



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

Кафедра метеорологических прогнозов

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему: «Типизация синоптических процессов при интенсивных осадках
в Кыргызстане»

Исполнитель Курманова Айгерим
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)
Лаврова Ирина Викторовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
заведующий кафедрой

(подпись)

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

Анискина Ольга Георгиевна

(фамилия, имя, отчество)

« 8 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

1. Физико-географическая характеристика Кыргызстана	7
1.2 Климат и ландшафты Кыргызстана.....	18
1.3 Вертикальная зональность климата и ландшафтов Кыргызстана	22
2. Типы синоптических процессов	28
2.1 Южно-Каспийские циклоны и их значение в климатической системе Средней Азии	28
2.2 Мургабский циклон: особенности и динамика развития	33
2.3 Верхнеамударьинский циклон: общая характеристика и особенности синоптики	42
2.4 Широкий вынос тёплых воздушных масс: синоптические характеристики	46
2.5 Северо-западное холодное вторжение	49
2.6 Северное холодное вторжение: особенности и влияние на Кыргызстан.....	55
2.7 Волновая деятельность на холодном фронте	57
2.8 Малоподвижный циклон над Средней Азией	63
2.9 Юго-западная периферия Сибирского антициклона	65
2.9 Сибирский антициклон над Средней Азией (тип9, 9а, 9б)	66
2.10 Западное вторжение	74
2.11 Летняя термическая депрессия	75
2.12 Малоградиентное поле повышенного давления (МППД).....	78
2.13 Малоградиентное поле пониженного давления (МППП)	79
2.14 Западный циклон.....	81
2.15 Ныряющий циклон.....	86
3. Механизмы образования осадков: физические аспекты	90
3.1 Синоптические условия выпадения осадков в Кыргызстане.....	93
3.2 Распределение атмосферных осадков по территории Кыргызстана	96
3.3 Годовой ход и максимум осадков.....	103
Заключение	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ	113

Введение

Атмосферные осадки представляют собой один из фундаментальных климатических элементов, оказывающих непосредственное влияние на функционирование как природных, так и социально-экономических систем в пределах любой территории. Особенно весомую роль данный фактор играет в регионах с выраженной географической неоднородностью, таких как Кыргызская Республика. В силу особенностей своего географического положения и сложного горного рельефа, Кыргызстан является территорией с высокой чувствительностью к колебаниям режима осадков. Климатические условия здесь формируются под влиянием целого комплекса факторов, в том числе высотной поясности, экспозиции склонов, циркуляции воздушных масс, а также глобальных и региональных метеорологических процессов.

Нельзя недооценивать важность осадков как климатического индикатора. Пространственное распределение и сезонная динамика осадков напрямую влияют на функционирование экосистем, водный режим рек и озёр, устойчивость инженерной инфраструктуры, продуктивность аграрного сектора и, что особенно актуально в современных условиях, на возможности адаптации населения к изменениям климата. Количество и форма осадков во многом определяют доступность водных ресурсов, продолжительность вегетационного периода, уровень снежного покрова и частоту возникновения опасных природных явлений — таких как лавины, селевые потоки или засухи.

Особенно остро проблема изучения режима осадков стоит в Кыргызстане, где природные условия отличаются значительной сложностью. Более 90% территории страны расположено на высотах свыше 1000 метров над уровнем моря, что приводит к значительной вариативности климатических условий даже в пределах относительно малых пространств. Наиболее ярко это проявляется в различии между подветренными и наветренными склонами гор: в то время как одни районы получают

значительное количество влаги, другие могут испытывать её острый дефицит. Это создаёт дополнительные сложности при планировании водных ресурсов, организации сельского хозяйства и проектировании инфраструктурных объектов.

Важным аспектом анализа климатических процессов в регионе является учёт специфики формирования осадков в горных условиях. Воздушные массы, проходя через горные преграды, претерпевают трансформации, связанные с орографическим подъёмом и охлаждением, что приводит к интенсивному выпадению осадков на наветренных склонах. В то же время подветренные участки нередко остаются сухими, демонстрируя эффект "тени осадков". Такие особенности пространственной дифференциации влажности требуют комплексного междисциплинарного подхода в исследовании, сочетающего климатологические, геофизические и гидрологические методы анализа.

Климатическая система Кыргызской Республики формируется под воздействием обширного комплекса природных факторов, каждый из которых вносит вклад в формирование конкретных погодных и климатических условий. Одним из определяющих факторов является географическое положение страны. Кыргызстан расположен в самом центре Евразийского континента, значительно удалён от крупных водных массивов, таких как моря и океаны. Такое расположение обуславливает наличие ярко выраженной континентальности климата, что проявляется в резких колебаниях температур между сезонами, низкой влажности воздуха и большой амплитуде климатических показателей.

Вторым не менее значимым фактором, формирующим климат региона, является его рельеф. Почти вся территория страны занята горной системой Тянь-Шань, характеризующейся чередованием высоких хребтов, межгорных котловин и предгорных равнин. Это создаёт чрезвычайно сложную картину климатического разнообразия даже на небольших расстояниях. Например, в

пределах одной долины могут наблюдаться резкие контрасты по температуре, влажности и количеству осадков в зависимости от высоты над уровнем моря, ориентации склонов, наличия снежного покрова и других локальных факторов.

Особенности орографии оказывают непосредственное влияние на структуру атмосферных процессов. Так, перемещение воздушных масс в условиях горной местности часто сопровождается их подъёмом по склонам, в результате чего происходит конденсация влаги и образование осадков. Наветренные склоны, как правило, получают в несколько раз больше осадков по сравнению с подветренными зонами, где формируется «сухая тень». Это приводит к значительной пространственной асимметрии в распределении влаги, что особенно важно учитывать при проектировании сельскохозяйственных систем, водохозяйственном планировании и оценке природных рисков.

Климат Кыргызстана можно охарактеризовать как резко континентальный. Зимние месяцы, как правило, сопровождаются устойчивыми антициклонами, что приводит к установлению сухой, холодной погоды с минимальным количеством осадков. В тёплое время года, напротив, возрастает активность циклонов, приносящих влажные воздушные массы, в том числе с юга и юго-запада. Особенно интенсивные осадки отмечаются в весенние и летние месяцы, причём в горных районах они могут достигать значительных величин. В то же время равнинные и предгорные районы получают меньше влаги, и это различие необходимо учитывать при распределении водных ресурсов.

Неотъемлемой частью климатической системы Кыргызстана является высотная поясность, оказывающая ключевое влияние на температурный режим, количество осадков, типы растительности и продолжительность вегетационного периода. По мере повышения высоты наблюдается закономерное снижение температуры и увеличение количества осадков (до

определённой высоты), после чего влажность вновь начинает уменьшаться. Это создаёт условия для формирования различных климатических зон — от сухих степей и полупустынь в долинах до альпийских лугов и снежных полей в высокогорьях. Изучение пространственных и временных характеристик режима выпадения осадков представляет собой важнейшее направление как фундаментальных, так и прикладных климатологических исследований. В условиях усиливающегося глобального климатического дисбаланса, обусловленного антропогенными факторами, наблюдение за изменениями в режиме осадков приобретает особую актуальность. Эти данные позволяют своевременно выявлять климатические тренды, разрабатывать стратегии адаптации, управлять природными ресурсами и предотвращать последствия экстремальных погодных явлений.

Прежде всего, глубокий анализ осадков необходим для оценки текущих и прогнозируемых изменений водного баланса, особенно в странах, где источники пресной воды зависят от таяния снега и ледников, как это имеет место в Кыргызстане. Ввиду неравномерности распределения осадков по территории и по сезонам, крайне важно оценивать долгосрочные тенденции и аномалии, такие как засухи, паводки и затяжные периоды с дефицитом влаги. Эти процессы могут оказывать критическое воздействие на урожайность сельскохозяйственных культур, устойчивость животноводства, водоснабжение населённых пунктов и гидроэнергетическую инфраструктуру.

Кроме того, режим осадков играет решающую роль в прогнозировании и предупреждении природных катастроф. Часто селевые потоки, оползни и снежные лавины возникают вследствие интенсивных и/или аномальных осадков. Мониторинг этих процессов позволяет формировать карты риска, разрабатывать меры по защите населения и объектов инфраструктуры, а также обеспечивать устойчивое развитие горных территорий. Всё это подчёркивает необходимость постоянного совершенствования методов оценки осадков и расширения сети наблюдений.

Современные научные подходы к исследованию атмосферных осадков основываются на сочетании различных источников данных. Классические наземные метеорологические станции продолжают играть важную роль, предоставляя детализированные и долговременные ряды наблюдений. Однако всё чаще в научной практике используются данные дистанционного зондирования — в частности, спутниковые снимки, позволяющие оценивать осадки на больших территориях и в труднодоступных районах. Помимо этого, в анализ вовлекаются численные климатические и гидрологические модели, способные учитывать сложные взаимодействия атмосферных, гидрологических и геофизических факторов.

Особое внимание уделяется классификации осадков по типам (дождь, снег, град, мокрый снег и др.) и по условиям их формирования. В условиях горного рельефа, характерного для Кыргызстана, ключевыми становятся процессы, связанные с фронтальной активностью, орографическим подъёмом воздушных масс, температурными инверсиями и микроклиматическими явлениями. Понимание этих процессов необходимо не только для научного прогноза, но и для практического применения в таких сферах, как строительство, транспорт, водное хозяйство и туризм.

Таким образом, главной целью настоящего исследования является всестороннее изучение режимов атмосферных осадков на территории Кыргызской Республики. В рамках данной задачи планируется выявление сезонных и межгодовых закономерностей их распределения, анализ влияния рельефа и высотной поясности, а также оценка роли атмосферной циркуляции в формировании осадков. Не менее значимым аспектом является определение актуальных климатических тенденций и возможных отклонений, которые могут повлиять на устойчивость природных и хозяйственных систем.

1. Физико-географическая характеристика Кыргызстана

Кыргызстан, с его уникальным географическим положением в сердце Центральной Азии и преобладанием горных ландшафтов, занимает площадь около 199,9 тысяч квадратных километров. Страна граничит с несколькими государствами региона, что делает её ключевым элементом в системе трансграничного водного взаимодействия. Примерно 94% территории находится на высоте выше 1000 метров, что объясняет сложную вертикальную климатическую дифференциацию и богатство природных зон — от полупустынь и степей в низинах до субальпийских и альпийских ландшафтов на высотах.

Такая географическая и климатическая мозаичность делает территорию Кыргызской Республики особенно уязвимой к изменениям режима осадков. От их характера зависит наполнение водохранилищ, состояние пастбищ, урожайность сельхозугодий и безопасность транспортной и энергетической инфраструктуры. Именно поэтому научное исследование и регулярный мониторинг осадков представляют собой одну из приоритетных задач в контексте устойчивого развития страны и её адаптации к изменяющимся климатическим реалиям.



Рисунок 1.1 - Местоположение Кыргызстана [3]

Кыргызская Республика характеризуется чрезвычайно сложным, фрагментированным рельефом, что предопределяет наличие разнообразных природно-климатических условий на её территории. По степени гористости страна занимает лидирующие позиции не только в пределах постсоветского пространства, но и в мировом масштабе. Около 90% площади республики представлено горами, относящимися к двум основным орографическим системам — Тянь-Шань и Памир-Алай. Эти мощные горные массивы не только определяют особенности рельефа, но и существенно влияют на формирование климатических, гидрологических, почвенных и биологических процессов, оказывая воздействие на все сферы жизнедеятельности человека и функционирование природных экосистем.

Система Тянь-Шань занимает северную и восточную части страны и представлена множеством высокогорных хребтов, среди которых наиболее известны Джунгарский, Терский и Киргизский. Высоты в этих районах преимущественно колеблются в пределах от 3500 до 4800 метров над уровнем моря, создавая мощные барьеры для атмосферных потоков. В южной части республики доминирует орографический массив Памир-Алай, включающий такие значимые элементы, как Алайский и Заалайский хребты. Именно в этом регионе расположена наивысшая точка не только Кыргызстана, но и всей Центральной Азии — пик Победы, высота которого составляет 7439 метров над уровнем моря. Эта вершина считается одной из наиболее сложных и опасных для восхождения, и одновременно — климатическим маркером региона.

В среднем, высота поверхности над уровнем моря по республике составляет порядка 2750 метров. Настолько высокая средняя отметка, в сочетании с сильной расчленённостью рельефа, формирует разнообразную геоморфологическую структуру. Здесь широко распространены крутые ущелья, горные каньоны, межгорные впадины, плато и долины, разделяющие хребты. Формирование этих ландшафтов происходило под действием

многовековых тектонических движений и продолжается по сей день в виде современных геоморфологических процессов: эрозии склонов, образования карстовых форм, таяния ледников и воздействия поверхностного стока.

Климатические параметры Кыргызской Республики напрямую зависят от рельефа и её внутреннего континентального положения. Страна не имеет выхода к морям и океанам, что способствует формированию резко континентального климата. Он отличается холодными, продолжительными зимами и жарким, засушливым летом. Температурный режим существенно варьирует в зависимости от абсолютной высоты. В горных районах среднегодовая температура воздуха может составлять около -5°C , тогда как в низинных и предгорных зонах она нередко превышает $+10...+12^{\circ}\text{C}$. Зимой в высокогорьях фиксируются температуры ниже -30°C , а в летние месяцы на равнинах термометр может показывать до $+35^{\circ}\text{C}$. Однако в горах лето обычно более мягкое: температуры редко превышают $+25^{\circ}\text{C}$, а ночи остаются прохладными.

Гидрографическая сеть Кыргызстана имеет чётко выраженный горный характер. Большинство рек формируется за счёт сезонного таяния снега и ледников, а также поступления атмосферных осадков, в основном весной и летом. Это обуславливает выраженную сезонную динамику уровня воды в реках — весной он резко возрастает из-за снеготаяния, а летом поддерживается за счёт ледникового питания и дождевых осадков. Основные реки республики обладают быстрым течением, крутым уклоном и высокой энергией потока. Среди крупнейших водных артерий можно выделить реку Нарын, истоки которой находятся на востоке страны. В дальнейшем она объединяется с Карадарьей, образуя реку Сырдарью — одну из главных водных артерий Центральной Азии. Также значимой является река Чу, протекающая через северные области Кыргызстана и уходящая в направлении озера Балхаш на территории Казахстана.

Таким образом, географические, орографические и климатические особенности Кыргызстана формируют уникальные природные условия, в которых тесно переплетены процессы атмосферной циркуляции, гидрологического стока и геоморфологической динамики. Понимание этих взаимосвязей особенно важно в условиях климатических изменений и необходимости рационального природопользования, включая управление водными ресурсами, предотвращение природных рисков и обеспечение устойчивого развития горных территорий.

Значительная роль в гидрографической системе Кыргызстана принадлежит озеру Иссык-Куль — крупнейшему водоёму страны и одному из самых глубоких бессточных озёр в мире. Располагаясь на высоте около 1607 метров над уровнем моря, это озеро занимает площадь порядка 6236 квадратных километров. Одной из уникальных особенностей Иссык-Куля является его способность не замерзать в зимний период. Такое явление объясняется специфическим тепловым балансом водной массы и повышенной минерализацией, что препятствует образованию льда даже при низких температурах воздуха. Помимо гидрологической значимости, озеро играет важную климато-регулирующую роль, смягчая температурные колебания и влияя на влажность воздуха в прилегающих регионах.

Почвенный покров Кыргызстана отличается значительным разнообразием, что обусловлено высотной поясностью, уровнем увлажнения и сложной рельефной структурой. В предгорных районах и долинах господствуют серозёмы, бурые и каштановые почвы, обладающие хорошими агрономическими свойствами и широко используемые в сельском хозяйстве. В горных лесных зонах преобладают подзолистые и горно-лесные почвы, которые создают благоприятные условия для лесообразования и поддержания биоразнообразия. На высокогорных территориях формируются дерново-подзолистые, субальпийские и аллювиальные почвенные типы,

которые имеют важное значение для организации пастбищного хозяйства и сохранения естественных экосистем.

Растительный покров Кыргызстана чётко отражает вертикальную зональность, обусловленную изменением высоты и климатических условий. В нижних поясах склонов широко распространены степные и полупустынные сообщества, состоящие из засухоустойчивых трав и кустарников, адаптированных к дефициту влаги и высоким температурам. Средний пояс покрыт хвойными лесами, в которых доминируют такие породы, как тьяншанская ель и отдельные популяции сибирского кедра — редкого и ценного дерева. Выше располагаются субальпийские и альпийские луга, традиционно используемые для летних пастбищ, обеспечивая кормовую базу для скота. В высокогорных районах, находящихся выше зоны леса, преобладают скальные пустыни, ледники и вечные снега, где растительность практически отсутствует ввиду экстремальных условий.

Минерально-сырьевая база Кыргызстана сформировалась в результате длительных и сложных геологических процессов, включающих тектонические движения и вулканическую активность. На территории страны разведаны значительные запасы различных полезных ископаемых, таких как золото, уран, уголь, антимоний, а также редкие и цветные металлы. Особое значение для экономики республики имеет гидроэнергетический потенциал, который реализуется через сеть крупных и малых гидроэлектростанций, расположенных на горных реках. В условиях ограниченного доступа к традиционным углеводородным ресурсам, гидроэнергетика выступает важнейшей составляющей энергетического комплекса страны и играет ключевую роль в обеспечении устойчивого развития и энергетической безопасности Кыргызстана.

1.1 Орография Кыргызстана

Орографическая структура Кыргызской Республики формируется под воздействием её уникального географического положения в самом сердце Центральноазиатского региона, а также вследствие доминирования горного рельефа, который определяет не только физико-географические характеристики территории, но и оказывает существенное влияние на климатические, гидрологические, почвенные и биологические процессы. Площадь страны составляет приблизительно 199 951 квадратный километр, при этом свыше 90% этой обширной территории занимает горная местность, что позволяет отнести Кыргызстан к числу наиболее высокогорных и рельефно сложных государств мира.

Рельеф страны сформировался в результате интенсивных тектонических движений и процессов орогенеза, продолжавшихся на протяжении многих геологических эпох и оказавших глубокое влияние на современный морфологический облик ландшафта. Основными орографическими системами, задающими пространственную структуру и формирующими горные массивы, являются горные цепи Тянь-Шаня и Памир-Алая. Эти горные системы не только формируют внешний облик рельефа, но и играют ключевую роль в определении климатических условий региона: они влияют на распределение атмосферных осадков, температурные показатели, циркуляцию воздушных масс, а также на гидрологический режим и структуру речных бассейнов.

Тянь-Шань — одна из самых крупных и мощных горных систем Центральной Азии, протянувшаяся через северные, центральные и восточные районы Кыргызстана. В её составе находятся многочисленные хребты, такие как Киргизский, Терскей-Ала-Тоо, Джунгарский, а также Алайский хребет. Высота этих гор варьируется от 4000 до 5000 метров и выше, создавая суровые климатические условия и уникальные экосистемы. Тянь-Шань славится наличием обширных ледниковых полей, в том числе одних из

крупнейших в регионе, которые играют роль естественных резервуаров пресной воды и оказывают значительное влияние на формирование речных стоков и поддержание водного баланса.

Памир-Алай охватывает южные территории страны и является геологическим мостом между массивами Памира и Тянь-Шаня. Здесь сосредоточены одни из самых высоких вершин Кыргызстана, включая пик Победы высотой 7439 метров — высочайшую точку не только страны, но и всего Тянь-Шаня. Этот регион характеризуется чрезвычайно сложным и расчленённым рельефом с многочисленными перевалами, ущельями и ледниковыми образованиями, что существенно осложняет транспортную доступность и делает территорию малонаселённой. Однако именно здесь располагаются значимые природные ареалы и особые экосистемы, важные для сохранения биоразнообразия и устойчивости природных комплексов.

Таким образом, орографическая специфика Кыргызской Республики играет фундаментальную роль в формировании природных условий и экологического ландшафта. Многообразие высотных уровней, экспозиция горных склонов, степень расчленённости рельефа создают уникальные предпосылки для формирования вертикальной поясности в климате, почвенном составе, растительном покрове и хозяйственном использовании территорий. Глубокое понимание орографических особенностей является важнейшим этапом в оценке природного потенциала страны, а также в прогнозировании возможных изменений климата и связанных с ними природных рисков, таких как оползни, лавины, селевые потоки и другие опасные геоморфологические явления.

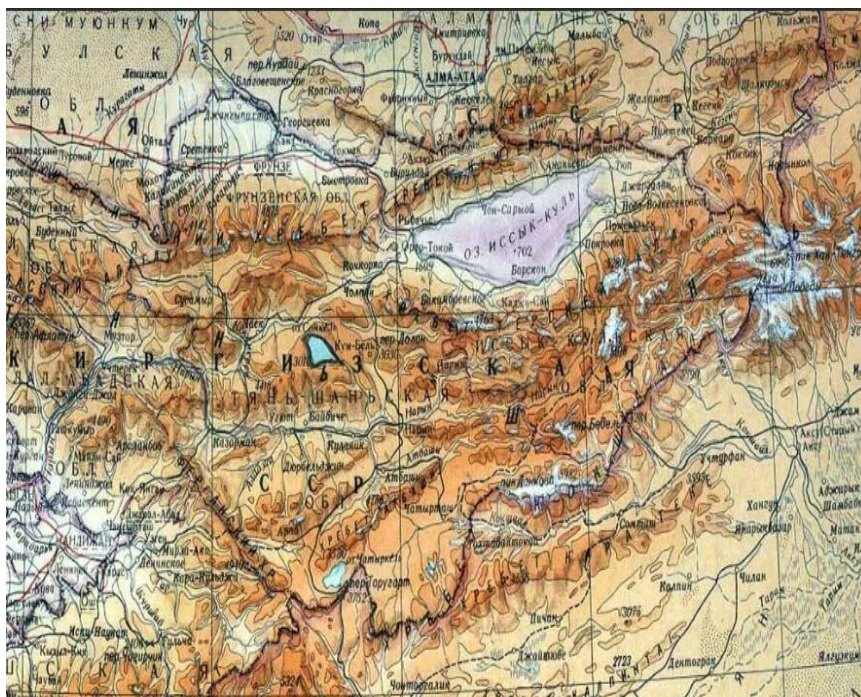


Рисунок 1.2 - Орография и горные системы Кыргызстана [8]

Основные горные системы Кыргызстана

Географическая структура Кыргызской Республики преимущественно определяется доминированием двух масштабных горных систем — Тянь-Шаня и Памир-Алая, которые формируют высокогорный рельеф страны, занимающий свыше 90% её территории. Такая орографическая специфика делает Кыргызстан одной из наиболее гористых стран мира с ярко выраженными вертикальными перепадами высот, мощной расчленённостью рельефа и уникальными природными условиями, связанными с выраженной высотной поясностью. Эти горные системы оказывают ключевое влияние на климат, гидрологию, почвы, растительность и хозяйственную деятельность в регионе.

Тянь-Шань

Тянь-Шань является главной горной системой страны, охватывающей обширные северные, центральные и северо-восточные районы Кыргызстана. В состав Тянь-Шаня входят крупные и геоморфологически сложные хребты — Киргизский, Терскей Ала-Тоо, Джумгалский, Кунгей, Алайский и другие

массивы, высоты которых колеблются от 3500 до 4700 метров, при этом отдельные вершины достигают отметок выше 4800 метров. На стыке Тянь-Шаня и Памира расположена самая высокая точка Кыргызстана и всей Центральной Азии — пик Победы, возвышающийся на 7439 метров.

Рельеф Тянь-Шаня отличается исключительной расчленённостью: здесь наблюдаются крутые и обрывистые склоны, глубокие горные ущелья, обширные ледниковые поля и скальные обнажения. В пределах этой системы сосредоточены крупнейшие ледники страны, среди которых особо выделяется ледник Южный Иныльчек — один из самых больших в регионе, играющий ключевую роль в формировании речных систем и обеспечении водой обширных территорий.

Памир-Алай

Памир-Алай занимает юго-западные районы Кыргызстана и представлен такими массивами, как Заалайский, Алайский и Туркестанский хребты. Средние высоты здесь варьируются от 3000 до 5000 метров, что создаёт суровые климатические и природные условия. Пик Победы геологически также относится к этой системе, что подчёркивает тесную связь и сопряжённость между Тянь-Шанем и Памиром.

Рельеф Памир-Алая характеризуется высокой степенью изрезанности и крутыми уступами, резкими перепадами высот, а также наличием высокогорных плато и обширных ледниковых полей. Эти особенности обуславливают высокую сейсмическую активность региона и создают значительные сложности для освоения и хозяйственного использования значительных территорий.

Между горными хребтами Памир-Алая и Тянь-Шаня расположены важнейшие межгорные впадины и котловины, такие как Чуйская, Таласская, Нарынская, Джалал-Абадская и Ферганская. Эти низменности обладают значительным хозяйственным значением, поскольку именно здесь сосредоточены основные сельскохозяйственные угодья, пастбища и

урбанизированные территории. Через них протекают главные реки страны — Нарын, Чу, Ала-Арча, Талас, Кара-Суу, которые питаются в значительной степени за счёт таяния ледников и снега, а также сезонных атмосферных осадков.

Геологическое строение и сейсмичность Кыргызстана

Рельеф Кыргызской Республики относится к Молодому Тянь-Шаню — уникальной геологической системе, которая сформировалась в результате интенсивных тектонических процессов, продолжающихся на протяжении миллионов лет и активно проявляющихся в наши дни. Этот регион характеризуется высокой тектонической активностью, что обуславливает не только динамичное развитие ландшафта, но и значительную сейсмичность. Кыргызстан расположен в зоне столкновения Евразийской и Индо-Австралийской литосферных плит, что приводит к образованию многочисленных разломов и зон повышенной тектонической напряженности. Эти геодинамические процессы становятся причиной частых и порой мощных землетрясений, которые оказывают влияние на населённые пункты, инфраструктуру и природную среду.

Геологическая основа страны представлена сложным комплексом различных горных пород, сформированных в разные геологические эпохи. В состав горных массивов входят магматические породы — граниты, образовавшиеся при кристаллизации магмы в глубинах земной коры, и базальты — вулканические породы, свидетельствующие о прошлой вулканической активности региона. Метаморфические породы, такие как гнейсы и сланцы, сформировались под воздействием высоких температур и давления, что говорит о глубоких геологических процессах, происходивших в недрах Земли. Осадочные породы, включая известняки и песчаники, свидетельствуют о многократных изменениях условий отложения и палеоклиматических изменений, а также о присутствии в древности морских бассейнов.

Такое геологическое разнообразие способствует значительному минеральному богатству страны. Кыргызстан обладает месторождениями золота, серебра, урана, меди, угля и других полезных ископаемых, что играет важную роль в экономике и промышленности. Однако высокая сейсмичность региона требует особого внимания к вопросам безопасности. Землетрясения, регистрируемые на территории республики, имеют различную силу — от слабых, практически неощутимых, до разрушительных, способных наносить значительный ущерб. Исторически известно несколько мощных землетрясений, которые приводили к человеческим жертвам и разрушениям жилых зданий, что подчёркивает необходимость комплексных мер по мониторингу сейсмической активности и подготовке к чрезвычайным ситуациям.

Высотная поясность оказывает важнейшее влияние на формирование природных комплексов и ландшафтов Кыргызстана. На сравнительно небольшой площади страны наблюдается резкая смена климатических и природных зон: от засушливых полупустынь и степей в низменностях до обширных хвойных лесов и субальпийских лугов в горах, вплоть до зон вечных снегов и ледников на вершинах горных хребтов. Такая вертикальная зональность создаёт многообразие экосистем, каждая из которых обладает своими экологическими особенностями и хозяйственным значением. В результате происходит формирование сложной экологической мозаики, чувствительной к изменениям климата и антропогенным воздействиям.

Антропогенное влияние, связанное с развитием горнодобывающей промышленности, сельским хозяйством и инфраструктурой, нередко усугубляет природные процессы. Например, вырубка лесов и нерациональное использование земель могут привести к деградации почв, увеличению оползневых процессов и усилению эрозии, что особенно актуально для сейсмоопасных и крутонаклонных территорий. В связи с этим особое значение приобретают меры по охране окружающей среды,

мониторингу состояния ландшафтов и внедрению устойчивых методов природопользования.

