

СПАСАЯ
ЖИЗНИ
МЕНЯ
СУДЬБЫ



Всемирная
Продовольственная
Программа

Проект
**ВСЕМИРНОЙ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
ПРОГРАММЫ** **ОРГАНИЗАЦИИ
ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ (ВПП ООН)**
**С ЗЕЛЕНЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ
ФОНДОМ (ЗКФ)**

"Расширение возможностей уязвимых сообществ с низким уровнем продовольственной безопасности через климатическое обслуживание и диверсификацию чувствительных к климату средств к существованию в Кыргызской Республике"

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

**в Араванском, Баткенском, Кадамжайском, Лейлекском,
Ноокатском, а также в Ак-Талинском, Жумгалском и
Нарынском районах**

*на основе профилирования климатических рисков на местном
(районном) уровне*

Публикация предназначена для самого широкого круга заинтересованных сторон, представителей органов государственной власти, органов местного самоуправления, международных и неправительственных организаций, местных сообществ и гражданского общества.

Мнения, выраженные в этой публикации, принадлежат авторам и не обязательно отражают точку зрения ВПП ООН. Используемые обозначения и представление материалов в публикации не подразумевают выражения какого-либо мнения со стороны ВПП ООН относительно правового статуса какой-либо страны, территории, города или района или его властей, или относительно его рубежей или границ.

ВПП ООН приветствует использование, тиражирование и распространение материалов, содержащихся в этой публикации.

Если не указано иное, материалы, содержащиеся в данной публикации, разрешается копировать, скачивать и распечатывать для целей изучения, научных исследований, обучения, повышения осведомленности, либо для использования в некоммерческих продуктах или услугах при условии, что ВПП ООН будет надлежащим образом указана в качестве источника и обладателя авторского права, и что при этом никоим образом не предполагается, что ВПП ООН одобряет мнения, продукты или услуги пользователей.

Оглавление

Сокращения	4
ВВЕДЕНИЕ	5
1. Современные климатические условия	8
1.1. Климатические пояса пилотных районов по Кеппену-Гейгеру	8
1.2. Климатическая характеристика пилотных районов по данным метеорологических пунктов наблюдений	9
1.3. Агрометеорологическая характеристика	11
1.4. Режим залегания снежного покрова на МС Нарын и Чаек	14
2. Наблюдаемое изменение климата	15
2.1. Температура воздуха	15
2.1.1 Климатические индексы	18
2.1.2 Опасные температурные показатели	20
2.1.3 Агрометеорологические показатели	23
2.1.4 Весенние заморозки	26
2.2. Атмосферные осадки	28
2.3. Засуха	31
2.4. Снежный покров	35
3. Прогноз изменения климата на 2020-2040 гг.	36
3.1. Температура воздуха	36
3.1.1. Агрометеорологические показатели	38
3.2. Атмосферные осадки	40
3.3. Засуха	42

Сокращения

CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data / Инфракрасные осадки группы климатических опасностей с данными станций
ECMWF ERA5	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts European Reanalysis version 5 / Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды, версия 5 Европейского анализа
SPEI / СИОЭ	Standardised Precipitation Evapotranspiration Index / стандартизованный индекс осадков и эвапотранспирации
АМП	Агрометеорологический пост
ВПП ООН	Всемирная Продовольственная Программа Организации Объединенных Наций
ВП	Вегетационный период
ЗКФ	Зеленый климатический фонд
КЛТ	Коэффициент линейного тренда
МС	Метеорологическая станция
МЧС	Министерство чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики
НСК	Национальный статистический комитет Кыргызской Республики
ОМСУ	Органы местного самоуправления
САТ	Сумма активных температур
ПЭТ	Потенциальная эвапотранспирации
УСП	Устойчивый снежный покров
ЧС	Чрезвычайная\ые ситуация\ии

ВВЕДЕНИЕ

Изменение климата представляет собой одну из самых серьезных угроз для сельского хозяйства и продовольственной безопасности в Кыргызстане. Одними из наиболее уязвимых районов Кыргызстана к изменению климата являются районы Нарынской области и юга страны, в том числе по причине сложных физико-географических и климатических условий. Эти районы, обладая уникальными агроклиматическими условиями, уже сталкиваются с последствиями глобального потепления, что приводит к значительным изменениям в режиме температуры и осадков.

В данном аналитическом документе подробно рассмотрены современные агроклиматические условия, тенденции изменения температуры и осадков, а также проведен анализ изменения опасных метеорологических параметров, анализ засухи, агрометеорологических показателей, оказывающих прямое или косвенное влияние на сельскохозяйственное производство.

