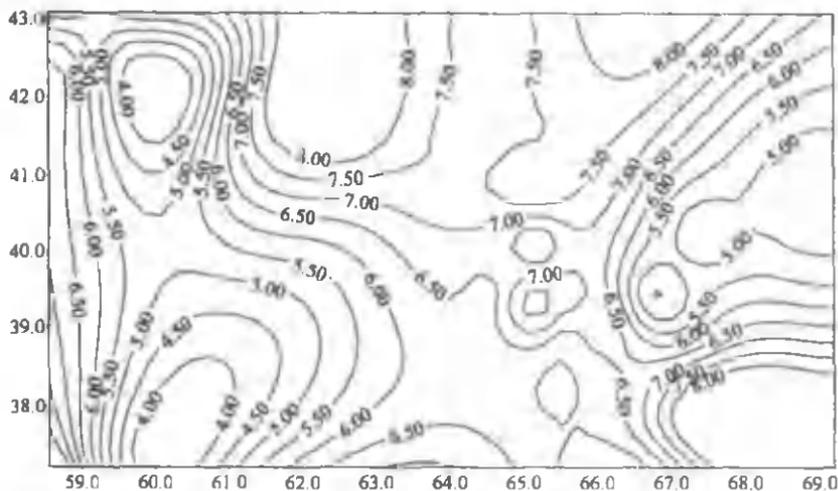


апрель

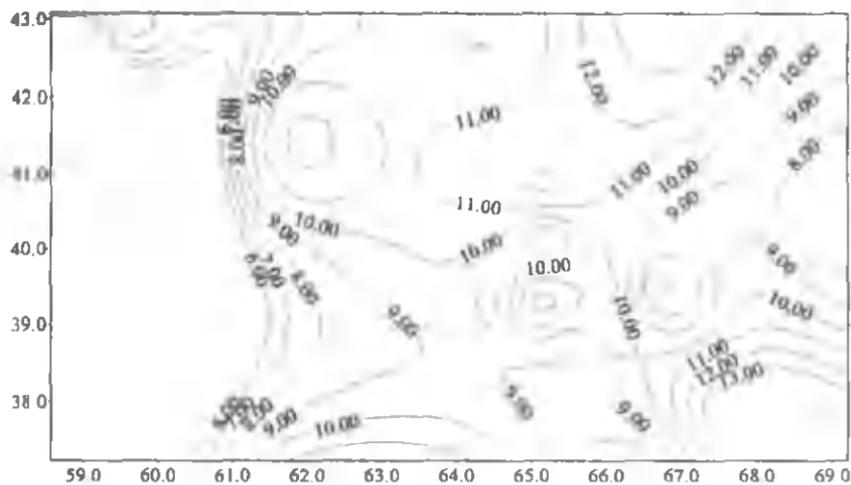
широта, град



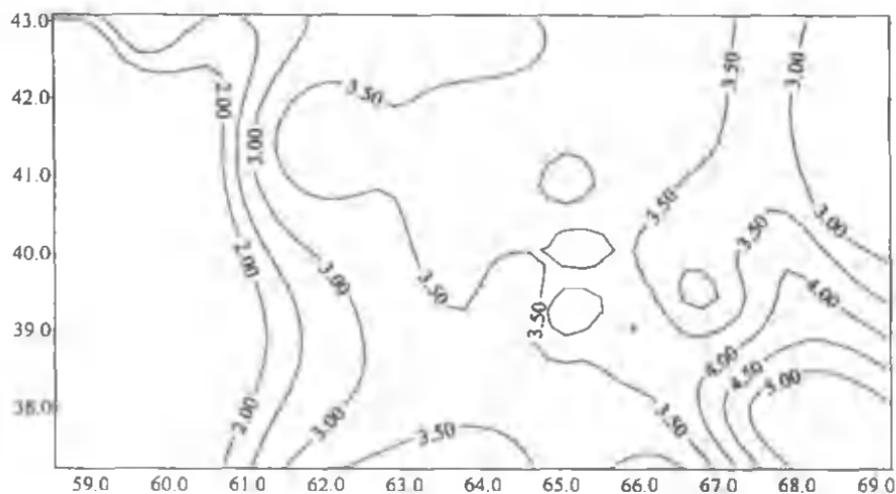
Май



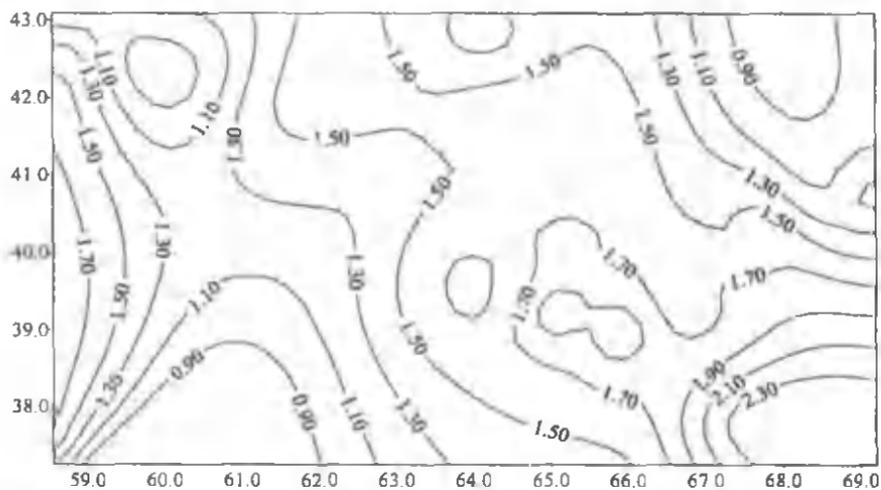
Июнь



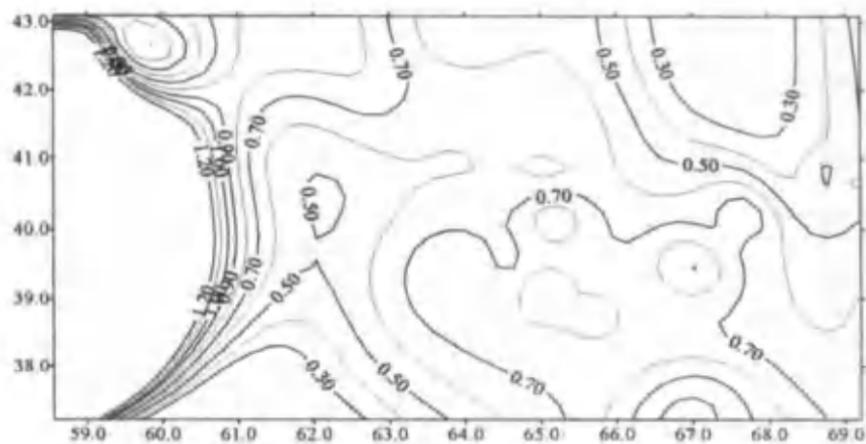
Октябрь



Ноябрь



Декабрь



ЛИТЕРАТУРА

1. А в е р ь я н о в С. Ф. Зависимость водонепроницаемости почво-грунтов в условиях от содержания в них воздуха. Т. XIX. – № 2. – М.: АН, 1949. – С. 141-144.
2. Б а л а ш о в а Е. Н., Житомирская О. М., О. Н. Семенова Климатическое описание республик Средней Азии. – Л.: – Гидрометеиздат, 1960. – 391 с.
3. Б а б у ш к и н Л. Н. Метеорологические факторы и растение // Труды САГУ. – 1953. – Вып. 35. – 185 с.
4. Б а б у ш к и н Л. Н. Основы агрометеорологии в Узбекистане. – Ташкент, 2004. – 288 с.
5. Б а б у ш к и н Л. Н. К вопросу о степени увлажнения осадками различных районов Республик Средней Азии // Труды Ташкентской геофизической обсерватории. – 1940. – Вып. 1. – С. 75-91.
6. Б а б у ш к и н Л. Н. Характеристика естественного увлажнения местности осадками. – Ташкент, 2004. – С. 257-262.