Таким образом, геологическое строение и сейсмическая активность Кыргызстана играют ключевую роль в формировании природных условий и социально-экономического развития страны. Понимание и учёт этих факторов необходимы для обеспечения безопасности населения, рационального использования природных ресурсов и устойчивого развития в условиях постоянно изменяющейся геодинамической среды.

1.2 Климат и ландшафты Кыргызстана

Кыргызстан расположен в самом центре Евразийского континента и находится в зоне господства материковых воздушных масс. Географическая удалённость от океанов и морей, а также доминирование высокогорного рельефа определяют для страны резко континентальный тип климата. Этот климат характеризуется значительными сезонными и суточными колебаниями температуры, а также резкой контрастностью погодных условий в различных частях страны.

Температурный режим

Температурный режим в Кыргызстане тесно связан с высотной поясностью и экспозицией склонов гор. В зимний период средние температуры существенно варьируются в зависимости от географической широты и высоты над уровнем моря. В долинах и предгорных зонах температура воздуха в январе обычно составляет от -5°C до -10°C , что придаёт зимам относительную мягкость в низинах. Однако, в высокогорных районах, расположенных на высоте свыше 3000 метров, температура часто опускается до -25°C и ниже, создавая суровые зимние условия, особенно в ночное время.

Летний период в Кыргызстане сравнительно короткий, но при этом отличается высокими дневными температурами, особенно в равнинных районах. На равнинах температура воздуха в июле и августе часто достигает $+30...+35^{\circ}\text{C}$, создавая жаркую и сухую атмосферу. В горных районах, благодаря высоте и воздухообмену, температура летом обычно колеблется в пределах $+20...+25^{\circ}\text{C}$, что значительно смягчает климатические условия и делает летний сезон более комфортным.

Одной из характерных особенностей климата Кыргызстана является резкий суточный температурный градиент — разница между дневной и ночной температурой может достигать $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$, особенно в горных и предгорных районах. Этот феномен оказывает существенное влияние на физиологию растений, их рост и развитие, а также на формирование почв и микроклимата в целом.

Ландшафтная поясность

Ландшафтная структура Кыргызстана и вертикальная поясность

Ландшафт Кыргызстана формируется по вертикальному типу, что связано с ярко выраженной высотной поясностью и многообразием природных условий на относительно небольшой площади. Такая вертикальная зональность — одна из ключевых характеристик природной среды страны, определяющая последовательное чередование природных комплексов и экосистем по мере увеличения высоты над уровнем моря. Она отражает взаимодействие климатических, почвенных, гидрологических и биологических факторов, создавая уникальную мозаичную структуру природных зон.

Низкогорья и предгорья

На самых низких высотах, как правило, в долинах и предгорных пространствах, преобладают полупустынные и сухие степные ландшафты. Эти территории характеризуются засушливым климатом, малым количеством осадков и значительными колебаниями температуры.

Растительность здесь представлена засухоустойчивыми травами, кустарниками и полукустарниками, адаптированными к дефициту влаги. В этих зонах ведётся активное сельское хозяйство — выращивание зерновых культур, бахчевых и овощных растений, а также скотоводство, в основном овцеводство и козоводство, что связано с природной пригодностью территории для пастбищного хозяйства.

Среднегорья

Среднегорные пояса Кыргызстана характеризуются лесными ландшафтами с преобладанием хвойных пород. В этой зоне доминируют тьяншанская ель, пихта и различные виды арчевников — уникальных лиственных хвойных деревьев, устойчивых к суровым климатическим условиям гор. Кроме того, встречаются широколиственные леса, включающие берёзу, осину и дуб. Лесные массивы здесь играют важную экологическую роль, способствуя сохранению почв, регулированию водного режима и поддержанию биоразнообразия. Среднегорья традиционно используются для сбора лекарственных растений, грибов и ягод, а также для охоты и туризма.

Высокогорья

Выше по склонам начинаются субальпийские и альпийские луга, которые служат важнейшими природными пастбищами в летний период. Здесь растут многочисленные злаковые и разнотравные сообщества, обладающие высокой кормовой ценностью. Высокогорные луга играют критическую роль в традиционном хозяйстве Кыргызстана, обеспечивая сезонное выпасное скотоводство, особенно овец и яков. Экологически эта зона отличается более прохладным и влажным климатом, с коротким вегетационным периодом и разнообразием эндемичных видов растений и животных.

Нивальный пояс

В самых высоких горных районах располагается нивальный пояс — зоны постоянных снежников, ледников и вечной мерзлоты. Эти территории практически лишены растительности, за исключением некоторых видов мхов, лишайников и холодостойких микроорганизмов. Нивальный пояс играет важнейшую роль в гидрологическом цикле региона, аккумулируя и постепенно отдавая влагу, которая питает горные реки и обеспечивает водоснабжение низменных территорий. Вечная мерзлота влияет на геоморфологические процессы и устойчивость ландшафта, что необходимо учитывать при освоении и инфраструктурном развитии.

Таким образом, вертикальная поясность Кыргызстана создаёт комплекс уникальных природных ландшафтов, каждый из которых имеет свою экологическую и хозяйственную значимость. Эта природная мозаика обеспечивает богатое биоразнообразие, формирует условия для традиционных и современных видов хозяйственной деятельности, а также представляет значительный научный и природоохранный интерес..

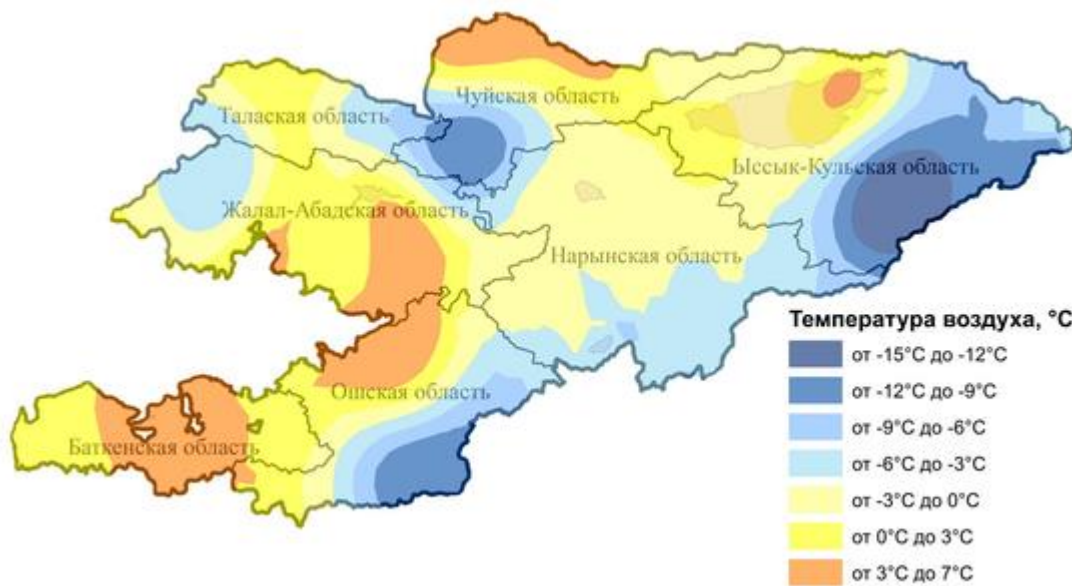


Рисунок 1.3 - Климатический режим Кыргызстана [10]

1.3 Вертикальная зональность климата и ландшафтов Кыргызстана

Горная система Кыргызстана формирует сложный и ярко выраженный рельеф, который оказывает непосредственное влияние на климатические условия, почвы, растительный мир и гидрологический режим региона. Одним из наиболее характерных и значимых природных феноменов является вертикальная поясность — закономерное и последовательное изменение природных условий по мере подъёма на высоту. С увеличением абсолютной высоты заметно меняются температурные режимы, количество и типы осадков, а также состав растительности и типы почв, что формирует уникальное природное разнообразие, характерное именно для горных территорий Кыргызстана.

В связи с этим территорию страны принято делить на три основные природно-климатические зоны, каждая из которых обладает своими характерными чертами и экологическими особенностями. Эти зоны отличаются не только климатическими параметрами, но и особенностями почвенного покрова, растительного сообщества и гидрологическими характеристиками, что существенно влияет на хозяйственное использование и экологическое состояние регионов..

Низкогорная зона (до 1500 метров над уровнем моря) занимает важное место в природно-климатическом комплексе Кыргызстана, являясь переходной территорией между равнинными районами и более высокими горными поясами. Она охватывает нижние склоны гор, предгорные участки, а также широкие долины и аллювиальные равнины, часто являющиеся центрами сельскохозяйственного освоения. Именно здесь климатические условия максимально приближены к континентальному типу с ярко выраженной сезонностью и значительными колебаниями температуры.

В летний период температура воздуха в низкогорьях достигает и часто превышает $+30^{\circ}\text{C}$, что создаёт жаркие и сухие условия. Зимы, напротив, проходят относительно мягко, с минимальным числом заморозков, что благоприятно сказывается на зимовке растений и состоянии почв. Среднегодовое количество осадков варьируется в пределах 100–300 мм, что обусловлено преобладанием сухих континентальных воздушных масс, а также высокой испаряемостью в тёплый период. Такое неравномерное

распределение влаги оказывает существенное влияние на формирование почв и растительности.

Характерные черты ландшафта низкогорной зоны:

Растительный покров представлен преимущественно ксерофитными растениями, хорошо адаптированными к недостатку влаги и высоким температурам. Здесь доминируют полынь, саксаул, солянки и другие засухоустойчивые кустарники и травы, формирующие полупустынные и степные сообщества.

Почвы представлены в основном серозёмами и бурозёмами сухого типа. Эти почвы характеризуются слабовыраженным гумусовым горизонтом, низкой биологической активностью и небольшой способностью удерживать влагу, что связано с общим дефицитом осадков и жарким климатом.

Аграрное использование территории является интенсивным в условиях доступности воды для орошения. Аллювиальные равнины и предгорья активно задействуются под сельскохозяйственные культуры, такие как хлопчатник, зерновые, бахчевые и овощные растения. Эти земли представляют собой основу сельскохозяйственного производства в низкогорных районах страны.

В целом, низкогорная зона Кыргызстана — это своеобразный экологический пояс, сочетающий засушливый климат с ограниченными, но жизненно важными ресурсами воды и почв, что обуславливает специфику как природных сообществ, так и хозяйственной деятельности населения.

Среднегорная зона (от 1500 до 3000 метров над уровнем моря) занимает значительную часть территории Кыргызстана и служит важным экологическим переходным поясом между жаркими и сухими низкогорьями и суровыми высокогорными районами. Эта зона охватывает горные склоны и хребты, где климат становится более мягким и влажным, что создаёт благоприятные условия для разнообразных природных комплексов и человеческой деятельности.

В летний период температура воздуха в среднегорье обычно колеблется в пределах +15...+20 °С, обеспечивая умеренно тёплую погоду, подходящую для роста разнообразной растительности. Зимы в этой зоне холодные и снежные, с частыми сильными морозами, когда температура может опускаться значительно ниже нуля. Годовое количество осадков достигает от 400 до 700 мм, причем значительная часть их выпадает в зимне-

весенний период преимущественно в виде снега. Эти климатические особенности способствуют формированию устойчивых снежных покровов и ледников в верхних частях зоны, играющих важную роль в водном балансе региона.

Такие климатические условия способствуют активному развитию почвенного покрова. В среднегорье формируются разнообразные почвенные типы — от бурых лесных почв до дерново-подзолистых и аллювиальных почв, которые обеспечивают плодородие и благоприятны для лесного и сельскохозяйственного хозяйства.

Растительный покров среднегорной зоны отличается значительным разнообразием и включает чередование лесных, луговых и степных экосистем. На склонах широко распространены хвойные и смешанные леса с доминированием тяньшанской ели, кедра и различных лиственных пород. В долинах и на пониженных участках встречаются луговые травы и степные растения, создавая мозаичный природный ландшафт, который служит важной средой обитания для многочисленных видов животных и птиц.

Среднегорная зона играет ключевую роль в жизни Кыргызстана, поскольку здесь развиваются традиционные формы хозяйственной деятельности — земледелие, скотоводство и лесное хозяйство. Луга и пастбища этой зоны особенно ценны для сезонного выпаса крупного и мелкого рогатого скота, а леса обеспечивают древесину и другие природные ресурсы. Благодаря своей экологической и хозяйственной значимости среднегорная зона является одной из главных составляющих природного потенциала страны.

Высокогорная зона (от 3000 метров и выше)

Высокогорная зона охватывает верхние части горных массивов и характеризуется суровыми климатическими условиями: коротким, прохладным летом со средней температурой около $+5...+10^{\circ}\text{C}$ и продолжительной холодной зимой с температурами, нередко опускающимися ниже -30°C . В этой зоне наблюдается высокая влажность, вызванная частыми осадками, в том числе снегом и градом, а также сильные ветры.

Почвы и растительность:

Высокогорья покрыты субальпийскими и альпийскими лугами, где растут устойчивые к холоду злаковые и разнотравные сообщества,

обеспечивающие кормовую базу для скота в летний период. Почвы представлены дерново-подзолистыми и горно-луговыми типами, обладающими хорошей структурой и способными сохранять влагу. Выше по склонам встречаются каменистые и скальные участки с минимальным растительным покровом.

Экологическая и хозяйственная значимость:

Эта зона играет важнейшую роль в формировании водного режима страны, так как здесь находятся крупные ледники и снежники, питающие главные реки Кыргызстана. Высокогорья также служат традиционными летними пастбищами (джайлоо) для овец, коров и яков, что является важной составляющей кочевого и полукочевого скотоводства. Кроме того, зона привлекает туристов и альпинистов, а также имеет важное значение для сохранения редких и эндемичных видов флоры и фауны.

Таким образом, вертикальная поясность Кыргызстана формирует сложную систему природных ландшафтов с разнообразными климатическими, почвенными и биологическими условиями, что отражается на традиционных и современных способах хозяйственной деятельности и способствует высокому уровню природного разнообразия в стране.

Большая часть рассматриваемой территории занята горными степями и лугостепными растительными сообществами, в которых доминируют злаковые и разнотравные виды.

Значительную роль в экосистемах играют хвойные и смешанные леса. Наиболее распространёнными являются еловые леса, состоящие преимущественно из тяньшанской ели. Кроме того, встречаются пихтово-берёзовые и осиново-еловые лесные сообщества, характерные для более влажных и тенистых участков.

Почвенный покров в этой зоне более разнообразен и развит по сравнению с низкогорьем. Здесь преобладают бурозёмы, а также серые лесные почвы, отличающиеся хорошей структурой, высоким содержанием органического вещества и способностью удерживать влагу.

Процессы почвообразования в среднегорной зоне протекают активно, что способствует высокому уровню биоразнообразия и эффективному функционированию экосистем. Среднегорье играет ключевую роль в гидрологическом цикле региона, так как здесь за счёт обильных осадков и таяния снега формируются истоки многих рек и подпитываются подземные

воды. Благодаря этому зона становится важным элементом в поддержании водного баланса как местного, так и межрегионального масштаба.

Высокогорная зона охватывает наиболее возвышенные участки горных систем Кыргызстана, включая вершины, ледниковые поля и альпийские плато. Её климатические условия характеризуются значительными перепадами температуры, пониженным атмосферным давлением и экстремальными погодными явлениями.

Лето в этой зоне короткое и прохладное, со средними температурами около $+5^{\circ}\text{C}$, в то время как зима длится большую часть года и сопровождается постоянным снежным покровом. На высотах выше 3500 метров снег способен сохраняться круглогодично, а значительная площадь занята ледниками, которые служат природным резервуаром влаги и основным источником подпитки рек и озёр в тёплый период.

Природно-географические характеристики

В растительном покрове доминируют холодостойкие низкорослые растения, способные адаптироваться к суровым климатическим условиям: альпийские и субальпийские луга постепенно сменяются горной тундрой, представленными мхами и лишайниками.

Растительность в этой зоне характеризуется значительной разреженностью, однако отличается высокой экологической устойчивостью, особенно учитывая короткий вегетационный период и низкие температуры.

Почвенный слой преимущественно состоит из дерново-подзолистых и каменистых почв, которые часто остаются недоразвитыми. Биологическая активность в этих почвах минимальна, а процессы почвообразования проходят очень медленно.

На северных склонах и в тенистых местах встречаются вечномерзлые участки, что дополнительно усложняет условия для развития биологических форм жизни.

Данная природная зона играет важную роль в поддержании климатического и гидрологического баланса региона. Ледники, расположенные здесь, чувствительно реагируют на глобальные изменения климата. Их таяние усиливает сезонный сток рек, однако в долгосрочной перспективе уменьшение ледникового покрова представляет серьёзные угрозы для водоснабжения, сельского хозяйства и устойчивости экосистем.

Климатообразующие факторы и влияние горного рельефа

Горный рельеф Кыргызстана играет ключевую роль в формировании климатических условий на разных высотных уровнях. Главные горные системы страны — Тянь-Шань и Памиро-Алай — выступают в качестве естественных барьеров, которые разделяют воздушные массы, способствуют накоплению осадков и формируют разнообразные орографические микроклиматы.

Основные механизмы, влияющие на климат:

Ориентация склонов: южные склоны получают больше солнечной энергии, что приводит к быстрому прогреванию и ускоренному таянию снега в весенний период. Северные склоны, наоборот, сохраняют повышенную влажность и длительный снежный покров.

Глубина долин и высота горных хребтов создают значительные температурные и влажностные различия даже между близко расположенными участками.

Орографические осадки возникают из-за подъёма влажных воздушных потоков, которые при встрече с горами конденсируются и выпадают в виде осадков, особенно заметных в предгорных и среднегорных зонах.

В зимний период существенное влияние оказывают континентальные воздушные массы, приносящие резкое похолодание и устойчивые антициклоны. В предгорьях часто наблюдаются сухие ветры, такие как самум, которые усиливают испарение и способствуют засушливости климата.

Таким образом, горный рельеф формирует сложную климатическую мозаичную структуру, при которой в пределах одного региона могут существовать разнообразные микроклиматические зоны с различающимися температурными и влажностными режимами.

Климатические условия выступают одним из важнейших факторов, определяющих развитие и динамику природных процессов на территории Кыргызстана. Разнообразие температурных показателей, неоднородность распределения осадков и высотная зональность создают уникальные условия, при которых одни природные процессы активизируются, а другие замедляются или ослабевают.

В засушливых районах, расположенных преимущественно в низкогорных и межгорных котловинных зонах, наблюдается низкий уровень

годового количества осадков, повышенная солнечная радиация и интенсивное испарение. Эти факторы способствуют:

Усилению процессов опустынивания;

Ухудшению состояния почв из-за снижения органического вещества и разрушения их структуры;

Сокращению растительного покрова, что ведёт к снижению биоразнообразия и ухудшению качества пастбищ.

В высокогорных зонах доминируют процессы, связанные с холодным климатом и деятельностью снежно-ледниковых комплексов. Глобальное потепление здесь оказывает особенно выраженное воздействие, проявляющееся в:

Сокращении ледниковых масс, что приводит к уменьшению объёмов сезонного речного стока, особенно в летний период;

Изменениях в режиме питания рек, что вызывает дефицит воды в засушливые месяцы, когда реки раньше подпитывались за счёт таяния ледников;

Нарушении стабильности экосистем, вызванном изменениями влажности, температуры и состава растительности вследствие отступления ледников.

Таким образом, климат является не просто фоновым фактором, а активным элементом, трансформирующим ландшафты, биогеоценозы и гидрологический режим. Его значение особенно возрастает в условиях ускоряющихся глобальных климатических изменений.

2. Типы синоптических процессов

2.1 Южно-Каспийские циклоны и их значение в климатической системе Средней Азии

Южно-Каспийский циклон является одним из ключевых типов атмосферной циркуляции, оказывающих заметное влияние на формирование и изменение погодных условий в странах Средней Азии, включая Кыргызстан. Этот циклон представляет собой обширную область пониженного атмосферного давления, которая формируется

преимущественно в районе южной части Каспийского моря или несколько восточнее — на территориях северного Ирана и южного Туркменистана. Его появление связано с динамическими процессами в атмосфере, где происходит столкновение и смешение теплых и холодных воздушных масс в условиях неустойчивого термобарического поля.

Формирование южно-каспийского циклона происходит вследствие сложных взаимодействий воздушных потоков, что способствует развитию активных фронтальных систем и образованию зон сильной конвекции. Траектория движения циклона в большинстве случаев направлена с юго-запада на северо-восток, проходя через разнообразные ландшафтные условия — от гористых и равнинных территорий Кавказа и Ирана до районов Армении и далее на территорию Центральной Азии. Это обуславливает значительное влияние данного атмосферного явления на широкий спектр климатических процессов в регионе.

Характеристики южно-каспийского циклона включают:

Средняя продолжительность жизни колеблется от 24 до 48 часов, однако в зимний период циклоны могут сохраняться и активничать в течение 4–5 суток, что оказывает более продолжительное воздействие на погодные условия.

На синоптических картах циклон проявляется в виде одной или двух замкнутых изобар с относительно компактным радиусом действия, что позволяет выделить его как отдельный метеорологический объект.

В тёплой части циклона наблюдается приток воздуха из тропических широт, что часто приводит к кратковременным оттепелям в зимний сезон и резким потеплениям в начале весны, способствуя динамичным изменениям температурного режима.

Сезонность и частота возникновения южно-каспийских циклонов имеют выраженную динамику:

Максимальная активность этих атмосферных образований приходится на холодный сезон — с октября по май, что связано с усилением барических градиентов и сезонной перестройкой атмосферной циркуляции.

Особенно высока вероятность их появления в период с ноября по апрель, когда зафиксировано порядка 84% от общего числа циклонов.

В среднем ежегодно в регионе возникает от 5 до 30 циклонов данного типа, однако количество может варьироваться в зависимости от крупных циркуляционных процессов и условий на поверхности.

Последствия прохождения южно-каспийского циклона для региона включают:

В зимний период циклон способен вызывать кратковременные оттепели, которые значительно нарушают устойчивость снежного покрова, особенно в предгорных зонах. Это приводит к частичному таянию снега и изменению гидрологического режима.

Весной происходит ускоренное таяние снега, что зачастую приводит к наводнениям, селевым потокам и другим опасным природным явлениям, угрожающим безопасности населения и инфраструктуре.

В районах с пересечённым рельефом возможна локализация интенсивных ливневых осадков, особенно при взаимодействии циклона с орографическими особенностями, что способствует возникновению эрозии почв и нарушению экосистем.

В целом, несмотря на относительно короткий срок существования, южно-каспийские циклоны оказывают значительное влияние на климатическую систему Средней Азии. Они являются важным элементом климатической изменчивости, определяющим распределение осадков, температурные колебания и динамику водных ресурсов региона. В связи с изменением глобального климата постоянный мониторинг и анализ данных об этих циклональных образованиях приобретают особое значение для прогнозирования погодных условий и разработки мер адаптации в сельском хозяйстве, управлении водными ресурсами и защите от природных катастроф.

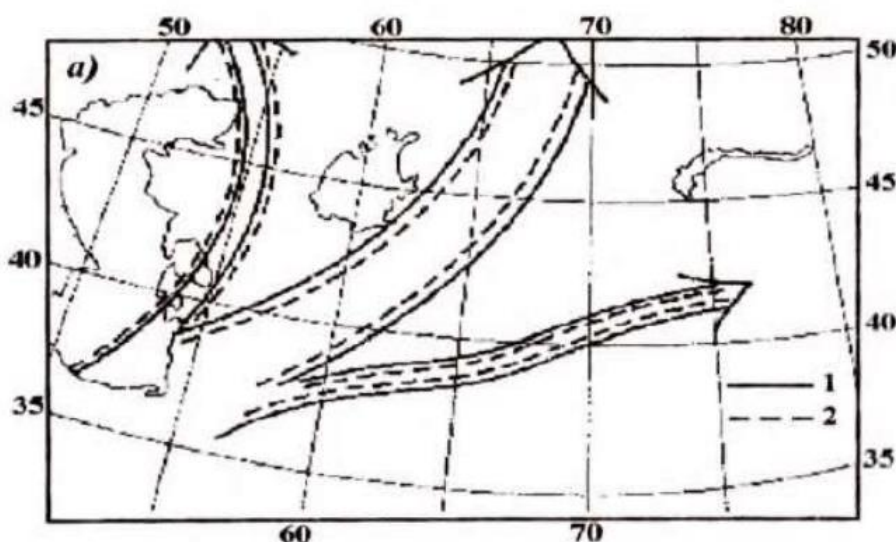


Рисунок 2.2 – Траектория смещения южно-каспийских циклонов
(1 – холодный период года, 2 – теплый период года)

Во время активного формирования циклонических систем в южных районах Туркменистана наблюдается заметное усиление фёнового ветрового режима в горных регионах Кыргызстана. Особенно ярко этот эффект проявляется в таких горных областях, как долины Тянь-Шаня, Памир-Алая и Западного Алая. Наиболее интенсивное воздействие отмечается в узких и глубоко врезанных ущельях, к числу которых относятся Чаткальское ущелье и горловина Ферганской долины. В этих местах фиксируются максимально сильные порывы фёновых ветров, скорость которых зачастую значительно превышает показатели ветров в равнинных территориях республики.

Данный феномен возникает вследствие сложной орографической структуры региона и влияния барического градиента, при котором воздушные массы, опускаясь с горных вершин, ускоряются и проходят через процесс адиабатического нагрева. При этом происходит интенсивное испарение влаги из воздуха, что приводит к его заметному высушиванию. В результате таких процессов наблюдается не только повышение температуры воздуха, но и резкое снижение относительной влажности. В некоторых случаях локальный рост температуры может достигать и превышать 10 °С всего за несколько часов, что оказывает существенное воздействие на местный микроклимат и природные условия.

Усиление фёнового ветра связано с динамическими процессами атмосферной циркуляции, которые формируют барические поля в регионе. Эти ветры способствуют быстрому таянию снега и увеличению испарения влаги с поверхности почв и растительности, что в свою очередь может приводить к усилению засушливости и повышению риска возникновения природных пожаров. Влияние фёновых ветров оказывает значимое воздействие и на социально-экономическую сферу, влияя на условия сельского хозяйства, транспорт и безопасность населения.

Влияние рельефа на атмосферные процессы

Горный рельеф Кыргызстана оказывает существенное влияние на поведение воздушных масс и формирование локальных метеорологических явлений. Узкие ущелья и каньоны способствуют форсированному движению воздуха, образуя аэродинамические «трубки», в которых скорость ветра может увеличиваться экспоненциально. Такие условия особенно характерны для глубоковрезанных долин и ущелий, где ограниченное пространство вынуждает потоки воздуха концентрироваться и ускоряться.

В горных долинах формируются локальные области пониженного давления, которые стимулируют возникновение нисходящих потоков воздуха, усиливая динамику циркуляции. Сложное переплетение хребтов, долин и речных разломов создаёт резкие перепады давления на относительно малых расстояниях, что способствует развитию турбулентности и образованию локальных вихревых структур. Эти особенности рельефа значительно влияют на распределение температурных и влажностных режимов, а также на распространение аэрозолей и пыли.

Пыльные бури и аэрозольные процессы в пустынных районах Центральной Азии

В пустынных регионах Центральной Азии, таких как Каракумы и Кызылкумы, преобладающие восточные ветры в условиях неустойчивой синоптической обстановки часто провоцируют возникновение масштабных пыльных бурь. Особую активность эти явления проявляют при резкой смене воздушных масс и прохождении атмосферных фронтов.

Прохождение холодных фронтов зачастую сопровождается изменением направления ветра на западное и резким увеличением скорости воздушных потоков. Под воздействием сильного ветра из поверхности поднимается огромное количество твёрдых минеральных частиц, что формирует густую

пылевую взвесь в нижних слоях атмосферы. В условиях высокой концентрации пыли значительно снижается горизонтальная видимость, которая может уменьшаться до нескольких сотен метров и даже менее, что затрудняет транспортное сообщение и повышает аварийность на дорогах.

