



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологических прогнозов

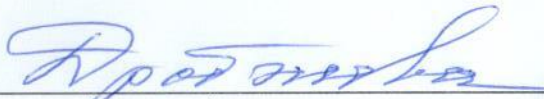
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (бакалаврская работа)

На тему Многолетние изменения режима выпадения осадков в
Туркменистане

Исполнитель Айдогдыев Байраммырат Юсупович
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Граховский Геннадий Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой 
(подпись)

доктор физико-математических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Дробжева Яна Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

26 марта 2018г.

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>стр.</i>
ВВЕДЕНИЕ.....	4
Цель и задачи работы	4
1. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АТМОСФЕРЕ, ФОРМИРУЮЩИЕ ОСАДКИ.....	5
1.1. Классификация атмосферных осадков.....	5
1.2. Основные физические процессы в атмосфере, связанные с генерированием осадков.....	7
1.3. Образование атмосферных осадков в Средней Азии.....	16
2. ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТУРКМЕНИСТАНА.....	20
2.1. Географическое положение.....	20
2.2. Рельеф местности.....	21
2.3. Климат Туркменистана.....	23
2.4. Основные климатические районы Туркменистана.....	
3. СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ТУРКМЕНИСТАНА.....	27
3.1. Будущие изменения климата в Туркменистане.....	29
3.2. Национальная стратегия Туркменистана по адаптации к изменениям климата.....	30
4. ПРОСТРАНСТВЕННО – ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ИЗМЕНЕНИЙ РЕЖИМА УВЛАЖНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТУРКМЕНИСТАН.....	32
4.1. Сезонное распределение количества атмосферных осадков.....	33
4.2. Районирование рассматриваемой территории.....	36
4.3. Особенности пространственного распределения многолетних линейных тенденций изменения количества осадков.....	40
4.4. Оценка циклических составляющих многолетних изменений	

режима увлажнения.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
Список использованных источников	58
Приложение А.....	
Приложение Б.....	

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата в Туркменистане появляется в укреплении и ускорении таких явлений как засухи, тепловые волны, сильные горячие и сухие ветры, высокая запыленность, увеличение сухих годов, пыльные бури, сильные дожди и наводнения, низкие зимние температуры, продолжительный мороз и другие. Негативные последствия изменения климата в основном затрагивают такие сектора, как сельское хозяйство, управление, здоровье, почвенные и земельные ресурсы, экосистемы (флора и фауна) и лесное хозяйство. Сельское хозяйство является основным потребителем воды в Туркменистане и, следовательно, проблема изменения стока рек и гидрография, а именно ее сокращение в течение вегетационного периода может ухудшиться. Эта проблема еще более усугубляется из-за необходимости увеличения норм ирригации из-за роста температуры и транспирации.

Новизна работы:

Рассмотрены данные до 2017 года, с учетом данных последних лет выполнено районирование по режиму увлажнения, выделены районы которые соответствуют к реальному, рассмотрены трендовые составляющие, и циклические составляющие.

Цель работы:

Анализ современных тенденций климатических изменений количества атмосферных осадков на территории Туркменистана.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Подбор и изучение публикаций по результатам исследований климатического режима Туркмении.

2. Формирование базы данных месячных сумм осадков по 9 станциям.
3. Расчет многолетних норм осадков, визуализация и анализ их пространственного распределения по сезонам.
4. Построение графиков климатического годового хода осадков по станциям.
5. Районирование рассматриваемой территории по характеру годового хода увлажнения.
6. Построение графиков многолетнего хода количества осадков на станциях по сезонам, их аппроксимация линейными трендами.
7. Рассмотрение особенностей пространственного распределения многолетних тенденций изменения количества осадков.
8. Оценка циклических составляющих многолетних изменений режима увлажнения.

1. Физические процессы приводящие к образованию атмосферных осадков

1.1. Классификация атмосферных осадков

Осадки это вода в жидком или в твердом состоянии, выпадающая из облаков или осаждающаяся из воздуха на поверхность земли. Иногда осадки выпадающие из облаков не достигают поверхности земли, они испаряются при падении. Этот процесс фиксируется как появление полос падения.

Количество осадков характеризуется их суммой, оно измеряется высотой слоя воды, который образуется на участке горизонтальной поверхности или за счет таяния кристаллов льда при условии отсутствия стока, испарения и просачивания через подстилающую поверхность. Осадки измеряются в миллиметрах, 1 мм атмосферных осадков равен 1 кг воды, выпавшей на площадь 1 м².

Рост ледяных кристаллов и водяных капель зависит от температуры воздуха в облаках, гравитационной коагуляции и конденсации перенасыщенного водяного пара на поверхности капли и кристалла, а следовательно размер, температура, вертикальная скорость движения воздуха, водность, а так же количество ядер конденсации в единице объема водяного пара в облаках определяют интенсивность роста водяных капель или ледяных кристаллов.

Осадки состоят из воды, следовательно в зависимости от фазового состояния они бывают: жидкими (морось, дождь), твердыми (крупа, град, снег) и смешанными (дождь с градом, снег с дождем и т.д.).

Генетическая классификация осадков и облачности исходят из одних и тех же принципов. Характер осадков определяют вертикальные движения, приводящие к образованию форм облачности, из которых выпадают осадки. Исходя из этого осадки подразделяются на следующие виды:

– обложные осадки – характеризуются большой продолжительностью и средней интенсивностью и достаточно протяженными зонами выпадения. Образование этих осадков связано с адиабатическим охлаждением воздуха в областях упорядоченных восходящих вертикальных движений. Обложные осадки выпадают из фронтальных слоисто-дождевых облаков в виде дождя, снега или мокрого снега. В редких случаях осадки могут выпадать из высокослоистых облаков.

– Ливневые осадки – характерны для холодных фронтов различного рода и неустойчивых воздушных масс. Образование этих осадков обуславливается адиабатическим охлаждением воздуха при конвективном восходящем вертикальном движении. Дождь, снег, град, снежная крупа и мокрый снег в основном выпадают из кучево-дождевых облаков. Количество ливневых осадков за сутки может достичь в умеренных широтах 150-250 мм, а в низких широтах 1000-1500 мм, если интенсивность осадков достигает до 30 мм/мин.

– Морозящие осадки чаще всего выпадают в виде ледяных кристаллов и мороси. Облачность из которой выпадают морозящие осадки формируются за счет турбулентного переноса водяного пара от подстилающей поверхности в пределах пограничного слоя и неадиабатического охлаждения воздуха в связи с эффективным излучением верхней границы облаков. Эти осадки в основном выпадают из плотных слоистых и реже слоисто-кучевых облаков, образующихся в устойчивых воздушных массах со слабой интенсивностью. В зонах адвекции теплого влажного воздуха в центральных и тыловых частях антициклона образуются обширные поля морозящих осадков.

По форме осадки подразделяются на следующие виды:

Дождь – это осадки, которые состоят из капель диаметром 0,5-7,0 мм. Скорость падения составляет 4-8 м/с. Видимость во время дождя может ухудшаться до 4 км (реже до 2 км).

Мокрый снег – вид осадков, выпадающих в виде переохлажденных капель, снежинок или тающих снежинок. Образуется когда температура воздуха у земли ближе к нулю или немного выше нуля.

Морось – вид осадков, состоящий из большого количества мелких капель, диаметр которых меньше 0,5 мм. Скорость падения капель обычно не превышает 2 м/с, а интенсивность выпадения – не более 0,25 мм/ч. При морозящих осадках наблюдается низкая слоистая облачность, происходит ухудшение видимости, иногда до значений менее 1 км.

Снег – форма осадков в виде снежинок или кристаллов льда. Скорость падения снега до 5 м/с.

Снежная крупа – это кратковременные твердые осадки в виде снежных и ледяных "шариков", диаметр которых составляет около 15 мм. В результате замерзания переохлажденных капель и обзёрнения снежинок образуется снежная крупа. Видимость при таких осадках может ухудшаться до 2-4 км.

Град – осадки шарообразной формы, представляют собой ледяные частицы диаметр от 2 до 50 мм. Скорость выпадения зависит от диаметра градины и меняется от 10 до 50 м/с.

Атмосферные осадки считаются морозящими с интенсивностью менее 0,6 мм/ч, обложными при интенсивности 0,6-0,9 мм/ч и ливневыми – интенсивность более 0,9 мм/ч.

Согласно синоптической классификации осадки делятся на фронтальные и внутримассовые. Внутримассовыми являются морозящие осадки, а фронтальными – обложные. Ливневые осадки одновременно являются и фронтальными и внутримассовыми.

1.2. Основные физические процессы в атмосфере, связанные с генерированием осадков

Облачность и осадки тесно связаны. Но несмотря на это не из всех облаков выпадают осадки. В умеренных широтах выпадение атмосферных

осадков в течении года чаще всего наблюдается из слоисто-дождевых и кучево-дождевых облаков. Однако редко наблюдается выпадение осадков из облаков, состоящих только из водяных капель или ледяных кристаллов. Выпадают осадки в основном из облаков, содержащих одновременно жидкую и твердую фазу воды (смешанные облака).

Значительное перенасыщение водяного пара и рост ледяных кристаллов за счет сублимации наблюдается из за давления, которое больше в насыщенном водяном паре в смешанных облаках, чем в ядрах конденсации в виде кристаллов льда. Чтобы достичь одного и того же размера ледяным кристаллам требуется пройти меньший путь, чем водяным каплям.

Минимум возможной вертикальной протяженности облачности, из которой выпадают атмосферные осадки, составляет примерно 400 м, при температуре воздуха на верхней границе ниже -15°C . По мере изменения температуры воздуха на верхней границе облаков вертикальная протяженность облака тоже меняется. Температура кристаллизации – эта та температура, при которой осуществляется переход облака из капельного состояния в смешенное.

В зимнее время при вертикальной протяженности облаков около 500 м уже создаются условия для образования довольно крупных снежинок, способных достичь поверхности земли, чего нельзя сказать о лете – осадки испаряются не достигая поверхности земли. При большей вертикальной протяженности смешанных облаков осадки могут выпадать, достигая поверхности земли из облаков с большей высотой нижней границы.

Обложные осадки обусловлены упорядоченными восходящими движениями воздуха, обычно наблюдающимися над обширной территорией и в большой толще атмосферы. Эти осадки выпадают наиболее часто в циклонах и барических ложбинах и характерны для областей теплых фронтов, медленно движущихся холодных фронтов и фронтов окклюзии. Соответственно обычному распределению упорядоченных восходящих движений, зона обложных осадков, как правило, имеет наибольшую ширину

у тех участков фронта, которые находятся в области хорошо выраженной циклонической циркуляции, особенно вблизи центральной части циклона.

Чаще всего зоны обложных осадков связаны с областями адвекции теплого воздуха – с областями наибольшего падения давления у земной поверхности. Надежным признаком выпадения обложных осадков является появление отрицательных барических тенденций при адвекции теплого влажного воздуха.

Нередко в области фронта одновременно с обложными осадками выпадают ливневые, при этом нарушается равномерность их выпадения и увеличивается интенсивность.

Расширение зоны осадков связано с соединением зоны фронтальных осадков с областью внутримассовых подинверсионных облаков (St и Sc), которые чаще всего сами по себе осадков не дают. Но когда в эти облака попадают ледяные кристаллы из более высоких облаков (например, Cs и As) – осадки могут формироваться вследствие нарушения коллоидальной устойчивости.

Моросящие осадки выпадают главным образом из слоистообразных облаков, образующихся в устойчивой воздушной массе. Характерной особенностью этих облаков является отсутствие в них ледяных кристаллов. Более крупные капли образуются путем коагуляции мелких. Температура воздуха у земли при выпадении мороси чаще всего близка к 0 °C.

Данный вид осадков наблюдаются преимущественно в холодное время года при адвекции теплого влажного воздуха с моря на материк.

Ливневые осадки связаны с кучево-дождевыми облаками (Cb), которые образуются в неустойчиво стратифицированных слоях атмосферы под действием конвективных вертикальных движений. Нередко сопровождаются опасными явлениями погоды, такими как грозы и шквалы.

В умеренных широтах микроструктурные особенности облаков, дающих ливневые и обложные осадки, в основном одинаковы: ливневые осадки, как правило, начинают выпадать с момента когда конвективное

облако при своем вертикальном развитии достигает уровня кристаллизации, структура в верхней части облака становится смешанной. В зависимости от высоты уровня кристаллизации облака могут иметь большую вертикальную протяженность, но осадков не давать, так как, будут сохранять чисто капельную структуру, т.е. оставаться коллоидноустойчивыми. И наоборот, ливневые осадки могут выпадать из облаков, имеющих небольшую мощность, если они сформировались в холодном неустойчивом воздухе, при сравнительно низком расположении уровня кристаллизации.

В холодное время года в умеренных широтах ливневые осадки в виде снега, нередко выпадают из облаков, вершины которых располагаются на высоте около 1,5–2,0 км. Эти облака по внешнему виду похожи на слоисто-кучевым (Sc) и слоисто-дождевым (Ns) облакам.

Водность облаков изменяется в широких пределах от 0,1–3 г/м³ в слоистообразных и волнистообразных облаках до 20–30 г/м³ в кучево-дождевых облаках.

Принципиальной разницы в строении внутримассовых и фронтальных кучево-дождевых (Cb) нет, так как чем больше скорость восходящего движения, мощность и водность облаков, тем быстрее и в большем количестве могут вырасти капли путем коагуляции. Однако физические условия развития конвекции обусловлены главным образом синоптической ситуацией, в связи с чем в характере распределения конвективной облачности и имеются существенные различия.

Внутримассовые ливни выпадают из внутримассовой конвективной облачности, не составляющей сплошного облачного покрова. Хорошо развитые конвективные облака разделены безоблачными пространствами – зонами с отсутствием восходящих движений.

Термодинамические условия возникновения внутримассовых кучево-дождевых облаков (Cb) и ливней различны в различных синоптических ситуациях.

В тылу циклона внутримассовые конвективные осадки наблюдаются когда в результате продолжающейся адвекции холодного воздуха в тыл циклона формируется неустойчивая стратификация температуры (T) и температуры точки росы (T_d) в нижней тропосфере. При наличии небольших восходящих движений воздуха в тыловой части циклона возможно выпадение слабых ливневых осадков в ночные и ранние утренние часы.

Для заполняющихся депрессий характерными являются продолжительные периоды ливневой и грозовой деятельности, охватывающей значительную территорию. Формирование кучево-дождевых облаков (Cb) протекает быстро, дожди выпадают в большинстве случаев в 14–15 ч местного времени, редко в более поздние часы.

Основным фактором, вызывающим развитие кучево-дождевой облачности (Cb) при данной ситуации, является интенсивный прогрев воздуха, как у земли, так и на высотах. Адвекция не оказывает существенного влияния на изменение стратификации температуры воздуха и температуры точки росы.

В тылу антициклона в теплое время года наблюдается жаркая сухая погода, сопровождающаяся сильными ветрами или интенсивное развитие ливней и гроз, захватывающих большую территорию. Здесь наиболее важным фактором, способствующим формированию неустойчивой стратификации температуры воздуха и температуры точки росы, возникновению кучево-дождевой облачности является возрастание влажности воздуха как у поверхности Земли, так и на высотах. Ливни возникают в период 14–18 ч. местного времени при максимальной температуре воздуха 20–25 °C. Нередко ливни сопровождаются грозами.

Главным фактором, приводящим к развитию конвективных явлений в данной зоне является значительное увеличение влажности у поверхности Земли за счет испарения с подстилающей поверхности. Для формирования неустойчивой стратификации температуры воздуха и температуры точки росы в пограничном слое, как следствие развития кучево-дождевых облаков

и связанных с ними опасных явлений, при очень высокой температуре воздуха, необходимо наличие высоких значений температуры точки росы у поверхности земли, не ниже 14–16 °С. При восходящих вертикальных движениях вероятны ливни с грозами, а при нисходящих – просто грозы. Количество осадков в разрушающихся антициклонах не превышает 1 мм и очень редко достигает 10 мм.

Все рассмотренные выше синоптические ситуации характерны для возникновения внутримассовых ливней. Развитие конвекции наблюдается, как правило, лишь с нижних слоев атмосферы, т.е. конвекция сухо-неустойчивых ($\gamma > \gamma_c$) и сухо-безразличных ($\gamma = \gamma_c$) слоев.

Фронтальные кучево-дождевые облака, сопровождающиеся ливнями, представляют собой гряды, сосредоточенные вдоль линии фронта, они являются более мощными, чем внутримассовые, в связи с чем, могут давать более значительные осадки. Следовательно, при прохождении фронта количество ливневых осадков не редко оказывается меньше, чем внутримассовых, но их интенсивность в течение нескольких минут может достигать 3–10 мм/мин. Средняя интенсивность ливневых осадков зависит от типа фронта. Меняется в пределах: от 0,05 мм/мин на теплом фронте, до 0,30 мм/мин на холодном.