Данная публикация является частью проекта по профилированию климатических рисков восьми пилотных районов Кыргызстана:

- Лейлекский, Баткенский, Кадамжайский районы Баткенского района,
- Ноокатский, Араванский районы Ошской области,
- Ак-Талинский, Нарынский, Жумгалский районы нарынской области.

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в стране не хватает информации о наблюдаемом и прогнозируемом климате, а также о климатических рисках и угрозах, что затрудняет принятие адекватных адаптационных мер в сельском хозяйстве, являющимся одним из основных источников существования для местных сообществ.

Понимание влияния климатических изменений на сельскохозяйственное производство является основой для повышения устойчивости к изменению климату, что может положительно сказаться на уровне благосостояния уязвимых групп и на гендерном равенстве.

Текущая и прогнозная оценка климатических и агрометеорологических условий позволит использовать ее для различных консалтинговых сельскохозяйственных служб, агрономов и других заинтересованных сторон, а также может послужить основой для разработки адаптационных планов и стратегий, направленных на обеспечение продовольственной безопасности и устойчивого развития в условиях меняющегося климата.

Оценка современных агроклиматических условий и оценка их изменения во времени проведена на основе метеорологических данных за 1993-2022 гг. Использованы данные суточного разрешения на основе открытых данных с портала «Погода и климат¹ / саммари погоды», а также данных, приобретенных на платной основе в Кыргызгидромете проектом ВПП ООН / ЗКФ "Расширение возможностей уязвимых сообществ с низким уровнем продовольственной безопасности через климатическое обслуживание и диверсификацию чувствительных к климату средств к существованию в Кыргызской Республике".

Для анализа были использованы данные по следующим наблюдательным пунктам Кыргызгидромета:

<i>Название</i>	<i>Тип наблюдательного пункта</i>	<i>Высота (м) над у.м.</i>	<i>Район</i>
Баеково	Агростанция	1970	Ак-Талинский
Баткен	Метеостанция	1050	Баткенский
Исфана	Метеостанция	1295	Лейлекский
Кара-Суу	Метеостанция	864	Араванский ² (Кара-Сууйский)
Марказ	Агростанция	804	Кадамжайский
Ноокат	Метеостанция	1325	Ноокатский
Нарын	Метеостанция	2041	Нарынский
Чаек	Метеостанция	1651	Жумгалский

Дополнительно были использованы данные реанализа по температуре и осадкам, позволяющие оценить изменение климата в границах административных районов, не ограничиваясь зоной расположения метеорологических пунктов наблюдений.

¹ <http://www.pogodaiklimat.ru/>

² В Араванском районе нет метеорологических наблюдений. Использована ближайшая станция, расположенная на расстоянии около 30 км от восточной границы Араванского района. МС Кара-Суу отнесена к тому же типу климата, что и большая часть Араванского района.

Основные выводы

Современные климатические условия

По классификации Кёппена-Гейгера в южных пилотных районах выделено 5 климатических пояса – полупустыни, степи, болу бореальный, бореальный, альпийская тундра; в районах Нарынской области 3 пояса – степной, бореальный, альпийской тундры

Продолжительность засушливых периодов от 3 до 6 месяцев, с максимальной продолжительностью в Приферганье

Безморозный период варьируется от 165...173 дней в нарынских районах до 203...238 дней в южных.

Устойчивый снежный покров в Нарыне длится в среднем 100 дней, в Чаеке — 92 дня, с максимальной высотой снежного покрова до 49 см и с пиком снегонакопления в середине февраля.

Наблюдаемое изменение климата за 1993-2022 гг.

Среднегодовая температура растет на 0,03–0,05°C в год, самый быстрый рост наблюдается в Баткенском и Лейлекском районах (на 1,5°C за 30 лет).

Наибольший рост температуры наблюдается весной и в первой половине года, в ноябре отмечается повсеместное похолодание.

Увеличиваются тепловые стрессы, обусловленные ростом как отдельных теплых и жарких дней, так и циклов с аномально жаркими днями, растет абсолютный максимум и абсолютный минимум температуры воздуха, увеличивается число дней с температурой $\geq 30^\circ\text{C}$ как весной в южных районах, так и повсеместно летом.

Повсеместно наблюдается увеличение накопленного тепла – сумм активных температур, продолжительность безморозного и вегетационного периодов

Весной отмечается сдвиг дат последних отрицательных температур и переходов через $+5$ и $+10^\circ\text{C}$ на более ранние сроки. Осенью в Нарынских районах отмечается сдвиг на более поздние сроки дат перехода через 0 и $+5^\circ\text{C}$, тогда как в южных районах, наоборот, наблюдается более раннее наступление отрицательных температур и окончание вегетационного периода.