Кроме того, высокая концентрация аэрозольных загрязнителей негативно влияет на здоровье населения, вызывая обострение респираторных заболеваний. Пыльные бури играют важную роль в трансграничном переносе загрязнений, распространяя частицы на сотни и тысячи километров. Они также воздействуют на радиационный баланс атмосферы, изменяя процессы поглощения и отражения солнечной радиации, что в свою очередь сказывается на региональных температурных режимах и теплообмене.

2.2 Мургабский циклон: особенности и динамика развития

Мургабский циклон — это характерная для Центральной Азии область пониженного атмосферного давления, формирующаяся над южными районами Туркменистана, преимущественно в долинах рек Мургаб и Теджен. Его возникновение связано с проникновением тропических воздушных масс с территории Ирана и их взаимодействием с локальной орографией — в частности, с Туркмено-Хорасанскими горами и горной системой Парапамиза.

На начальной стадии развития мургабский циклон сохраняет относительно устойчивое барическое строение в пределах южного Туркменистана, где он может оставаться почти стационарным в течение 24–36 часов. По мере углубления и усиления барического контраста циклон начинает смещаться в северо-восточном направлении, двигаясь в сторону горных районов Средней Азии.

В процессе продвижения система активно вовлекает влажные и тёплые воздушные массы, что усиливает её способность вызывать обильные осадки и резкие температурные колебания. При достижении предгорных зон циклон часто окклюдируется — то есть фронтальные системы сливаются, что приводит к завершению активной фазы развития циклона.

Нетипичная циркуляция и феномен сегментации мургабского циклона

Отличительной чертой мургабского циклона является его потенциально многослойная структура, которая формируется при

специфической конфигурации фронтальной зоны и сложном орографическом фоне региона. Особенно выражено это явление в периоды, когда фронтальное разделение проходит вдоль хребтов Парапамиза. В таких условиях наблюдается разветвлённая циркуляционная схема с возможной сегментацией циклона на несколько отдельных ячеек, что усложняет прогнозирование его поведения и последствия.

Сегментация циклона приводит к формированию множества локальных очагов осадков и изменению распределения ветровых полей, что дополнительно влияет на гидрометеорологическую обстановку в прилегающих районах. Это делает мургабский циклон объектом пристального внимания метеорологов и гидрологов, так как его динамика напрямую связана с обеспечением водных ресурсов и предотвращением экстремальных природных явлений в регионе.

Типичный сценарий сегментации мургабского циклона

Мургабский циклон зачастую проявляет сложное поведение, в ходе которого его структура может разделяться на несколько автономных центров — процесс, известный как сегментация. В типичном сценарии выделяются два основных центра циклона:

Южный центр, остающийся преимущественно в пределах территории Туркменистана, сохраняет устойчивую динамику и продолжает движение в восточном направлении. Этот центр играет ключевую роль в поддержании поступления тёплых воздушных масс, формируя при этом влажную атмосферную среду, благоприятную для развития обильных осадков и повышения общей атмосферной влажности в регионе.

Северный центр возникает над равнинными территориями Средней Азии, часто становясь самостоятельным вихрем с отдельной траекторией, преимущественно направленной на северо-восток. Этот центр обладает собственной системой фронтальных разделов и осадков, что значительно усложняет динамику и синоптическую ситуацию в регионе.

Такое разделение связано не только с особенностями горно-равнинного рельефа, но и обусловлено термобарическим строением тропосферы. В частности, в атмосфере наблюдаются резкие вертикальные перепады температуры и выраженные температурные инверсии, которые способны «разрывать» единый барический минимум на несколько отдельных ячеек, каждая из которых развивается и эволюционирует независимо.

Термодинамические характеристики мургабского циклона

Фронтальная зона мургабского циклона характеризуется ярко выраженными контрастами между тёплыми и холодными воздушными массами, что является важным фактором, определяющим интенсивность атмосферных явлений.

Тёплый сектор преимущественно формируется за счёт поступления тропического воздуха с юго-запада, с территории Ирана и Аравийского полуострова. Воздух в этом секторе отличается высокой температурой и сравнительно низкой влажностью, создавая условия для сильного нагрева нижних слоёв атмосферы.

Холодный фронт приносит воздушные массы умеренных широт, которые поступают с северо-западного направления. Эти массы более плотные, насыщенные влагой, способствуют формированию мощной облачности и активному развитию осадков.

Ключевые особенности данного взаимодействия заключаются в следующем:

Контраст температур между тёплым и холодным секторами может достигать 10–15 °С, что является мощным стимулом для развития конвективных процессов, включая грозы и ливни.

Значительные перепады давления и температуры способствуют формированию шквалистых ветров и локальных бурь, которые могут сопровождаться резкими изменениями погодных условий.

Активные вертикальные движения воздуха, вызванные данными контрастами, увеличивают общую атмосферную нестабильность, способствуя образованию фронтальных волн и локальных вихревых структур.

Благодаря этим динамическим и термодинамическим особенностям мургабский циклон не только вызывает продолжительные осадки, но и становится источником кратковременных, но интенсивных атмосферных возмущений, включая локальные бури и резкие скачки атмосферного давления, что оказывает значительное влияние на гидрометеорологическую обстановку региона.

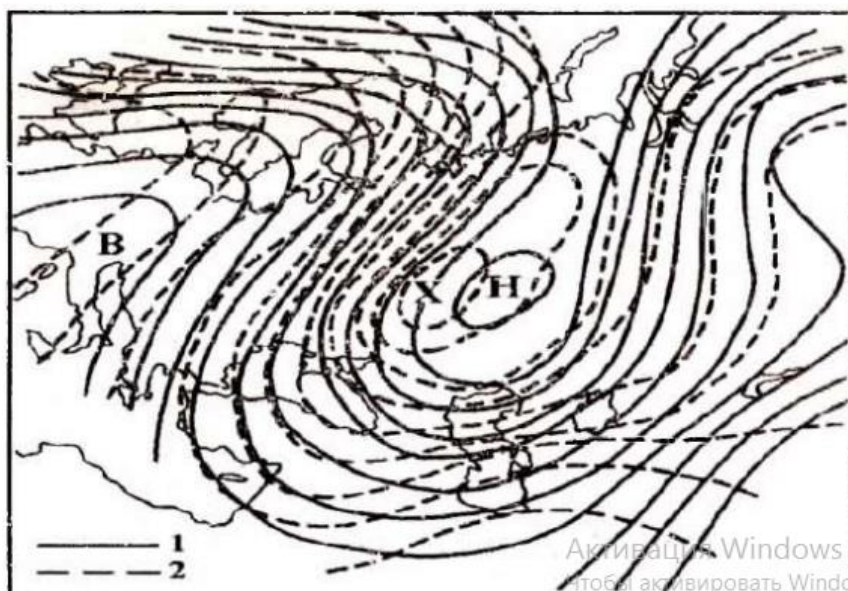


Рисунок 2.3 – Схема термобарического поля за 12 часов до выхода мургабского циклона на территорию Средней Азии

Особенности мургабских циклонов на территории Кыргызстана

Мургабские циклоны представляют собой один из ключевых типов атмосферных вихрей, регулярно возникающих над южной частью Туркменистана и оказывающих значительное влияние на метеорологические условия всей Центральной Азии, в том числе и на территорию Кыргызстана. Несмотря на то, что эти циклоны по масштабам существенно уступают крупномасштабным барическим депрессиям, они отличаются высокой интенсивностью и способностью провоцировать серьёзные погодные аномалии, особенно в переходные и холодные сезоны года — весной и осенью.

Их формирование и развитие происходит в условиях сложного горного рельефа, где взаимодействие воздушных масс с возвышенностями играет важнейшую роль. Рельеф создает барьерные эффекты, подъемы и зоны термических контрастов между высокогорными областями и прилегающими равнинами, что создает благоприятную среду для быстрого роста циклонов и активного формирования фронтальных зон.

Размерные характеристики и барометрические особенности

Мургабские циклоны характеризуются сравнительно небольшими размерами: диаметр центральной области пониженного давления обычно колеблется в пределах от 200 до 600 километров. Такие размеры позволяют

отнести эти вихри к региональным циклонным образованиям, оказывающим локальное, но заметное влияние на погоду.

В исключительных случаях при особенно благоприятных синоптических условиях диаметр циклона может увеличиваться до 800–1000 километров, однако такие случаи являются редкими и рассматриваются как аномалии.

Значения барометрического давления в центре циклона обычно находятся в диапазоне от 995 до 1010 гПа, что указывает на циклоны средней интенсивности. Однако наблюдения фиксировали ситуации, когда циклоны сохраняли активность при более высоком центральном давлении — вплоть до 1015–1020 гПа. Это может быть связано с несколькими факторами:

Циклон находится на начальной стадии формирования или же вступает в фазу затухания;

Влияние соседних антициклональных областей, которые ограничивают углубление циклона;

Недостаточная подпитка циклона влажными и тёплыми воздушными массами, что снижает его потенциал.

Динамика развития и энергетический потенциал

С точки зрения скорости развития и нарастания атмосферной неустойчивости мургабские циклоны зачастую превосходят по интенсивности свои южно-каспийские аналоги. Особенно заметна их способность к резкому углублению барического минимума — в ряде случаев фиксировалось падение давления на 2–3 гПа всего за 2–3 часа. Это свидетельствует о:

Высокой скорости формирования и углубления циклона;

Резком увеличении градиента давления, что приводит к усилению ветрового режима и порывистости ветра;

Активной генерации фронтальных процессов, включая выпадение осадков, усиление шквалов и развитие конвективных явлений.

Такое быстрое развитие требует повышенного внимания со стороны синоптиков и метеорологов, поскольку значительно увеличивает вероятность возникновения экстремальных погодных условий. Среди них — сильные ливни с возможными подтоплениями, метели в предгорных и горных районах, внезапные порывы ветра и селевые потоки, особенно в условиях интенсивного снеготаяния или ливневых осадков.

Таким образом, мургабские циклоны являются мощным и важным элементом климатической системы региона, влияющим на гидрометеорологическую ситуацию, сельское хозяйство и экологическую безопасность на территории Кыргызстана и соседних стран Центральной Азии.

Траектории перемещения мургабских циклонов и их типология

Мургабские циклоны в ходе своего развития и перемещения следуют относительно устойчивым, но при этом изменчивым траекториям, которые зависят от общей циркуляционной обстановки и взаимодействия с окружающими барическими структурами. Основной путь движения циклона проходит вдоль Пограничной волновой фронтальной зоны (ПВФЗ) и, как правило, ориентирован с юго-запада на северо-восток. Такая направленность соответствует преобладающим меридиональным потокам в средних широтах и отражает динамику перемещения воздушных масс над территорией Центральной Азии.

Типы траекторий

В зависимости от воздействия различных барических образований — антициклонов, ложбин давления и фронтальных волн — выделяются несколько типовых сценариев траекторий мургабских циклонов:

Нормальные траектории

Являются наиболее распространёнными и фиксируются примерно в 60–70% случаев. В этом варианте циклон формируется и развивается над южными районами Туркменистана, после чего продвигается в северо-восточном направлении, достигая межгорных долин и равнин Кыргызстана. На пути следования циклон оказывает существенное влияние на климатические условия таких областей, как Ферганская долина, Таласская и Чуйская области. Воздействие проявляется в увеличении влажности, формировании значительных осадков и активизации фронтальных процессов на горных склонах, что существенно влияет на водный режим и экологическую ситуацию региона.

Аномальные траектории

Такие пути формирования и перемещения циклона связаны с воздействием блокирующих антициклональных систем, расположенных преимущественно над Восточным Казахстаном или западной частью Китая.

В этом случае циклон отклоняется от своей основной оси и смещается в более северные или даже северо-западные направления. Подобные траектории наблюдаются в условиях усиления восточных или северных антициклонов, которые создают препятствия для обычного продвижения циклона. Аномальные пути движения нередко сопровождаются изменениями в распределении осадков, приводя к локальному снижению увлажнения в традиционно «мокрых» районах и увеличению осадков в новых, нестандартных зонах.

Широтные траектории

Этот тип траекторий характеризуется преимущественно западно-восточным перемещением циклона, что связано с устойчивой барической обстановкой, когда господствуют стационарные антициклоны, ослабляющие меридиональные потоки воздуха. Широтные траектории наблюдаются сравнительно редко — примерно в 10–15% случаев, преимущественно в осенний период, особенно в октябре. В этот период происходит стабилизация барической структуры атмосферы, что способствует более плавному, продольному движению воздушных масс вдоль изобар, без сильных отклонений на север или юг. Такие траектории обычно приводят к менее выраженным осадкам на горных склонах и изменению характера осадков в равнинных частях региона.

Сезонные особенности траекторий

Сезонность существенно влияет на вероятностное распределение типов траекторий мургабских циклонов:

Осень: наблюдается повышение частоты широтных траекторий, что связано с устойчивым антициклоном, блокирующим меридиональные потоки. В этот период циклоны, как правило, движутся в основном с запада на восток, что сказывается на изменении зон осадков и влажности.

Зима: доминируют нормальные траектории, когда циклоны проходят с юго-запада на северо-восток, обеспечивая поступление влаги и значительное осадкообразование, особенно в предгорных и горных районах.

Весна: увеличивается вероятность аномальных траекторий, что связано с нестабильностью барического поля и усилением фронтальных процессов. В этот период циклоны часто меняют направление движения, что приводит к разнообразию погодных явлений и усложняет прогнозирование.

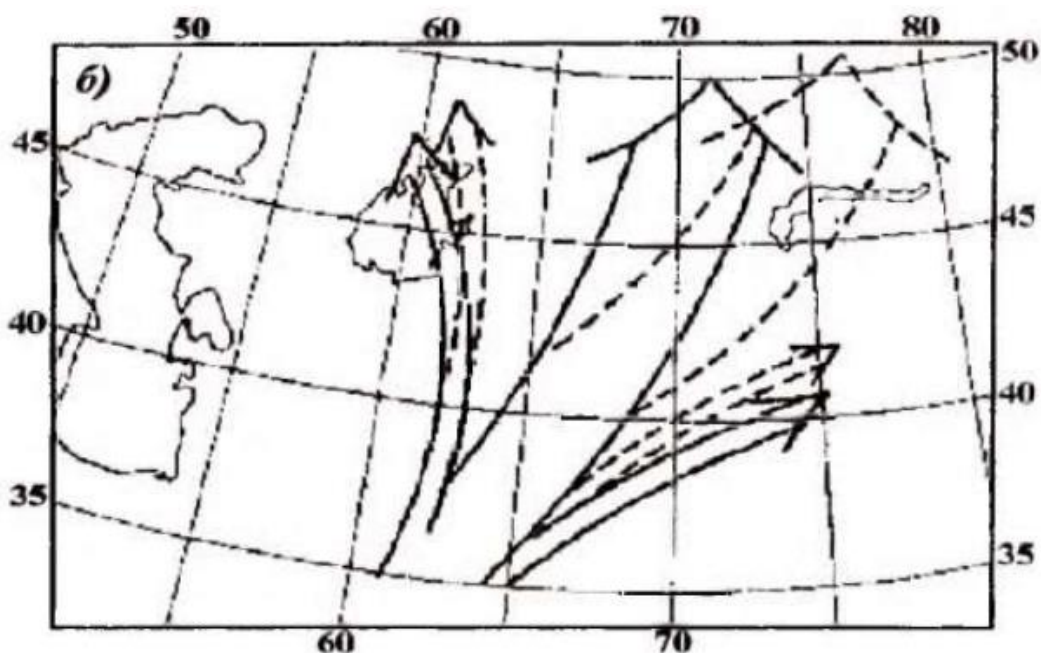


Рисунок 2.4 – Траектория смещения мургабских циклонов
(1 – холодный период года, 2 – теплый период года)

Особенности влияния мургабских циклонов на метеоусловия Кыргызстана

При продвижении мургабского циклона через территорию Кыргызстана формируется комплекс метеорологических условий, частично схожих с теми, что характерны для зоны влияния южно-каспийских циклонов. Однако эти атмосферные явления имеют ряд существенных отличий, обусловленных уникальными географическими и климатическими особенностями региона, а также сложным горным рельефом страны.

Одной из ключевых особенностей мургабских циклонов в Кыргызстане является относительно менее выраженное повышение температуры воздуха во время их активности. Средние температурные показатели на территории республики, особенно в горных и предгорных зонах, обычно остаются ниже по сравнению с соседними южными регионами Туркменистана и Таджикистана. Это обусловлено прежде всего значительным подъёмом рельефа и более холодной воздушной массой, которая предшествует циклональной активности и насыщает атмосферу прохладой, особенно в ночное время и на возвышенностях.

В начальной фазе формирования мургабского циклона на территории Кыргызстана доминирует холодный воздух, поступающий в регион задолго до интенсивного развития циклона. Вследствие этого температурные

показатели остаются пониженными, создавая своеобразный «холодный фон», особенно выраженный в горных районах, где ночные температуры могут существенно опускаться ниже средних значений.

Во время максимальной фазы активности мургабского циклона наблюдается резкое увлажнение атмосферы и выпадение обильных осадков. В зависимости от высоты и температуры воздуха осадки принимают форму дождя или снега, причём максимальная интенсивность проявляется именно в горных массивах. Часто фиксируются ливневые дожди и мокрый снег — явления, которые связаны с активным смешением тёплых и влажных тропических воздушных масс с холодными фронтальными системами. Это взаимодействие создаёт благоприятные условия для конвективной активности и значительных осадков за относительно короткий промежуток времени.

Сразу после прохождения холодного фронта наступает резкое понижение температуры воздуха, что особенно заметно в ночные часы и на значительных высотах. В этот период существенно усиливается ветер — он приобретает преимущественно северо-западное направление и сопровождается порывами, достигающими штормовых значений. Атмосферные условия усложняются плотной облачностью и частыми туманами, что особенно сказывается на видимости в горных предгорных зонах и узких долинах, создавая сложности для транспорта и сельскохозяйственных работ.

Отдельного внимания заслуживают грозовые явления, которые наиболее часто регистрируются в весенний период. Редкие, но интенсивные зимние грозы также связываются именно с прохождением мургабских циклонов. Формирование гроз обусловлено активным взаимодействием холодных фронтов с влажным тропическим воздухом, поступающим с юга. Это сочетание создает мощные вертикальные потоки и значительную атмосферную конвекцию, что нередко приводит к локальным бурям и шквалам.

Максимальное влияние мургабских циклонов ощущается в южных и восточных регионах Кыргызстана — особенно в Ошской и Джалал-Абадской областях, а также в высокогорных районах Нарына и Иссык-Куля. Здесь погодные аномалии, связанные с интенсивными осадками, сильными ветрами и резкими перепадами температур, могут приводить к сложностям в

транспортном сообщении, сельском хозяйстве и инфраструктуре, а также вызывать риски возникновения селевых потоков и наводнений..

2.3 Верхнеамударьинский циклон: общая характеристика и особенности синоптики

Верхнеамударьинский циклон представляет собой атмосферный вихрь с пониженным давлением, формирующийся преимущественно над гористыми районами Таджикистана и характеризующийся относительно медленным, но устойчивым перемещением в северном или северо-восточном направлении. Одной из ключевых особенностей данного циклона является его низкая пространственная чёткость и расплывчатость очертаний. Это объясняется сложностью горного рельефа региона и высокой динамичностью местных атмосферных процессов, что часто затрудняет точное выделение границ циклона на синоптических картах.

Механизм формирования верхнеамударьинского циклона связан с проникновением воздушных масс с южных регионов — через массив Гиндукуша с территорий Афганистана и западного Пакистана. При этом воздушные потоки «перекатываются» через высокогорные хребты, спускаясь в предгорья Средней Азии и создавая благоприятные условия для возникновения барических депрессий. Такие циклоны формируются сравнительно редко, поскольку их развитие требует специфических синоптических условий, в том числе сильного вторжения холодного воздуха с юга и активной динамики потоков в верхних слоях тропосферы.

Центр пониженного давления обычно локализуется в районе Верхнего Амударьи, откуда циклон постепенно распространяется на прилегающие территории, включая западные и южные регионы Кыргызстана. Важной особенностью является значительный приток влажного воздуха с юго-западного и южного направлений, что способствует повышению температуры и атмосферной влажности, а также активизирует процессы осадкообразования.

Влияние верхнеамударьинского циклона на климат западных и южных районов Кыргызстана проявляется в выпадении осадков в виде дождя на равнинах и снегопадов в горных массивах. Одновременно наблюдается

усиление ветровых потоков, преобладают направления юго-западного и западного ветра, при этом порывы ветра могут достигать значительной силы, создавая повышенную опасность для транспортной инфраструктуры и сельскохозяйственных культур. Ночные температуры зачастую понижаются, что связано с усиленной облачностью и влажностью, приводя к неустойчивости и переменчивости погодных условий.

В условиях гористого рельефа возрастает вероятность локальных ливней и гроз, особенно в предгорных и горных районах. Эти явления сопровождаются ухудшением видимости из-за густых туманов и сильных осадков, что значительно осложняет работу транспортных систем и повышает риски для безопасности населения.

Таким образом, верхнеамударьинский циклон — это важный региональный синоптический феномен, оказывающий заметное влияние на климатическую и метеорологическую обстановку западных и южных районов Кыргызстана. Его развитие и последствия требуют постоянного мониторинга для своевременного предупреждения чрезвычайных ситуаций, связанных с резкими изменениями погоды и возможными гидрометеорологическими рисками.

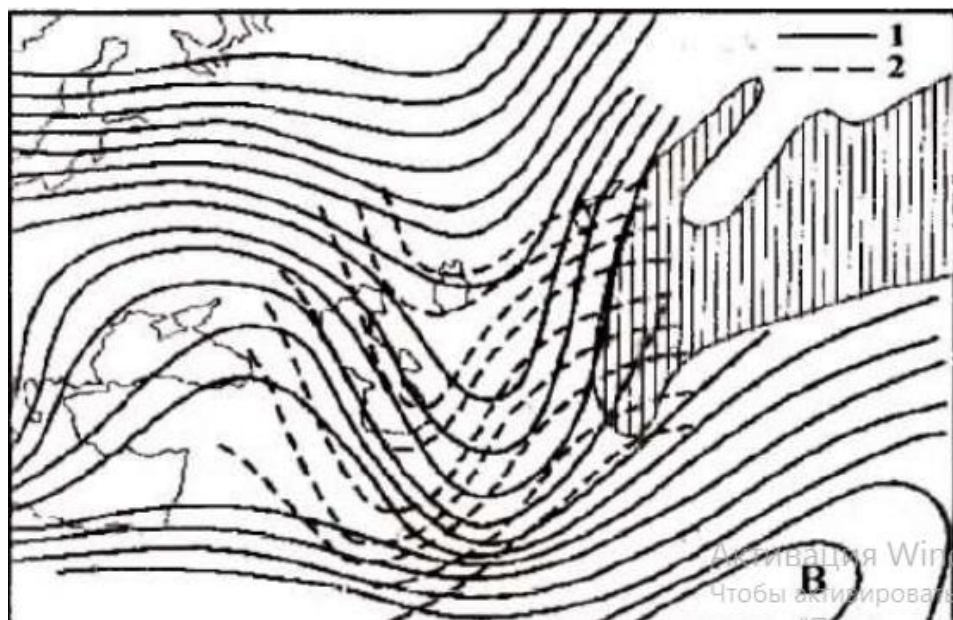


Рисунок 2.5 – Схема термобарического поля при выходе верхнеамударьинского циклона на территорию Средней Азии

Атмосферные условия перед и после прохождения Верхнеамударьинского циклона

Перед выходом Верхнеамударьинского циклона на территории региона часто формируются антициклональные области высокого давления, которые обладают выраженной сезонной изменчивостью и существенно влияют на характер погоды. В холодный период года доминирует юго-западная периферия антициклона, что наблюдается примерно в 31% случаев. Юго-западный антициклон способствует стабилизации атмосферы и снижению облачности, создавая относительно спокойные условия. В то же время, южная периферия антициклона встречается реже — около 13% случаев, а в ряде наблюдений (примерно 20%) формируется малоградиентное поле высокого давления с почти равномерным распределением атмосферного давления, что указывает на слабую динамику и отсутствие выраженного барического градиента.

Помимо этого, встречаются ситуации, связанные с влиянием мургабских циклонов и западных вторжений, которые составляют около 6–7% всех наблюдений и способны вызывать дополнительную динамику и усложнять синоптическую обстановку.

После прохождения Верхнеамударьинского циклона на территории Кыргызстана восстанавливается преимущественно юго-западная периферия антициклона (около 22% случаев), что сопровождается снижением общей активности атмосферных процессов. Однако важную роль в формировании последующей погоды играют холодные вторжения с запада и северо-запада, а также волновая деятельность, возникающая на холодном фронте. Эти процессы приводят к усилению осадков и ухудшению метеоусловий в примерно 15% случаев, особенно в горных и предгорных районах.

В тёплый сезон над регионом преобладают тёплые антициклоны с южной или юго-восточной периферией, создающие относительно стабильные и мягкие погодные условия до начала циклонической активности — такие сценарии фиксируются в до 80% случаев. В остальной части наблюдений (около 20%) перед прохождением Верхнеамударьинского циклона формируется малоподвижный циклон, что часто сопровождается переходами к северо-западным или западным вторжениям, а также возникновением слабовыраженных циклональных зон с малой интенсивностью.

Механизмы формирования и движение фронтальных систем Верхнеамударьинского циклона

На ранней стадии развития Верхнеамударьинского циклона формируется теплый верхний фронт, сопровождающийся облачностью среднего и верхнего ярусов. Этот фронт приносит первые осадки в южные районы Кыргызстана и западные области Тянь-Шаня, особенно вблизи таджикской границы. Основное ухудшение погоды связано с развитием холодного фронта, для которого характерны заметные изменения направления ветров на разных высотах: на уровнях 700–300 гПа преобладают юго-западные и южные ветры, а у поверхности фиксируются северо-восточные и северные ветра. Такой вертикальный сдвиг ветров свидетельствует о наличии фронтальной зоны с выраженной барической неоднородностью.

В горных и предгорных районах при прохождении холодного фронта осадки могут иметь продолжительный характер и значительную интенсивность, что усугубляется одновременным поступлением теплых и влажных воздушных масс с юга. В результате часто возникают ливни, мокрый снег и усиление ветров, создавая повышенную опасность схода селевых потоков и ухудшения транспортной доступности.

Особенности распределения и интенсивности осадков при прохождении Верхнеамударьинского циклона

Продолжительные и обширные осадки, сопровождающие Верхнеамударьинский циклон, тесно связаны с положением центра низкого давления, который обычно располагается над восточными районами Кыргызстана, включая Ферганскую долину и южные предгорья. Наиболее интенсивные осадки приходятся на фазу заполнения циклона у поверхности, когда сохраняется тёплый перенос воздушных масс с юга и юго-запада. Этот процесс усиливается за счет взаимодействия тёплого влажного воздуха с горным рельефом, что способствует образованию мощной конвекции и выпадению ливневых дождей и мокрого снега.

С окончанием активной фазы циклона и сменой направления воздушных потоков на западные и северо-западные происходит прекращение осадков на всех уровнях тропосферы, что связано с оттоком влажных масс и стабилизацией атмосферы.

Влияние температурных контрастов на активность Верхнеамударьинского циклона

Интенсивность и характер проявления Верхнеамударьинского циклона в значительной мере зависят от величины температурных градиентов над юго-восточными районами Кыргызстана и прилегающими регионами Средней Азии.

При слабых температурных контрастах, характерных для межсезонья — весны и осени, циклон формирует преимущественно облачность среднего и верхнего ярусов с минимальными осадками. В этот период атмосферные процессы протекают менее интенсивно, а погодные условия остаются относительно стабильными.

При прохождении холодных вторжений из умеренных широт происходит резкое усиление температурных градиентов, что ведёт к увеличению интенсивности осадков и более выраженным неблагоприятным метеоявлениям. Возникают сильные ливни, снегопады, шквалы ветра и грозы, которые существенно ухудшают погодные условия и могут вызывать экстремальные явления, особенно в горных и предгорных зонах.