Ливневые осадки в зоне фронта чаще всего выпадают вместе с обложными и в этих случаях кучево-дождевые облака скрыты от наземного наблюдателя облачностью нижнего (Ns) и среднего ярусов (As). По данным наблюдений установлено, что все осадки продолжительностью более 3 ч являются смешанными.

Продолжительность осадков зависит от целого ряда факторов, которые будут рассмотрены далее. Средняя продолжительность ливневых осадков зависит от типа фронта и физико-географических условий региона.

Фронтальные ливни и грозы в большей степени связаны с холодными фронтами и фронтами окклюзии по типу холодного. Очень редко ливневые осадки наблюдаются в зоне теплых фронтов и фронтов окклюзии по типу

теплого. Развитие конвекции в зонах теплых и холодных фронтов различны; ниже будут рассмотрены особенности их формирования.

На теплых фронтах ливневые осадки могут выпадать на фоне обложных и часто скрываются последними так же, как и кучево-дождевая облачность скрывается облаками слоисто-дождевыми и высокослоистыми. При этом характер интенсивности осадков и сопутствующие градовые явления показывают на их конвективное происхождение. На теплых фронтах, когда в нижней тропосфере осуществляется адвекция более теплого и влажного воздуха, чем в верхней тропосфере, и имеют место вертикальные движения воздуха, увеличивающиеся с высотой, формируются влажно-неустойчивые слои с $\gamma > \gamma_{\text{ва}}$.

При противоположном распределении адвекции с высотой не происходит формирования влажнонеустойчивых слоев. Если стратификация температуры и температуры точки росы в нижней и средней тропосфере в таких случаях устойчивая, то кучево-дождевые облака не возникают.

Из вышесказанного следует что формирование кучево-дождевых облаков и ливней в зоне теплого фронта возможно вблизи центра циклона. Однако в ночные часы, когда происходит радиационное охлаждение верхней границы облаков, вызывающее понижение температуры воздуха в верхней и средней тропосфере, может создаваться неустойчивая стратификация температуры и температуры точки росы не только в центре циклона но и на участках, удаленных от него. В этом случае ночное обострение теплых фронтов может привести не только к усилению обложных осадков, но и к возникновению ливневых.

После прохождения линии теплого фронта у поверхности земли ливневые осадки так же, как и обложные резко ослабевают, либо прекращаются вообще, что связано с малой относительной влажностью теплого воздуха. Однако при нахождении старых теплых фронтов при их длительном существовании вблизи линии фронта ливни и грозы могут возникать, когда днем происходит быстрое повышение температуры,

приводящее к развитию конвекции у поверхности земли. В таких случаях характер образования кучево-дождевых облаков близок к внутримассовым.

Структура холодных фронтов отличается большим разнообразием в отличие от теплых. Так как днем из-за нагревания подстилающей поверхности и развития турбулентного обмена, приводящего к образованию в пограничном слое атмосферы сухо-неустойчивых слоев усиливаются конвективные движения воздуха, облачность и осадки холодного фронта достигают наибольшего развития в послеполуденные часы, что характерно для внутримассовых кучево-дождевых облаков.

Однако в зависимости от сочетания ряда других факторов, осадки в зоне холодного фронта могут быть либо только ливневыми, либо смешанными и могут полностью сменятся осадками обложного характера. В этом случае формирование кучево-дождевого облака связано с холодными фронтами первого и второго рода, холодными фронтами окклюзии или вторичными фронтами.

В пограничном слое атмосферы и в нижней тропосфере, в случае, когда восходящие движения воздуха охватывают всю центральную часть холодного фронта первого рода в центре циклона может формироваться влажно-неустойчивая стратификация температуры и температуры точки. На участках, удаленных от центра циклона медленно смещающегося холодного фронта первого рода ослабевают упорядоченные вертикальные движения, участвующие в формировании влажно-неустойчивых слоев. Если в ночное время упорядоченные вертикальные движения близки к нулю, то кучево-дождевые облака могут отсутствовать вообще; сохраняются они только при наличии восходящих вертикальных движений.

В случае холодного фронта второго рода в формировании неустойчивой стратификации температуры и температуры точки росы играет увеличивающаяся с высотой адвекция холода, когда нормальная к линии фронта составляющая ветра велика и растет с высотой. При нисходящих движениях в холодном воздухе в основном выпадают осадки ливневого

характера, так как не происходит распространения облачной системы за линию фронта.

Фронты, которые перемещаются в районы с более влажной подстилающей поверхностью, имеют более мощные облачные образования и осадки. Если фронт перемещается в районы, где подстилающая поверхность не увлажнена, наблюдается обратная ситуация (уменьшение атмосферных осадков). Что говорит нам о том, что при анализе эволюции зон фронтальных ливневых осадков необходимо учесть степень увлажнения воздуха, притекающего к фронту [9].

Ливни и град связаны с зонами грозовой деятельности. Ливневые осадки являются естественным спутником грозы. Сухие грозы очень редки и отмечаются обычно в районах с жарким и сухим климатом (районы Средней Азии и некоторые другие южные районы в очень сухую погоду).

Град образуется при скорости восходящего потока воздуха больше 15 м/с. Когда масса воды накапливается в зоне аккумуляции и превышает силу восходящих потоков зародыши града и крупные капли начинают падать вниз, постоянно увеличивая свои размеры за счет мелких капель и кристаллов льда. Однако, встречая на своем пути сильный восходящий поток воздуха, они опять устремляются вверх увеличиваясь преимущественно за счет переохлажденных крупных капель. Такое колебание капель то вниз то вверх длится до тех пор, пока сила тяжести градин не станет больше силы восходящего потока воздуха, после чего град выпадает на землю. Таким образом, за время роста градина может проходить различные стадии в зависимости от температуры и влажности облака.

Обычно средний размер градин колеблется около 1,5–2,0 см, а масса в редких случаях достигает 400–500 г; продолжительность выпадения града составляет всего 3–5 мин. По форме они обычно сферические или эллипсоидальные, но крупные градины зачастую бесформенные. Средняя скорость падения градин доходит до 20 м/с, при шквалах до 40 м/с. Полоса града в среднем имеет ширину 1–2 км, длину 20–30 км. На земной

поверхности слой выпавшего града в среднем составляет 5–10 см, в исключительных случаях – несколько десятков сантиметров. В других особо экстремальных случаях характеристики града могут быть совершенно отличными от вышеперечисленных.

Выпадение града приносит большой ущерб сельскому хозяйству, особенно посевам, садам и виноградникам. При выпадении особо крупных градин гибнет домашняя птица, мелкий и даже крупный рогатый скот. Ущерб может быть настолько велик, что возможны и человеческие жертвы.

1.3. Формирование атмосферных осадков в Средней Азии

Территории стран Средней Азии, таких как Узбекистан, Туркменистан, Таджикистан, Киргизстан и юг Казахстана находятся в субтропической зоне. В холодное полугодие здесь характерен воздух умеренных широт, а летом – воздушные массы тропического типа. Полоса сезонного перемещения Западно-Азиатской (Иранской) ветви Полярного фронта проходит через эту территорию. Основная циклоническая деятельность развивается в холодный период, когда тропический (иранский) воздух встречается с северо-восточным потоком холодного сибирского воздуха. В летнее время за счет трансформации происходит сильное нагревание воздуха, в результате чего воздух до больших высот остается далеким от состояния насыщения. В горной местности, где рельеф активизирует фронты, наблюдаются восходящие движения воздуха, за счет чего даже летом циклоническая деятельность здесь продолжается.

В низменной области здесь выделяются два района. Первым из них является Иранский. Этот район охватывает территории Туркменистана, часть Таджикистана и юго-восточную половину Узбекистана. В зимнее время погода характеризуется неустойчивостью, но можно выделить две синоптические ситуации, которые определяют характерные изменения погоды. Когда фронтальная зона находится над территорией Ирана, то весь

рассматриваемый регион заполняется холодным континентальным воздухом, который распространяется с северо-востока из обширного сибирского антициклона. А когда фронт начинает двигаться и смещаться севернее в Среднюю Азию поступает иранский воздух, что приводит к большим перепадам температуры до 20°C с переходом ее через 0°C. За счет тылового вторжения в циклонах происходит выпадение небольших смешанных осадков.

Зимнее время года является наиболее дождливым. В среднегорье рассматриваемой территории заметно увлажняются юго-западные и южные склоны, на северных склонах преобладает иссушающий феновый эффект. Особенно большое количество осадков выпадает на южных склонах Гиссарского хребта.

Весной циклоническая деятельность достигает наибольшей интенсивности, максимум осадков приходится на этот же период. Нередко наблюдаются ливни с грозами. Одновременно с этими процессами над югом Средней Азии проходит иранская ветвь полярного фронта. В мае количество выпадающих осадков резко уменьшаются. В некоторых случаях формируется обстановка, когда в результате смыкания Арктического и Полярного фронтов арктический воздух вторгается на территорию, вызывая снежные бури.

Летнее время отличается резкой засухой. Дождя с июня по сентябрь не бывает совсем. Благоприятны условия для перемещения воздушных масс в гребнях повышенного давления или на отроге восточноевропейского антициклона, трансформирующихся на юг между циклонами, прибывающих на территорию Западной Сибири. За счет трансформации уменьшается относительная влажность, уровень конденсации повышается до нескольких километров, циклоническая деятельность ослабевает. Лишь Колебания температуры отражают прохождение фронтов. Не наблюдается даже скопления облачности, и как следствие не выпадает никаких атмосферных

осадков. Даже в наиболее дождливых районах в августе и сентябре выпадение осадков не превышает 1% годовой суммы.

В начале летнего периода осадки постепенно уменьшаются и потери влаги компенсируется обильной росой, которая оседает на поверхности почвы, растениях, кустах и деревьях. Обильные росы можно связать с большим колебанием амплитуды температуры воздуха и с большой влажностью воздуха. Во второй половине летнего периода в горах начинается засуха, когда горные районы заполняет сухой воздух. Прекращается также выпадение росы. Но несмотря на то, что в горах засуха ливни с грозами здесь все же бывают.

В осенний период с севера Ирана зона Полярного фронта смещается на южную часть Средней Азии. Бывают случаи, когда циклоны проходят на обострившихся фронтах. Этот процесс связан с тем, что сибирский и среднеазиатский воздух охлаждаются быстрее, чем иранский, что приводит к температурным контрастам между ними. Однако в это же время начинает формироваться азиатский антициклон, в результате которого усиливаются барические градиенты. Но в осенний период осадков выпадает меньше, чем в весенний, что объясняется с тем, что прогретый за лето иранский воздух осенью еще далек от состояния насыщения и уровень конденсации находится достаточно высоко. Значительное увеличение атмосферных осадков начинается в осенний период с ноября.

По количеству выпадающих осадков в горах различают несколько отдельных климатических подрайонов. На склонах, не закрытых с юго-запада, запада и северо-запада соседними хребтами выпадает в три-четыре раза больше осадков, чем на восточных и северных. На общем засушливом фоне климата Средней Азии различия в осадках такого порядка существенным образом оказывают влияние на изменение ландшафта. В качестве примера можно привести разнообразные локальные климаты Ферганской долины, которые сформировались при отсутствии значительных циркуляционных отличий. А также, например, на юго-западном склоне

долины рек покрыты сплошными лесами грецкого ореха и зарослями диких фруктовых деревьев. Закрытая с запада долина нижнего течения реки Нарын представляет собой пустыню – от орошения зависит все. Но несмотря на это для самых разных по климатическим условиям подрайонов Ферганской долины, с колебанием осадков от 100 до 1000 мм, характерен летний засушливый период. Летний период обуславливается циркуляционными факторами крупного масштаба, который в нижней части долины наступает раньше, чем на склонах.

В центральной части долины количество осадков уменьшается до 100 – 150 мм, это крайне сухо и ландшафт близок к пустынному.

2. Физико-географическое расположение Туркменистана

2.1. Географическое положение

Туркменистан занимает южную половину Закаспийского края, которая расположена между Каспийским морем на западе и рекой Амударьей на востоке. Относительно небольшой участок страны лежит за пределами Закаспийского края, на правобережье Амударьи.

Территория Туркменистана расположена между $35^{\circ}08'$ и $42^{\circ}42'$ с. ш. и $52^{\circ}26'$ и $66^{\circ}43'$ в. д. Самой южной точки республики является урочище Чильдухтаран (близ Кушки).

Площадь республики составляет 491,2 тыс. км². Туркменистан на западе омывается Каспийским морем, по территории, которого проходят границы с Россией и Азербайджаном. Со стороны моря на территорию страны глубоко вдается залив Кара-Богаз-Гол. Страна имеет общие границы с Узбекистаном на востоке, Казахстаном на севере, Афганистаном и Ираном на юге.

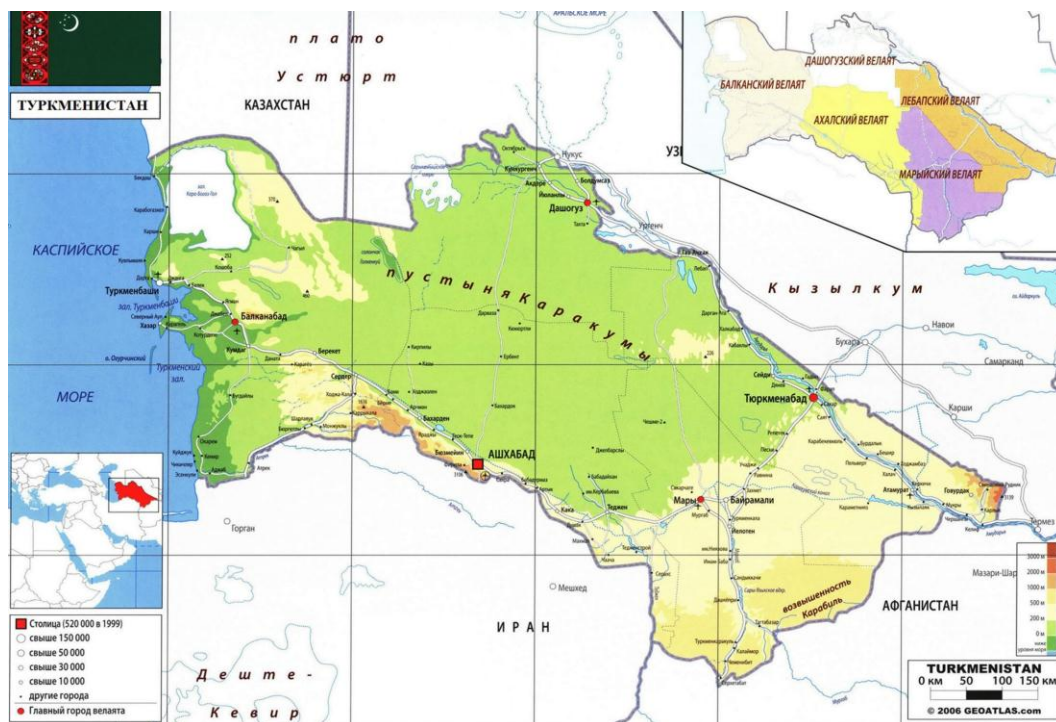


Рисунок 2.1. Физико-географическое расположение Туркменистана

2.1. Рельеф местности

Большая часть поверхности Туркменистана занята равнинами с высотами 50–200 м. Однако, несмотря на преобладание равнин, поверхность Туркменистана далеко не так проста и однородна.

Крайняя западная часть равнины – Прикаспийская неизменность – представляет собой довольно узкую полосу вдоль побережья Каспийского моря, расположенную ниже уровня океана. С севера полуостров Туркменбаши (бывший Красноводск) граничит с заливом Кара-Богаз-Гол.

На севере рассматриваемой территории имеются обширные впадины, наибольшие из них Акчакая (ниже уровня океана на 81 м) и Сарыкамышская (ниже уровня океана на 38 м). В годы с большими паводками Сарыкамышская впадина заполняется водами р. Амударьи. Юго-западнее Сарыкамышской впадины тянется полоса солончаковой топи Гурлюккуль. Эта плоская равнина, изрезанная многочисленными ложбинами. Некоторые из ложбин, соединившись, образуют старое русло – Узбой.

К юго-востоку от Сарыкамышской впадины находится довольно ровная песчаная возвышенность Ишек-Анкренкыр. На восток и на юго-восток от нее тянутся Заунгузские Каракумы – пространства желтых барханных песков на красноцветных песчаниках и глинах.