7. Б а р р и Р. Г. Погода и климат в горах. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 311 с.
8. Б у г а е в В. А. Климат Средней Азии и Казахстана. – Изд. АН УзССР. – Ташкент, 1946.
9. Д ж о р д ж и о В. А., Бугаев В. А. О классификации воздушных масс Средней Азии // М. и Г. – 1936. – № 6. – С. 72-74.
10. Д р о з д о в О. А. Данные по влагообороту европейской территории СССР и Средней Азии // Труды ГГО. – 1954. – Вып. 45.
11. З а й н у т д и н о в З. Х. Аккумуляция осенне-зимних осадков в условиях богарной зоны Средней Азии // Труды САНИГМИ. – 1989. – Вып. 67(148). – 112 с.
12. З у е в М. В. О формировании микроклимата в Узбекистане / Сб. Метеорология и гидрология в Узбекистане. – Ташкент: Изд-во АН Уз. СССР, 1958. – С. 71-78.
13. И л ь и н о в а Э. С., Войнова Т. А. Термогигрометрические характеристики воздушных масс, участвующих в формировании обильных осадков в Ферганской долине // Труды САНИГМИ. – 1972. – Вып. 30(111). – С. 137-142.
14. И н а г а м о в а С. И., Мухтаров Т. М., Мухтаров Ш. Т. Особенности синоптических процессов Средней Азии. – Ташкент, 2002. – 485 с.