2.4 Широкий вынос тёплых воздушных масс: синоптические характеристики

Общее описание

Широкий вынос тёплых воздушных масс — это синоптический процесс, при котором в южные регионы Европейской части России, Западного Казахстана и Средней Азии поступают тёплые воздушные потоки, направленные преимущественно с юго-запада и юга. Эти воздушные массы располагаются в нижних слоях тропосферы и могут иметь как тропическое, так и умеренное происхождение.

Сезонность и частотность

Данный процесс наблюдается преимущественно в холодный сезон — с осени по весну, на долю которого приходится около 84% всех случаев. Летом такие явления фиксируются крайне редко, особенно в период с июля по сентябрь.

Средняя частота возникновения составляет от 0,1 до 0,5 случаев в месяц, что эквивалентно примерно 2,5 случаям в год. Вероятность проявления широкого выноса тёплого воздуха в регионе не превышает 1,2% от общего числа погодных процессов, при этом зимой данный показатель достигает 1,8%, а летом снижается до 0,5%. Продолжительность типичных событий варьируется от 1,5 до 2 суток, с максимумом длительности в январе и июне. В октябре продолжительность составляет обычно около суток.

Синоптические условия и предшествующие состояния

Перед началом выноса тёплого воздуха над регионом часто наблюдается доминирование юго-западной периферии антициклона — до 50% в холодный период и до 16,7% в тёплый сезон. В холодное время года нередко фиксируются также малоградиентные поля высокого давления (примерно 16,7%). Частыми предшественниками явления являются западные и северо-западные вторжения, а также волновая деятельность, связанная с прохождением холодных фронтов.

Завершение процесса

Завершается процесс широкого выноса тёплых масс обычно западным вторжением — в 38,7% случаев зимой и 66,7% летом. Иногда финальной фазой выступает южное циклонное влияние, представленное преимущественно южно-каспийскими (25,8%) и мургабскими циклонами (9,7%). Летние проявления южно-каспийских циклонов значительно редуют, фиксируясь преимущественно в мае и октябре (до 8,3%).

В отдельных случаях процесс оканчивается переходом к малоградиентному полю низкого давления либо к периферии южного антициклона, что приводит к размытым, кратковременным и менее интенсивным вторжениям воздушных масс.

Ключевая особенность

Главным отличием данного типа выноса является отсутствие резких циклонных прорывов: тёплый воздух распространяется плавно, широко и постепенно, без интенсивного формирования выраженных циклонов и фронтальных систем.

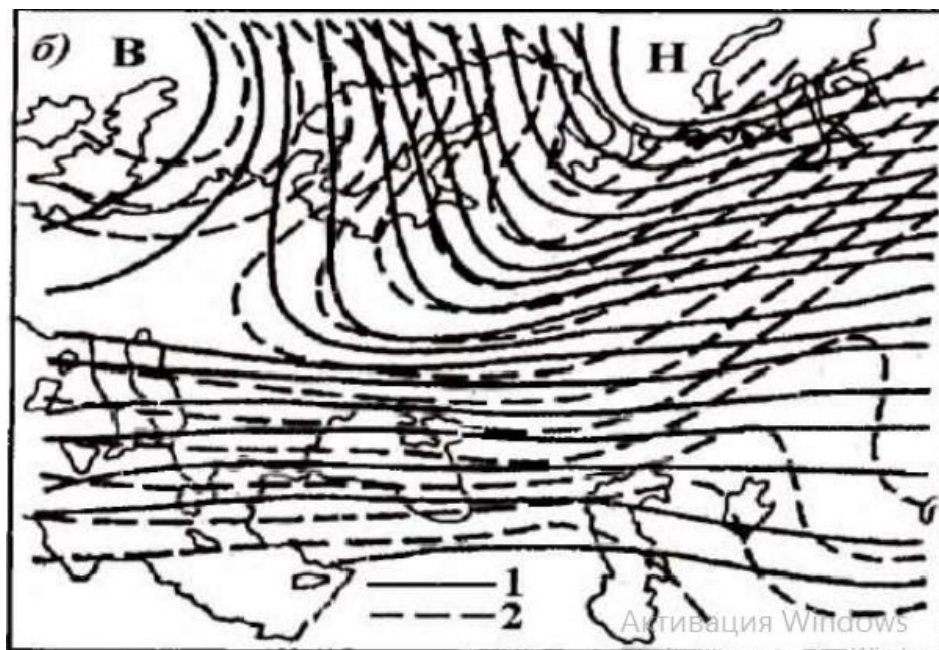


Рисунок 2.6 – Схема синоптического положения при широком выносе теплого воздуха над Средней Азией

Особенности широкого выноса тёплого воздуха в Кыргызстане Барическое поле и ветровой режим

В течение всего периода широкого выноса тёплого воздуха над территорией Кыргызстана формируется практически безградиентное (слабый горизонтальный градиент) барическое поле на поверхности. Давление постепенно, но незначительно снижается к завершению процесса. В таких условиях ветровой режим остаётся слабым и нестабильным.

Только в завершающей стадии, перед приходом холодного вторжения, наблюдается усиление восточных ветров в широтно ориентированных горных долинах. При этом возникает ветер, аналогичный бекободскому — местному горно-долинному ветру, характерному для данного региона.

Погодные условия

Погодные условия преимущественно ясные, с минимальной облачностью, проявляющейся преимущественно на начальном этапе в горных районах. Максимальная температура воздуха демонстрирует постепенный рост — порядка 2–3 °C в сутки.

Завершение процесса: приход холодного вторжения

Характеристика холодного вторжения

Процесс широкого выноса тёплого воздуха обычно завершается холодным вторжением воздушных масс западного или северо-западного происхождения. Частота таких холодных вторжений достигает около 54% в холодный период и около 64% в тёплый.

За сутки до прохождения холодного фронта в западных районах региона начинается усиление облачности, которая по мере приближения фронта становится сплошной.

Роль циклоногенеза

При благоприятных условиях для циклоногенеза в потоке верхнего тропического западного ветра (ПВФЗ) в районе Северного Кавказа может формироваться циклон, смещающийся на запад в сторону Средней Азии. Вероятность появления такого западного циклона, достигающего Кыргызстана в холодное время года, составляет около 8,1%.

В этих случаях холодное вторжение наступает после прохождения циклона, что сопровождается длительным сохранением тёплой погоды с последующим резким понижением температуры при новом западном или северо-западном вторжении.

Итог

Широкий вынос тёплого воздуха в Кыргызстане характеризуется:

Устойчивой, слабо ветреной погодой с практически безградиентным барическим полем,

Постепенным прогревом атмосферы и увеличением температуры на 2–3 °С в сутки,

Минимальной облачностью, ограниченной горными районами в начальной фазе,

Финальным резким охлаждением, обусловленным проникновением холодных воздушных масс западного или северо-западного происхождения,

Возможным влиянием западных циклонов, способствующих более длительной тёплой фазе и резким температурным скачкам.

2.5 Северо-западное холодное вторжение

Северо-западное холодное вторжение представляет собой метеорологическое явление, характеризующееся проникновением холодных

воздушных масс арктического или умеренного происхождения в регион Средней Азии. Эти воздушные массы движутся с северо-западного направления, проходя через юго-восточные районы европейской части России, территории Западного Казахстана и плато Устюрт. Процесс сопровождается продвижением холодного фронта, который вызывает резкое ухудшение погодных условий — значительное понижение температуры, усиление ветра и возможные осадки.

Данный тип атмосферных вторжений является одним из наиболее частых синоптических явлений на территории Средней Азии. Статистические данные показывают, что вероятность возникновения северо-западных вторжений в течение года составляет примерно 9% от общего числа всех синоптических событий региона. При этом сезонные колебания выражены достаточно явно: в холодный период года их частота немного ниже — около 7,4%, тогда как в теплое время года она возрастает до 10,7%. Среднегодовое количество таких явлений колеблется в диапазоне от 14 до 35 случаев, при этом в среднем фиксируется около 18-19 северо-западных вторжений ежегодно, из которых приблизительно 9 случаются в холодный сезон, а около 10 — в теплый (соответственно 47% и 53%).

Длительность северо-западных вторжений варьируется в широких пределах — от нескольких часов (6-12 часов) до нескольких суток (до 6 дней). Это зависит от силы и скорости перемещения фронтов, а также от взаимодействия с местными климатическими условиями.

Синоптические условия, сопровождающие северо-западные вторжения

В холодное время года такие вторжения часто возникают на фоне активности циклонических процессов, главным образом южных циклонов. В частности, наиболее заметными являются южно-каспийские циклоны, ответственные за 15,5% таких случаев, а также мургабские циклоны с долей около 13%. Значительную роль также играют западные вторжения, составляющие около 21%, а также периферия антициклона с юго-западной ориентацией (примерно 21%) и проявления волновой активности на холодном фронте (около 13,5%).

В теплый сезон ситуация несколько меняется: северо-западные вторжения в основном развиваются на фоне западных потоков (около 29%). Кроме того, в этот период увеличивается роль малоградиентных атмосферных полей как с повышенным, так и с пониженным давлением

(16,7% и 20,6% соответственно). Юго-западная периферия антициклона остается важным фактором, присутствуя примерно в 10% случаев.

Циклоническая активность особенно выражена в переходные месяцы — май и октябрь. Именно в это время наиболее вероятны выходы южных циклонов, влияющих на характер северо-западных вторжений. В летние месяцы такие циклоны практически не встречаются, что отражается на снижении интен

Погодно-климатические последствия северо-западных вторжений

После прохождения северо-западных холодных вторжений в холодный сезон в регионе нередко устанавливаются антициклональные условия, которые фиксируются примерно в 56% случаев. Чаще всего эти антициклоны проявляются с юго-западной периферией (35%) или южной (16%). Реже наблюдаются переходы к волновой активности на холодном фронте (около 14%) или смена на северные холодные вторжения (примерно 12%).

В теплый период структура атмосферных процессов после северо-западных вторжений остается схожей, с преобладанием антициклональных режимов (около 53%). Однако периферии антициклонов смещаются преимущественно в южном направлении (около 25%) и юго-западном (около 18%), реже — в юго-восточном (порядка 10%). Вероятность формирования малоградиентных полей высокого давления значительно возрастает — с 6% в холодный период до 15% в теплый сезон. В то же время снижается частота переходов к северным холодным вторжениям (до 2,7%) и проявлений волновой активности (до 6%).

Таким образом, северо-западные холодные вторжения играют важную роль в формировании погодных условий Средней Азии, оказывая значительное влияние на температуру, давление и общую атмосферную циркуляцию региона в разные времена года.

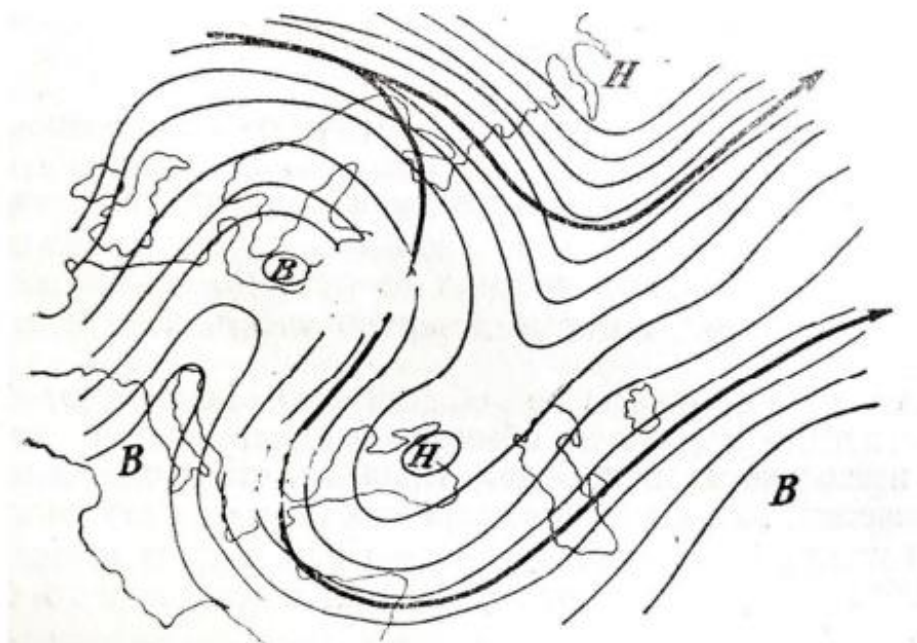


Рисунок 2.7 – Схема течений для северо-западных вторжений

Северо-западные холодные вторжения в Средней Азии: этапы развития и их особенности

Для описания северо-западных холодных вторжений, характерных для территории Средней Азии, можно выделить четыре основных этапа, каждый из которых обладает своими специфическими чертами и оказывает определённое влияние на погодные условия региона.

1. Подготовительный этап

Данный этап знаменует собой начало формирования условий для дальнейшего продвижения холодного фронта. В это время в верхних слоях атмосферы и на больших географических широтах наблюдается перестройка циркуляции воздушных масс — меридиональные потоки начинают менять своё направление. В северных районах Европы возникает арктический холодный фронт, который служит индикатором начальной фазы холодного вторжения. Погода в этот период остаётся относительно стабильной, резких изменений не наблюдается, однако уже происходит медленное перемещение холодных воздушных масс в южном направлении. Этот этап важен тем, что именно здесь закладываются основы для дальнейшего усиления и развития фронта.

2. Этап угрозы

Этот этап длится обычно от двух до трёх суток и сопровождается значительным ускорением движения воздушных потоков. Холодный фронт начинает интенсивно смещаться на юг, проходя через территорию восточной части Европы, западные области Казахстана и северные районы Каспийского моря. К моменту приближения к Средней Азии фронт занимает ориентировку с юго-запада на северо-восток, что определяет траекторию дальнейшего движения холодного воздуха. В этот период погодные условия начинают заметно ухудшаться, особенно в северных и западных частях региона, где появляются первые признаки наступления холодного вторжения: усиливается ветер, облачность становится более плотной, могут начаться осадки. Несмотря на некоторые колебания, общий характер погоды уже начинает меняться, что создаёт повышенную метеорологическую напряжённость.

3. Этап максимального развития

Это наиболее интенсивная и критическая фаза северо-западного вторжения, которая занимает около одного-двух суток. В этот период холодный фронт непосредственно проходит по территории Средней Азии, вызывая резкое и ощутимое ухудшение погодных условий. Температура воздуха резко падает, усиливается ветровое воздействие, увеличивается облачность, а осадки становятся более интенсивными и часто приобретают снежный характер, особенно в холодный сезон. Такое резкое ухудшение связано с мощным взаимодействием холодных арктических масс воздуха с тёплыми воздушными слоями региона, что провоцирует развитие фронтальных облаков и соответствующих осадков. Данный этап нередко сопровождается ухудшением видимости, усилением штормовых явлений и возникновением неблагоприятных условий для сельского хозяйства и транспортного сообщения.

4. Заключительный этап

Заключительная фаза северо-западного холодного вторжения наступает в момент, когда холодный фронт достигает восточных границ региона Средней Азии. В этот период начинается формирование антициклона — области повышенного атмосферного давления, способствующей стабилизации метеоусловий и постепенному улучшению погоды. На этом этапе наблюдается постепенное ослабление ветров, а температура воздуха начинает медленно повышаться, что свидетельствует о смягчении влияния

холодного фронта. Атмосфера переходит в новое синоптическое состояние, которое характеризуется относительной стабильностью и снижением метеопасностей.

Погодные особенности северо-западных холодных вторжений

Характерной чертой северо-западных холодных вторжений является резкое ухудшение погодных условий на территории Средней Азии. В первую очередь это проявляется в формировании плотной и обширной облачности, часто сопровождаемой осадками в виде дождя или снега. Возникает порывистый, шквалистый ветер, сопровождающийся значительным понижением температуры воздуха. Такие резкие изменения наиболее характерны для поздней осени, зимы и весеннего периода, когда атмосферные процессы становятся особенно динамичными и нестабильными.

Особенно быстрые и заметные перемены погоды наблюдаются, если накануне к региону подходил южный циклон. В таких случаях тёплая, ясная и сухая погода стремительно сменяется осенне-зимним климатическим режимом с интенсивными дождями и последующим переходом осадков в снег. В летние месяцы северо-западные вторжения теряют свою интенсивность, однако гористый рельеф Средней Азии — включая высокие горы, глубокие долины и обширные плато — оказывает существенное влияние на локальные метеоусловия, вызывая значительную вариативность в распределении облачности и осадков.

Приблизительно половина всех весенних и осенних заморозков в Средней Азии связана именно с резким похолоданием, вызванным северо-западными холодными вторжениями. Максимальное охлаждение наблюдается при установлении центра антициклона или его периферийных частей, особенно когда они располагаются в юго-западной зоне. В случаях отсутствия антициклональных ядер пик температурного снижения приходится на один-два дня после прохождения холодного фронта.

Для Кыргызстана характерно формирование устойчивого холодного, ветреного и облачного погодного режима с заметным снижением температуры и осадками, вызванными продвижением холодных воздушных масс с северо-запада. Такие вторжения оказывают значительное влияние на климат страны, особенно в горных районах.

2.6 Северное холодное вторжение: особенности и влияние на Кыргызстан

Северное холодное вторжение представляет собой атмосферное явление, при котором арктические или умеренные холодные воздушные массы проникают в регион Средней Азии с северного направления. Эти воздушные массы проходят через Уральские горы, территорию Западной Сибири и Казахстана, прежде чем достичь Кыргызстана и прилегающих регионов.

Для Кыргызстана характерны определённые особенности северных холодных вторжений, обусловленные сложным горным рельефом и географическим положением страны. Частота таких явлений составляет примерно 8–9 случаев в год, что сопоставимо с общими тенденциями по региону Средней Азии. При этом в холодный период года наблюдается порядка 2–3 северных вторжений, а в тёплый сезон — около 5–6 случаев. Доля холодного полугодия в данных процессах составляет приблизительно 27–30%, в то время как в тёплое время года — 70–73%.

Северные холодные вторжения, благодаря рельефу Кыргызстана, часто вызывают более выраженные локальные эффекты, включая резкое падение температуры, усиление ветров и активизацию осадков, что существенно влияет на сельское хозяйство и повседневную жизнь населения.

Особенности северных холодных вторжений в Кыргызстане

Горный рельеф Кыргызстана играет ключевую роль в формировании и развитии северных холодных вторжений. Высокие горы и сложные горные системы оказывают тормозящее воздействие на движение холодных воздушных масс, замедляя их продвижение и ослабляя интенсивность. Однако одновременно орографические особенности рельефа способствуют значительному усилению ветров и увеличению количества осадков в горных районах за счёт орографического подъёма и торможения воздушных потоков.

Процесс развития северных вторжений в Кыргызстане традиционно подразделяется на три стадии: этап угрозы, максимальная фаза и заключительный этап. Максимальная фаза отличается выраженным и заметным похолоданием, частыми и продолжительными заморозками, а также повышенной облачностью, которая особенно ярко проявляется в

горных областях страны. В этот период наблюдается наиболее сильное воздействие холодных арктических воздушных масс на местный климат.

Резкое снижение температуры воздуха в ходе северных вторжений чаще всего фиксируется в предгорных районах и низменных зонах. Это связано с особенностями местного рельефа и направлением воздушных потоков, которые в таких местах концентрируются и охлаждаются особенно интенсивно. Осадки при северных вторжениях преимущественно выпадают в виде снега и наиболее интенсивны в горных районах, где из-за подъёма воздуха происходит активное конденсирование влаги. На равнинных территориях осадки обычно менее значительны и могут иметь более смешанный характер.

Ветровой режим при северных вторжениях характеризуется усилением северных и северо-восточных ветров, которые особенно ощутимы на северо-западных равнинах и в предгорных зонах. В горных долинах и узких горных проходах наблюдается дополнительное усиление ветров за счёт локальных аэродинамических эффектов, что приводит к возникновению локальных шквалов и значительным колебаниям скорости ветра.

Частота и продолжительность северных холодных вторжений

По сравнению с северо-западными холодными вторжениями, северные вторжения в Кыргызстане встречаются реже. Средняя продолжительность таких явлений составляет от полутора до двух с половиной суток. Зимой вероятность их возникновения обычно ниже, что связано с циркуляционными особенностями региона, в то время как в летний период северные вторжения происходят несколько чаще.

Часто северные холодные вторжения связаны с прохождением циклонов, движущихся с запада и северо-запада. Одновременно с этим усиливается антициклональное давление, формирующееся с тыла циклонов, что способствует созданию устойчивых условий для проникновения холодных воздушных масс вглубь территории.

В целом, северные холодные вторжения вызывают значительное понижение температуры, усиление северных ветров и увеличение количества осадков, преимущественно в горных районах страны. Благодаря сложному горному рельефу, эти явления могут приводить к значительным локальным вариациям в погоде, особенно в зимне-весенний период. Однако по интенсивности и масштабам воздействия северные вторжения уступают

более частым и мощным северо-западным холодным вторжениям, которые оказывают более широкое влияние на климатические условия Средней Азии.

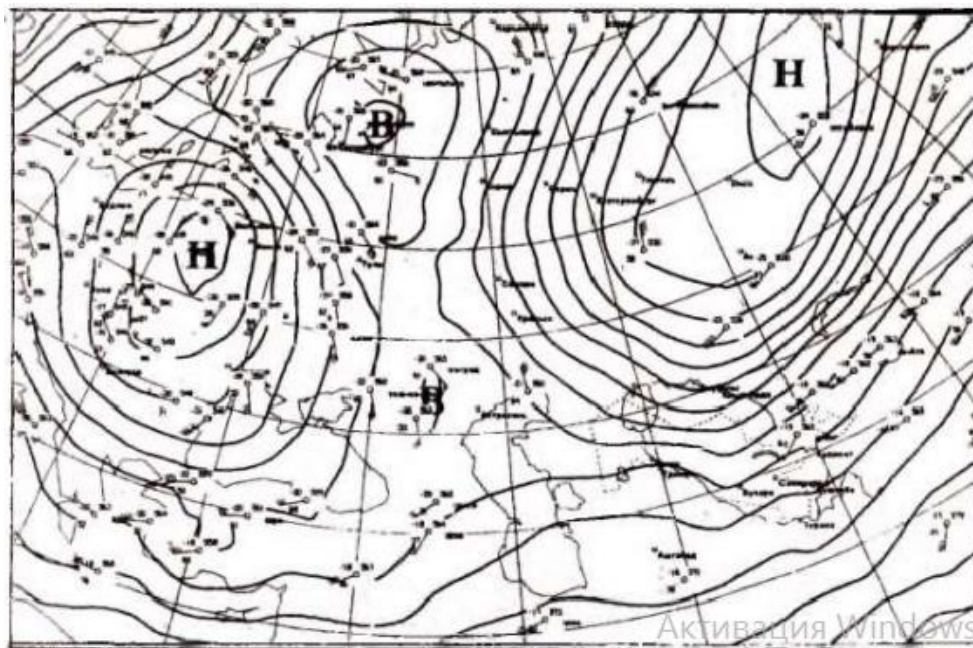


Рисунок 2.8 – Северное холодное вторжение

2.7 Волновая деятельность на холодном фронте

Волновая деятельность как синоптический процесс в предгорных районах Средней Азии

Волновая деятельность на квазистационарном холодном фронте в предгорных районах Средней Азии

Волновая деятельность представляет собой важный синоптический процесс, который развивается непосредственно на квазистационарном холодном фронте во время проникновения холодных воздушных масс в предгорья Средней Азии. В таких условиях на самом холодном фронте формируется серия циклонных волн — относительно небольших, но заметных атмосферных вихрей, которые движутся преимущественно в восточном направлении. В южных районах региона, начиная с территории Туркменистана, эти циклонные волны обычно смещаются на восток, тогда как в северо-восточной части Средней Азии их движение ориентировано в северо-восточном направлении.

Важно подчеркнуть, что данные циклонные волны обычно не достигают стадии окклюзии — то есть они не развиваются в полноценные зрелые циклоны с замкнутыми фронтами. Тем не менее, амплитуда таких волн постепенно возрастает, что заметно влияет на динамику атмосферных процессов и способствует усилению неустойчивости погодных условий.

Частота возникновения и влияние на погоду

Волновая деятельность в предгорных зонах Средней Азии проявляется сравнительно редко — в среднем регистрируется около 9,9 случаев ежегодно, что составляет примерно 4,7% от общего количества синоптических явлений региона. Несмотря на свою ограниченную частоту, этот процесс оказывает существенное воздействие на погодные условия, порождая длительные периоды облачности, неустойчивой погоды и осадков.

Продолжительность волновой активности варьируется в широких пределах — от 1–2 суток до 5–7 суток, в зависимости от интенсивности и скорости перемещения циклонных волн. В среднем, один цикл волновой деятельности длится около 1,6 суток. За этот период на территории Средней Азии наблюдаются частые осадки, усиление ветрового режима и изменчивая облачность, что усложняет метеоусловия и создает вызовы для населения и хозяйственной деятельности.

Взаимосвязь с другими синоптическими процессами

Волновая деятельность зачастую выступает как предвестник более масштабных холодных вторжений. Наиболее часто циклонные волны формируются перед западными холодными вторжениями — их доля составляет около 24,8% в холодный период и 18,6% в тёплый сезон. Также северо-западные вторжения сопровождаются волновой активностью в 17% случаев зимой и в 27,1% — летом.

В некоторых случаях волновая деятельность связана с перифериями антициклона, расположенными на юге или юго-западе региона. Антициклональные условия, которые возникают обычно после прохождения холодных вторжений, способствуют формированию малоградиентных полей давления, благоприятных для появления циклонных волн на холодных фронтах. Такая смена атмосферных структур значительно влияет на дальнейшую динамику погоды.

Механизм возникновения и развитие циклонных волн

Образование циклонных волн на холодном фронте в юго-восточной части Средней Азии происходит спустя 12–24 часа после начала вторжения холодного арктического воздуха. Этот процесс обусловлен взаимодействием холодных воздушных масс с более тёплыми потоками воздуха, что создает условия для возникновения вихревых движений и неустойчивости в атмосфере.

В холодное время года волновая деятельность обычно завершается переходом к антициклональной ситуации, чаще всего связанной с перифериями антициклона, располагающимися в юго-западной или южной части региона. Кроме того, возможен переход к новым циклам холодных вторжений — как северо-западных, так и западных, либо выход крупных циклонов, таких как Мургабский или Южно-Каспийский. Иногда волновая активность заканчивается формированием малоградиентного поля высокого давления, что ведёт к стабилизации и улучшению погодных условий.

Таким образом, волновая деятельность, несмотря на свою относительную редкость, играет важную роль в формировании и изменении погодных условий в предгорных районах Средней Азии. Она оказывает значительное влияние на характер осадков, ветровой режим и температурный фон, формируя сложную и переменчивую синоптическую обстановку.

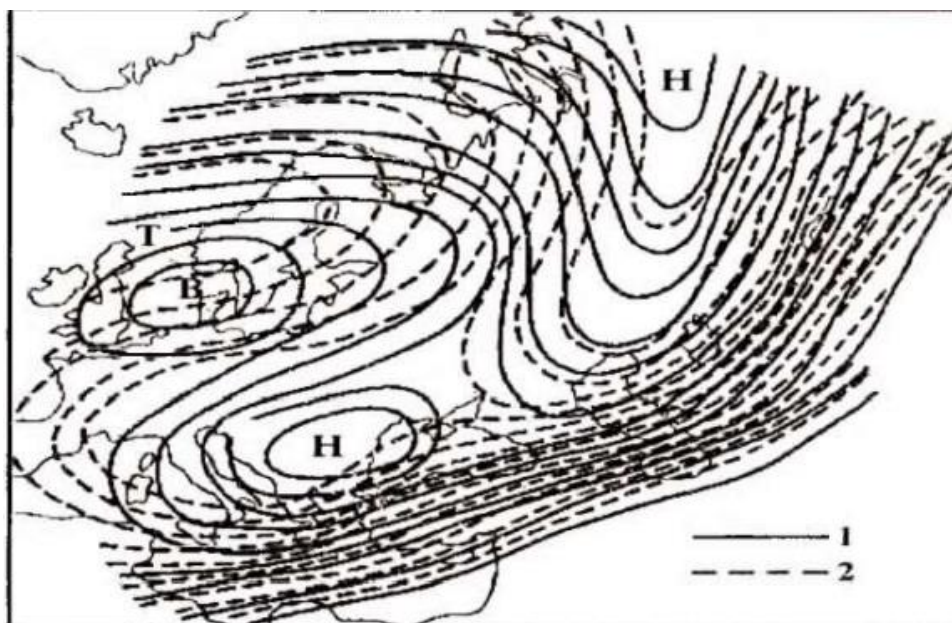


Рисунок 2.9 – Схема термобарического поля при развитии волновой деятельности на холодном фронте (первый вариант развития)

Первый вариант развития волновой деятельности в Средней Азии

При первом сценарии развития волновой деятельности в средней и южной частях Средней Азии устанавливается продолжительный период пасмурной и неустойчивой погоды. Этот затяжной метеорологический режим сопровождается переменными, но достаточно длительными осадками, которые могут существенно варьироваться по интенсивности и распространению. В течение данного периода часто наблюдаются порывистые ветры, а также весенние грозовые явления, что создаёт динамичную и изменчивую атмосферную обстановку, сложную для прогнозирования и анализа.