К югу от Заунгузских Каркумов расположена полоса глубоких впадин, носящих название Унгуз и считающихся одним из древних русел р. Амударьи. На юг от Унгуза расстилаются Центральные Каракумы. Площадь Каракумов составляет 350 тыс.кв.км. Здесь более широко распространены именно такие формы песчаного рельефа, уже прочно закрепленного растительностью, – грядовые, грядово-ячеистые и бугристые пески. Эти песчаные скопления в средней части Каракумов переходят в область такыров, тянувшихся широкой полосой до предгорий Копетдага. На юге, между реками Теджен и Мургаб, Каракумы переходят в возвышенность Бадхыз, а к востоку от р. Мургаб – в возвышенность Карабиль. В этом районе

расположены лучшие пастбища скота в Туркменистане. На другом краю республики, на правом берегу р. Амударьи лежит пустыня *Сундукли* – южнее окончание соседних Кызылкумов. Для нее характерны каменистые возвышенности, гипсоносные породы, обилие песков и солончаковых впадин. Период травостоя наблюдается в весеннее время, но к середине мая – началу июня трава выгорает и становится желтой. По берегам рек и других водных объектов произрастают древесные насаждения, в непосредственной близости более благоприятный режим увлажнения.

Горные массивы являются активными аккумуляторами влаги, питающей сеть стекающих с гор рек, создающих благоприятные условия для поливного земледелия.

На юге рассматриваемой территории располагаются горы Копетдаг и Паропамиз. С севера со стороны Каракумов и с запада со стороны Прикаспийской низменности Копетдаг окаймлен полосой предгорий: неровной цепью баиров – холмов и гряд высотой до 400 м. К северо-западу от Копетдага поднимаются его «сверстники» –издалека заметные горы Малого и Большого Балхана. Первый достигает 777 м, второй 1880 м высоты. Из-за скудности растительности и крутизны склонов селевые потоки на Большом Балхане достигают особенной силы.

Горы Кугитангтау поднимаются на юго-востоке страны, а их вершина –гора Айрыбаба, достигающая 3139 м, представляет собой высшую точку республики.

Героическими усилиями труда человека был проведен Каракумский канал, который несет воды Амударьи от пос. Головного до предгорий Копетдага, орошая окружающие поля. По ходу Каракумского канала на реках Мургаб и Теджен создан ряд водохранилищ (Келифское, Хаузханское, Иолотанское и др.).

Обилие тепла и света при большой длительности вегетационного периода позволяет на землях, обеспеченных поливной водой, культивировать такие теплолюбивые культуры как виноград, персики, рис, хлопок и другие.

2.3. Климат Туркменистана

Климат составляет одну из наиболее примечательных сторон туркменской природы. Даже среди других среднеазиатских стран, которые справедливо называют «солнечными», Туркменистан выделяется обилием света и тепла. Так проявляется широтное положение республики, лежащей в зоне внетропических пустынь — в зоне «коротких теней», где солнце стоит высоко над горизонтом. Не менее важное значение для формирования климата имеет положение Туркменистана на востоке в глубине континента, в области, удаленной от смягчающего и выравнивающего влияния океана. Расположенный на широте средиземноморской Европы, глубоко континентальный Туркменистан отличается от нее более сухим и жарким летом и более морозной зимой. При средней годовой температуре воздуха, равной $14-16^{\circ}$, здесь в летний день ртуть в термометре редко опускается ниже 35° , а абсолютный максимум в Репетеке в Юго-Восточных Каракумах достигает 50° в тени!

Однако холодная погода обычно не держится в Туркменистане долго, а быстро сменяется потеплениями. В среднем за год здесь на протяжении 220—270 дней не бывает мороза, а сумма температур за вегетационный период, то есть за период, когда происходит активное развитие растительности, составляет поистине гигантскую цифру — около 5,5 тысячи градусов!

Главную отличительную черту туркменского климата составляет не знойное солнце, не изобилие тепла, а недостаток, дефицит влаги. Сухость в сочетании с высокими температурами здесь становится ограничительным фактором для развития жизни. В течение года на территории республики выпадает в среднем всего 75–100 мм осадков. В горных районах это количество увеличивается до 350–400 мм.

Важно также, что скудная доля дождей, которая достается земле Туркменистана, более чем на 1/2 выпадает в конце зимы и короткой весной, главным образом в марте. Лишь в горах дожди бывают и летом, а на пустынных равнинах с середины мая до середины октября господствует суровый режим сухого сезона и дожди случаются так редко, что жители годами помнят их как необыкновенное явление природы.

Впрочем, климатический портрет Туркменистана мы представим себе значительно лучше после того, как познакомимся с тем, как протекают в нем времена года.

Весна – приходит в нашу страну стремительно и бурно. Со второй половины февраля начинает быстро нарастать температура воздуха. Ночи становятся короче и теплее, а в марте днем уже обычна 20—25-градусная теплынь. Но самое главное — идут частые и обильные дожди — за сутки 15—20 мм.

Над равнинами Турана в этом сезоне сильна и активна циклоническая деятельность. Сюда притекают массы холодного воздуха с северо-востока, где еще по-зимнему лежат снега. Весной в Туркменистане не диво, когда жаркая, сухая погода на протяжении нескольких часов сменяется холодным дождем, а то и морозом в 6—10°, и землю, может быть даже и на несколько дней, выбеливает снежный покров. Этот так называемый урючный снег – большое зло: он сбивает нежные абрикосовые цветы, примораживает их, резко снижает, а то и губит урожай фруктов.

Лето – на юге и в центральных районах равнинного Туркменистана вступает в свои права уже в конце апреля, на севере — в начале мая. Метеорологическим признаком лета служит устойчивый переход средних суточных температур воздуха вверх через 20°, когда минимальные температуры уже не опускаются ниже 10°.

Туркменское лето можно назвать «сезоном одной погоды» — день за днем, неделя за неделей целых пять месяцев неизменно стоит здесь знойная сушь. Только теперь они не приносят ни прохлады, ни влаги. Их полностью

одолевают, перерабатывает жаркое солнце туркменского лета. Оно так прогревает их, так иссушает, что совсем изменяются, трансформируются все их прежние отличительные свойства. Теперь они не способны не то что пролиться дождем, но даже образовать облака.

В Каракумах летом выпадает в среднем за месяц менее 5 мм осадков. Правда, изредка случаются и сильные ливни, когда за 2—3 часа выливается полугодовая норма, но могут проходить годы без единого летнего дождя. Утром и вечером термометр показывает 25—30°, а в полдень ртуть поднимается до отметки 40—42°. Лишь ночью получает короткую передышку все живое — жара спадает до 25—20°. Из-за такого резкого температурного скачка ясные туркменские ночи кажутся даже холодными. Но этот недолгий отдых кончается с первыми лучами солнца.

Летом в оазисах кипит жизнь, в мае — начале июня уже собирают первые урожаи зерновых, фруктов, овощей, а во второй половине августа раскрываются коробочки хлопчатника, но это уже признак приближающейся осени.

Осень — в Туркменистане наступает незаметно. Вначале она, казалось бы, ничем не отличается от лета. Но во второй декаде сентября на севере и в начале октября на юге средние суточные температуры устойчиво спускаются ниже 20° — верный признак того, что осень на дворе. Также постепенно, но с нарастающей скоростью будут снижаться суточные температуры, на голубом небосклоне появятся рассеянные облака, погода потеряет свою летнюю устойчивость.

Во второй половине октября уже выпадают небольшие дожди. С ними в пустыне снова пробуждается жизнь, кончают спячку суслики и черепахи, зеленеет осочка, цветет полынь.

А между тем температура все понижается, и вот уже все чаще и чаще в ясные ночи ударяют заморозки. В конце октября — начале ноября они уже докатываются до самого юга республики. В оазисах, в пустынях, в горах растительность прекращает вегетацию. Деревья сбрасывают листву.

Зима – начинается в первой декаде декабря, а на самом юге — даже на месяц позже. Ее наступление означает устойчивый переход средних суточных температур вниз через 5°, при котором у растений наступает период зимнего покоя. Мощные потоки арктического воздуха сопровождаются сильными похолоданиями. Тогда в центральных и северных районах республики ударяют 20—25-градусные морозы. Затяжные холода, леденящие ветры, сильные снегопады и метели приносят большой ущерб сельскому хозяйству, особенно животноводству.

Однако чаще морозная погода стоит недолго и столь же быстро сменяется оттепелью, которая порой совсем съедает непрочный снежный покров. Его толщина на равнинах Туркменистана колеблется от 1—2 до 7—8 см. Обычно за зиму на территории республики бывает в среднем всего 11—20 дней со снегом.

Нередко случаются и совсем мягкие, так называемые вегетационные зимы, во время которых средние температуры держатся в пределах 5—6° тепла. В Туркменистане вообще ни в один из сезонов не прекращают работы на полях, а в такие зимы тем более: на подсыхающих местах ведут вспашку под зябь, пользуясь сезонным достатком воды, поливают виноградники и сады промывают орошаемые поля от солей, чистят оросительные каналы.

3. Современные изменения климата Туркменистана

Туркменистан имеет характерный континентальный климат со средней годовой температурой воздуха от 12 до 17 ° С на севере и от 15 до 18 °С на юго-востоке и абсолютная максимальная температура 48-50 °С в Центральной и Юго-Восточной части Каракумской пустыни. Географический ландшафт Туркменистана разделен на два неравномерные экологические регионы: представлен более высокий (80% площади) пустынными равнинами, прежде всего пустыней Каракум (черные пески), с ограниченными осадками, а меньшие (20%) - горы и предгорья. Климат Туркменистана классифицируется по классической климатической классификации Коппен (Köppen) как Бвк (Bwk), которая используется для обозначения средней широты засушливых районов. Лето длинное (с мая по сентябрь), жаркое и сухое, со средней температурой июля более 30°С с абсолютным максимумом 52°С в восточном Каракуме. Зима холодная и влажная на севере со средней годовой температурой самого холодного месяца, Январь, от 10 до 0 ° С. На юге, вдоль Копетдагских гор зима теплая и влажная (с январской температурой обычно 0 °С или выше). Очень высокая суточная изменчивость температуры происходит с частыми песчаными бурями и интенсивными солнечными лучами. Как и во многих других засушливых и полузасушливых регионах, климат Туркменистана сильно изменчив. В Туркменистане ежегодные скорости ветра меняются от слабых и умеренных (0-5 м/с). Более высокие скорости ветра (6-9 м/с) можно найти вдоль северных склонов Копетдага и на побережье Каспийского моря. Наибольшее количество осадков наблюдается в горах - до 398 мм в Койне Кесир, самый маленький - менее 80 мм над заливом Кара-Богаз-Гол. Временная изменчивость осадков очень высока, и осадки имеют отличительную весенний максимум на всей территории региона. Количество

осадков во время холодного сезона года в два-три раза выше, чем в теплые месяцы.

Основные причины изменения количество осадков это широтные сдвиги западной циклонической циркуляция и положение сибирского высокогорья. Северо-Атлантическое колебание (NAO) оказывает важное влияние на модель зимнего времени, изменчивость атмосферной циркуляции над засушливыми и полузасушливыми зонами Центральной Азии. Дополнительно, модели осадков, а также засухи в Центральной Азии тесно связаны с фазами Эль-Ниньо - Южного колебания (ENSO). Холодные фазы ЭНЮК как правило, приводят к условиям засухи в регионе, в то время как теплые фазы ЭНЮК приводят к увеличению количества осадков и усилению реакции растительности в несельскохозяйственной области. Процессы в районе Каспийского моря и его уровень оказывают большое влияние на баланс влаги и тепла в атмосфере пограничного слоя западной части Туркменистана. Уровень Каспийского моря полностью зависит от климатических условий и стока в бассейны Волжской и Уральской рек. Но с другой стороны, гидрология Туркменистана определяется потоком Амударьи, Теджена и Мургаба и главная искусственная «река» – Каракумский канал.

Засуха представляет собой значительный риск для социального и экономического благосостояния страны, который возникает из-за высоких температур и нехватки воды. В настоящее время наблюдается заметная тенденция увеличения частоты маловодных лет в основных реках Туркменистана - Амударья и Мургаб. Глобальное потепление станет дополнительным фактором риска для развития гидрологической засухи и опустынивания, негативно влияющих на водные ресурсы и, естественно, сельское хозяйство. Большие разрушения и значительный экономический ущерб вызваны наводнениями и оползнями. В Туркменистане селевые потоки наблюдаются на 229 постоянных и временных водотоках (каналах). Самые опасные месяцы - апрель и май, на которые приходится 54% всех

зарегистрированных оползней. Зимой наблюдались явления льда, особенно в среднем течении Амударьи в Туркменистане. В определенные годы в результате понижения температуры до $-25-30^{\circ}\text{C}$, Амударья сковывается льдом, образуя мощные висячие ледяные плотины, что приводит к резкому повышению уровня воды в нем и его окрестностях.

3.1. Будущие изменения климата в Туркменистане

Глобальные океанические климатические модели атмосферы (AOGCMs), представляющие физические процессы в атмосфере, океане, криосфере и поверхности суши являются наиболее расширенными инструментами, доступных в настоящее время для моделирования ответов глобальной климатической системы для увеличения концентрации парникового газа. Климатические модели прогнозируют увеличение температуры в Туркменистане $3-4^{\circ}\text{C}$ на середину и более чем на 5°C на конец этого столетия. Прогнозы осадков весьма неопределенны, но с учетом выхода из засухливости и высокой межгодовой и межсезонной изменчивости климата Туркменистана, даже небольшое повышение температуры, скорее всего, усложнит существующие проблемы с водой в регионе.

Скорости прогнозируемых изменений существенно различаются по сезонам, причем более высокие температурные изменения обычно ожидаются в зимние месяцы. Несмотря на существенные различия в диапазонах изменений среди сценариев, большинство недавних экспериментов ГОКМА (AOGCM), как правило, согласуются с тем, что количество осадков, вероятно, увеличится как на севере (Европейская Россия и Центральная Сибирь), так и на юге Центральной Азии (Северная Индия, Иран и Пакистан).

3.2. Национальная стратегия Туркменистана по адаптации к изменениям климата

Политика Туркменистана по смягчению последствий изменения климата отражена в основных правительственных программах, особенно в «Национальной стратегии социально-экономических преобразований Туркменистана до 2030 года» и «Национальной стратегии Туркменистана по изменению климата». Адаптация к изменению климата является основным направлением национальной стратегии Туркменистана по изменению климата. Стратегия будет осуществляться на основе национальных планов действий по адаптации и смягчению последствий, которые в будущем должны стать неотъемлемой частью национальных программ и планов социально-экономического развития.

Для обеспечения устойчивого развития страны в ответ на изменение климата важно подготовить подробный национальный план действий по адаптации к изменению климата, включая перечень конкретных действий, сроки их осуществления и оценку затрат на внедрение. При разработке Национального плана действий по адаптации к изменению климата важную роль играют меры по разработке профилактических программ для снижения воздействия неблагоприятных последствий изменения климата и разработки конкретных рекомендаций по различным аспектам адаптации к экстремальным изменениям погодных условий. Национальный план действий по адаптации будет включать адаптационные меры для секторов воды, сельского хозяйства, почвенных и земельных ресурсов, экосистем. Строительство туркменского озера «Золотой век» занимает особое место среди других мероприятий, проводимых в Туркменистане по адаптации к изменению климата. Среди текущих мер по адаптации в регионе этот важный проект в настоящее время уникален и полезен не только для Туркменистана, но и для остальной части Центральной Азии. Сбор дренажных вод в озеро в Каракумской пустыне и их дальнейшее использование после опреснения

свидетельствуют о масштабном осуществлении мер по адаптации к изменению климата в секторе водных ресурсов страны.

На национальном уровне прогресс в осуществлении адаптационных мер находится под контролем правительства и соответствующих министерств и ведомств. Регулярно 2 раза в год все министерства, отделы готовят отчеты для высших инстанций о реализации Национальной стратегии Туркменистана об изменении климата и национальных планах адаптации.

4. Пространственно–временная структура изменений режима увлажнения республики Туркменистан

В качестве исходных данных используются месячная сумма осадков за 50 лет (1967–2017 гг.) по следующим станциям. (см. табл. 4.1.)

Таблица 4.1– Пункты наблюдений

№	Станция	Индекс станции	φ, широта	λ, долгота	Высота над уровнем моря, м
1	Ашхабад	38880	38,0	58,3	227
2	Ербент	38656	39,3	58,6	89
3	Сердар	38763	39,0	56,3	92
4	Байрам-али	38895	37,6	62,2	240
5	Серахс	38974	36,5	61,2	275
6	Туркменабад	38687	39,1	63,6	188
7	Эсенгулы	38750	37,5	53,6	-24
8	Туркменбаши	38507	40,1	53,0	89
9	Чимбай (Узбекистан)	38262	43,0	59,8	66

Расположение станций по территории республики Туркменистан представлено на рисунке 4.1.