Увеличивается число зимних оттепелей в южных районах.

Наблюдается увеличение частоты и интенсивности поздних весенних заморозков, за счет ранней и неустойчивой весны

Уменьшаются зимние экстремальные холода (ниже -15 для юга, ниже -25°C для нарынских районов), особенно интенсивно в Жумгалском районе.

Меняется режим осадков, выраженный, в основном, в сокращении их количества летом, в Нарыне осадки преимущественно увеличиваются во все месяцы.

Засушливость климата повсеместно усиливается; в нарынских районах особенно интенсивно в весенне-летний период, в южных – в летне-осенний.

Прослеживается изменение режима залегания устойчивого снежного покрова в Чаек и Нарыне, выраженное в сокращении числа дней с устойчивым снежным покровом в Чаеке и его интенсивным снеготаянием весной, в сдвиге периода залегания на 2 недели (сдвиг формирования осенью и сход весной) в Нарыне.

Прогноз изменения климата на 2021–2040 гг.

Ожидается дальнейшее повышение температуры на $1-1.3^\circ\text{C}$ по отношению к современному температурному режиму, с наибольшими темпами роста в летний период, а для южных районов также в зимние месяцы.

Продолжится рост сумм активных температур, рост дней с температурами выше 30 , 35°C и сокращение морозных дней

Осадки больше современных прогнозируются для нарынских районов весной, для южных – в холодный период года и весной (с ноября по май), осадки меньше нормы – в период с июня по октябрь для всех пилотных районов.

Усиление засушливости в Нарынских районах будет наблюдаться с апреля по сентябрь, в Баткенском и Лейлекском районах наибольшее усиление засушливости прогнозирует весной, в Кадамжайском, Араванском и Ноокатском – осенью. В зимний период ожидается усиление увлажненности.

Гендерные аспекты и продовольственная безопасность

Гендерная чувствительность к изменению климата является важным аспектом адаптации к климатическим рискам и социально-экономическим вызовам. Изменение климата, проявляющееся в Кыргызстане и в пилотных районах, проявляющееся в изменении таких параметров как усиление тепловых стрессов, увеличение засушливости, поздние весенние заморозки и рост температуры воздуха, особенно в зимне-весенний период, по-разному затрагивают женщин и мужчин, учитывая их роли в домашнем и сельском хозяйстве. Например, увеличение засух и изменения водных ресурсов в южных регионах Кыргызстана создает повышенную нагрузку на женщин, так как они часто отвечают за обеспечение семьи водой, сбор урожая и уход за животными. Кроме того, высокие уровни трудовой миграции приводят к тому, что женщины часто остаются единственными кормильцами и исполнителями домашних обязанностей.

Нарынская область, известная своим горным рельефом и суровым климатом, также подвержена изменению климата, особенно через увеличение частоты экстремальных погодных явлений, таких как снегопады и засушливые периоды, влияющих на доступность пастбищ и на качество и стоимости кормов. В условиях частых зимних снегопадов, когда животные не могут пастись, женщины вынуждены искать альтернативные источники корма и поддержания хозяйства. К тому же, изменение климатических условий увеличивает миграцию мужчин из области в города или за границу в поисках заработка, что оставляет на женщин большую часть сельскохозяйственных и семейных обязанностей.

Трудности с доступом к финансовым и логистическим ресурсам, к информации о климатических рисках, знаниям о климатически устойчивом ведении сельского хозяйства, зависимость от сельского хозяйства и низкая диверсификация доходов делают женщин более уязвимыми перед экономическими потерями из-за изменений климата.

Женщины могут играть ключевую роль в адаптации к климатическим рискам, однако их вклад часто ограничен недостатком доступа к образовательным и финансовым ресурсам, традициями, давлением общества.

Устойчивое развитие в условиях изменений климата требует учета гендерных аспектов для создания равных возможностей в адаптации к изменяющимся условиям.

1. Современные климатические условия

1.1. Климатические пояса пилотных районов по Кеппену-Гейгеру

Кыргызстан – это горная страна в Центральной Азии, известная своим разнообразным рельефом и выраженной вертикальной поясностью. Более 90% территории занимают горы Тянь-Шаня и Памира, с высотами от 400 м на равнинах до 7439 м на пике Победы. Такая большая амплитуда высот обуславливает значительные изменения климатических и природных условий.

Климат варьируется от резко континентального на низких равнинах до холодного горного на высокогорьях. На равнинных территориях лето жаркое, а зимы относительно мягкие, тогда как в высокогорьях температуры могут опускаться до -30 °С и ниже. Вертикальная поясность выражена в смене природных зон: от пустынь и полупустынь у подножий гор до альпийских лугов, глетчеров и снежных вершин на больших высотах. Такое разнообразие обуславливает богатую флору, фауну и уникальные экосистемы региона.