Особенно заметно усиление осадков в предгорных и горных районах региона. Здесь среднесуточные суммы выпавших осадков в зимние месяцы, такие как январь и февраль, могут значительно превышать климатическую норму, иногда достигая в 1,5–4 раза больше среднестатистических значений. Этот феномен объясняется орографическим эффектом: влажные воздушные массы, поднимаясь по склонам горных хребтов, охлаждаются, конденсируются и вызывают интенсивное выпадение осадков. Такая особенность рельефа играет ключевую роль в формировании локальных погодных условий и оказывает заметное влияние на гидрологический режим данных территорий.

Температурные характеристики и атмосферные контрасты

В условиях рассматриваемого варианта волновой деятельности температура воздуха по всей территории региона, как правило, остаётся ниже среднегодовых климатических показателей. Отмечается отсутствие резких потеплений, что свидетельствует о стабильном и доминирующем влиянии холодных воздушных масс в атмосфере. Вместе с тем на поверхности формируются значительные температурные контрасты: холодный воздух сохраняется над северными районами Средней Азии, тогда как юго-восточные и южные регионы, особенно горные массивы, оказываются под влиянием относительно более тёплых воздушных потоков. Эти температурные различия формируют сложную структуру воздушных масс и способствуют развитию активных атмосферных процессов.

Особенно ярко выражены сильные температурные градиенты в верхних слоях атмосферы, примерно на уровне 500 гПа и выше. Сочетание холодного воздуха над территорией Казахстана и высокой влажности в

атмосфере создаёт оптимальные условия для формирования плотной облачности и интенсивных осадков. Именно эти процессы часто становятся причиной длительных периодов обильных осадков, особенно заметных в горных районах, что оказывает значительное влияние на климатическую и гидрологическую ситуацию региона в целом.

Исключения и особенности развития

Следует отметить, что волновая деятельность может проявляться не только при описанных условиях. В ряде случаев она возникает при относительно высоких температурах и низкой влажности воздуха. В таких ситуациях выпадение осадков отсутствует или выражено крайне слабо, поскольку отсутствует достаточное количество влаги для формирования облаков и осадков. Этот факт подчёркивает важность комплексного взаимодействия нескольких метеорологических факторов — температуры, влажности и структуры воздушных потоков — для полноценного развития волновой активности и возникновения соответствующих погодных явлений.

Таким образом, первый вариант развития волновой деятельности характеризуется затяжным периодом пасмурной и влажной погоды с выраженными осадками и температурными контрастами, особенно заметными в горных и предгорных районах Средней Азии.

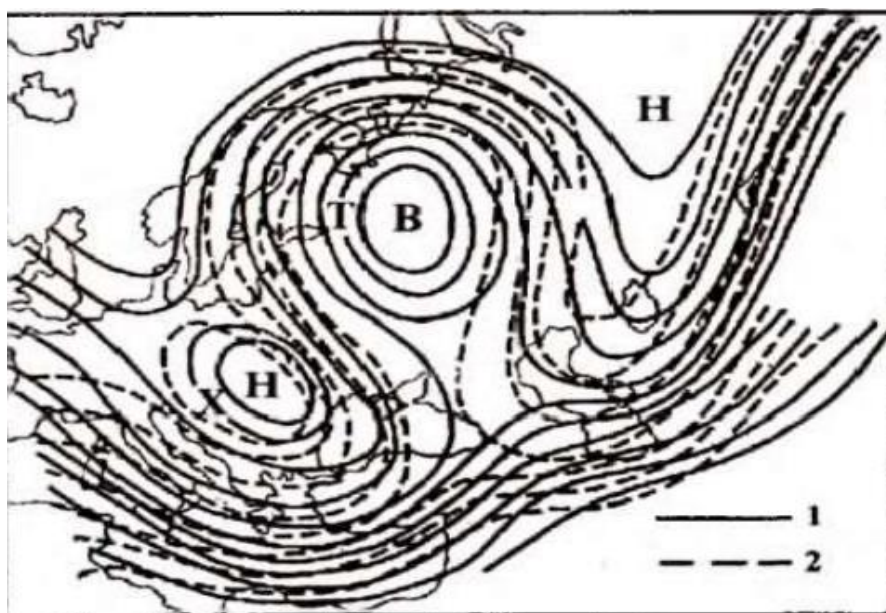


Рисунок 2.10 – Схема термобарического поля при развитии волновой деятельности на холодном фронте (второй вариант развития)

Второй вариант развития волновой деятельности в Средней Азии

Второй вариант развития волновой деятельности (см. рисунок 2.10) отличается тем, что основное ухудшение погодных условий приходится на восточные районы Средней Азии. В это время западные части региона сохраняют относительную стабильность: здесь преобладает сплошная или переменная облачность, при этом осадки выпадают редко и преимущественно в предгорных зонах Копетдага. Существенные изменения погодных условий в западных областях становятся возможными лишь при возникновении нового холодного вторжения — чаще всего с северо-запада или запада — которое резко меняет атмосферную конвекцию и динамику воздушных масс.

Холодный фронт и циклональное возмущение над Кыргызстаном

Важной особенностью второго варианта является прохождение холодного фронта, сопровождаемого выраженной волновой активностью, над территорией Кыргызстана. Это создаёт динамичную и активную фронтальную зону, тесно связанную с мощным циклональным возмущением. Обычно такой фронт движется с северо-западного или западного направления, приводя к усилению атмосферной неустойчивости и развитию неблагоприятных погодных условий в регионе.

На метеорологических картах в этот период фиксируется глубокий циклон или его фронтальная часть, где холодные воздушные массы внедряются под более тёплый и влажный слой атмосферы. Такое взаимодействие создаёт благоприятные условия для формирования активных циклонных волн на фронтальной поверхности, что приводит к сложной и неустойчивой погоде.

В результате на территории образуются обширные полосы многоярусных облаков — от слоисто-дождевых до кучево-дождевых с развитой конвективной активностью. Ветры усиливаются, достигая порывов 15–20 м/с, преимущественно северо-западного направления. Осадки в этот период могут быть обильными и разнообразными — это и дождь, и снег в горных районах, а также грозы и град. Все это значительно осложняет погодные условия, создавая сложные ситуации для населения и хозяйственной деятельности.

Послепроходное изменение погоды

После прохождения холодного фронта происходит резкое и заметное понижение температуры воздуха — на 5–10 °С и более. Это связано с вытеснением тёплого воздуха холодными массами. Атмосферное давление при этом повышается, а влажность существенно снижается, что способствует установлению более стабильного, прохладного и сухого состояния атмосферы.

Особое влияние такие процессы оказывают на горные районы. Волны фронта усиливают локальные ландшафтные эффекты, вызывая интенсивное выпадение осадков и снегопадов. Это значительно повышает риск лавинной опасности и селевых потоков, создавая серьёзные угрозы для жизни, безопасности и хозяйственной деятельности в данных зонах.

В долинах и низменностях ухудшение погоды проявляется в усилении ветра и выпадении дождя, что снижает видимость и усложняет транспортное сообщение. В таких условиях дорожные условия резко ухудшаются, увеличивается вероятность аварий и нарушений в работе транспортной инфраструктуры.

2.8 Малоподвижный циклон над Средней Азией

Малоподвижный циклон представляет собой относительно устойчивый и медленно перемещающийся атмосферный синоптический процесс, который обычно формируется как стационарный циклон с центром над регионом Средней Азии. Часто центр такого циклона располагается на севере региона, что обусловлено особенностями рельефа и циркуляции воздушных масс. Средняя продолжительность жизни таких циклонов в зимний период составляет примерно 1,3 суток, тогда как летом они могут сохраняться значительно дольше — до 2,5 суток и иногда более, благодаря более стабильным метеорологическим условиям.

Формирование малоподвижного циклона тесно связано с западным переносом воздушных масс, особенно активным в холодный сезон. В частности, в зимний период наблюдается частое появление южно-каспийских и мургабских циклонов, которые способствуют развитию таких стационарных образований. Завершается жизненный цикл малоподвижного циклона, как правило, под влиянием вторжений холодных воздушных масс с

запада, севера или северо-запада. Иногда же циклон трансформируется, переходя в периферийные зоны антициклона, что сопровождается изменением погодных условий.

Для возникновения и поддержания малоподвижного циклона необходимо присутствие высотного циклонального вихря либо его смещение из других регионов с последующим закреплением над Средней Азией. Циклоны, формирующиеся на фоне восточной ложбины атмосферного давления, обычно сопровождаются понижением температуры, пасмурной и холодной погодой, а также частыми, но кратковременными осадками. В горных районах восточной части региона наблюдается активная волновая деятельность, вызванная проникновением тёплых тропических воздушных масс, тогда как максимальное охлаждение воздуха происходит в фазе разрушения циклона. В противоположность этому, циклоны, связанные с западной ложбиной, как правило, приносят тёплую влажную погоду с повышением температуры.

Особенности переходных сезонов и влияние малоподвижных циклонов на климат Кыргызстана

Переходные сезоны — весна и осень — в Средней Азии характеризуются частыми фронтальными возмущениями и проявлением конвективной неустойчивости. Эти периоды отмечены интенсивными ливнями и грозами, особенно выраженными в горных и предгорных районах. В равнинных зонах осадки обычно имеют слабую или умеренную интенсивность, однако в горах юго-восточной части региона количество осадков может быть значительно выше, достигая умеренных и даже больших значений. Зимой в этих районах нередко выпадают смешанные осадки, состоящие из снега, дождя и гололёда, что значительно усложняет погодную обстановку и влияет на безопасность дорожного движения.

Для территории Кыргызстана малоподвижный циклон, как правило, означает продолжительный период устойчивой влажной и пасмурной погоды, сопровождающийся частыми осадками, снижением температуры и понижением атмосферного давления. При этом ветер, как правило, слабый, что способствует накоплению влаги и повышает вероятность возникновения гидрометеорологических опасностей. Среди наиболее характерных последствий таких погодных условий — наводнения в низменных районах, селявые потоки в горных районах и лавины на склонах, что требует

постоянного мониторинга и принятия мер по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

2.9 Юго-западная периферия Сибирского антициклона

Юго-западная периферия Сибирского антициклона представляет собой характерный синоптический процесс, при котором над территорией Средней Азии господствует периферийная часть крупного антициклонального образования, расположенного в нижних слоях атмосферы. Такой тип погодных условий, как правило, сопровождается ясной и спокойной атмосферой, что обусловлено влиянием антициклонального поля, которое подавляет облачность и осадки.

После прохождения влажных холодных вторжений в горных и предгорных районах часто формируются радиационные туманы или слоистые облака, что особенно характерно для периодов с пониженной температурой и повышенной влажностью воздуха. Эти атмосферные явления возникают вследствие охлаждения поверхности земли ночью и накопления влаги в приземном слое, что создает благоприятные условия для образования туманов и низкой облачности.

При особенно высокой интенсивности антициклона, когда атмосферное давление достигает высоких значений в диапазоне от 1050 до 1060 гектопаскалей, над северными районами Средней Азии формируется зона северо-восточных штормовых ветров. Эти ветры имеют значительную скорость и оказывают существенное влияние на микроклимат региона.

Юго-западная периферия Сибирского антициклона является достаточно частым явлением в зимний период и встречается приблизительно в 16,6% случаев в течение года. Максимальная вероятность её возникновения приходится на осенне-зимний период — с октября по февраль, при этом пик активности наблюдается в январе. В летние месяцы вероятность такого процесса существенно снижается и достигает минимальных значений в июле. Продолжительность данного синоптического явления в холодный сезон может достигать до 2,4 суток, тогда как в летний период она сокращается примерно до одного дня.

Часто развитие юго-западной периферии антициклона происходит после прохождения южной периферии самого антициклона или вследствие холодных вторжений воздушных масс с западного и северо-западного направлений. При этом в атмосфере формируются малоградиентные поля повышенного давления, что характерно примерно для 12–13% случаев данного типа погоды.

В зимний период данный синоптический процесс, как правило, завершается активизацией циклонов — выходом южно-каспийских или мургабских циклонов — либо наступлением новых холодных вторжений, которые изменяют погодные условия. В летние месяцы возможно смещение к западным вторжениям и формированию областей пониженного давления, при этом сохраняется вероятность северо-западных воздушных масс, что приводит к изменчивости и нестабильности погоды.

..

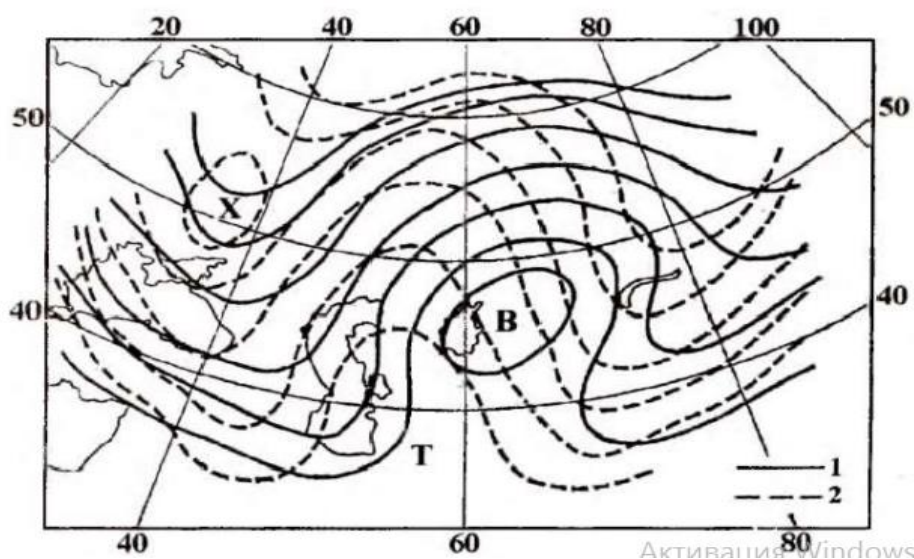


Рисунок 2.11 – Схема термобарического поля при юго-западной периферии антициклона

2.9 Сибирский антициклон над Средней Азией (тип9, 9а, 9б)

Сибирский антициклон — одна из наиболее значимых синоптических систем, оказывающих сильное влияние на климатические и погодные условия обширных территорий Средней Азии. Периферийные зоны этого

мощного антициклона формируются постепенно, проходя несколько характерных фаз, каждая из которых сопровождается изменениями в атмосферных процессах, влияющими на распределение ветров, облачности, температуры и осадков. Рассмотрим более детально основные этапы развития периферии Сибирского антициклона.

Первая фаза

На начальном этапе в регион начинает проникать холодный фронт, который движется преимущественно с западного или северо-западного направления. Этот фронт достигает горных территорий Средней Азии, особенно заметно воздействуя на массив Тянь-Шаня и прилегающие области. В это время большая часть территории оказывается в тыловой части приземного антициклона, что способствует формированию в средней тропосфере ложбины с охлаждённым воздухом.

В горных районах восточной части региона наблюдается преимущественно пасмурная погода, которая сопровождается осадками, чаще всего в виде снега или мокрого снега, особенно в холодное время года. Высокогорные зоны оказываются под влиянием влажных воздушных масс, что создает условия для накопления снежного покрова и формирует снежные лавиноопасные ситуации.

В то же время на западных равнинных территориях погода остается более стабильной: здесь наблюдаются прояснения, а легкие восточные ветры способствуют поддержанию относительно сухих и спокойных условий. Таким образом, на первом этапе развития периферии Сибирского антициклона формируется заметный контраст между влажной и облачной погодой в восточных горных районах и более сухой, ясной атмосферой на западе региона.

Этот этап служит основой для последующих изменений в погоде, поскольку накопление холодного воздуха в горах и устойчивое влияние антициклона в западных районах создают неоднородные метеоусловия, которые впоследствии могут привести к активизации различных атмосферных процессов.

Вторая фаза

На следующем этапе развития периферии Сибирского антициклона над большей частью Средней Азии формируется мощный высотный антициклон, центр которого располагается в районе Алтая и Монголии. Это приводит к

устойчивой атмосфере и общей стабилизации погодных условий на значительной территории. В приземном слое атмосферы формируется ясная, спокойная погода с преобладанием слабых северо-восточных или северных ветров.

Особенно ярко данный этап проявляется в зимний период, когда из-за интенсивного выхолаживания поверхности земли регистрируются самые низкие температуры в регионе. В условиях низких температур и достаточно высокой относительной влажности, варьирующейся от 65 до 100%, часто возникают радиационные туманы. Эти туманы образуются вследствие переохлаждения воздуха у самой поверхности и отсутствия ветра, что приводит к снижению видимости и увеличению влажности.

Данные погодные условия способствуют накоплению иней и изморози на поверхности растительности и различных объектах, что является важным фактором как для сельскохозяйственной деятельности, так и для мониторинга климатической обстановки. Стабильная морозная погода и ясное небо, характерные для второй фазы, могут оказывать значительное влияние на социально-экономическую жизнь региона, в том числе на состояние транспортных коммуникаций и обеспечение энергоресурсами.

Третья фаза

На завершающем этапе развития периферии Сибирского антициклона в западных районах Средней Азии начинается постепенное снижение атмосферного давления, что приводит к усилению юго-восточных ветров. Одновременно с этим температура воздуха заметно повышается, создавая условия для резкого потепления после затяжного холодного периода.

В этот период над западными частями региона появляется верхняя облачность, которая особенно отчетливо проявляется над горным массивом Копетдаг. Это свидетельствует о приближении более динамичных атмосферных процессов и возможном изменении погодных условий. В то же время в восточных долинах сохраняются радиационные туманы, что указывает на локальную неоднородность температурно-влажностных условий и замедленное прогревание поверхности.

Третья фаза часто становится предвестником дальнейших изменений в синоптической обстановке, сопровождающихся переходом к более активным атмосферным явлениям, таким как циклональная активность и осадки.

Именно этот этап сигнализирует о начале смены устойчивой морозной погоды на более изменчивую и динамичную.

Тип 9а — Юго-восточная периферия Сибирского антициклона

Особое значение в синоптической характеристике Средней Азии занимает юго-восточная периферия Сибирского антициклона. Этот тип представляет собой устойчивую антициклонную структуру с ядром, расположенным над плато Устюрт, Нижним Поволжьем или территорией Западного Казахстана. Формирование и поддержание такого ядра обусловлено вторжениями холодных воздушных масс, которые проникают с северо-запада, севера или запада, вызывая развитие антициклогенеза в равнинных районах. В то же время, холодный воздух направляется в горные территории восточной части Средней Азии, создавая четко выраженный контраст в метеоусловиях региона.

В результате преобладают северные и северо-западные ветры, ответственные за холодную адвекцию — перенос холодных воздушных масс с северных широт. В горных районах, под воздействием этих потоков, наблюдается преимущественно облачная погода с осадками, которые обусловлены подъёмом влажного воздуха на рельефе и его последующим охлаждением. На равнинных же территориях устанавливается ясная и спокойная погода с прояснениями, что связано с высокими значениями атмосферного давления и снижением влажности. Такая метеорологическая обстановка способствует формированию холодной, но в то же время относительно ясной и стабильной погоды.

Частота возникновения юго-восточной периферии Сибирского антициклона составляет около 2–4% от общего числа синоптических ситуаций в регионе. Максимальная активность наблюдается в летний период, достигая своего пика в августе — порядка 6,5%. В среднем за год фиксируется около 7–8 случаев развития данного типа, большая часть которых приходится на теплое полугодие. Такая сезонная закономерность объясняется особенностями циркуляции воздушных масс и сезонными изменениями атмосферных процессов, которые активизируются в летние месяцы.

Данный тип периферии обычно развивается после прохождения холодных вторжений с северо-запада и запада, реже — после северных вторжений или вследствие волновой активности в атмосфере. В зимний период юго-восточная периферия часто переходит в другие периферийные типы антициклона, такие как южная или юго-западная периферия. В летнее же время она, как правило, трансформируется преимущественно в южную периферию, отражая динамику смены атмосферных структур.

Для формирования и длительного сохранения данной периферийной зоны необходима стационарность антициклона над Устюртским плато и Западным Казахстаном. Такая устойчивость обеспечивает стабильные атмосферные условия и позволяет антициклону сохранять свои основные характеристики в течение продолжительного времени, оказывая заметное влияние на погоду и климат региона..

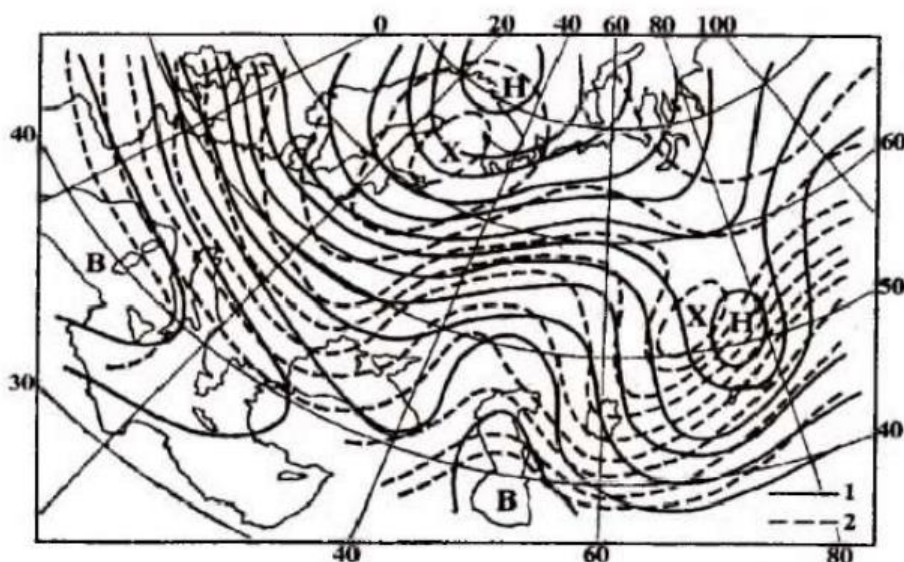


Рисунок 2.12 – Схема термобарического поля при юго-восточной периферии антициклона

Данный синоптический процесс характеризуется формированием устойчивого антициклона с центром, расположенным над плато Устюрт, Нижним Поволжьем либо Западным Казахстаном. Такой антициклон развивается в тыловой зоне вторжения холодных воздушных масс, поступающих с северо-западного, северного или западного направлений. Вследствие этого над равнинными территориями региона устанавливается преимущественно ясная и спокойная погода с частыми прояснениями.

Напротив, в горных районах сохраняется значительная облачность, часто сопровождаемая осадками различного характера — от дождя и мокрого снега до снега, что объясняется подъёмом влажных воздушных масс и их охлаждением на рельефе.

Основным направлением преобладающих ветров в данной ситуации являются северные и северо-западные потоки, которые обеспечивают постоянную холодную адвекцию, то есть перенос холодного воздуха с более высоких широт в регион Средней Азии. Это оказывает существенное влияние на температурный режим и влажностные показатели, особенно в горных районах восточной части региона.

Юго-восточная периферия Сибирского антициклона встречается сравнительно редко — её доля составляет примерно 2–4% от всех синоптических ситуаций, зарегистрированных в течение года. Однако частота появления данного типа заметно увеличивается в летние месяцы, в особенности в августе, когда она достигает порядка 6,5%. Как правило, такой синоптический процесс развивается после прохождения холодных вторжений с северо-западного и западного направлений, реже — в результате вторжений с севера или при наличии выраженной волновой активности в верхних слоях атмосферы.

В зимний период наблюдается тенденция к трансформации юго-восточной периферии в другие периферийные типы антициклона, в частности, в южную или юго-западную периферию. Эти изменения обусловлены перестройками циркуляционных систем и динамикой атмосферных процессов, характерных для холодного сезона. В теплое же время года чаще всего происходит переход из юго-восточной периферии в южную, что связано с сезонными особенностями перемещения воздушных масс и изменениями термического режима.

Для формирования и длительного сохранения подобного устойчивого антициклонального процесса необходимо наличие стационарного антициклонального ядра над Устюртским плато и западными районами Казахстана. Такая стационарность обеспечивает стабильность атмосферных условий и позволяет антициклону сохранять свои основные характеристики на протяжении достаточно продолжительного времени, оказывая заметное влияние на климат и погодные условия региона.

Тип 9б. Южная периферия Сибирского антициклона

Южная периферия Сибирского антициклона формируется в тех случаях, когда его отрог простирается на территорию восточной части европейской России, Поволжья и Западного Казахстана. При этом Средняя Азия оказывается на южной окраине поля высокого атмосферного давления, создаваемого антициклоном. В этот период над южными районами Средней Азии, а также над территориями Ирана и Афганистана, часто располагается квазистационарный фронт умеренных широт, который существенно влияет на характер метеорологических условий региона, способствуя возникновению устойчивых атмосферных процессов.

Данный тип периферии является одним из наиболее распространённых в регионе. В среднем он наблюдается около 20 раз в год, что составляет приблизительно 9,7% от общего количества зарегистрированных синоптических ситуаций. При этом сезонные колебания частоты появления южной периферии достаточно незначительны: зимой она фиксируется примерно в 9,4% случаев, а летом её доля немного возрастает до 10,1%. Продолжительность такого периферийного процесса, как правило, колеблется в пределах от 1,2 до 2,3 суток, что указывает на относительно кратковременный, но при этом важный для климатической динамики региональный феномен.

Перед появлением южной периферии часто наблюдается прохождение холодных вторжений: в зимний период — преимущественно западных и северо-западных воздушных масс, а в летние месяцы — северо-западных и северных потоков. В холодный сезон южная периферия зачастую сменяется юго-западной периферией — примерно в 55,2% случаев, тогда как летом переходы в юго-западную периферию происходят примерно в 44,5% ситуаций. Завершающий этап зимней периферии обычно связан с выходом южных циклонов или усилением волновой активности атмосферы. В летние месяцы подобные процессы могут сопровождаться ослаблением градиента давления и переходом к более устойчивым и стабильным погодным условиям.

В начале формирования южной периферии положение изобар практически не меняется, однако в центральной части антициклонального отрога наблюдается небольшое повышение атмосферного давления. Этот

процесс способствует выделению самостоятельного антициклонического ядра. Такое устойчивое развитие обусловлено общей стабильностью антициклонального блока, расположенного над восточной частью европейской России и Западным Казахстаном, что играет важную роль в формировании характерной погоды и климата региона. В частности, данный тип периферии способствует установлению ясной и маловетренной погоды с пониженной облачностью, особенно на равнинах и в предгорьях, что влияет на температуру воздуха и влажность.

..