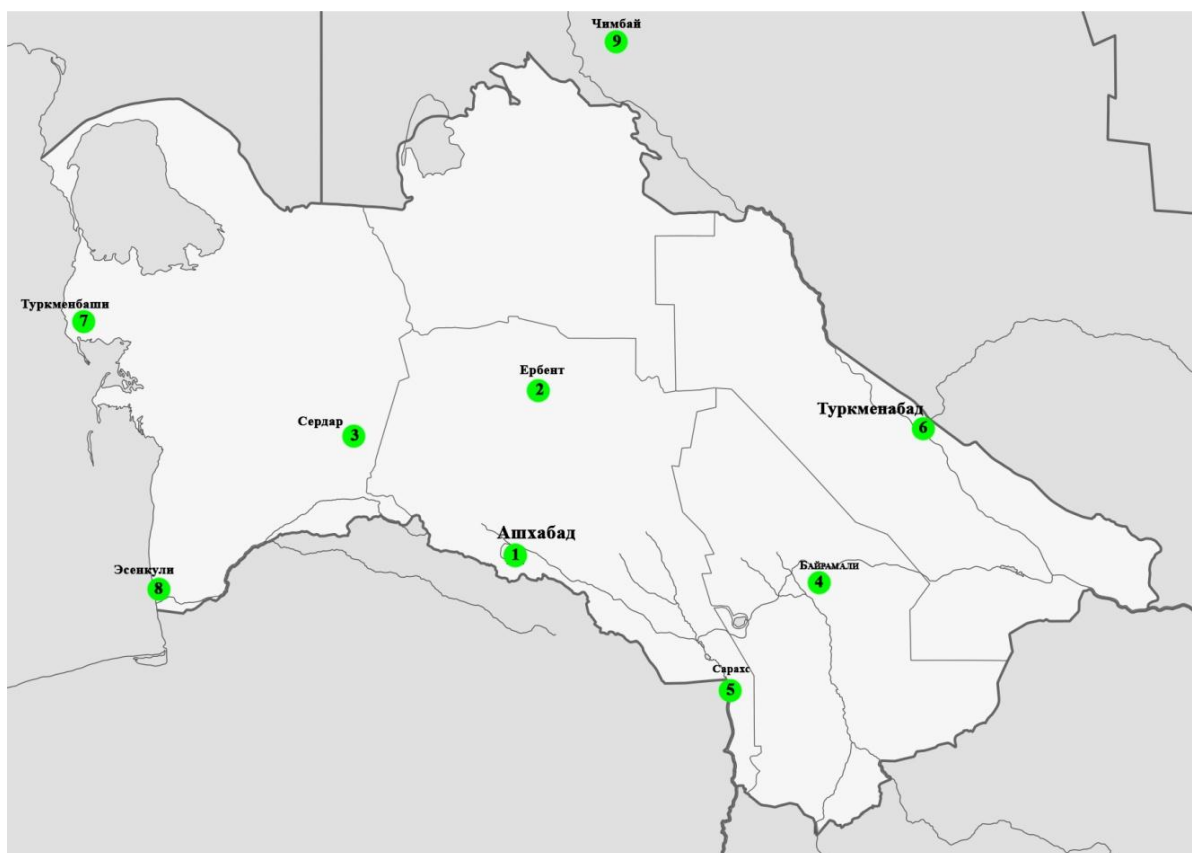


Рисунок 4.1. Рассматриваемая территория и пункты наблюдений, данные которых использованы в исследовании

4.1. Сезонное распределение количества атмосферных осадков

В зимний сезон распределение осадков имеет зональный характер. Количество атмосферных осадков растет с севера на юг. Максимум осадков на юго-востоке территории, а минимум на северо-западе. (см. рис. 4.2.)

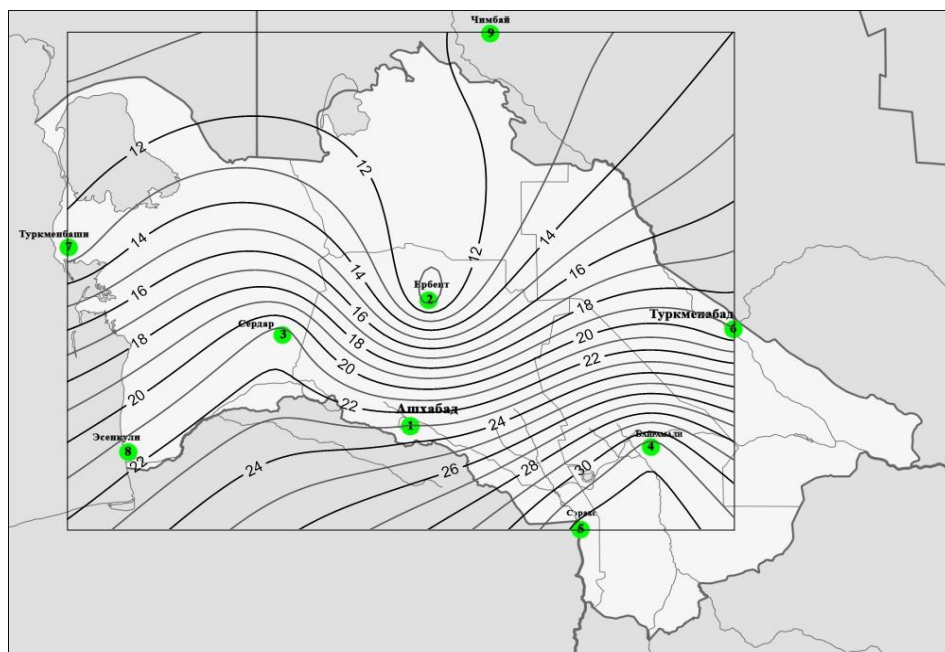


Рисунок 4.2. Распределение осадков в зимний сезон

В весенний сезон распределение осадков носит зональный характер. Количество осадков увеличивается с севера на юг. Максимум в районе станции Ашхабад. Минимум на северо-западе территории. (см. рис. 4.3.)

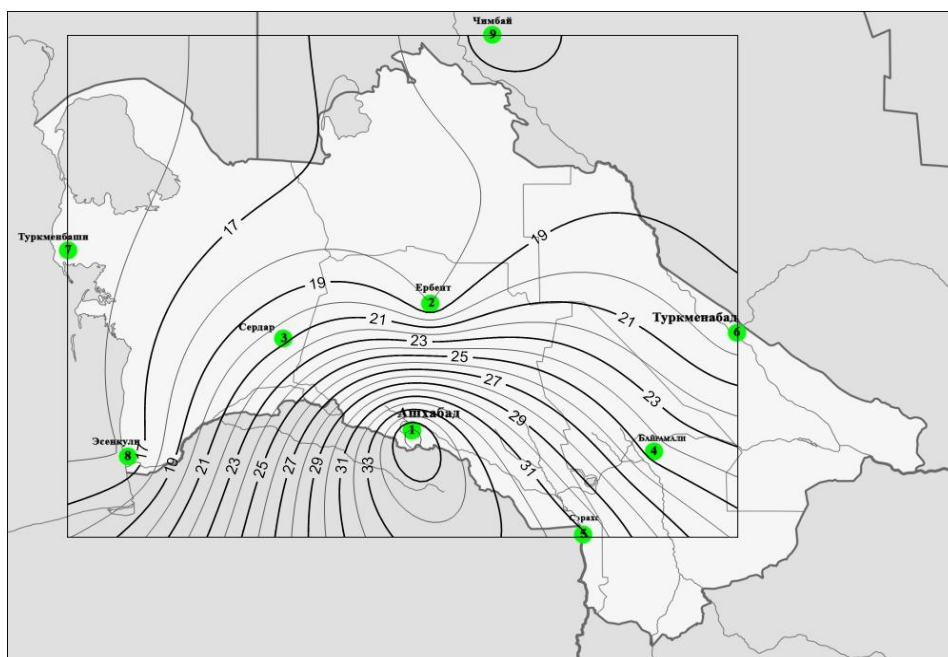


Рисунок 4.3. Распределение осадков в весенний сезон

В летний сезон распределение осадков перестраивается на меридиональное. К западу страны осадки растут, что связано влиянием Каспийского моря. (см. рис. 4.4.)

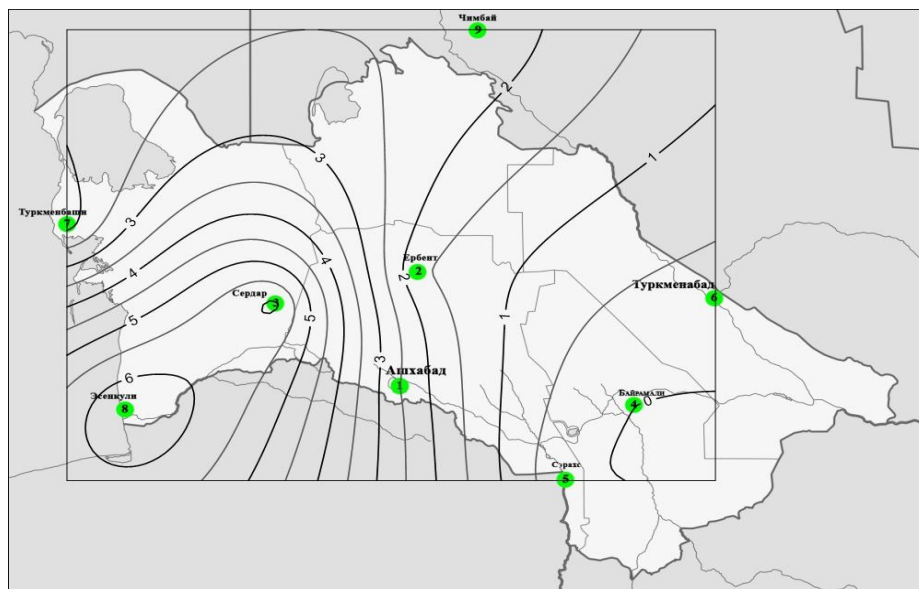


Рисунок 4.4 Распределение осадков в летний сезон

В осенний сезон распределение осадков имеет меридиональный характер. На западной половине страны у побережья Каспия осадки увеличиваются в несколько раз по сравнению с восточной половиной. (см. рис. 4.5.)

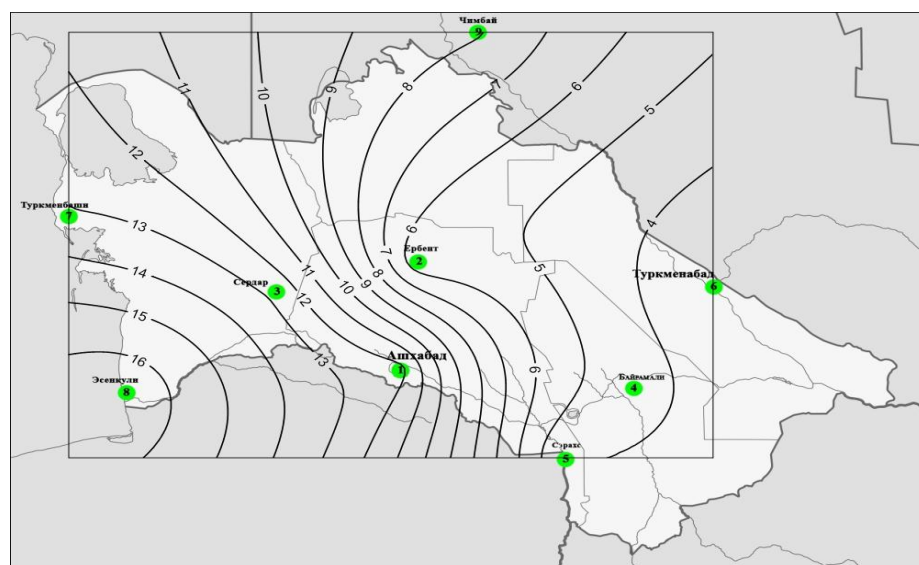


Рисунок 4.5. Распределение осадков в осенний сезон

4.2. Районирование рассматриваемой территории

На основании исходных данных построены графики многолетнего годового хода месячных сумм осадков за 50 лет (1967–2017 гг.) для всех выше перечисленных станций.

По индивидуальным особенностям климатического годового осадков по станциям выделены группы станций со схожим характером выпадения осадков в течении года. В результате получены 4 группы, соответствующие отдельным частям территории республики.

На побережья Каспия по данным станций Туркменбаши и Эсенгулы (см. рис. 4.6.) выпадение осадков характеризуется двумя максимумами весной в марте и осенью в ноябре. Засушливый летний период сохраняется незначительное выпадения осадков. На крайнем юге побережья республики в летний период осадков выпадает больше до 7–10 мм в месяц с минимумом в июне (2мм).

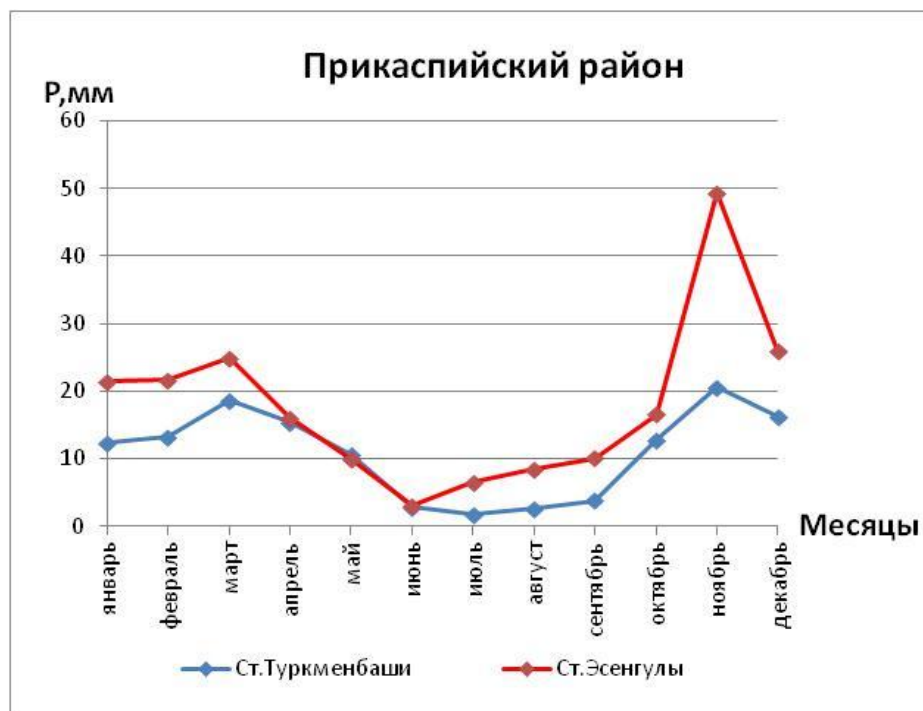


Рисунок 4.6. Прикаспийский район

В Каракумском южном районе (станции Сердар и Ербент) выпадение осадков характеризуется максимумом в феврале – марте и минимумом с июня по сентябрь. В период летнего минимума с июня по сентябрь сохраняется редкое выпадения небольшого количества выпадения осадков. При этом на станции Сердар количество осадков больше в течении всего года, что обусловлено ее большей близости к Каспийскому морю. (см. рис. 4.7.)