15. К а ч у р и н Л. Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 463 с.
16. К л и м а т ы городов.
Климат Ферганы / под ред. Б. А. Айзенштата, Г. Н. Леухиной. В. Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 166.
- Климат Самарканда / под ред. Б. А. Айзенштата, Ц. А. Швер, Г. Н. Леухиной. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 189.
- Климат Ташкента / под ред. Б. А. Айзенштата, Ц. А. Швер, Леухиной. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 200 с.
17. К р а т к а я географическая энциклопедия. – М.: Госни- издат "Советская энциклопедия".
Т. 1 1960. – 563 с.
Т. 2 1961. – 592 с.
Т. 3 1962. – 580 с.
Т. 4 1964. – 448 с.
Т. 5 1966. – 544 с.
18. К о р ж е н е в с к и й Н. Л. Средняя Азия. Краткий физи- ко-географический очерк. – Ташкент, 1941.
19. К р и ч а к о. Г. О классификации облаков // Метеороло- гия и гидрология. – 1952. – № 7. – С. 23-25.
20. К у р б а т к и н В. П., Скиба Е.С., Ушинцева В. Ф., Харак- теристики синоптических процессов Киргизии // Труды САРНИГМИ. – 1980. – Вып. 75(156). – С. 61-73.
21. К у р б а т к и н В. П., Ушинцева В. Ф. Приземные характе- ристики воздушных масс. Формирующих осадки // Труды САНИГ- МИ. – 1998. – Вып. 154(235). – С. 63-76.
22. К у р б а т к и н В. П. Структура слоисто-дождевого облака и взаимодействие его отдельных частей // Труды САНИГМИ. – 1998. – Вып. 154(235). – С. 5-26.
23. К у р б а т к и н В. П., Ушинцева В. Ф. Нетрадиционные способы водобеспечения жизнедеятельности региона // Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции "Проблемы охраны водных ресурсов и окружающей среды". – Таш- кент, 2000 г. – С. 153-159.
24. К у р б а т к и н В. П., Ушинцева В. Ф. Увеличение атмо- сферных осадков в интересах сельского хозяйства // Экологиче- ский вестник. – 2001. – № 3. – С. 11-15.
25. К у р б а т к и н В. П., Ушинцева В. Ф. Активные воздей- ствия на гидрометеорологические процессы в Средней Азии. – Ташкент, 2003. – 145 с.

26. Курбатов В. П., Ушинцева В. Ф. Возможное использование осадков в аридной зоне с сохранением функции пустыни в формировании осадков в горах / Сб. научно-практической конференции "Инновация-2003", Ташкент, октябрь 2003. – С. 150-153.
27. Kurbatov V. P. Role of contour and desert during formation of clouds and precipitation on Tien Shan and Pamir // Proc. 14th International conf. on cloud and precipitation / Prepr., Bologna, Italy 18-23 July 2004. – Bologna, 2004. – 4 с.
28. Курбатов В. П., Ушинцева В. Ф. Об оценке увлажнения сухих почв осадками в условиях "осень-зима" // Труды НИГМИ. – 2005. – Вып. 2(247). – С. 136-164.
29. Курбатов В. П. Основы управления процессами в облаках при воздействии с самолета. – Ташкент: Узгидромет, – 2005. – 163 с.
30. Курбатов В. П., Ушинцева В. Ф. Водные ресурсы равнин Средней Азии / Сб. научно-практической конференции "Инновация-2006", Ташкент, октябрь 2006. – С. 357-359.
31. Курбатов В. П. Роль географической среды в Средней Азии в осадкообразующих процессах. – Ташкент, 2009. – 128 с.
32. Курбатов В. П., Ушинцева В. Ф. Пространственно-временное распределение осадков в Средней Азии // Труды НИГМИ. – 2009. – Вып. 11(256). – С. 53-65.
33. Курбатов В. П. Мезотермический сезон в Средней Азии // Труды НИГМИ. – 2009. – Вып. 11(256). – С. 73-80.
34. Курбатов В. П. Сезон осадков Туранской низменности // Труды НИГМИ. – 2009. – Вып. 11(256). – С. 14-27.
35. Лайхтман Д. Л. Физика пограничного слоя атмосферы. – Л.: – Гидрометеиздат, 1961. – 253 с.
36. Молчанов Л. А. Распределение атмосферных осадков в бассейне р. Чирчик // Труды Узбекского географического общества. – Ташкент. – 1937. – Вып. 1.
37. Материалы определения агрогидрологических свойств почвы Узбекской ССР (неполивная зона). – Ташкент: УГМС Уз ССР, 1967. – 57 с.
38. Материалы определения агрогидрологических свойств орошаемой, богарной и пустынной зон Узбекистана. – Ташкент.: САНИГМИ, 1980. – 78 с
39. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-16. – Вып. 19. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 349 с.