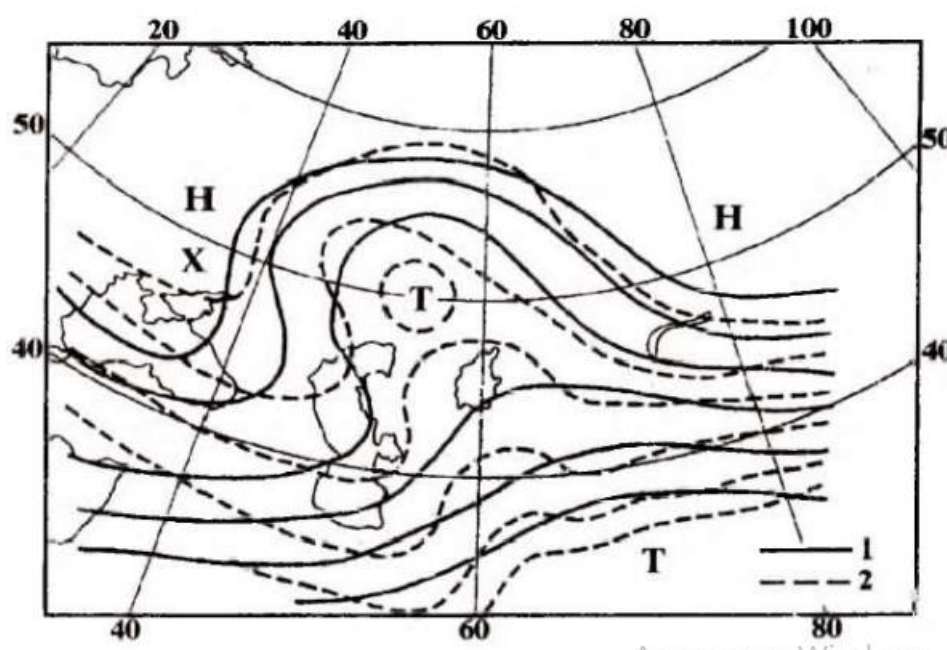


Рисунок 2.13 – Схема термобарического поля при южной периферии антициклона

При формировании южной периферии Сибирского антициклона в регионе Средней Азии обычно наблюдается относительно холодная, но преимущественно сухая погода. Это связано с особенностями антициклональной циркуляции воздуха, при которой господствует высокое атмосферное давление. Под влиянием такого давления происходит подавление вертикальной конвекции и ограничение развития облачности, что значительно снижает вероятность выпадения осадков. В результате осадки в этот период выпадают крайне редко, а атмосферные условия характеризуются стабильностью и низкой изменчивостью.

Высокое давление способствует формированию ясного неба и минимизации облачности, что в свою очередь влияет на суточный температурный режим — ночные температуры могут значительно понижаться из-за радиационного охлаждения, а дневные — оставаться умеренно низкими. Влажность воздуха при этом обычно остается на низком или среднем уровне, что дополнительно способствует сухости погоды. Такая атмосфера способствует установлению устойчивых метеоусловий, при которых наблюдаются слабые ветра и малая вероятность резких температурных колебаний.

Данные особенности южной периферии антициклона оказывают значительное влияние на климатические условия региона, особенно в зимний период. Они создают благоприятные условия для сохранения снега на горных массивах и для формирования морозных дней на равнинах, а также снижают риск сильных осадков и связанных с ними опасных гидрометеорологических явлений. В целом, такая погодная ситуация способствует формированию относительно спокойной и предсказуемой атмосферы, что важно для планирования сельскохозяйственных и хозяйственных мероприятий в регионе.

2.10 Западное вторжение

Западное вторжение представляет собой процесс проникновения воздушных масс умеренных широт, иногда даже арктического происхождения, с западного направления через территорию Кавказа и Каспийского моря в регион Средней Азии. Этот синоптический процесс обычно сопровождается прохождением холодного фронта, который резко меняет метеоусловия, вызывая значительные колебания температуры, ветра и осадков.

В летний период западные вторжения оказывают заметное охлаждающее воздействие на атмосферу, особенно после нескольких дней сильной жары. При этом нередко наблюдаются усиление ветрового режима, что приводит к формированию сильных порывистых ветров, а на сухих почвах возникает подъем пыли и пыльные бури. Эти явления обусловлены

как динамическими процессами в атмосфере, так и сниженной влажностью поверхности, что вместе создает непростые метеоусловия для региона.

Зимой западные вторжения вызывают умеренное понижение температуры, сопровождающееся усилением ветров и выпадением осадков преимущественно в виде снега или мокрого снега. Такие вторжения играют важную роль в формировании зимней погоды, принося охлаждение и повышенную влажность, что сказывается на снежном покрове и общей гидрометеорологической обстановке.

Западные вторжения являются одними из наиболее распространённых синоптических явлений в Средней Азии: в среднем фиксируется около 33 случаев в год. Максимальная активность приходится на летние месяцы, особенно на июнь и июль, когда динамика атмосферных процессов наиболее высока. В феврале, напротив, число западных вторжений минимально, что связано с общим снижением подвижности атмосферной циркуляции в холодный сезон.

Перед наступлением западных вторжений зимой часто наблюдается активизация южных циклонов, а летом их обычно предшествует формирование области пониженного давления. После прохождения холодного фронта, как правило, устанавливается антициклональная погода или формируются малоградиентные поля давления, способствующие стабилизации атмосферных условий и снижению динамичности метеоявлений.

Для западных вторжений характерны такие метеорологические признаки, как кратковременное резкое похолодание, значительный подъём температуры непосредственно перед фронтом (особенно выраженный летом), равномерное снижение температуры по всей территории региона и высокая влажность воздуха. Все эти факторы вместе формируют сложный и изменчивый погодный режим, который оказывает заметное влияние на климатические и экологические условия Средней Азии.

2.11 Летняя термическая депрессия

Среднеазиатская термическая депрессия — это синоптическое явление, при котором над юго-востоком Средней Азии формируется бесфронтальная

зона низкого давления с выраженной циклонической циркуляцией в нижних слоях тропосферы. Этот процесс сопровождается ясной, сухой, жаркой и несколько дымчатой погодой на равнинных территориях, что обусловлено подъёмом горячих воздушных масс и часто приводит к развитию пылевых бурь.

В отличие от классических южных циклонов, среднеазиатская депрессия не имеет чётко выраженных фронтов и характерных стадий типичного циклона, таких как зарождение, развитие и распад. Она отличается медленным перемещением и относительно кратковременным существованием. В течение суток депрессия углубляется и расширяется в дневные часы за счёт интенсивного прогрева поверхности, а ночью происходит её постепенное заполнение. Этот суточный цикл влияет на ветровой режим — днём ветер заметно усиливается, что способствует поднятию пыли с поверхности и возникновению пыльных бурь, особенно в районах с рыхлыми почвами.

Данный тип погодных условий характерен преимущественно для летнего периода — с июня по август. Он встречается сравнительно редко, примерно 1,7 раза в год, но оказывает значительное влияние на климат региона именно в жаркие месяцы. Перед развитием термической депрессии часто формируется малоградиентное поле пониженного давления, реже её возникновение связывается с периферией антициклона. Иногда депрессия развивается сразу после слабых холодных вторжений, минуя стадию периферийного антициклона.

Анализ статистики показывает, что западные вторжения предшествуют развитию среднеазиатской депрессии в примерно 21% случаев, тогда как северо-западные и северные вторжения наблюдаются реже, около 6,4%. Летом интенсивность этих вторжений повышается, а переход к депрессии часто происходит через периферийные зоны антициклонов, что отражает сложную динамику атмосферных процессов в регионе.

Среднеазиатская депрессия, как правило, существует недолго — обычно она исчезает в течение 6–12 часов, уступая место прохождению очередного холодного вторжения или смене атмосферных условий. Частота и длительность возникновения таких депрессий существенно влияют на средние летние температуры: при частом и продолжительном их появлении

лето становится более жарким и сухим, в то время как при их отсутствии сохраняется относительно прохладная погода.

Это атмосферное явление тесно связано с более мощной переднеазиатской термической депрессией, центром которой является регион Афганского Белуджистана и северо-запад Пакистана. В периоды максимального развития переднеазиатская депрессия может охватывать северные области Средней Азии, оказывая значительное влияние на погодные условия региона.

Переднеазиатская депрессия является ключевым атмосферным центром летнего сезона, который оказывает влияние не только на климат и погоду Ирана, Афганистана и Пакистана, но также распространяет своё воздействие на Восточное Средиземноморье, Турцию, Кавказ и всю Среднюю Азию. Этот устойчивый синоптический центр обеспечивает формирование жаркой и сухой погоды на обширных территориях.

Данный процесс сохраняется на протяжении всего летнего сезона и не исчезает даже при прохождении сильных холодных вторжений, изменяя лишь показатели давления и температуры в своём ядре. Развитие среднеазиатской депрессии обусловлено определённой синоптической ситуацией: более мощный западный антициклон по сравнению с восточным вызывает распространение тёплого высотного гребня на северо-восток Средней Азии. Справа от этого гребня располагается холодная высотная ложбина, протянувшаяся от Западной Сибири через Восточный Узбекистан до Памира, что создаёт условия для устойчивой термической неустойчивости.

Таким образом, летняя термическая депрессия является важным элементом динамики атмосферных процессов Средней Азии, формирующим специфический жаркий и сухой климат этого региона, а также оказывающим влияние на экосистемы и человеческую деятельность.

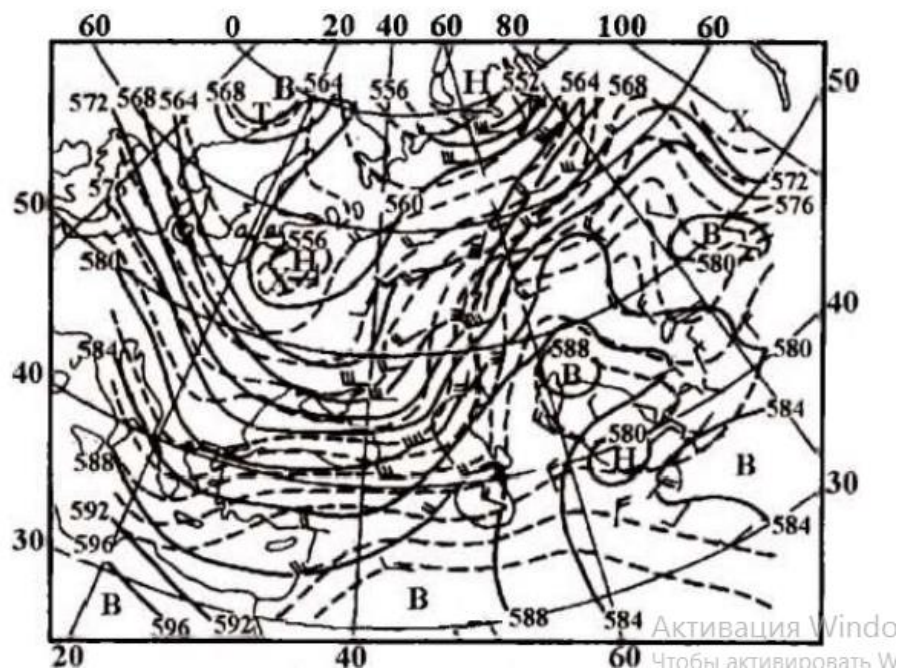


Рисунок 2.14 – Летняя термическая депрессия над Средней Азией

Экстремальные температуры при летней термической депрессии

В западных и центральных районах Средней Азии при развитии летней термической депрессии наблюдается экстремально высокая температура воздуха. Максимальные дневные значения достигают $45\text{--}47^{\circ}\text{C}$, что является характерным признаком сильного и продолжительного летнего жара. При этом изотерма 40°C охватывает практически всю равнинную территорию региона, что свидетельствует о масштабности и интенсивности данного погодного явления. Ночные температуры остаются довольно высокими — в пределах $29\text{--}32^{\circ}\text{C}$, что создаёт эффект малоэффективного ночного охлаждения, характерного для засушливых жарких регионов с сухим воздухом и слабым ветровым режимом ночью. В предгорных зонах показатели температуры ниже: дневные значения варьируются от 38 до 42°C , ночные — от 21 до 27°C . Это связано с влиянием высоты и наличием более прохладного горного воздуха, который смягчает экстремальные температуры.

2.12 Малоградиентное поле повышенного давления (МППД)

Малоградиентное поле повышенного давления представляет собой синоптический процесс, при котором над территорией Средней Азии формируется обширная зона повышенного атмосферного давления с незначительными горизонтальными градиентами давления. Такие поля являются связующим звеном между мощным сибирским антициклоном и

антициклоном, расположенным над Европейской частью России. МППД наблюдается в среднем около 19 раз в год и играет важную роль в формировании устойчивой, спокойной погоды.

Чаще всего МППД развивается после прохождения холодных вторжений, особенно в тех случаях, когда вторжения не охватывают всю территорию Средней Азии, а движутся преимущественно через Казахстан. В подобных ситуациях за холодным фронтом не формируется выраженный антициклон, а гребень высокого давления либо распространяется по территории, либо быстро смещается с запада на восток. Перед установлением МППД обычно фиксируются западные и северо-западные вторжения, а также антициклональные состояния, часто связанные с юго-западной периферией сибирского антициклона.

После формирования МППД в холодное время года чаще всего наблюдается развитие юго-западной или южной периферии антициклона. Однако в некоторых случаях могут возникать новые холодные вторжения, которые способны нарушить устойчивость поля повышенного давления. В тёплый период года после МППД чаще формируются холодные вторжения с западного, северо-западного и северного направлений, а также возможно образование малоградиентного поля пониженного давления. Периферийные зоны антициклона в этот период наблюдаются значительно реже.

Погодные условия при установлении МППД обычно характеризуются ясным или малоблачным небом, слабым ветром и отсутствием значимых атмосферных явлений. Исключением является юго-восточная часть Средней Азии, где в зимний период возможно образование туманов и выпадение незначительных осадков.

Характер и свойства воздушных масс, связанных с МППД, зависят от природы предшествующих метеорологических процессов — в частности, от направлений холодных вторжений и положения антициклона, формирующего данное поле высокого давления.

2.13 Малоградиентное поле пониженного давления (МППП)

Малоградиентное поле пониженного давления представляет собой синоптический феномен, при котором на территории Средней Азии формируется протяжённая меридиональная (с севера на юг) зона с пониженным атмосферным давлением, характеризующаяся слабым градиентом давления. Такое явление возникает в результате сложного взаимодействия различных атмосферных процессов и циклональных систем, что определяет его сезонные особенности и специфику развития.

Механизмы и предшественники формирования

В холодный период года малоградиентное поле пониженного давления появляется преимущественно после прохождения периферийных областей сибирского антициклона. Наиболее частым предшественником выступает юго-западная периферия сибирского антициклона, с которой связано около 38% случаев возникновения МППП. Также заметную роль играют южная периферия (около 11%) и малоградиентное поле повышенного давления (около 19%). В некоторых ситуациях развитие МППП сопровождается влиянием южнокаспийских циклонов (примерно 7% случаев). Западные вторжения в этот период играют менее значимую роль (около 5,6%), а вторжения с севера и северо-запада практически не регистрируются.

Летний сезон характеризуется более разнообразными предшественниками. Помимо южной (около 19%) и юго-западной периферий (около 11%) антициклонов, существенное влияние оказывают холодные вторжения с западного направления (около 20%), а также малоградиентные поля повышенного давления (приблизительно 18%). Кроме того, на формирование МППП летом нередко влияют малоподвижные циклоны, которые появляются в регионе в среднем около 10% случаев.

Процессы завершения и трансформации

Завершение развития малоградиентного поля пониженного давления тесно связано с изменениями циркуляции атмосферы. В зимний период закрытие МППП чаще всего сопровождается наступлением западных вторжений (около 22%), которые приводят к изменению погодных условий и возрастанию динамичности атмосферы. Кроме того, периферийные антициклоны — юго-западная и южная — также способствуют разрыву малоградиентного поля, что встречается соответственно в 11% и 7% случаев. В некоторых ситуациях переход может сопровождаться развитием новых циклональных систем.

В летний период после окончания МППП доминирующими факторами становятся холодные вторжения, главным образом с западного направления (около 43%) и северо-западного (около 15%). Напротив, малоградиентное поле повышенного давления в этот сезон появляется гораздо реже — примерно в 7% случаев, что связано с увеличением конвективной активности и динамичностью атмосферы.

Сезонные особенности и географическое распределение

Зимой зона пониженного давления, образующаяся при МППП, как правило, располагается над западными регионами Средней Азии, что обусловлено взаимодействием воздушных масс и влиянием соседних циклональных систем. Летом же данное поле смещается к восточным районам, где оно сопряжено с формированием холодной высотной ложбины в тропосфере. Этот процесс тесно связан с усилением термического

контраста между нагретыми пустынными территориями и более прохладными горными областями.

Летняя фаза также характеризуется появлением мощного теплового гребня в верхних слоях атмосферы, возникающего в результате интенсивного нагрева пустынных равнин. Этот гребень усиливает устойчивость пониженного давления, замедляет динамику атмосферы и способствует длительному сохранению стабильных погодных условий.

Климато-метеорологические последствия

Погодные условия, сопутствующие МППП, существенно зависят от времени года и предшествующих атмосферных процессов. В холодный сезон в западных районах Средней Азии отмечается значительное увеличение облачности, частые осадки и образование туманов, особенно на северо-западе региона. Эти явления связаны с накоплением влажности и замедленной динамикой атмосферных потоков.

В летний период при развитии МППП на юго-восточных горных территориях активизируется конвекция, приводящая к формированию локальных ливневых осадков и грозовой активности. Однако в большинстве равнинных районов сохраняется преимущественно ясная или малооблачная погода с сухими воздушными массами, что способствует продолжительным периодам жары и дефициту осадков.

Таким образом, малоградиентное поле пониженного давления является важным элементом синоптической структуры региона, оказывающим значительное влияние на формирование погоды и климата Средней Азии. Его изучение и мониторинг позволяют лучше понимать механизмы атмосферной циркуляции и прогнозировать возможные изменения метеоусловий.

2.14 Западный циклон

Западные циклоны представляют собой значимый синоптический компонент атмосферной циркуляции, формирующийся преимущественно вдоль широтной зоны с повышенной ветровой активностью (ПВФЗ). Эта зона располагается на южной периферии масштабного центрального циклона, обычно сосредоточенного над Европейской частью России. Такая структура создает своего рода «транспортный коридор», по которому западные циклоны образуются и движутся, распространяясь от западных широт к регионам Средней Азии.

Географический путь и формирование

Западные циклоны зарождаются, как правило, в области Средиземноморья — одном из наиболее динамичных и сложных климатических регионов. Иногда они затрагивают территории Северной Африки, Черного моря и Ближнего Востока, что обусловлено разнообразием рельефа и взаимодействием воздушных масс разных происхождений. Отсюда циклоны продвигаются далее через Каспийское море и распространяются вглубь Средней Азии, оказывая существенное влияние на метеоусловия региона.

Такое маршрутное движение западных циклонов не только связано с преобладающими ветрами в зоне ПВФЗ, но и обуславливается динамическими процессами на верхних уровнях тропосферы, где зона повышенной ветровой активности может проходить вдоль южных границ глубоких ультраполярных ложбин. Эти ложбины — крупные системы низкого давления — формируют крупномасштабные циркуляционные условия, способствующие развитию и движению западных циклонов. Взаимодействие таких систем часто сопровождается формированием малоподвижных холодных антициклонов над территорией Европы, что влияет на синоптическую картину не только в Европе, но и в Азии.

Сезонные особенности западных циклонов

Зимой активность западных циклонов в Средней Азии связана с целым рядом предшествующих атмосферных явлений. В 36% случаев их появлению предшествуют антициклональные системы, размещённые на юго-западе региона. Эти антициклоны создают условия, благоприятствующие формированию циклональных вихрей, способных проникать в центральные части Средней Азии. Около 18% западных циклонов возникают после прохождения малоградиентных полей повышенного давления, когда атмосферные условия переходят от более стабильных к более динамичным. Также примерно в 14% случаев активизация циклонов связана с прохождением холодных западных вторжений, приносящих свежие воздушные массы.

Особое значение в зимний период имеют локальные циклоны — южнокаспийский и мургабский. Первый из них регистрируется примерно в 7% случаев, второй — около 5%, и оба оказывают дополнительное влияние на региональную погоду. Они способствуют усилению осадков и резким колебаниям температуры, зачастую вызывая внезапные ухудшения погоды. Помимо этого, зимние западные циклоны иногда сопровождаются переносом тёплых воздушных масс с юга, что может приводить к кратковременным потеплениям и временной стабилизации температуры, несмотря на общий холодный сезон.

В летний период характер и частота появления западных циклонов меняется. Наиболее частыми предшественниками циклональной активности остаются антициклоны, расположенные на юго-западе, с долей около 25%. Также большую роль играют южная периферия антициклона и малоградиентные поля повышенного давления, которые создают благоприятные условия для зарождения циклонов. Помимо этого, сохраняется вероятность возникновения западных вторжений (приблизительно 12,5%), которые могут способствовать формированию и усилению циклональных систем.

Значительно возрастает роль малоградиентного поля пониженного давления — оно предшествует западным циклонным процессам в четверти случаев (около 25%), особенно в периоды высокой атмосферной активности. Другие типы процессов, влияющие на возникновение западных циклонов летом, встречаются редко либо считаются менее значимыми с точки зрения синоптики.

Значение для климата и погоды Средней Азии

Западные циклоны — ключевой фактор, определяющий резкие изменения погоды и климата в Средней Азии. Они приносят как существенное изменение температурного режима, так и осадки, способствуют усилению ветрового режима и изменению влажности воздуха. Благодаря своим маршрутам через разнообразные климатические пояса и географические условия, западные циклоны влияют на широкий спектр метеоусловий — от сухих и жарких до влажных и прохладных.

Понимание механизма их формирования, особенностей движения и сезонных изменений важно для прогнозирования погоды и оценки климатических рисков региона. Исследование западных циклонов также помогает в анализе взаимосвязей между атмосферными процессами Европы и Азии, что имеет важное значение для комплексного климатического мониторинга и планирования в сельском хозяйстве, экологии и других сферах человеческой деятельности.

Траектории движения западных циклонов над Средней Азией

Пути перемещения западных циклонов над территорией Средней Азии имеют свои устойчивые направления, которые можно выделить в виде двух основных траекторий. Каждая из них обладает специфическими особенностями, влияющими на характер и масштабы метеорологических изменений в различных районах региона.

Северная траектория

Первая, так называемая северная траектория, начинается у северного побережья Каспийского моря и проходит через Устьюртское плато, затем —

над акваторией Аральского моря. Этот маршрут является основным для циклонов, направляющихся на северные и центральные области Средней Азии. В результате воздействия циклонов, движущихся по этой траектории, изменяется погода в таких странах, как Казахстан и Узбекистан. Циклоны приносят с собой переменчивую погоду — усиление ветров, повышение облачности и выпадение осадков, особенно в периоды прохождения фронтальных разделов. Благодаря своей протяженности и прохождению через значительные водные и степные пространства, циклоны северной траектории способны влиять на широкие территории, затрагивая как равнинные, так и предгорные районы.

Южная траектория

Второй маршрут — южная траектория — берёт своё начало в районе залива Кара-Богаз-Гол, затем пролегает в направлении Туркменабада и охватывает более южные территории Средней Азии. Основной зоной влияния здесь становятся южные регионы, прежде всего Туркменистан и прилегающие к нему области. Циклоны, движущиеся по этому пути, зачастую оказывают существенное воздействие на местный климат, вызывая усиление ветров, изменение температурного режима и формирование осадков, особенно в горах и предгорьях. Южная траектория характеризуется более частым развитием конвективных процессов и локальных ливней, что связано с топографическими особенностями региона и взаимодействием воздушных масс.

Особенности западных циклонов по сравнению с местными циклонами

Важной отличительной чертой западных циклонов является их способность изменять погоду в Средней Азии без значительного повышения температуры воздуха. Это контрастирует с влиянием местных циклонов, таких как южнокаспийские и мургабские, которые зачастую сопровождаются заметным тепловым эффектом. Причина заключается в особенностях воздушных масс, которые несут западные циклоны: воздух средиземноморского происхождения часто бывает окклюзированным или трансформированным в процессе продвижения, что снижает его способность приносить тепло.

Тем не менее, западные циклоны обычно сопровождаются обильными осадками, особенно в тех случаях, когда в их структуре присутствуют окклюзионные фронты. Влажные тыловые зоны циклонов способствуют

выпадению осадков, преимущественно в горных районах. Например, теплый фронт, движущийся впереди циклонального центра, вызывает активное выпадение дождей или снега в предгорных и горных ландшафтах, тогда как равнинные территории часто остаются относительно сухими или с малым количеством осадков.

Итоговое влияние на погоду региона

Таким образом, траектории западных циклонов играют ключевую роль в формировании погодных условий Средней Азии. Северный маршрут преимущественно воздействует на северные и центральные области, обеспечивая там циклональную активность с изменчивыми погодными условиями. Южный путь охватывает южные районы, вызывая более локализованные, но интенсивные метеоявления, связанные с особенностями рельефа и взаимодействием воздушных масс. В совокупности движение западных циклонов определяет существенные сезонные и краткосрочные изменения климата региона, влияя на температуру, влажность, осадки и ветровой режим.

Метеорологические эффекты при прохождении западных циклонов

Прохождение западных циклонов через территорию Средней Азии сопровождается комплексом характерных и часто интенсивных метеорологических явлений, которые оказывают заметное влияние на климатические условия и жизнедеятельность населения в различных регионах.

Одним из наиболее заметных последствий является формирование сильных ветров, которые особенно активно проявляются в районах, прилегающих к Аральскому морю, а также в Каракалпакстане, Хорезмской области и северных частях Бухарской области. Эти ветры, часто переходящие в пыльные бури, существенно ухудшают видимость и создают опасные условия для транспорта, сельского хозяйства и повседневной жизни. Воздушные массы, циркулирующие в структуре западного циклона, способствуют усилению ветрового режима, что в свою очередь приводит к поднятию большого количества пыли и песка с поверхности, особенно на засушливых равнинах и пустынных участках.

Если циклон движется по южной траектории, в районе Ферганской долины часто возникает мощный местный ветер, известный под названием «бекабадский ветер». Этот горно-долинный ветер обусловлен особенностями рельефа и локальной термической циркуляцией, и его сила может значительно превышать обычные ветровые значения. Бекабадский ветер оказывает заметное влияние на микроклимат долины, способствуя

интенсивному перемешиванию воздушных масс, а также нередко создаёт неблагоприятные условия для сельскохозяйственных работ, транспортного сообщения и жизни местного населения.

Особое метеорологическое явление, связанное с западными циклонами, — это появление так называемых двойных циклонов. В таких случаях западный циклон движется в тесной связи с локальными циклонами, которые формируются в непосредственной близости. Чаще всего это южнокаспийские и мургабские циклоны — самостоятельные атмосферные образования, не являющиеся остатками западных систем, а возникающие под влиянием местных условий, включая географические особенности и рельеф. Усиление циклонической ложбины к югу от основного западного циклона способствует втягиванию тёплых и влажных воздушных масс с юга, что приводит к формированию внутри системы нового, более тёплого сектора.

Такие двойные циклоны демонстрируют сложную динамику движения — они перемещаются со скоростью, близкой к западным циклонам, но отличаются большей интенсивностью атмосферных процессов. В частности, в зоне их влияния наблюдаются резкие колебания температуры, значительные и порой интенсивные осадки, а также усиление ветрового режима. Подобные явления особенно характерны для южнокаспийских и мургабских циклонов, чьи проявления оказывают серьёзное воздействие на сельское хозяйство, нарушают транспортное сообщение и создают дополнительные сложности в повседневной жизни населения.

В целом прохождение западных циклонов и их взаимодействие с локальными циклонами формирует сложную и динамичную синоптическую картину, оказывающую многогранное воздействие на климат и экологическую обстановку региона. Эти процессы требуют пристального мониторинга и учёта при планировании хозяйственной деятельности и разработке мер по снижению негативных последствий для общества и экономики.

2.15 Ныряющий циклон

Ныряющие циклоны представляют собой особый тип атмосферных вихрей, которые преимущественно формируются в районе северных морей — таких как Норвежское, Баренцево и Карское моря. Отличительной особенностью этих циклонов является их меридиональное движение с севера на юг вдоль зоны повышенной ветровой активности (ППВА), что определяет их уникальную траекторию и динамику развития.