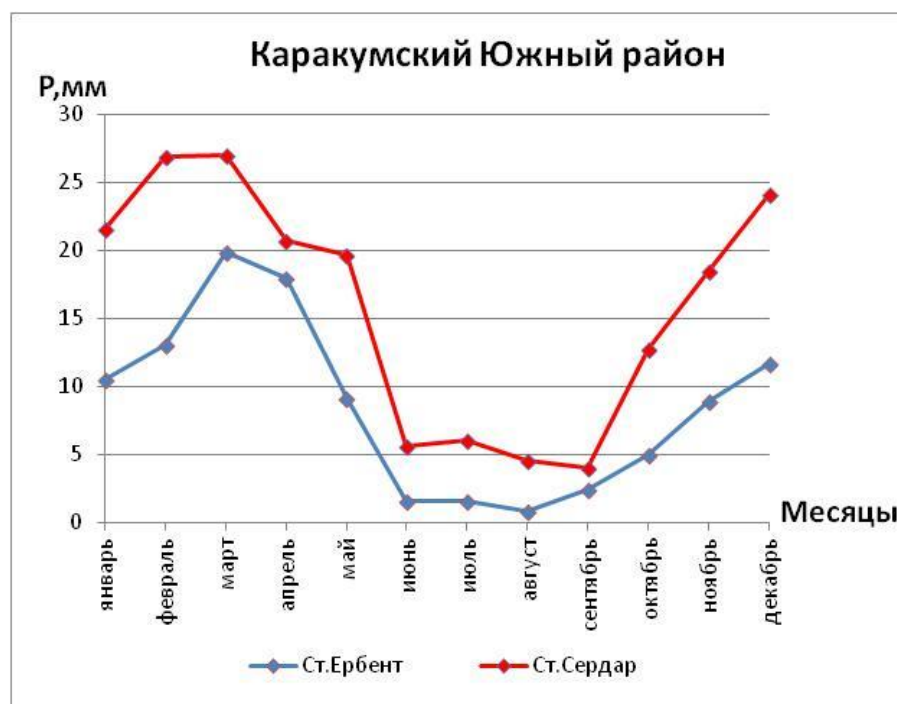


Рисунок 4.7. Каракумский Южный район

В юго-восточной части Каракумского Южного района выпадение осадков характеризуется максимумом в марте и минимумом с июня по сентябрь. Станции Туркменабад и Байрам-али Каракумского Южного района показаны отдельно потому, что они отличается от других станций с тем, что существует длинный засушливый период. При этом засушливый летний период объясняется, тем что станции находятся в пустынной местности. (см. рис. 4.8.)



Рисунок 4.8. Восточная часть Каракумского Южного района

В Горном районе исследуемой территории (станция Ашхабад) выпадение осадков характеризуется максимумом в марте и минимумом с июня по сентябрь. При этом в период летнего минимума по станции Ашхабад выпадает значительное количество осадков, что обусловлено ее местонахождением в предгорной местности. (см. рис. 4.9.)



Рисунок 4.9. Горный район

В северном районе регионе (станция Чимбай) выпадение осадков характеризуется максимумом в марте – апреле и минимумом с июля по сентябрь. При этом летний минимум имеет особый характер распределения, что выпадает некоторое количество осадков (3мм). (см. рис. 4.10.)



Рисунок 4.10. Каракумский Северный район

Если собрать все полученные районы вместе то получатся основные климатические районы Туркменистана по увлажнению. (см. рис. 4.11.)

Выявленные климатические районы полностью совпадают с ранее выделенными известными климатологами и приведенными в официальных климатических справочниках. [5]

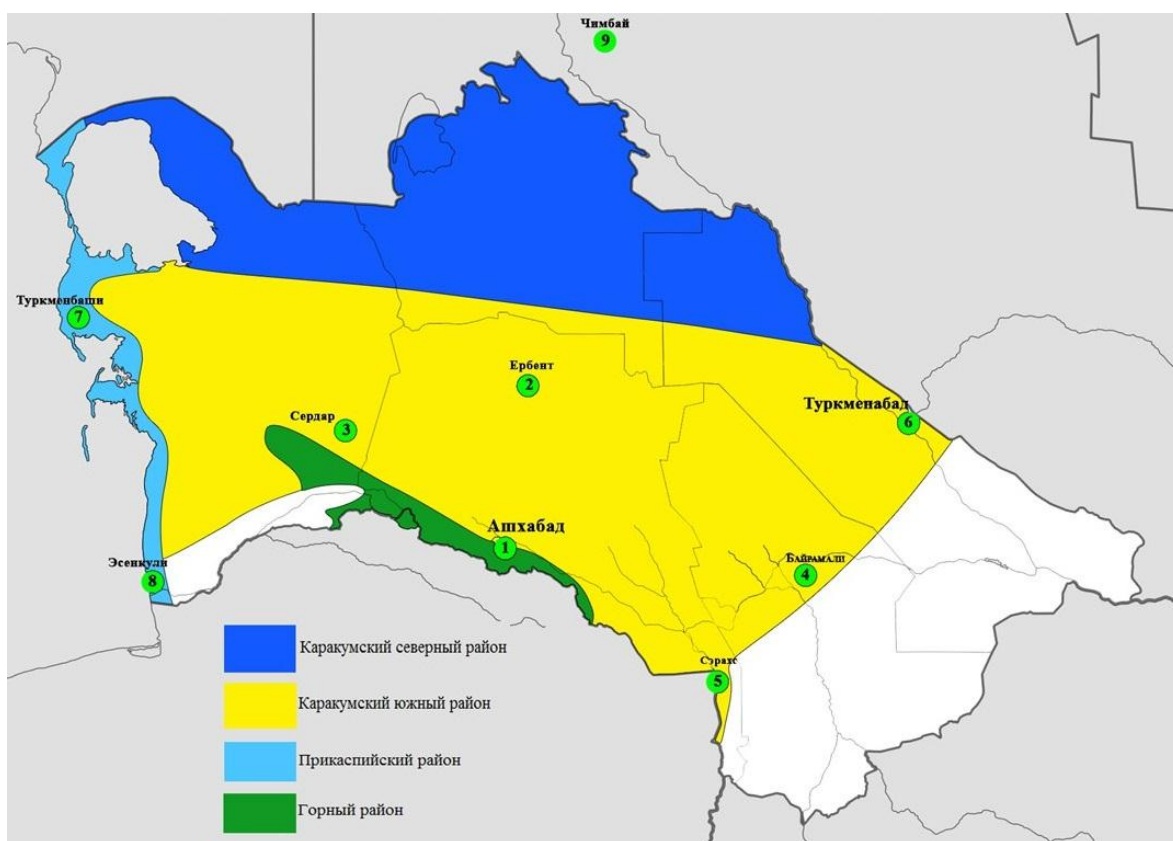


Рисунок 4.11. Основные климатические районы Туркменистана

4.3. Особенности пространственного распределения многолетних тенденций изменения количества осадков

За все сезоны для каждой станции построены графики многолетнего хода месячные суммы осадков, которые аппроксимируются линиями трендов и с их уравнениями общего вида:

$$y = ax + b \quad (4.1.)$$

где:

a – угловой коэффициент, показывающий общую направленность и интенсивность многолетнего тренда;

b – отрезок на оси ординат;

Многолетние тренды показаны в примере станции Сердар (см. рис. 4.12.), а все остальные станции ведут себя аналогично, (см. приложение А) за исключением станции Ашхабад.

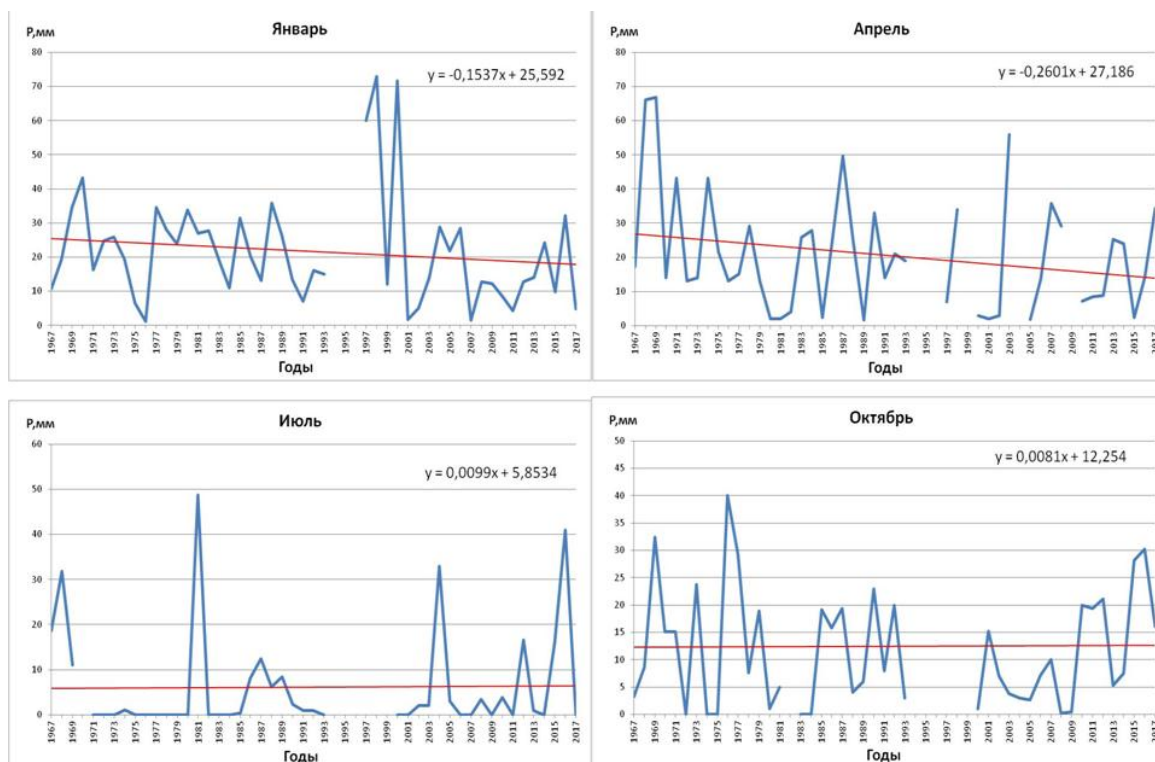


Рисунок 4.12. Многолетняя тенденция изменения осадков по сезонам на станции Сердар (1967-2017 гг.)

Станция Ашхабад выделяется из всех остальных станций с тем, что рост количества осадков проявляется только в летний сезон, а все остальные сезоны количества осадков уменьшается. (см. рис. 4.13)

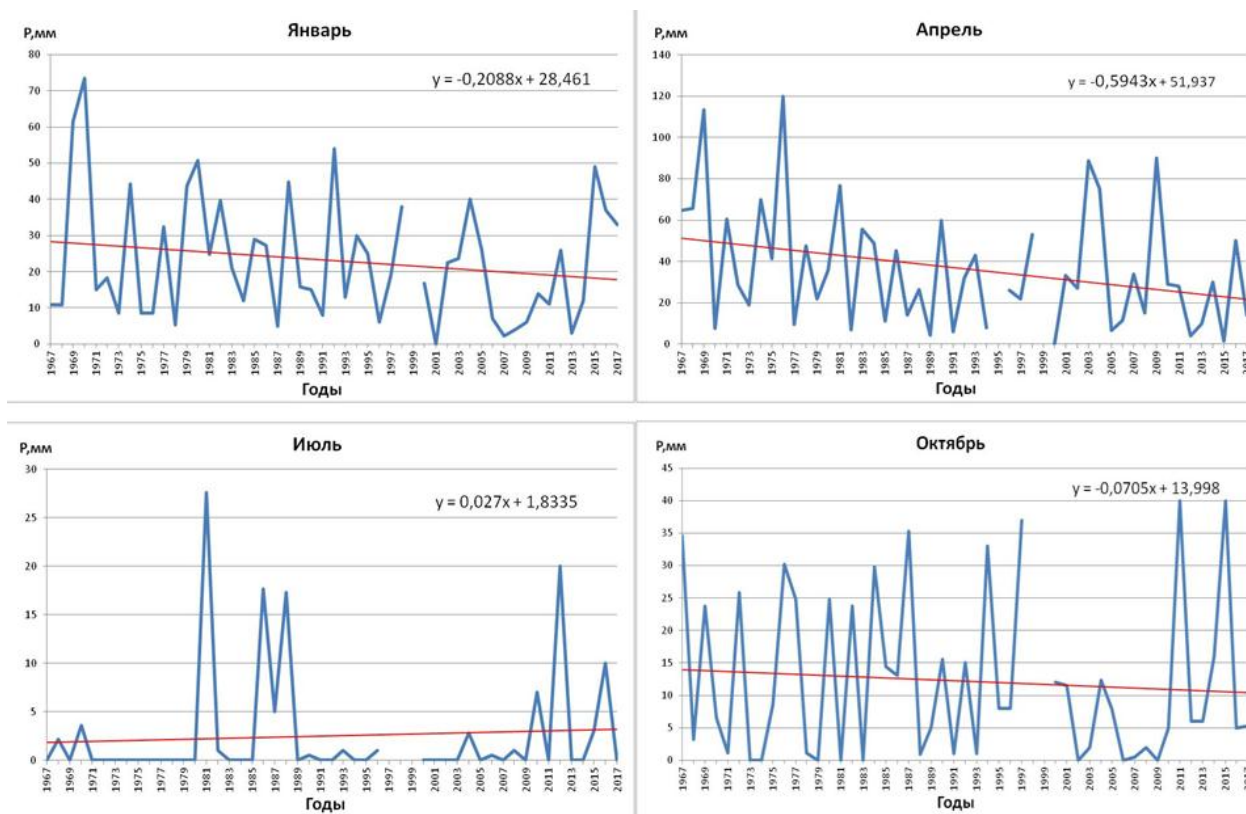


Рисунок 4.13. Многолетняя тенденция изменения осадков по сезонам на станции Ашхабад (1967-2017 гг.)

Далее, для выявления многолетних тенденций изменения количества выпадающих осадков угловой коэффициент "а" для каждой станции был нанесен на карты по сезонам (с помощью программного пакета SURFER). Проведение изолиний визуализирует пространственную структуру многолетних тенденций.

Зимой преобладает тенденция многолетнего уменьшения количества осадков за исключением на северо-западе где их интенсивность растет. Наиболее интенсивнее изменение уменьшения количество зимних осадков в пустыне на юго-востоке республики. Интенсивность ослабевает северо-западном направлении, переходя к увеличению на крайнем северо-западе территории. (см. рис. 4.14)

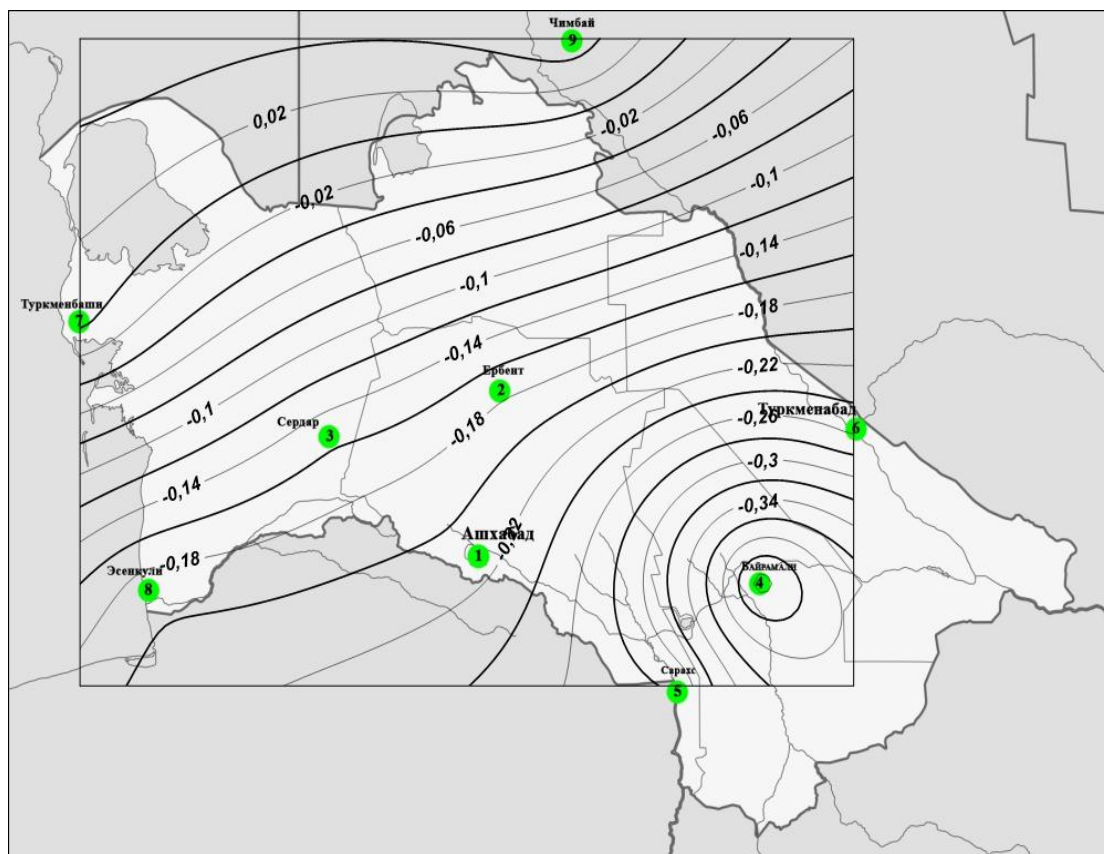


Рисунок 4.14. Многолетнее изменение за январь

Весной по республике в целом количество выпадающих осадков так же уменьшается и наиболее значительно уменьшается в южной части в районе Ашхабада. Наименее существенна эта тенденция проявляется на северо-западе. (см. рис. 4.15)