- 40.** Полубаринова-Кочина П. Я., Эмих В. Н., Пряжинская В. П. Метеорологические методы в вопросах орошения. – М.: Наука, 1969. – 415 с.
- 41.** Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 663 с.
- 42.** Руководство по определению агрогидрологических свойств почв на гидрометеостанциях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1956. – 135 с.
- 43.** Синоптические процессы Средней Азии / Бугаев и др. – Ташкент, 1957. – 477 с.
- 44.** Справочник по климату СССР. Вып. 19, Ч. I. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 76 с. Вып. 19, Ч. IV, 1967. – 203 с., Вып. 30, Ч. IV, 1966-63 с., Вып. 31, Ч. IV, 1969. – 212 с., Вып. 32, Ч. IV, 1969 – 307 с.
- 45.** Средняя Азия / Под ред. Мурзаева Э. М. – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 648 с.
- 46.** Ушинцева В. Ф. Продуктивные атмосферные осадки // Труды НИГМИ. – 2009. – Вып. 11(256). – С. 36-52.
- 47.** Ушинцева В. Ф. Понятие "продуктивные атмосферные осадки" // Труды НИГМИ Узгидромета. – 2009. – Вып. 11(256). – С. 36-53.
- 48.** Ушинцева В. Ф. Атмосферные и "продуктивные" осадки // Фундаментальные и прикладные проблемы современной физики: Материалы Республиканской научно-практической конференции. 18-19 мая 2007. – Ташкент, 2007. – С. 43-45.
- 49.** Ушинцева В. Ф. О законе распределения количества осадков в зависимости от периода их суммирования // Труды САНИИМ Госкомгидромета. – 1982. – Вып. 90(171). – С. 73-77
- 50.** Ушинцева В. Ф. Планирование и оценка эффективности экспериментальных работ по увеличению осадков в Средней Азии. – Ташкент, 2004. – 113 с.
- 51.** Ушинцева В. Ф. Эксперименты 1985-1990 гг. по увеличению осадков в Кашкадарьинской области // Труды САНИГМИ. – 1992. – Вып. 144-225. – С. 3-16.
- 52.** Филиппов С. Г. Динамика воздушной частицы в зоне формирования фронта // Труды САНИГМИ. – 2003. – Вып. 159(240). – С.94-105.
- 53.** Хромов С. П. Основы синоптической метеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1948. – 696 с.

54. Хромов С. П., Метеорология и климатология для географических факультетов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 455 с.

55. Чанышева С. Г., Смирнова Е. Н. Термический режим Ташкентского вилоята // Труды НИГМИ. – 2009. – Вып. 11(256) – С. 87-105.

56. Челпанова О. М. Средняя Азия. – Гидрометеиздат, 1963. – 447 с.

57. Четыркин В. М. Внутренние климатические различия и особенности условий вегетации в Средней Азии / В кн.: проблемы физгеографии. – Л., 1950. – С. 25-35.

58. Четыркин В. М. Средняя Азия. Опыт комплексной географической характеристики и районирования. – Ташкент: Изд-во СамГУ, 1960. – 240 с.

59. Шultz В. Л. Реки Средней Азии. – Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 301 с.

60. Wilson H. P. A note on meso-scale barrier to sur-face air-flow // Atmosphere. – 1974. – №12. – P. 118-120.

**Курбаткин Владимир Павлович
Ушинцева Валентина Филипповна**

**АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ – ИСТОЧНИК ВОДНЫХ
РЕСУРСОВ В СРЕДНЕЙ АЗИИ**

Редактор М.Б. Рузиева
Перевод на узбекский А.К. Абдуллаев
Перевод на английский В.Ф. Ушинцева
Набрано на компьютере
в отделе ОАВ НИГМИ
Печать на DP-460
Т.А. Каюшникова, Л.И. Ковалева

Подписано к печати 20.12.2012. Формат 60x84 1/16.
Бумага книжная. Уч. издат. 8.5 л. . Усл. печ. л. 9.0
Тираж 150. Заказ 642.

Издательский отдел НИГМИ
Типография Узгидромета
Ташкент, 100052, ул. К. Махсумова, 72

8400 c