Предшествующие условия и синоптическая обстановка

Перед появлением ныряющих циклонов над территорией Средней Азии, особенно в зимний период, доминирующей синоптической ситуацией становится развитие юго-западной периферии мощного антициклона, что фиксируется примерно в половине всех случаев (около 50%). Это свидетельствует о значительном влиянии сильных антициклональных систем, которые формируют устойчивые зоны высокого давления в юго-западной части региона и тем самым создают благоприятный фон для циклональной активности.

Важную роль в подготовке к возникновению ныряющих циклонов играют и другие атмосферные процессы — такие как малоградиентные поля повышенного давления и волновые возмущения на холодном фронте. Каждый из этих факторов наблюдается примерно в четверти случаев (около 25%) и способствует динамическому усилению циклональных возмущений, формируя предпосылки для их появления и продвижения.

Формирование и траектории движения

Ныряющие циклоны, как правило, развиваются в виде серий — один за другим возникают несколько вихрей, что объясняется устойчивой динамической обстановкой в верхних слоях тропосферы. В частности, мощный высотный антициклон, располагающийся над Европейской частью России, взаимодействует с низкоуровневыми атмосферными системами, направляя циклоны на южные широты.

На своём пути к Средней Азии циклоны достигают территорий Западного Казахстана и северных районов Средней Азии, преимущественно смещаясь по восточным направлениям. За проходящим циклонным вихрем обычно формируется высотная ложбина, которая сохраняется несколько суток (от 3 до 5), продолжая влиять на воздушную циркуляцию и погодные условия в регионе.

Локальное формирование и особенности динамики

Кроме циклонов, мигрирующих с севера, ныряющие циклоны способны формироваться и локально. Такие процессы обычно связаны с возникновением волн на холодном фронте или окклюзионных точках, особенно в северной и восточной частях европейской территории России. В таких случаях циклоны движутся на юг или юго-восток, достигая широт

Аральского моря, а затем быстро смещаются в северо-восточном или восточном направлении, охватывая прилегающие территории.

Интенсивность и масштабы воздействия

Большая часть ныряющих циклонов, которые достигают Средней Азии и Казахстана, либо теряют силу, либо сохраняют первоначальный уровень интенсивности без значительных изменений. Углубление циклонов и их усиление по мере движения — явление довольно редкое. Обычно такие циклоны не продвигаются южнее широты около 45° северной широты, что ограничивает их влияние на более южные районы.

Спутниковые данные показывают, что облачные системы ныряющих циклонов часто охватывают южные прибрежные районы Аральского моря и прилегающие области, где формируют значительную облачность и при определённых условиях вызывают выпадение осадков.

Завершение жизненного цикла ныряющих циклонов

Жизненный цикл ныряющих циклонов завершается под воздействием различных синоптических факторов, каждый из которых встречается с приблизительно равной вероятностью — около 20%:

Юго-западная периферия антициклона, которая блокирует развитие циклона и способствует его распаду.

Малоградиентное поле повышенного давления, создающее условия для ослабления и постепенного исчезновения циклональной активности.

Западные или северо-западные вторжения холодных воздушных масс, которые подавляют циклональные процессы, вызывая стабилизацию атмосферы.

Выход южнокаспийского циклона на территорию Средней Азии, что часто приводит к взаимодействию с ныряющим циклоном и его подавлению.

Повторяемость синоптических ситуаций над территорией Средней Азии

Анализ синоптической обстановки над Средней Азией свидетельствует о доминировании определённых типов атмосферных процессов, формирующих характер погоды в регионе. Наибольшая частота наблюдений приходится на антициклональные формы циркуляции, составляющие порядка 30% всех случаев, что указывает на их значительное

влияние на формирование климатических условий. Также достаточно часто фиксируются западные вторжения — их доля достигает примерно 16%, причём они играют важную роль как в холодное, так и в тёплое полугодие, оказывая заметное воздействие на погодную изменчивость.

Сезонная специфика синоптических процессов

В течение холодного полугодия (осень-зима) наиболее вероятны следующие синоптические сценарии:

Прохождение южнокаспийских циклонов — около 8,9% всех наблюдаемых случаев. Эти циклоны приносят значительное количество осадков и часто становятся причиной ухудшения погодных условий.

Формирование обширных, слабо выраженных (малоградиентных) полей повышенного атмосферного давления — 7,7%, что способствует устойчивой, преимущественно ясной погоде.

Северо-западные холодные вторжения — порядка 7,4%, сопровождающиеся понижением температуры воздуха и усилением ветра.

В тёплый сезон (весна-лето) наиболее типичны следующие процессы:

Малоградиентные области пониженного давления — фиксируются в 12,7% случаев. Они ассоциируются с неустойчивой погодой, способной вызвать кратковременные ливни и грозовые явления.

Поля повышенного давления с малым градиентом — наблюдаются в 11,1% ситуаций, способствуя продолжительным периодам жаркой и сухой погоды.

Северо-западные вторжения — частота составляет 10,7%; они вносят освежающие воздушные массы и способствуют временному снижению температуры.

Месячная динамика преобладающих процессов

Характер синоптической обстановки в Средней Азии варьируется в зависимости от времени года:

Апрель: доминирующее влияние оказывают западные вторжения, а также периферийные участки антициклонов, что приводит к частой смене погодных условий.

Лето: возрастает количество случаев формирования малоградиентных пониженных давлений, при этом сохраняется активность западных потоков.

Осень: усиливается влияние антициклональной периферии и западных вторжений. Одновременно увеличивается вероятность поступления холодных воздушных масс с северо-западного направления.

3. Механизмы образования осадков: физические аспекты

Осадки возникают вследствие сложных термодинамических процессов, основным из которых является конденсация водяного пара. При достижении воздушной массой точки росы происходит образование облаков — скоплений микроскопических водяных капель, ледяных кристаллов или их смеси, находящихся в подвешенном состоянии в атмосфере. Эти облачные структуры представляют собой начальную стадию осадкообразования, и именно они играют ключевую роль в регулировании влагооборота и гидрологического режима региона.(см. рисунок 2.1 — схема образования облаков и выпадения осадков).

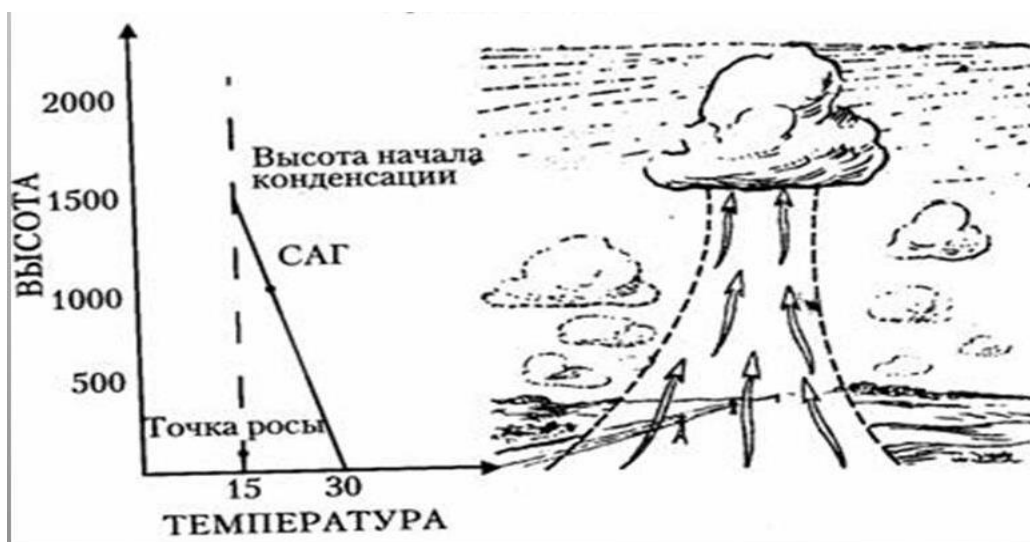


Рисунок 3.1 – Образование облака [11]

Формирование облаков представляет собой результат сложных атмосферных процессов, в основе которых лежит фазовый переход водяного пара. Основные механизмы образования облаков включают конденсацию и сублимацию водяного пара при достижении воздуха состояния насыщения, что, как правило, происходит вследствие увеличения влажности или охлаждения воздушной массы до температуры точки росы.

Среди факторов, способствующих охлаждению воздуха, выделяются:

Восходящие движения воздушных масс (орографический подъём, конвекция, фронтальные процессы), приводящие к адиабатическому охлаждению;

Горизонтальное перемещение холодных воздушных масс (адвекция холода), в результате чего тёплый воздух охлаждается при контакте с более холодной поверхностью или слоями атмосферы;

Излучательное охлаждение воздуха, особенно в ночные часы, а также турбулентный обмен между различными слоями атмосферы.

Эти процессы обуславливают образование различных типов облачности, играющих ключевую роль в формировании осадков.

Классификация и характеристика осадков

Под осадками принято понимать водные частицы в жидком или твёрдом состоянии, выпадающие из облаков и достигающие поверхности Земли либо образующиеся на ней в результате конденсации или замерзания водяного пара.

Основные категории осадков:

Атмосферные осадки, выпадающие из облаков:

жидкие — дождь, морось;

твёрдые — снег, град, ледяной дождь, крупа;

смешанные формы — снег с дождём и пр.

Наземные осадки, образующиеся непосредственно на поверхности:

роса, иней, гололёд.

В ряде случаев осадки испаряются до достижения земной поверхности, что визуально проявляется в виде полос, спускающихся из облаков — так называемых вирг.

Физические параметры осадков

Количественно осадки измеряются по высоте водного слоя (в миллиметрах), который бы образовался на горизонтальной поверхности без учёта испарения и поверхностного стока. Этот показатель отражает суммарный объем выпавшей влаги.

По фазовому состоянию выделяют следующие типы осадков:

Жидкие — дождь, морось;

Твёрдые — снег, град, ледяная крупа;

Смешанные — сочетания твёрдых и жидких форм при переходных температурах.

Механизмы формирования осадков

Процессы образования осадков напрямую зависят от структуры и динамики облаков. На вид и интенсивность осадков влияет вертикальное движение воздуха внутри облака, наличие центров конденсации или кристаллизации, температура и влажность на разных уровнях.

Капли дождя формируются либо в результате таяния кристаллов льда, либо через коалесценцию (слияние) мелких капель в облаках тёплого типа.

Твёрдые осадки (например, снег) возникают благодаря кристаллизации водяного пара на ядрах замерзания, с последующим ростом кристаллов и их агрегацией.

Типы облаков и их связь с осадками

Связь между типом облаков и характером осадков чётко выражена:

Слоистые облака (Stratus, Nimbostratus) — ассоциируются с обложными, умеренными или слабыми по интенсивности осадками, продолжительными по времени;

Кучево-дождевые облака (Cumulonimbus) — порождают кратковременные, но интенсивные ливневые осадки, часто сопровождаемые грозами, шквалами, а иногда и градом.

Интенсивность осадков

Интенсивность выпадения осадков варьируется в зависимости от атмосферных условий и классифицируется следующим образом:

Морось — менее 0,6 мм в час;

Обложные осадки — от 0,6 до 3,0 мм/ч;

Ливневые осадки — более 3,0 мм/ч.

3.1 Синоптические условия выпадения осадков в Кыргызстане

Гидрометеорологические особенности Кыргызстана формируются под влиянием как крупномасштабных атмосферных процессов, так и локальных горно-климатических факторов, связанных с рельефом Тянь-Шаня.

Наиболее значимые источники влаги:

Западные и северо-западные циклоны, поступающие с территории Европы и Средиземноморья. Их влияние наиболее выражено в весенне-

осенний период и охватывает преимущественно западные и северные регионы страны.

Зимние антициклоны, формирующиеся над Казахстаном и Западной Сибирью. Несмотря на свою устойчивость, они создают барические градиенты, способствующие притоку влаги и выпадению осадков, особенно в горных районах.

Весенне-летняя конвекция, развивающаяся в результате подъёма тёплого и влажного воздуха с южных территорий (Ферганская долина, Таджикистан). При подъёме над горами Тянь-Шаня происходит адиабатическое охлаждение, способствующее интенсивным ливням и грозам.

Особенно важную роль в формировании осадков играет орографический фактор — наличие высоких гор, таких как Тянь-Шань, вызывает подъём воздушных масс, усиливая процессы облакообразования и увеличивая количество осадков в горной местности, особенно в весенне-летний период.

Также стоит отметить влияние остатков муссонной циркуляции и южных циклонов в летние месяцы. Влажные воздушные массы с Индийского субконтинента могут достигать южных и юго-восточных регионов Кыргызстана (Ошская и Джалал-Абадская области), вызывая значительные осадки в данных районах.

Таким образом, синоптические условия Кыргызстана представляют собой уникальное сочетание среднеширотных барических процессов и орографически обусловленных локальных климатических явлений, что формирует сложную структуру пространственно-временного распределения осадков по территории страны.

Для количественной оценки повторяемости указанных атмосферных процессов приводятся соответствующие статистические данные (см. таблицу 3.2).

Таблица 3.2 - Повторяемость атмосферных процессов, определяющих выпадение осадков в Кыргызстане

Случаи	Весна		Лето		Осень		Зима	
	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%	число случаев	%
З-СЗ	620	62	200	20	620	62	700	70
Конвективные процессы	220	21	450	45	180	18	70	7
Орографический эффект	720	70	720	72	750	75	760	76
Муссонные влияния	50	5	150	15	20	2	0	0

Анализ таблицы даёт основания для следующих выводов:

В течение последних десяти лет на территории Кыргызстана проведён комплексный и детальный анализ большого массива метеорологических данных, собранных с сети метеорологических станций и автоматизированных сенсорных систем, распределённых по различным регионам страны и сезонам года. Целью исследования являлось выявление характерных закономерностей выпадения осадков, их типологических особенностей и интенсивности, а также установление ключевых факторов и метеоусловий, оказывающих влияние на процессы осадкообразования. В частности, внимание уделялось анализу роли циклонов различных масштабов, конвективных явлений, влияния орографического рельефа и сезонной активности муссонных потоков.

Основные источники осадков в Кыргызстане

Результаты исследования демонстрируют, что доминирующей причиной формирования осадков в течение года являются западные и северо-западные циклоны. Их влияние особенно заметно в весенние, осенние и зимние месяцы. Согласно статистическим данным, эти атмосферные образования обеспечивают от 58% до 70% от общего объёма выпадающих осадков на территории страны. Это подчёркивает их ключевую роль в формировании гидрометеорологических условий региона.

В летние месяцы доля осадков, обусловленных конвективными процессами, значительно возрастает и составляет порядка 45%. Помимо этого, важную, хотя и менее значимую, роль играют муссонные воздушные массы, приносящие около 15% от общего количества осадков в этот период. Несмотря на локальное усиление, вклад муссонов в общий годовой водный баланс Кыргызстана остаётся сравнительно незначительным.

Влияние орографического фактора

Особое значение в формировании осадков приобретает орографический эффект, который проявляется во всех сезонах и становится определяющим в горных регионах страны. Анализ данных показывает, что 70–76% случаев выпадения осадков в горных зонах связаны с подъёмом влажных воздушных масс над сложным рельефом Тянь-Шаня и последующим адиабатическим охлаждением воздуха, что способствует конденсации влаги и образованию осадков.

Роль муссонов в климате Кыргызстана

Муссонные процессы в Кыргызстане характеризуются как умеренно выраженные. Наибольшая активность муссонов наблюдается в летний период, когда их вклад в осадки достигает примерно 15%. В остальные сезоны доля муссонных осадков значительно снижается и варьируется в пределах от 0 до 5%. Таким образом, муссонная циркуляция не является доминирующим фактором, но оказывает локальное влияние на летний режим осадков, преимущественно в южных и юго-восточных районах страны.

Ключевые выводы

На основании проведённого анализа можно заключить, что:

Западные и северо-западные циклоны формируют основную структуру и режим осадков на территории Кыргызстана в течение года;

Орографический рельеф значительно усиливает процессы подъёма и охлаждения воздуха, что способствует формированию значительного объёма осадков, особенно в горных районах;

Влияние муссонов, хотя и заметно в летние месяцы, остаётся вспомогательным и не влияет существенно на годовой баланс осадков.

3.2 Распределение атмосферных осадков по территории Кыргызстана

Первоначальным этапом исследования стала систематизация и формирование обширного архива метеорологических данных. Основным источником информации стал интернет-ресурс www.rp5.ru, предоставляющий актуальные и архивные данные по метеостанциям, прогнозам погоды, климатическому мониторингу, а также исторические записи и летописи погодных условий.

Для анализа были отобраны данные с 26 метеорологических станций, охватывающих различные климатические зоны Кыргызстана, с периодом наблюдений с 2005 по 2024 год (подробнее см. таблицу 4.1). Этот массив данных позволил провести пространственный и временной анализ распределения осадков, выявить закономерности и региональные особенности.

Таблица 4.1 – Список метеостанций на территории Кыргызстана

N	Код	Название	Широта	Долгота	Высота	Период наблюдений
1	36911	Токмак	42.49	75.18	816	01.02.2005 - 31.12.2024
2	36914	Ысык-Ата	42.44	75.01	1032	01.02.2005 - 31.12.2024
3	36927	Балыкчы	42.28	76.11	1660	01.02.2005 - 31.12.2024
4	36934	Чолпон-Ата	42.38	72.04	1616	01.02.2005 - 31.12.2024
5	36944	Кызыл-Суу	42.21	78.02	1763	01.02.2005 - 31.12.2024
6	36963	Долон	41.8	75.8	3040	28.03.2018 - 31.12.2024
7	36974	Нарын	41.26	75.59	2040	01.02.2005 - 31.12.2024
8	36982	Тянь-Шань	41.54	78.15	3675	01.02.2005 - 31.12.2024
9	38228	Жаны-Жер	43.07	74.24	600	01.02.2005 - 31.12.2024
10	38342	Кызыл-Адыр	42.39	71.38	924	01.02.2005 - 31.12.2024
11	38345	Талас	42.31	71.54	1107	01.02.2005 - 31.12.2024
12	38349	Ит-Агар	42.1	72.54	1977	01.02.2005 - 31.12.2024
13	38353	Бишкек	42.51	74.32	760	01.02.2005 - 31.12.2024
14	38358	Суусамыр	42.09	74.01	2088	01.02.2005 - 31.12.2024
15	38359	Тео-Ашуу	42.2	73.49	3278	01.02.2005 - 31.12.2024
16	38471	Чаткал	41.54	71.19	1937	01.02.2005 - 31.12.2024
17	38472	Пача-Ата	41.35	71.4	1537	01.02.2005 - 31.12.2024
18	38473	Токтогул	41.52	72.56	983	01.02.2005 - 31.12.2024
19	38476	Ак-Терек	41.17	72.5	1748	01.02.2005 - 31.12.2024
20	38482	Чаяк	41.55	74.3	1658	01.02.2005 - 31.12.2024
21	38610	Ноокат	40.16	72.39	1325	01.02.2005 - 13.12.2023
22	38613	Жалал-Абад	41.09	73.12	764	01.02.2005 - 31.12.2024
23	38616	Кара-Суу	40.42	72.54	864	01.02.2005 - 31.12.2024
24	38621	Узген	40.46	73.18	1012	01.02.2005 - 31.12.2024
25	38871	Сары-Таш	39.43	73.15	3159	01.02.2005 - 31.12.2024
26	UCFO	Аэропорт Ош	40.61	72.79	892	20.08.2016 - 31.12.2024

Затем в программе QGIS было построена географическое расположение метеостанций по территории (Рисунок 4.2)



Рис. 4.2 – Карта сети метеостанций Кыргызстана

После формирования архива была составлена таблица с данными по осадкам. На основе этих данных в программе QGIS построена карта среднегодового распределения осадков по территории исследования (см. Таблицу 4.2 и Рисунок 4.3).

Таблица 4.2 – Список метеостанций на территории Кыргызстана и среднегодовое распределение осадков (мм)

N	Код	Название	Широта	Долгота	Среднегодовая сумма осадков
1	36911	Токмак	42.49	75.18	208.2
2	36914	Ысык-Ата	42.44	75.01	64.2
3	36927	Балыкчы	42.28	76.11	238.2
4	36934	Чолпон-Ата	42.38	72.04	38.3
5	36944	Кызыл-Суу	42.21	78.02	79.9
6	36974	Нарын	41.26	75.59	330.1
7	36982	Тянь-Шань	41.54	78.15	351.2
8	38228	Жаны-Жер	43.07	74.24	124.6
9	38342	Кызыл-Адыр	42.39	71.38	73.9
10	38345	Талас	42.31	71.54	291.2
11	38349	Ит-Агар	42.1	72.54	314.9
12	38353	Бишкек	42.51	74.32	418.2
13	38358	Суусамыр	42.09	74.01	139.3

14	38359	Тео-Ашуу	42.2	73.49	379.9
15	38472	Пача-Ата	41.35	71.4	340.5
16	38473	Токтогул	41.52	72.56	182.7
17	38476	Ак-Терек	41.17	72.5	477.3
18	38613	Жалал-Абад	41.09	73.12	322.5
19	38616	Кара-Суу	40.42	72.54	357.0
20	38621	Узген	40.46	73.18	331.9
21	38871	Сары-Таш	39.43	73.15	169.5

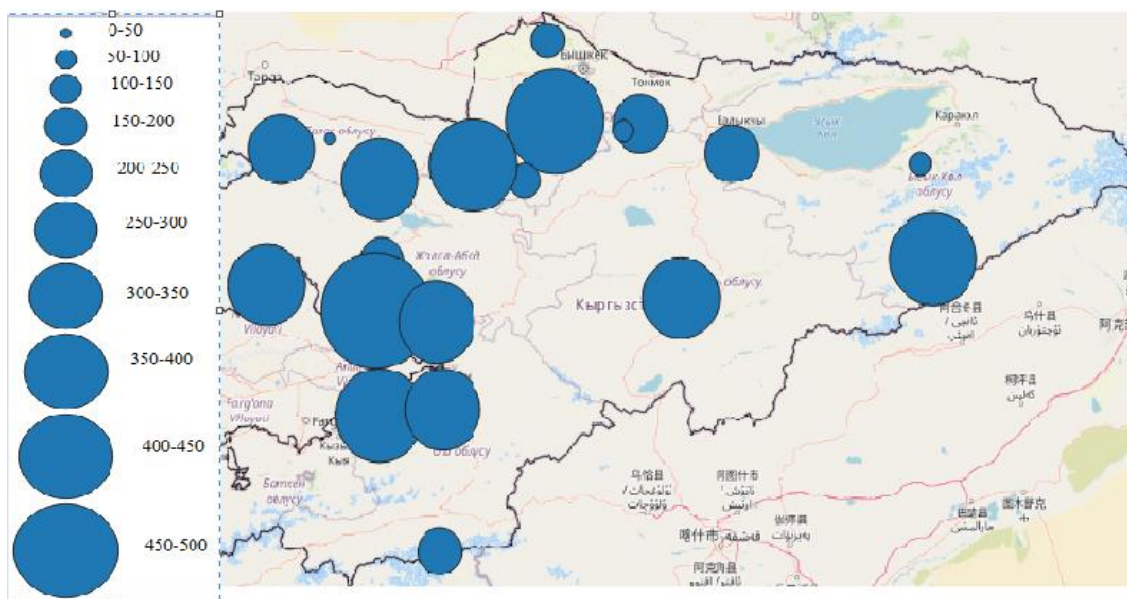


Рис. 4.3 – Среднегодовое распределение осадков по Кыргызстану

Из анализа карты (Рисунок 4.3) видно, что осадки в Кыргызстане распределены по территории неравномерно и варьируются от 0 до 500 мм в год. Основные факторы, влияющие на распределение осадков — это рельеф, высота над уровнем моря и направление воздушных потоков.

На юго-западе страны выпадает наибольшее количество осадков — от 300 до 450 мм в год. Это обусловлено горным рельефом и прохождением влажных воздушных масс. Максимальные значения осадков зафиксированы в горах Тянь-Шаня, особенно на северных склонах, где они достигают 450–500 мм в год благодаря выраженному орографическому эффекту. Следует отметить, что в верховьях гор осадки часто выпадают в виде снега.

В равнинных и предгорных районах количество осадков значительно ниже — от 0 до 400 мм в год, что связано с более сухим климатом и влиянием пустынных и континентальных воздушных масс.

Далее рассмотрено сезонное распределение осадков (см. Рисунки 4.4, 4.5, 4.6 и 4.7).