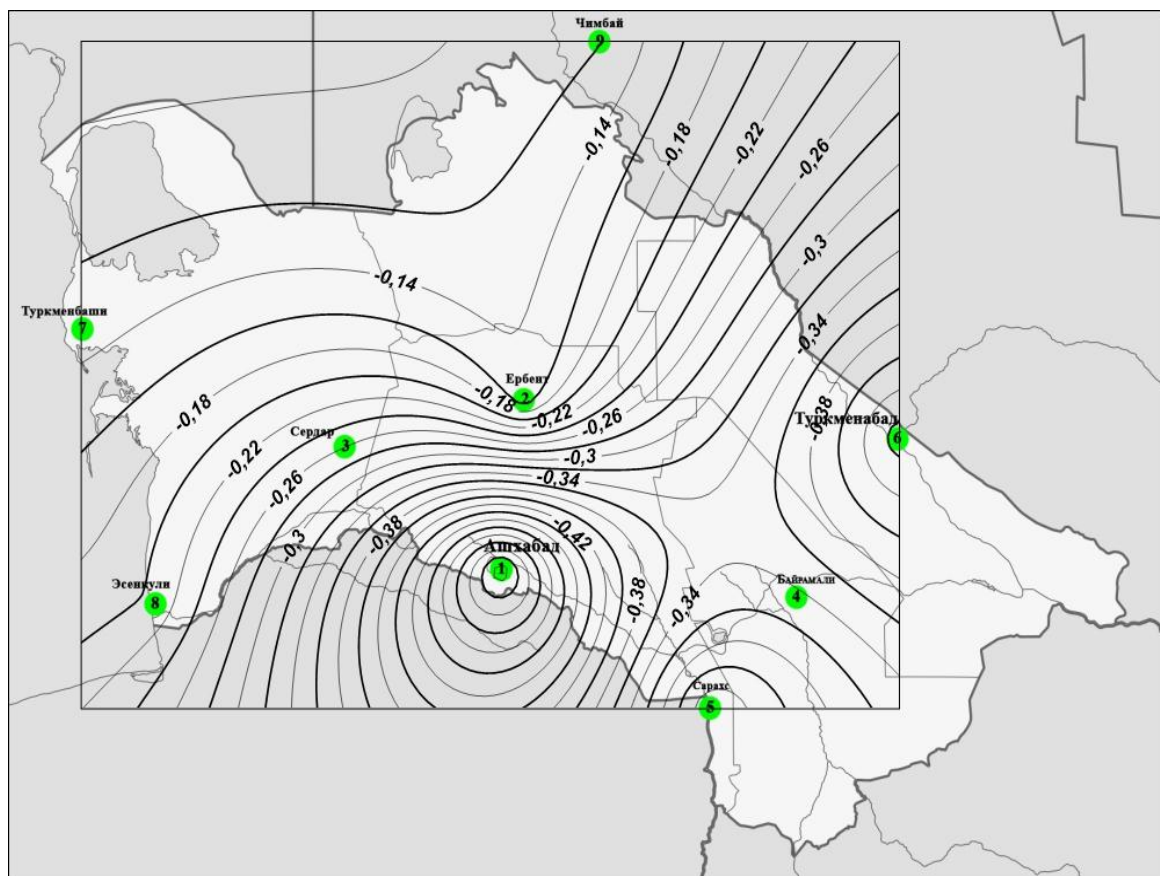


Рисунок 4.15. Многолетнее изменение за апрель

Летом преобладает многолетняя тенденция уменьшение количество осадков за исключением предгорных районов (Ашхабад и Серахс) и на северо-западе республики. (см. рис. 4.16)

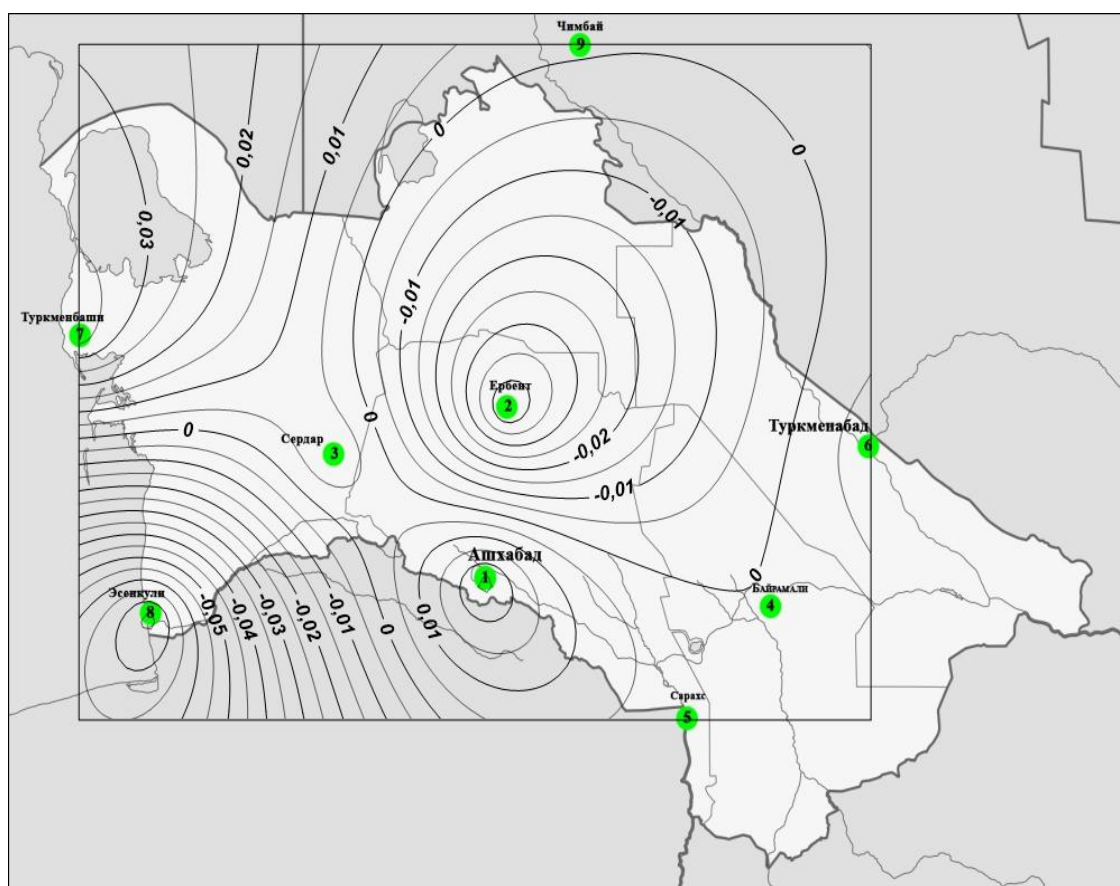


Рисунок 4.16. Многолетнее изменение за июль

Осенью по республике в целом количество выпадающих осадков растёт. Интенсивный рост наблюдается к северо-западу. Значительное уменьшение количество атмосферных осадков наблюдается в районе Ашхабада. (см. рис. 4.17)

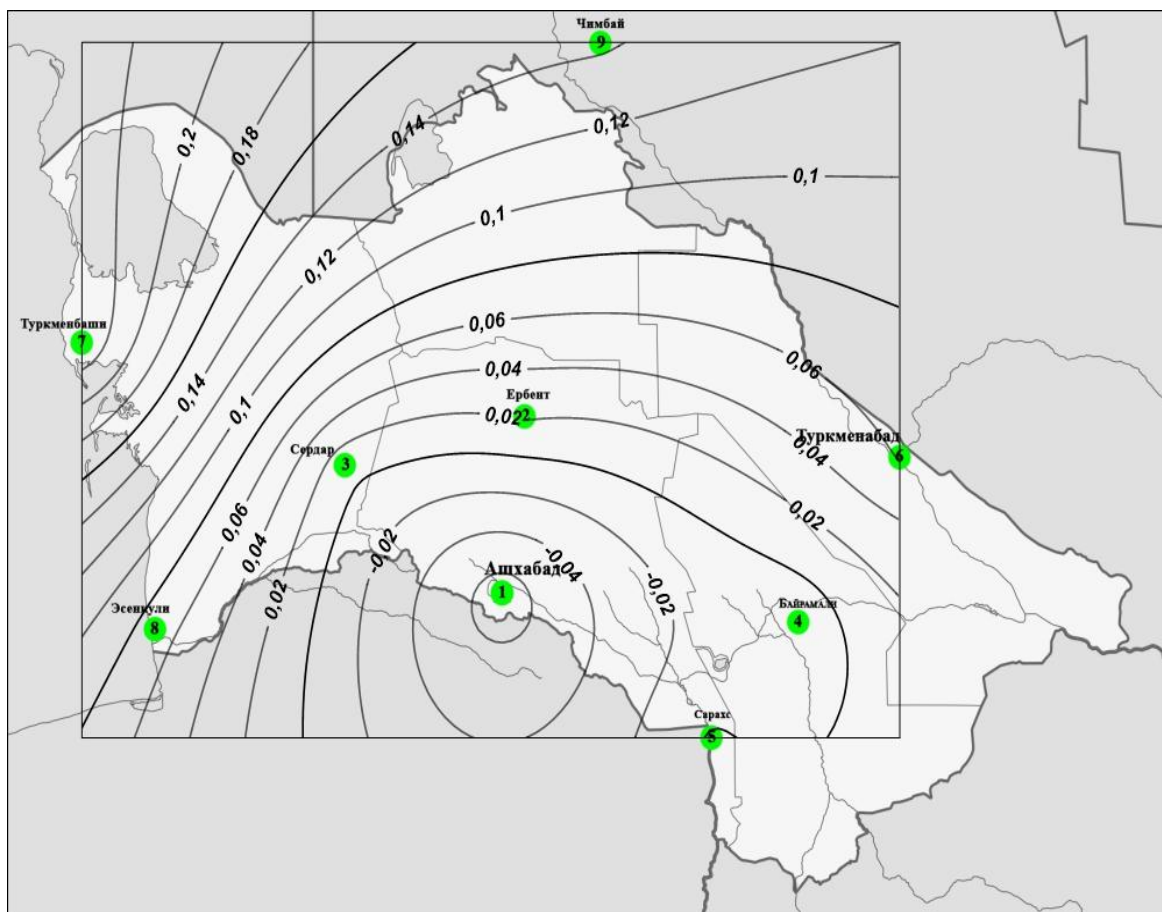


Рисунок 4.17. Многолетнее изменение за октябрь

В целом по территории Туркменистана преобладает тенденция многолетнего уменьшения количество выпадающих осадков. В большинстве сезонов года увеличение количества осадков только осенью. При этом на северо-западе республики преобладает тенденция многолетнего роста количества осадков за исключением весны.

4.4. Оценка циклических составляющих многолетних изменений режима увлажнения

Североатлантическое колебание (NAO) является одним из основных режимов изменчивости атмосферы Северного полушария. Это особенно важно зимой, когда он оказывает сильное влияние на климат Северного полушария. Это также сезон, который демонстрирует сильную межгодовую

изменчивость. Для зимы разница между нормированным атмосферным давлением на уровне моря в районе Гибралтара и нормированным давлением на уровне моря в районе юго-западной Исландии является полезным показателем силы NAO.

NAO традиционно определяется как нормализованная разность давлений между станцией на Азорских островах и одной на Исландии.

В данной работе использовались осредненные значения за зимний сезон с декабря по март включительно в период с 1966 по 2017 годы. Были построены совмещенный графики многолетнего графика осадков и индекса NAO для каждой станции и получены коэффициенты корреляционной связи между ними. Эти графики приведены в Приложении В для станций с наибольшими положительными и отрицательными корреляционными коэффициентами по сезонам.

Зимой связь между многолетним ходом индекса североатлантического колебания и месячных сумм осадков в январе на большей части республики корреляционная связь отрицательна. Однако, на северо-западе и севере (около трети территории) она положительная (см. рис. 4.18). Диапазон значений коэффициента парной линейной корреляции – от 0,2 до -0,2. Максимальная отрицательная связь наблюдается на юго-востоке на станции Байрам-али. Она убывает к северо-западу практически до нуля на западе центральной части территории, после чего далее меняет знак. Наиболее значительная положительная связь на крайнем северо-западе территории на станции Туркменбаши.

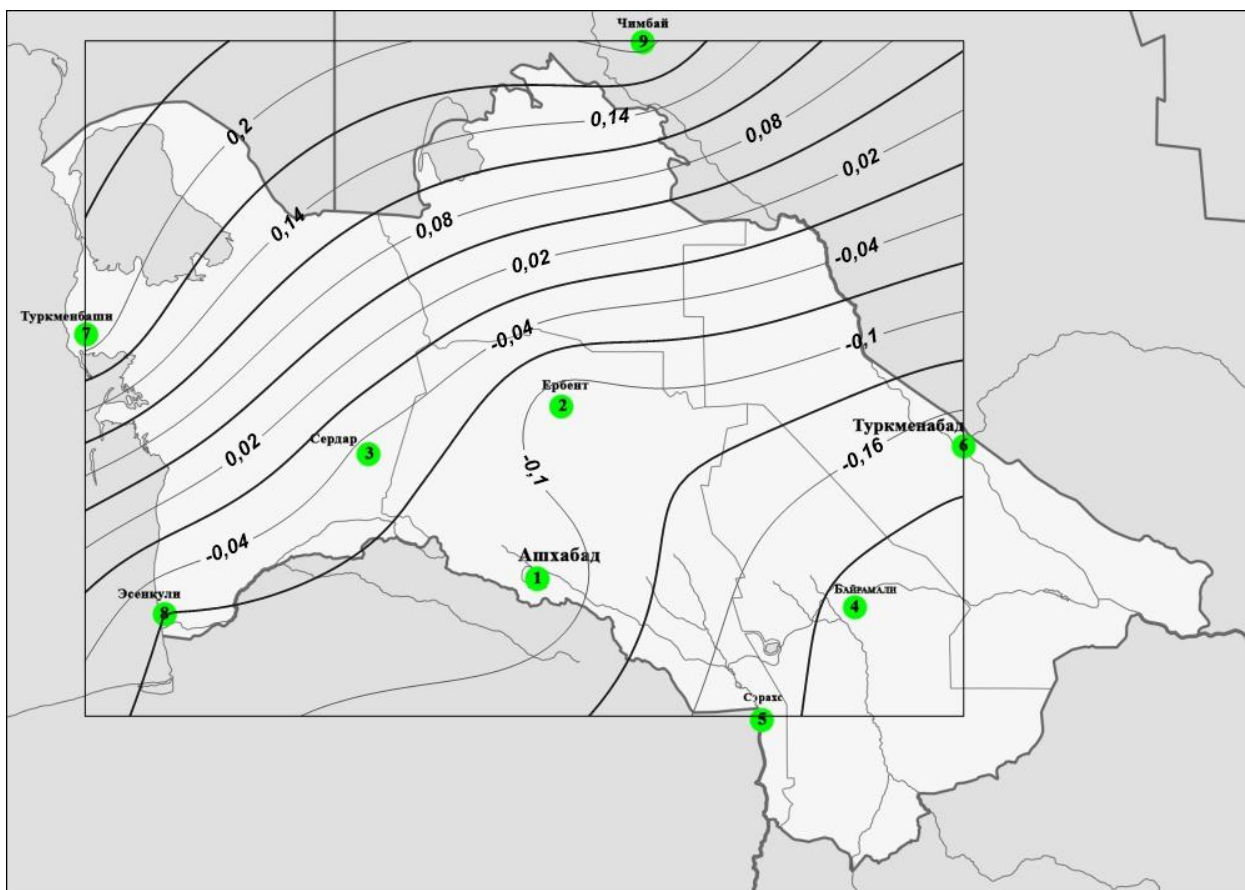


Рисунок 4.18. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в январе с индексом NAO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Весной связь осадков с северо-атлантическим колебанием немного возрастает. Также преобладает отрицательная связь, наиболее значительная на юго-западе (до -0,3) на станции Эсенгулы (см. рис. 4.19). Значения корреляционных связей убывают с юго-запада в северо-восточном и восточном направлениях рассматриваемой территории, меняя знак. В центральной и восточной частях республики корреляционная связь положительная, но весьма незначительная по величине. Максимальное положительное значение корреляционной связи (0,12) прослеживается на станции Ербент.