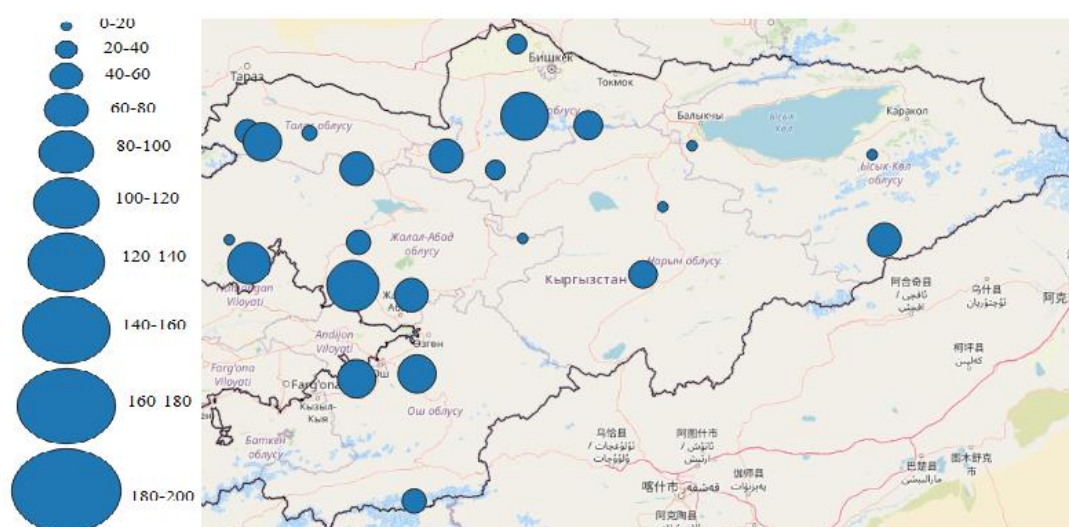


Рис. 4.4 –Распределение осадков по Кыргызстану за весну

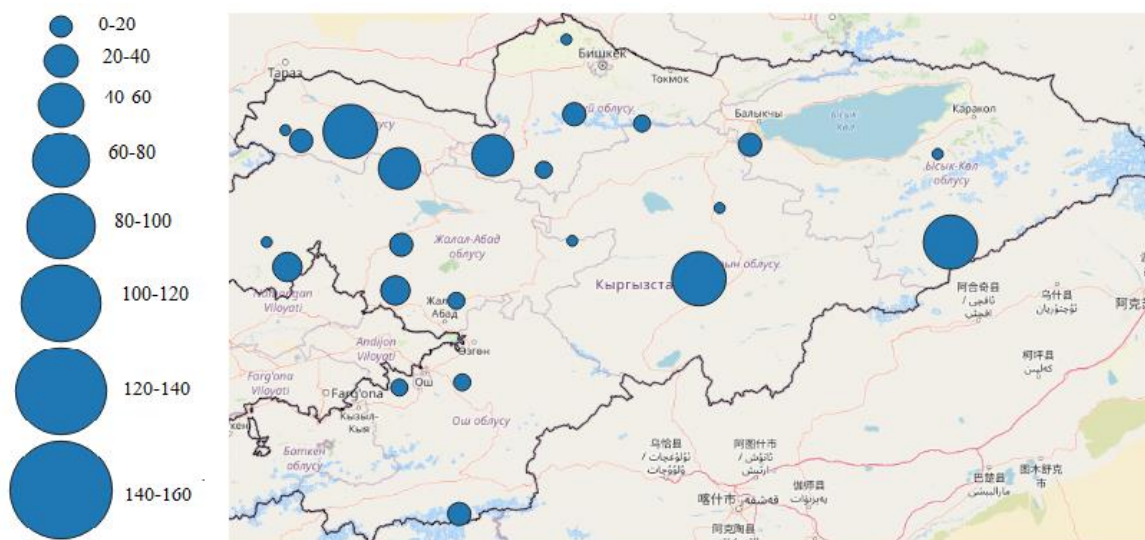


Рис. 4.5 –Распределение осадков по Кыргызстану за лето

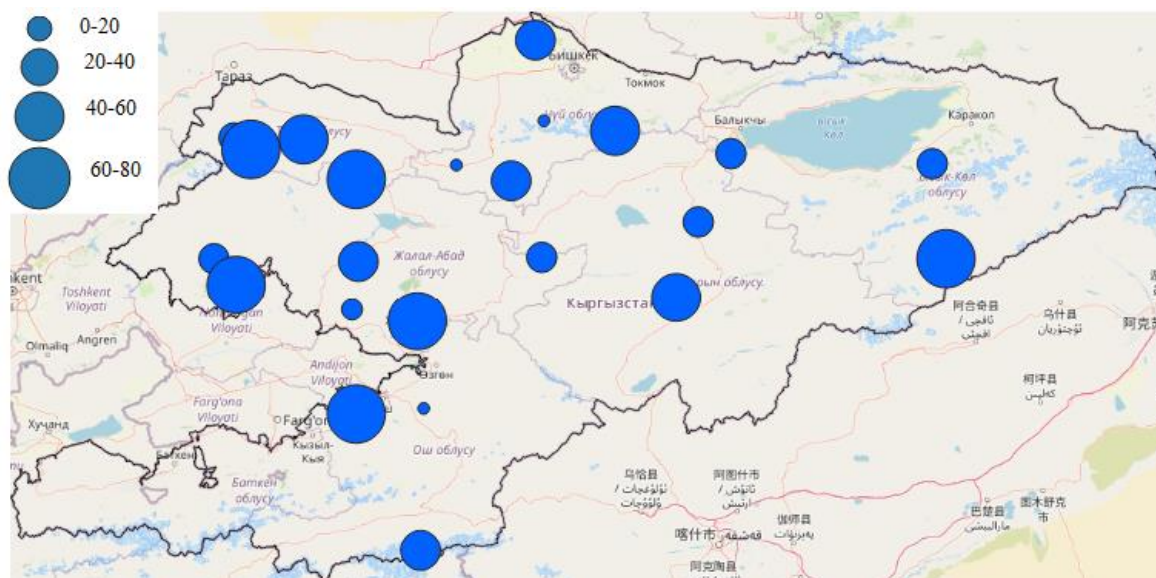


Рис. 4.6 –Распределение осадков по Кыргызстану за осень

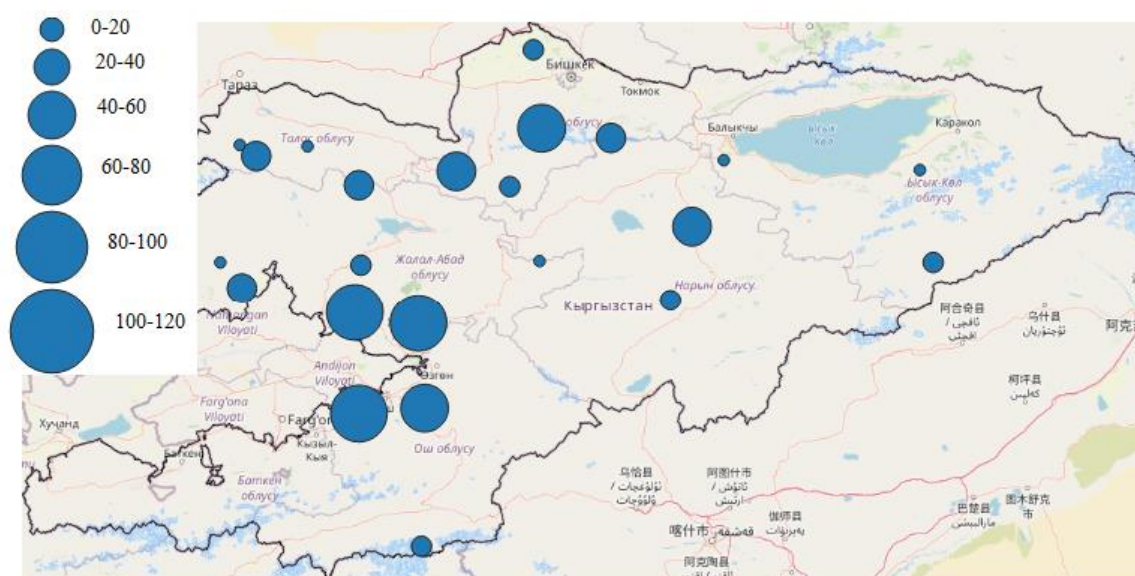


Рис. 4.7–Распределение осадков по Кыргызстану за весну

Выводы:

Весенний период:

Максимальный уровень осадков в Кыргызстане наблюдается именно весной. В западных, северных и центральных регионах количество осадков достигает 150–200 мм. Восточные районы получают меньше, но также значительные осадки — около 80–120 мм. Весна характеризуется активным

таянием снега и формированием водных ресурсов, что особенно важно для сельского хозяйства и экосистем региона.

Летний период:

Летом наблюдается снижение осадков. Максимальные их значения — от 140 до 160 мм — отмечаются в северо-западной и центральной частях страны, где летние дожди наиболее интенсивны благодаря влиянию влажных воздушных масс и атмосферных фронтов. В южных и восточных районах количество осадков ниже — от 80 до 120 мм, что связано с меньшей влажностью и сниженной облачностью. Таким образом, летом распределение осадков неравномерное: максимум до 160 мм в северо-западной зоне и постепенное уменьшение к югу и востоку.

Осенний период:

Осенью количество осадков существенно уменьшается и составляет 40–80 мм преимущественно в западных и северных областях. Восточные и юго-восточные регионы остаются относительно сухими — 20–40 мм. Осень является переходным сезоном, подготавливающим почву к зимним осадкам.

Зимний период:

Зимой осадки менее интенсивны, чем весной и летом, но всё ещё значительны — 60–120 мм в западных и центральных районах. Восточные и юго-восточные области получают около 30–50 мм. В зимний период осадки в основном выпадают в виде снега, способствуя накоплению снежного покрова в горных районах.

Таким образом, весна является сезоном с максимальным количеством осадков (до 200 мм), особенно в западных и центральных областях Кыргызстана. Осень — самый сухой сезон с минимальными осадками. Лето и зима приносят умеренные количества осадков. Такая сезонная динамика существенно влияет на сельское хозяйство, водоснабжение и природные экосистемы региона.

3.3 Годовой ход и максимум осадков

В рамках исследования проведён анализ многолетнего режима осадков на территории Кыргызстана по суточным данным за период 2005–2024 гг.

Месячные значения осадков представлены на графиках (Рисунки 4.8, 4.9, 4.10, 4.11), что позволяет проследить годовой ход и определить месяцы с максимальными осадками.

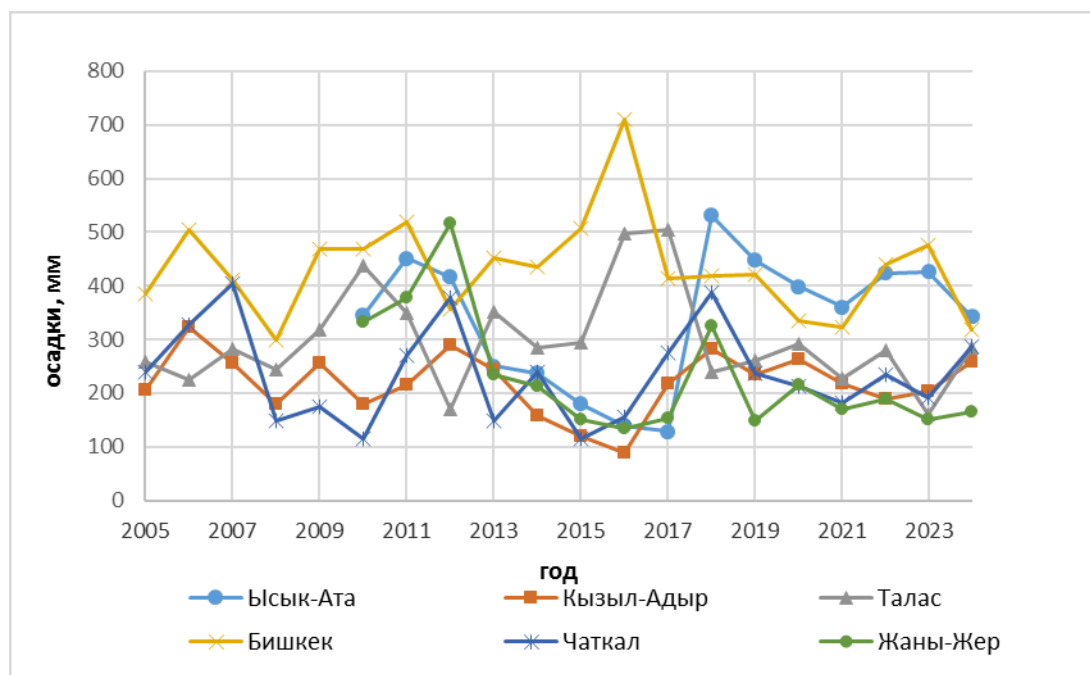


Рисунок 4.8 – Годовой ход количества осадков на станциях расположенных на северной части Кыргызстана.

Анализ графика на рисунке 4.8 показывает, что на метеостанциях, расположенных в северной части Кыргызстана, максимальные осадки выпадают преимущественно в весенне-осенний периоды. Это связано с активным прохождением атлантических и средиземноморских циклонов, которые приносят влажные воздушные массы.

Так, например, в Бишкеке в 2016 году годовое количество осадков достигло максимума около 700 мм, тогда как в засушливые годы, такие как 2013 и 2018, осадки снижались до примерно 100 мм. В Таласе наблюдаются похожие тенденции: в благоприятные годы количество осадков превышает 500 мм, а в минимальные — составляет около 250 мм.

Низкие значения осадков в отдельные годы обусловлены устойчивыми антициклонами, которые блокируют поступление влажных масс воздуха. В 2013 и 2018 годах годовая сумма осадков в ряде районов оказалась на 30–50% ниже средних многолетних показателей, что свидетельствует о влиянии продолжительных засушливых периодов.

Региональные различия в уровне осадков связаны с особенностями рельефа. Например, район Бишкека получает значительно больше осадков (около 500–700 мм в благоприятные годы) благодаря орографическому подъему воздуха. В то же время, районы Чаткала и Жаны-Жера характеризуются меньшим годовым количеством осадков — менее 400 мм, особенно в периоды засухи.

Таким образом, годовой ход осадков — с изменениями от максимумов около 700 мм до минимумов порядка 250–300 мм — тесно связан с динамикой циклонов и антициклонов, рельефными особенностями и глобальными климатическими процессами, формирующими синоптический режим Кыргызстана.

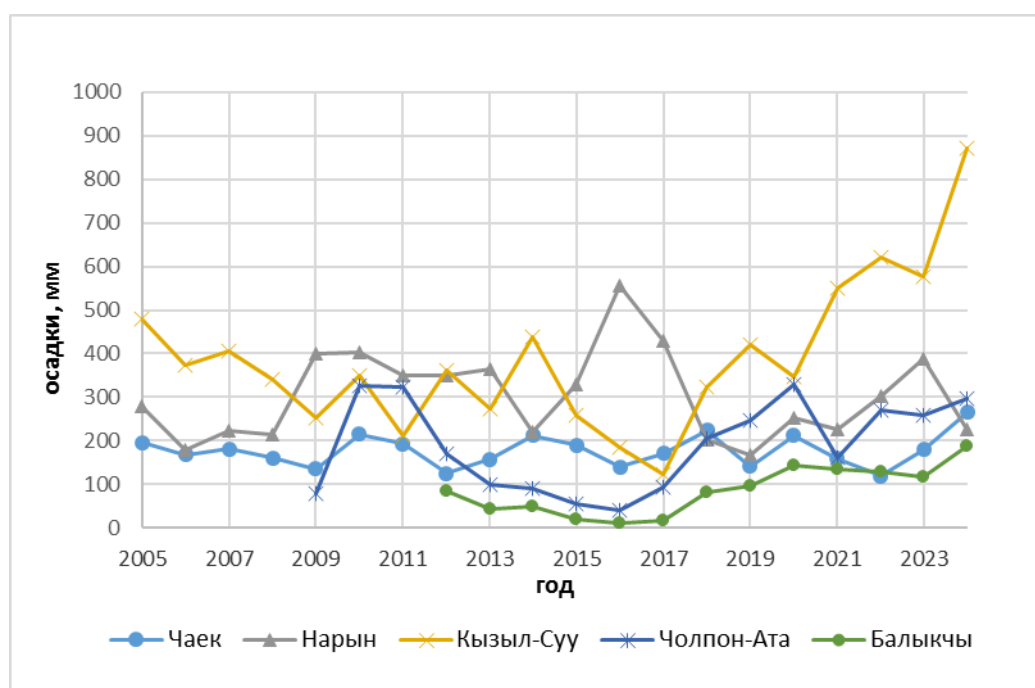


Рисунок 4.9 – Годовой ход количества осадков на станциях расположенных на востоке и юго-востоке Кыргызстана.

На метеостанциях, расположенных на востоке и юго-востоке Кыргызстана, наблюдается значительная вариабельность годового количества осадков. Так, станция Кызыл-Суу демонстрирует самые высокие значения осадков с максимальным пиком 880 мм, зарегистрированным в 2024 году, и минимальным уровнем около 140 мм в 2015 году.

В Нарыне средние значения осадков варьируются от минимума около 150 мм (2015 год) до максимума порядка 580 мм, зафиксированного в 2016 году. Более стабильные и относительно низкие показатели наблюдаются в районах Чаек, Чолпон-Ата и Балыкчы, где годовые осадки колеблются от 100–200 мм в минимальные годы до 300–350 мм в максимальные.

Особое внимание заслуживает резкий подъём осадков в Кызыл-Суу в 2023–2024 годах, что может свидетельствовать о возрастании активности влажных атмосферных процессов и изменениях в синоптической обстановке с усилением притока влаги.

Общий минимум осадков в 2015 году был отмечен практически во всех регионах, что указывает на влияние мощного антициклона и длительного засушливого периода. В 2016 году в Нарыне и Кызыл-Суу наблюдался значительный максимум осадков (580 мм и 400 мм соответственно), связанный с активностью циклонов, принесших повышенную влажность.

Высокий уровень влажности в Кызыл-Суу объясняется выраженным орографическим эффектом, обусловленным его расположением на пути прохождения влажных воздушных масс с западных и юго-западных направлений. В то же время Нарын и другие районы с меньшими осадками находятся в теневых зонах рельефа, где осадки ограничены горными рубежами и менее частым влиянием циклонов.

Таким образом, минимумы осадков 2015 года связаны с устойчивыми антициклонами, препятствующими образованию облаков и выпадению осадков.

Максимумы осадков по станциям:

Кызыл-Суу — до 880 мм (2024)

Нарын — около 580 мм (2016)

Остальные районы — около 350 мм (в отдельные годы)

Минимумы осадков по станциям:

Кызыл-Суу — примерно 140 мм (2015)

Нарын, Чаек, Чолпон-Ата, Балыкчы — около 100–150 мм (2015)

.

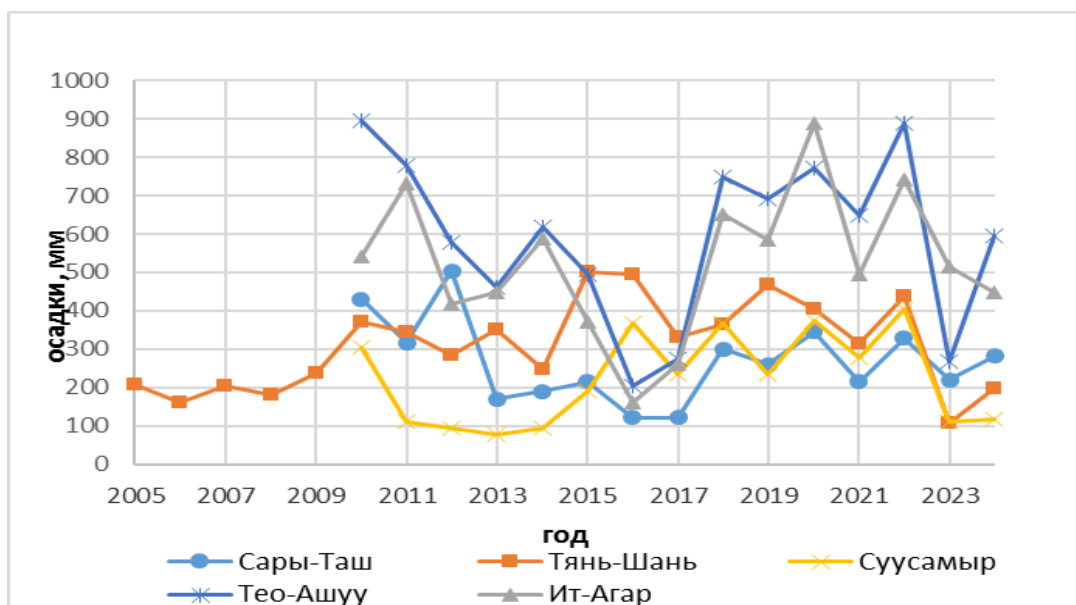


Рисунок 4.11 – Годовой ход количества осадков на высокогорных станциях Кыргызстана.

На высокогорных метеостанциях наблюдается выраженная неоднородность в распределении осадков. Станции Тео-Ашуу и Ит-Агар характеризуются самыми высокими значениями осадков, которые часто превышают 600–900 мм, особенно в 2010, 2019 и 2021 годах. Это связано с активной циклонной деятельностью, приносящей сильные дожди и обильные влажные воздушные массы.

В то же время станция Тянь-Шань демонстрирует средние значения осадков в пределах 300–500 мм с плавными колебаниями. Особо выделяются 2019 и 2021 годы, когда наблюдался заметный рост осадков.

На станции Сар-Таш годовые значения осадков варьируются от 200 до 500 мм, при этом в 2016–2017 годах отмечается спад количества осадков, однако в целом показатели остаются относительно стабильными.

Суусамыр выделяется значительно более низкими значениями осадков — около 100–300 мм с минимумом в 2011 году. Эта станция демонстрирует самый низкий уровень осадков среди рассмотренных, что может указывать на влияние сухих периодов и особенности рельефа, ограничивающие поступление влажных воздушных масс.

Значительные пики осадков в 2010–2011 и 2019–2021 годах на Тео-Ашуу и Ит-Агар обусловлены усиленной циклонной активностью и выраженным орографическим подъёмом влажных воздушных масс в этих регионах.

Для большинства высокогорных пунктов наблюдается типичная для горных территорий периодичность колебаний осадков, связанная с переменной интенсивностью циклонов.

Таким образом, высокие максимумы осадков на станциях Тео-Ашуу и Ит-Агар объясняются влиянием орографического эффекта, тогда как Тянь-Шань и Сар-Таш демонстрируют более умеренные показатели, обусловленные местными горными условиями и менее частыми циклонами.

Суусамыр характеризуется более засушливым климатом.

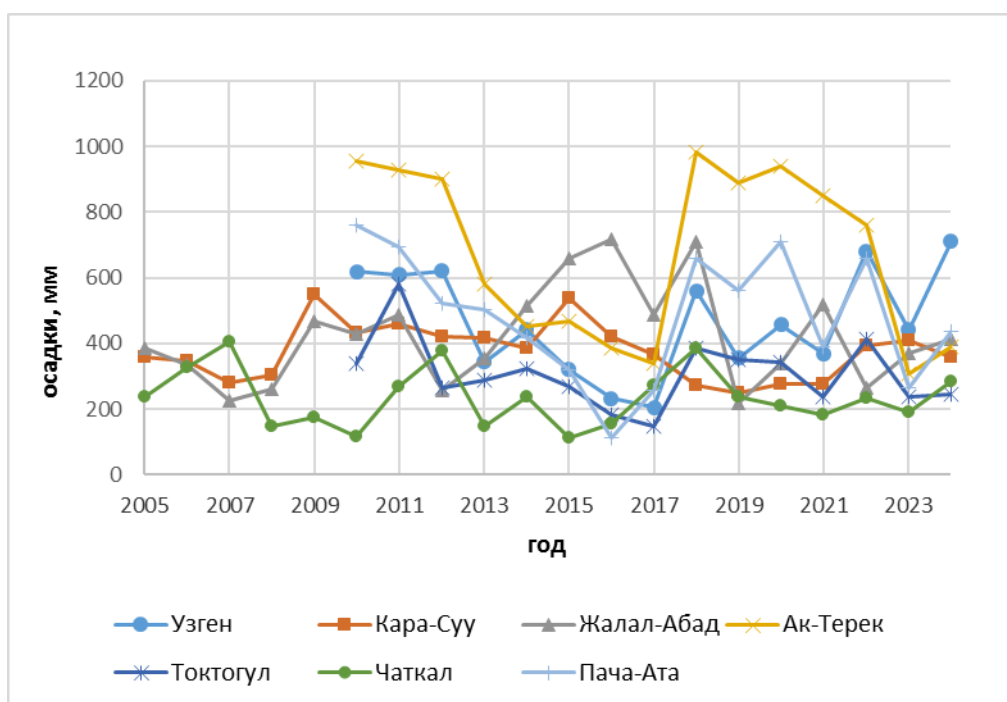


Рисунок 4.12 – Годовой ход количества осадков на станциях расположенных на западе и юго-западе Кыргызстана.

Анализ осадков на западных и юго-западных метеостанциях

На западе и юго-западе Кыргызстана наблюдается значительная неоднородность в распределении осадков. Годовое количество осадков варьируется от примерно 100 мм до максимальных значений около 1000 мм в зависимости от станции и года.

Каждая метеостанция характеризуется своей динамикой осадков с выраженными максимумами и минимумами, что объясняется влиянием циклонов, антициклонов, барических систем, а также особенностями горного климата региона.

Ак-Терек демонстрирует самые высокие значения осадков, с максимумами порядка 950–1000 мм, зафиксированными в 2010, 2018 и 2019 годах. Эти максимумы связаны с усилением муссонного и атлантического влияния, а также с активизацией южных циклонов, что приводит к интенсивным осадкам в горных районах.

В Жалал-Абаде максимальные осадки достигают 600–700 мм, с пиком в 2016 году (около 700 мм). Такая динамика обусловлена формированием активных циклонов и южных фронтов, способствующих обильным дождям.

Узген и Пача-Ата показывают максимумы около 700 мм — например, Узген в 2023 году и Пача-Ата в 2019–2021 годах. Это связано с продолжительными сезонными дождями и влиянием атлантических воздушных масс.

Станция Чаткал стабильно фиксирует наименьшее количество осадков — от 100 до 400 мм, с минимумами в 2009 и 2015 годах (около 150 мм). Низкие показатели объясняются частым влиянием антициклонов, вызывающих длительные засушливые периоды.

На Токтогуле наблюдаются минимальные значения осадков около 150–200 мм, например в 2014 и 2016 годах.

Общий минимум осадков в регионе приходится на период с 2014 по 2016 год, что связано с устойчивыми антициклональными условиями и снижением влажности воздуха по всей территории.

Заключение

В ходе выполнения магистерского исследования были успешно достигнуты все поставленные цели и решены ключевые задачи, направленные на комплексный анализ режима осадков на территории Кыргызстана. Проведённый анализ продемонстрировал значительную пространственную и сезонную неоднородность выпадения осадков, которая обусловлена сложным и разнообразным рельефом страны, а также многообразием атмосферных процессов, влияющих на гидрометеорологическую обстановку.

Особое значение в формировании распределения осадков приобретают горные массивы, которые выполняют роль естественных барьеров для переносимых воздушных масс. Это приводит к формированию чётко выраженных зон с повышенным уровнем осадков на наветренных склонах и пониженным — на подветренных, создавая сложную мозаичную картину гидрометеорологических условий. Сезонная динамика осадков проявляется в выраженном весенне-летнем максимуме, обусловленном активностью конвективных и циклональных процессов, и зимнем минимуме, связанного с доминированием антициклональных условий.

Полученные в рамках исследования результаты подчёркивают важность учёта особенностей и вариабельности режима осадков при планировании и управлении водными ресурсами, развитии сельскохозяйственного сектора, а также в вопросах оценки и снижения природных рисков, связанных с экстремальными метеоусловиями. Выявленные тенденции и сезонные аномалии свидетельствуют о необходимости организации постоянного мониторинга климатических параметров и проведения адаптивных мероприятий для смягчения последствий возможных изменений климата. Это позволит повысить устойчивость экосистем и социально-экономическую стабильность регионов страны.

В целом, проведённое исследование способствует формированию комплексного и целостного понимания гидрометеорологических особенностей Кыргызстана, что является важной научной базой для разработки эффективных стратегий рационального использования

природных ресурсов и обеспечения устойчивого развития региона в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

1. Синоптические процессы Средней Азии / Бугаев В.А., Джорджио В.А., Козик Е.М., Петросянц М.А., Пшеничный А.Я., Романов Н.Н., Чернышева О.Н. / Под ред. Т.А. Сарымсгова, В.А. Бугаева, В.А. Джорджио, М.А. Петросянца, О.Н. Чернышевой. - Ташкент: АН Уз. - 1957. - 477 с.
2. Бугаев В.А. Исследования по динамической климатологии Средней Азии. Автореферат дис. д-ра геогр. наук. - М.: Гидрометеиздат, 1961. -95 с.
3. <https://asdisel.ru/wp-content/uploads/f/7/3/f73e116595f1cb80679e439e3bdf51d3.jpeg>
4. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч.3. Вып. 3. Атмосферные процессы Средней Азии, Казахстана и Западной Сибири / Под ред. Л.В. Томашевич. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. - 275 с.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч.2. Вып. 3. Средняя Азия / Под ред. С.И. Инагамовой, Т.А. Войновой, Э.С. Казарянц. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 322 с.
6. Бугаев В.А., Джорджио В.А. Условия синоптической работы летом на Памиро-Алае // Тр. ТГО. - 1956. - Вып. 12 (13). - С. 112-121.
7. Алексеева Л.И. Нарушения индийского муссона в системе общей циркуляции атмосферы. Автореферат дис. канд. геогр. наук. - М.: МГУ, 1987. - 25 с.
8. https://fedoroff.net/load/maps/karta/podrobnaja_karta_kirgizii
9. Горячев А.М., Ляпина Б.Л. Высотные циклоны над Средней Азией / Под ред. Ю.Н. Оголь. - Ташкент: САНИГМИ, 1996. - 130 с.
10. https://sputnik.kg/img/103776/26/1037762610_
11. Методическое письмо: Условия выхода южнокаспийских и мургабских циклонов в Среднюю Азию и выпадения обильных осадков при этих процессах / Сост. Э.С. Казарянц, С.М. Набиева. - Ташкент: САНИИ, 1980. - 74 с.
12. Петросянц М.А. Исследования влияний орографии на синоптические процессы и некоторые вопросы циклонической деятельности. Автореферат дис. д-ра геогр. наук. - М., 1965. - 29 с.
13. Britannica (Encyclopedia Britannica) — раздел о Кыргызстане
14. Иванов И. П. География Кыргызстана. — Бишкек, 2020

15. - Абдрахманов С.Э. "Физическая география Кыргызстана". — Бишкек, 2009. Географический атлас Кыргызстана. — Бишкек, 2015. Физическая география Кыргызстана" под редакцией С.Э. Абдрахманова (Бишкек, 2009)
16. https://rp5.ru/Погода_в_Киргизии
17. https://avatars.dzeninfra.ru/get-doc/1066925/pub_6202b8b0643b5a7259546b08_6219201e66f3362444967920/scale_1200
18. Афромеева, И.А. Методика косвенного расчета продолжительности осадков // Труды ГГО. - 1969. - Вып. 247. - С. 115-121.
19. Баранов, А.М., Солонин, С.В. Авиационная метеорология. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 324 с.