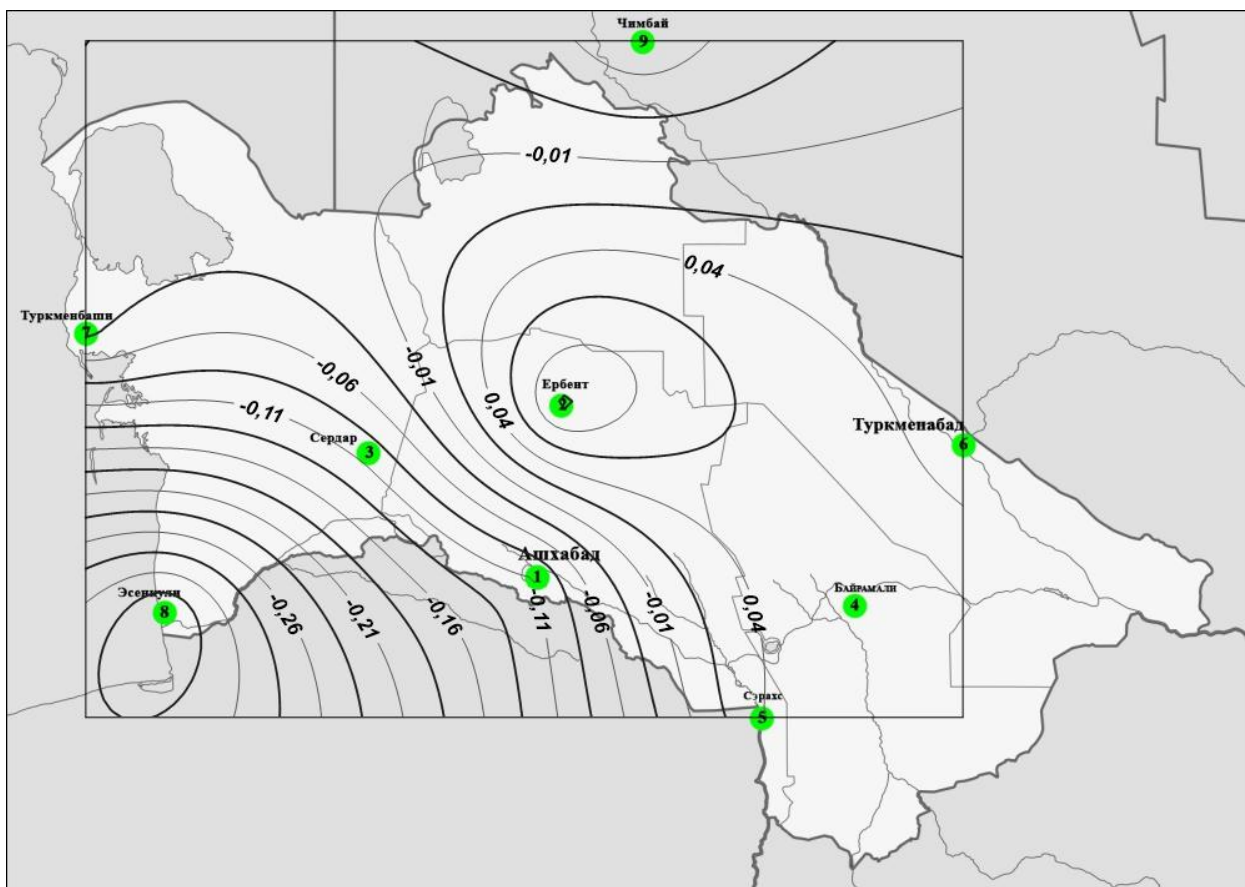


Рисунок 4.19. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в апреле с индексом NAO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Летом преобладает положительная связь, за исключением незначительных частей территории на севере и юго-востоке республики с отрицательными значениями коэффициентов корреляции (станции Байрам-али, Серахс, Чимбай). Максимальная положительная связь наблюдается на северо-западе на станции Туркменбаши (0,2). Наиболее значительная отрицательная – на севере на станции Чимбай (-0,22). В целом значения положительных корреляционных связей убывают с запада на восток, за исключением станции на востоке – Туркменабад, где отмечается незначительная отрицательная связь.(см. рис. 4.20)

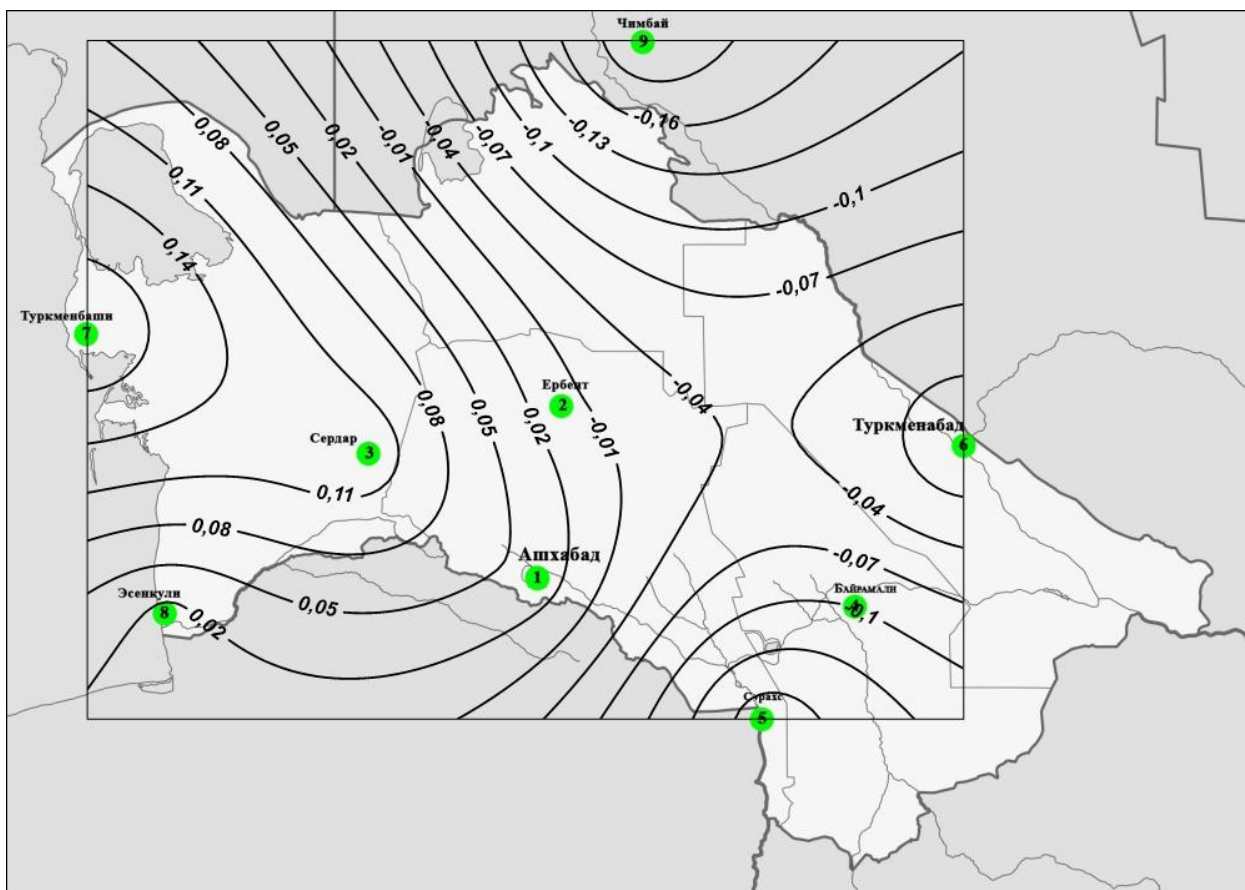


Рисунок 4.20. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в июле с индексом NAO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Осенью значения корреляционных связей преимущественно отрицательны с максимальной интенсивностью на станции Сердар (-0,26). Не очень большие положительные связи наблюдается в восточной половине (до 0,11 на станциях Серахс, Туркменабад и Байрам-Али; см. рис. 4.21).

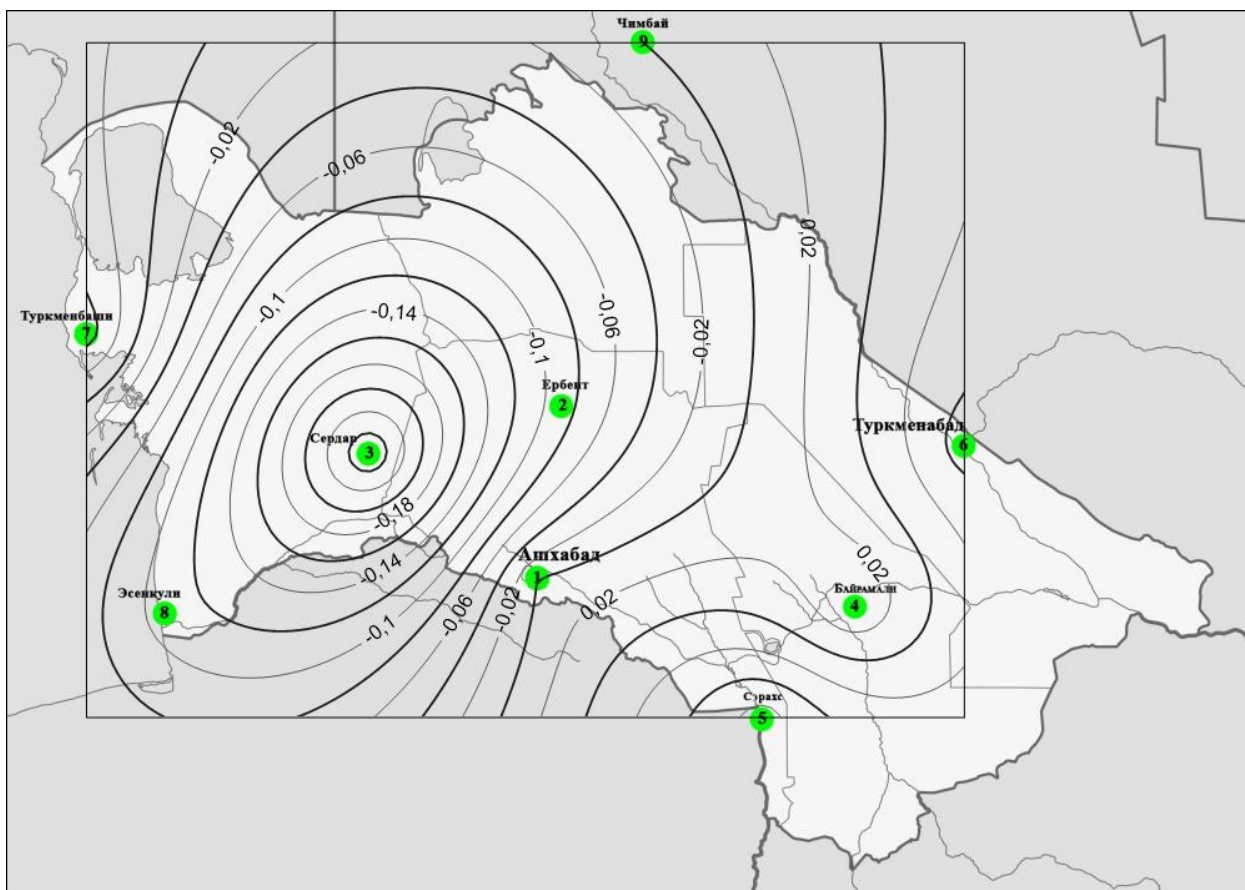


Рисунок 4.21. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в октябре с индексом NAO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Целесообразно оценить наличие воздействия Южного колебания (SO) на межгодовые особенности атмосферных процессов над Туркменией.

SO определяется как нормализованная разность давлений между Таити и Дарвином. Существует несколько незначительных изменений в значениях SO, рассчитанных в разных центрах. Здесь использованы стандартные значения Центра анализа климата.

В данной работе использованы осредненные годовые значения индекса SO в период с 1967 года по 2017 год. Были построены совмещенный графики многолетнего графика осадков и индекса SO для каждой станции и получены коэффициенты корреляционной связи между ними. Эти графики

приведены в Приложении В для станций с наибольшими положительными и отрицательными корреляционными коэффициентами по сезонам.

Зимой связь между многолетним ходом индекса южного колебания и месячных сумм осадков в январе по всей республики корреляционная связь отрицательна. Значительная отрицательная связь наблюдается на станции Ашхабад. Положительные значения связи не прослеживаются. Очень незначительные отрицательные значения связи наблюдается на севере и западе. (см. рис. 4.22)

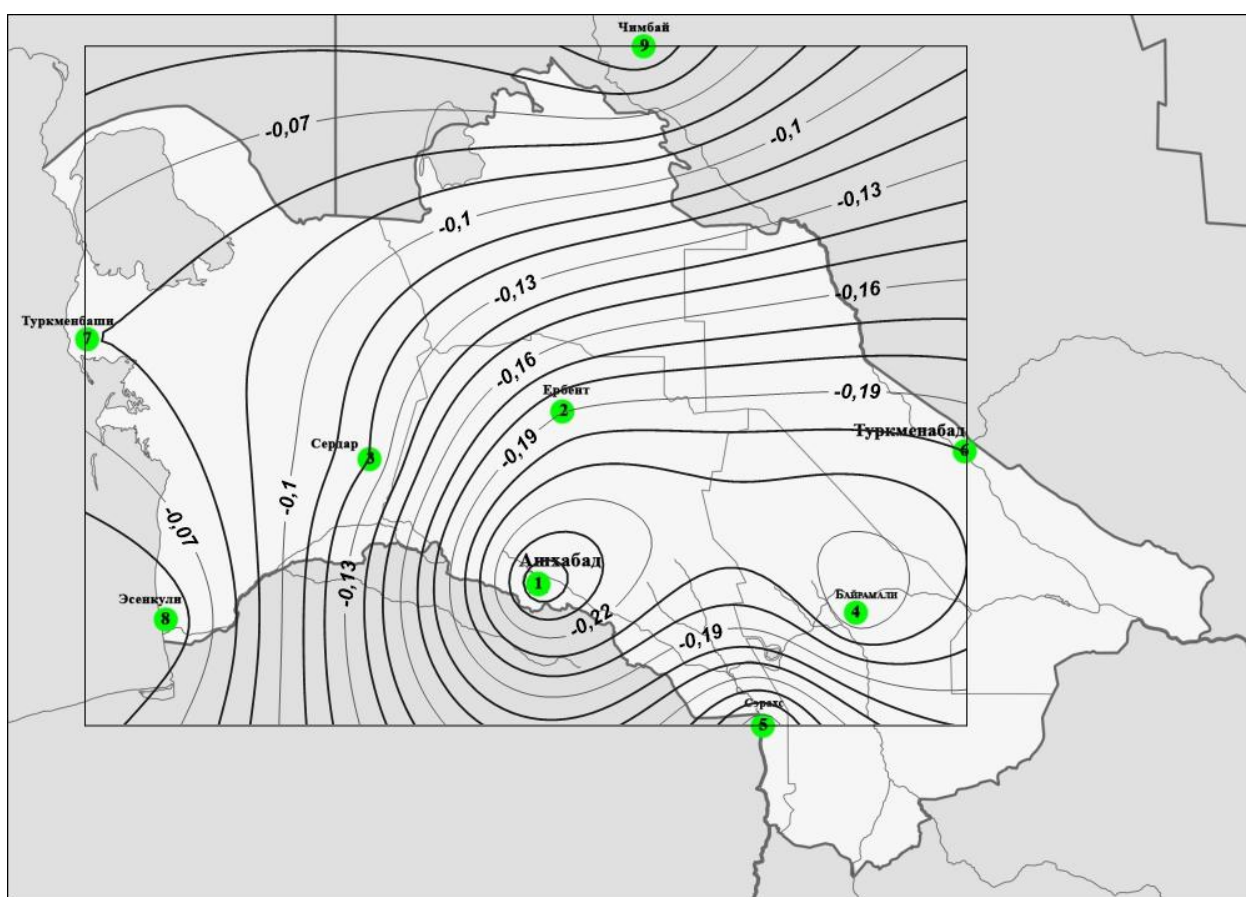


Рисунок 4.22. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в январе с индексом SO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Весной связь осадков с южным колебанием совсем не значительно возрастает, но целом корреляционные связи небольшие. Значении

корреляционных связей убывают с востока на запад (см. рис. 4.23). Максимальная положительная связь наблюдается в центральной части территории, на станции Ербент (0,14), а значительная отрицательная связь прослеживается на станции Туркменбаши (-0,18).

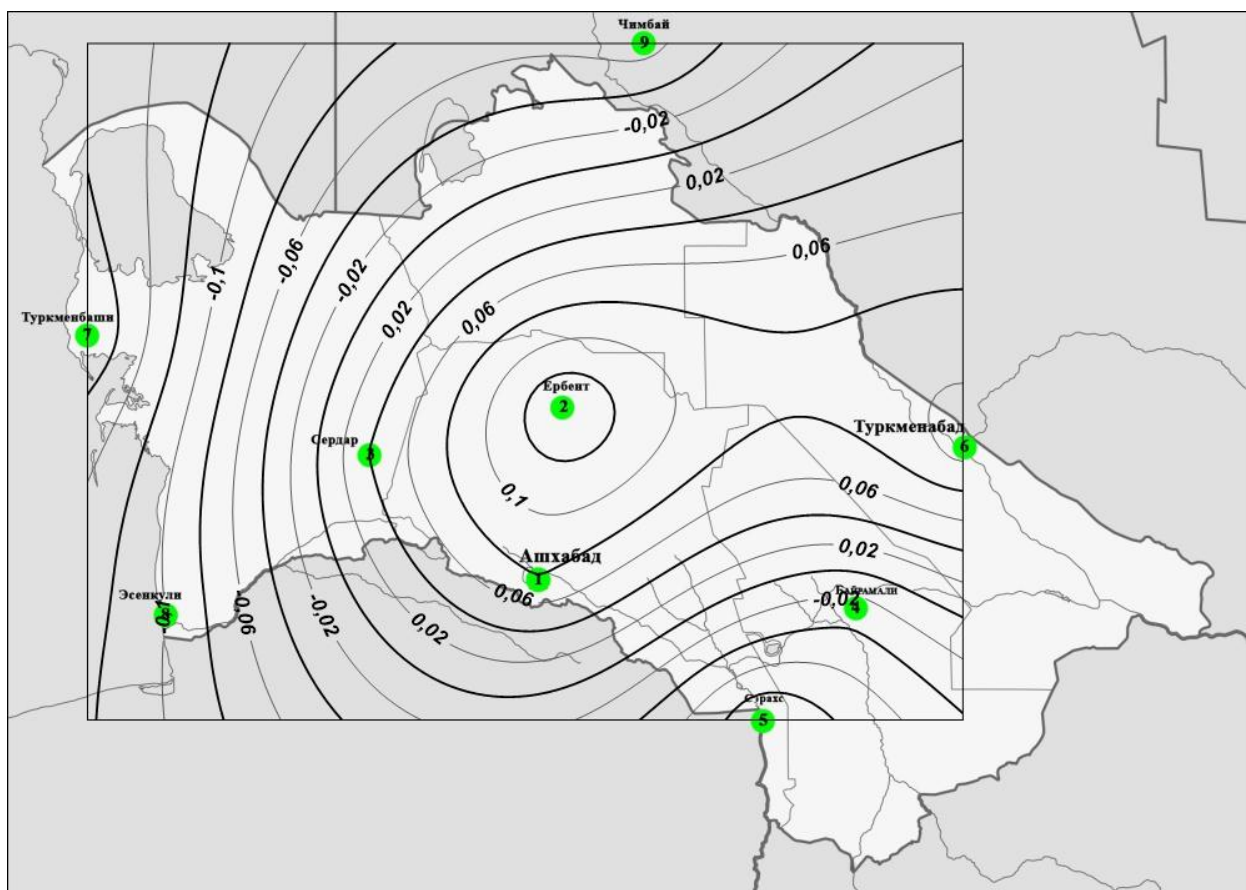


Рисунок 4.23. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в апреле с индексом SO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Летом в целом по территории прослеживается отрицательная связь, за исключением станции Ашхабад, что здесь наблюдается единственная совсем не большая положительная связь (0,06). Значительная отрицательная связь наблюдается на станции Чимбай (-0,29). Таким образом в целом по республике значения корреляционных связей убывают с юга на север. (см. рис. 4.24)

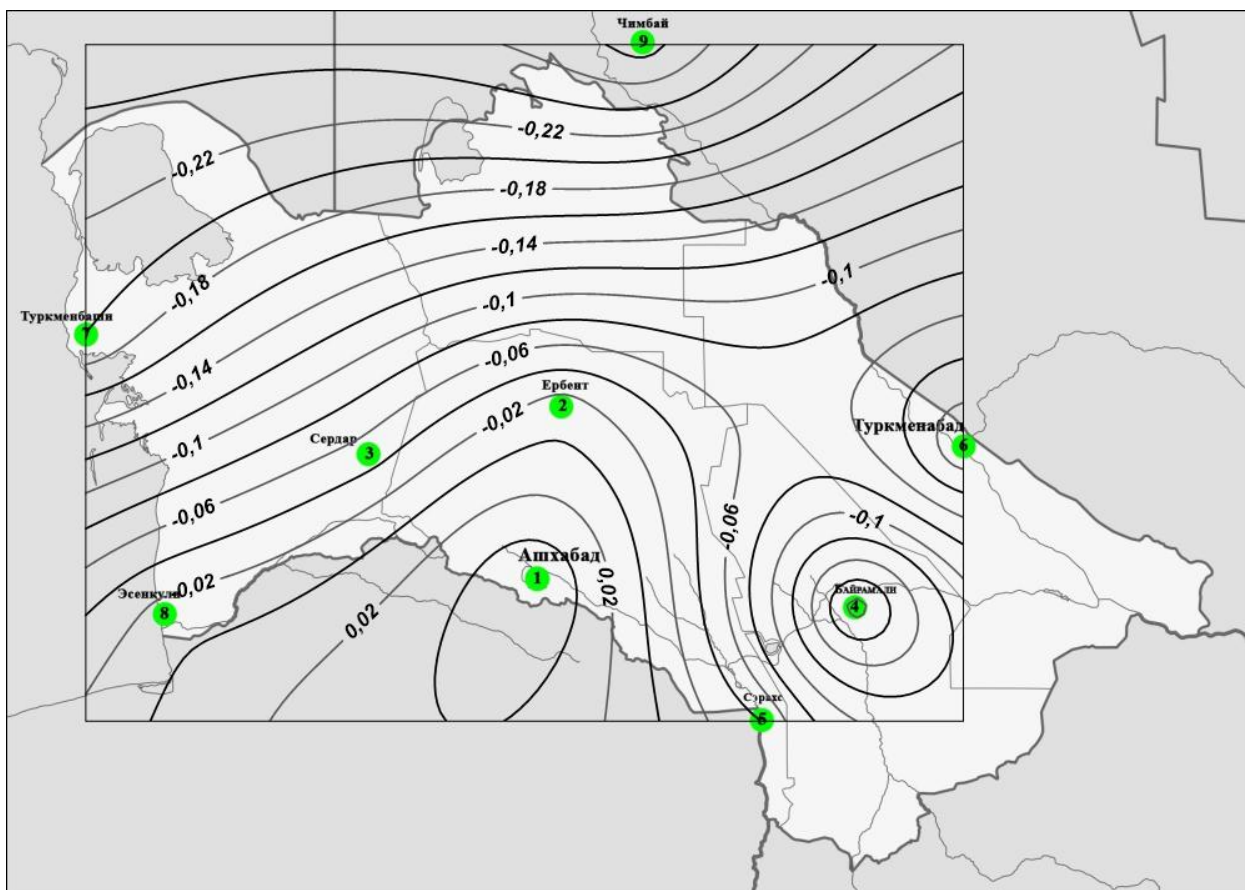


Рисунок 4.24. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в июле с индексом SO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

Осенью в целом по территории связь отрицательная, за исключением станции Байрам-али (0,05), что здесь наблюдается совсем не большая положительная связь. Значительная отрицательная связь наблюдается на станции Ашхабад (-0,33). Таким образом в целом по республике значения корреляционных связей убывают с юго-востока в северо-западном направлении с максимальным уменьшением на станции Ашхабад (см. рис. 4.25).

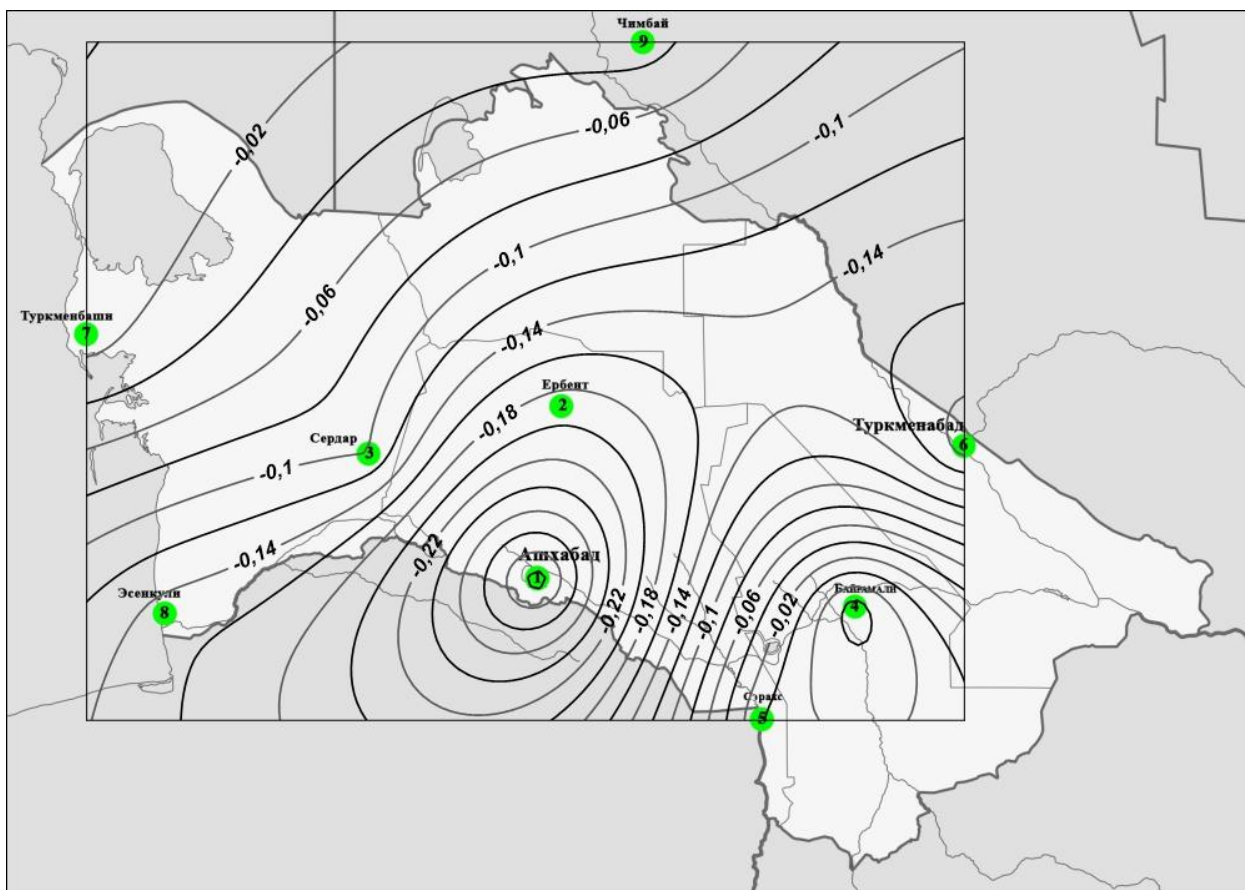


Рисунок 4.25. Распределение корреляционной связи многолетнего хода осадков в октябре с индексом SO по территории Туркменистана (по данным 1966-2017 гг.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании результатов, полученных в данной научно-исследовательской работе, можно сделать следующие выводы:

1. Распределение осадков зимой и весной носят зональный характер с общим увеличением количества осадков с севера на юг. Количество осадков весной немного возрастает по сравнению с зимним сезоном. Летом распределение осадков перестраивается на меридиональный характер с убыванием количества с запада на восток. При этом само количество резко сокращается до нескольких мм за месяц, достигая 0 мм на юго-востоке (ст. Байрам-али). Осенью меридиональность распределения выражена еще более ярко, а количество кратно возрастает до половины зимнего и весеннего количества.

2. Выявлены 4 климатических района, которые полностью совпадают с ранее выделенными известными климатологами и приведенными в официальных климатических справочниках.

3. В целом по территории республики многолетние тренды преимущественно отрицательны зимой и весной, незначительно положительны летом и осенью. Некоторые исключения отмечаются на побережье Каспия и на станциях со сложным рельефом.

4. Практически по всем сезонам года преобладают тенденции многолетнего уменьшения количества выпадающих осадков. *Зимой* – интенсивность осадков ослабевает в северо-западном направлении. *Весной* – количество осадков уменьшается. Наиболее интенсивнее убывание наблюдается на станции Ашхабад. *Летом* – количество осадков уменьшается, за исключением предгорных районов и северо-запада республики. *Осенью* – количество выпадающих осадков увеличивается, за исключением станции Ашхабад. Наиболее интенсивный рост наблюдается на северо-западе.

5. Связь между многолетним ходом индекса североатлантического колебания и месячных сумм осадков в целом очень низкая. *Зимой* – на

большей части республики корреляционная связь отрицательна. Максимальная отрицательная связь наблюдается на юго-востоке. Наиболее значительная положительная связь на крайнем северо-западе территории. *Весной* – связь осадков с северо-атлантическим колебанием немного возрастает. Наиболее значительная отрицательная связь наблюдается на юго-западе. В центральной и восточной частях республики корреляционная связь положительная. *Летом* – преобладает положительная связь, за исключением незначительных частей территории на севере и юго-востоке республики с отрицательными значениями коэффициентов корреляции. Наиболее значительная отрицательная связь – на севере. Максимальная положительная связь наблюдается на северо-западе. *Осенью* – значения корреляционных связей преимущественно отрицательны. Значительная отрицательная связь прослеживается на западной половине. Не очень большие положительные связи наблюдаются в восточной половине.

6. Связь между многолетним ходом индекса южного колебания и месячных сумм осадков в целом очень низкая. *Зимой* – по всей республики корреляционная связь отрицательна. Положительные значения связи не прослеживаются. Очень незначительные отрицательные значения связи наблюдаются на севере и западе. *Весной* – связь осадков с южным колебанием совсем незначительно возрастает, но в целом корреляционные связи небольшие. Максимальная положительная связь наблюдается в центральной части территории, а значительная отрицательная связь прослеживается на западе. *Летом* – в целом по территории прослеживается отрицательная связь, за исключением станции Ашхабад. Значительная отрицательная связь наблюдается на севере. В целом по республике значения корреляционных связей убывают с юга на север. *Осенью* – в целом по территории связь отрицательная, за исключением станции Байрам-али. В целом по республике значения корреляционных связей убывают с юго-востока в северо-западном направлении с максимальным уменьшением на станции Ашхабад.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Бабаев А.Г. Советский Союз Туркменистан: географическое описание/А.Г. Бабаев и др; ред. В.Н. Кунин; Мысль.– изд.М;1969.– 280(10)с
2. Кобышева Н.В. Климатология: учебник/ Н.В. Кобышева, С.И.Костин, Э.А. Струнников; ред. Т.В.Покровская; Гидрометеиздат.– изд. Ленинград, 1980.–344(4)с
3. Борисов А.А. Климаты СССР: учебное пособие/ А.А. Борисов; ред. Н.А.Дубровский; Государственная учебно-педагогическое издательство Министерства Просвещения РСФСР.– М; 1948.–224(4)с
4. Балашова Е.Н. Климатическое описание республик Средней Азии / Е.Н. Балашова, О.М. Житомирская, О.А. Семенова; ред. Л.П. Жданова; Гидрометеиздат.– Ленинград; 1960.– 248(8)с
5. Агроклиматический справочник по Туркменской ССР: справочник / под ред. Т.Г. Недошивина; Гидрометеиздат . – Ленинград, 1961.– 250(3)с
6. Бугаев В.А. Особенности атмосферной циркуляции над Средней Азией.– В кн.: Хлопчатник. Т. 2, Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1957.– 127 с.
7. Швер Ц.А. Климат Ашхабада / Ц.А. Швер, А.Б. Рыхлова; ред. Л.В. Ковель; Гидрометеиздат.– Ленинград; 1984.–183(7)с
8. Челпанова О.М. Климат СССР: учебник / О.М. Челпанова.– третий выпуск.– Гидрометеиздат.– Ленинград; 1963.–446(8)с
9. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. –Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 270 с.
10. Лобанов В. А., Смирнов И.А., Шадурский А.Е. Практикум по климатологии. Часть 1. Учебное пособие. –СПб. РГГМУ, 2011
11. И.А. Смирнов, В.А. Лобанов , А.Е. Шадурский. Практикум по климатологии. Часть 2. Учебное пособие. –СПБ: изд. РГГМУ, 2012
12. Нидерландский королевский метеорологический сайт <http://climexp.knmi.nl/selectstation.cgi?id=someone@>