Типизация климатических поясов по Кеппену-Гейгеру³ является наиболее распространённой системой классификации типов климата, основанная на учёте режима температуры и осадков.

Согласно данной классификации в южных районах выделено 5 основных климатических поясов, в большей степени определенных микрорельефом и высотным градиентом (рис.1.1.1):

1. **Климат полупустынь** (BWk – «засушливый пустынный холодный») – это климат, при котором испарение больше атмосферных осадков. Засушливый период около 6 месяцев.
2. **Полузасушливый холодный климат степей** (BSk – «засушливый степной холодный») – здесь жаркое, засушливое лето, влажная весна, относительно холодные зимы. Засушливый период – около четырех месяцев.
3. **Полу бореальный климат** (Dsb – «холодный с сухим теплым летом», Dsc – «холодный с сухим холодным летом») – влажный континентальный климат, для которого характерны четыре разных сезона и большие сезонные перепады температур, с прохладным летом и холодной зимой. Засушливый период короткий.
4. **Бореальный климат** (Dfb – «холодный без засушливого периода, теплое лето», Dfc – «холодный без засушливого периода, холодное лето») – влажный континентальный климат, для которого характерны четыре разных сезона и большие сезонные перепады температур, с прохладным влажным летом и холодной зимой. Засушливый период отсутствует.
5. **Зона альпийской тундры** (ET) – здесь в течении года преобладает отрицательная среднемесячная температура, но есть короткий вегетационный период (с температурой выше 5...10°C).

Зона полупустынь и степей относится к сельскохозяйственным угодьям с возделываемыми землями и ирригацией и наибольшей концентрацией населенных пунктов, зона полу бореального и бореального климата в основном относится к зонам отгонного животноводства (пастбища) в зависимости от формы рельефа.

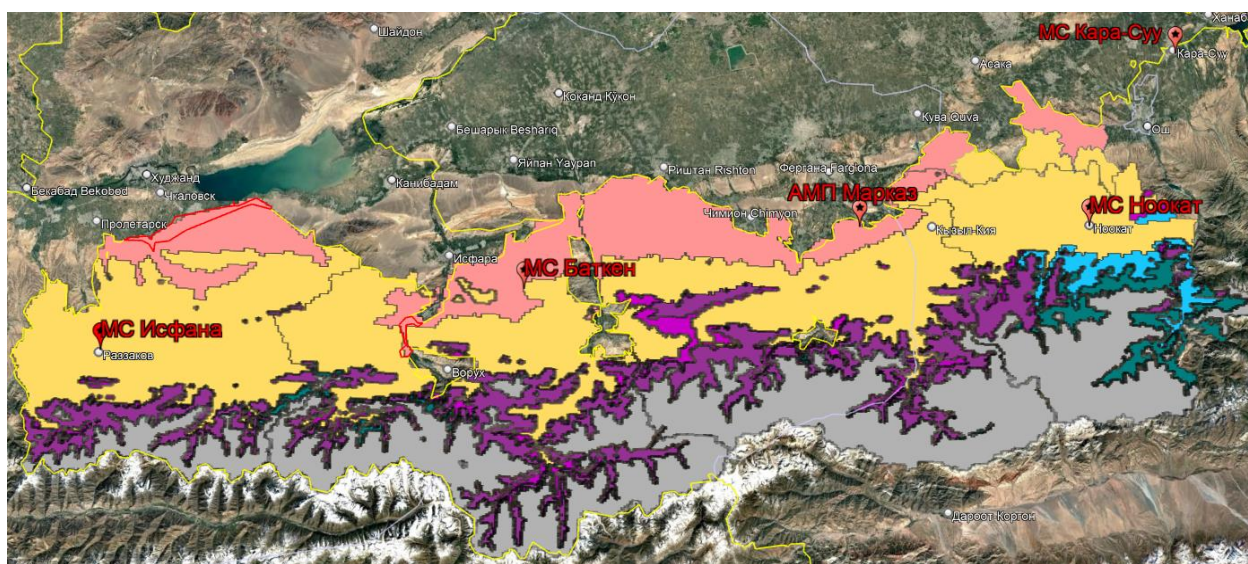


Рисунок 1.1.1: Климатические зоны южных районов по Кеппену-Гейгеру (розовый – BWk, желтый – BSk, сиреневый – Dsc/Dsb, голубой – Dfb, зеленый – Dfc, серый – ET); места расположения метеорологических станций

³ <https://koppen.earth/>

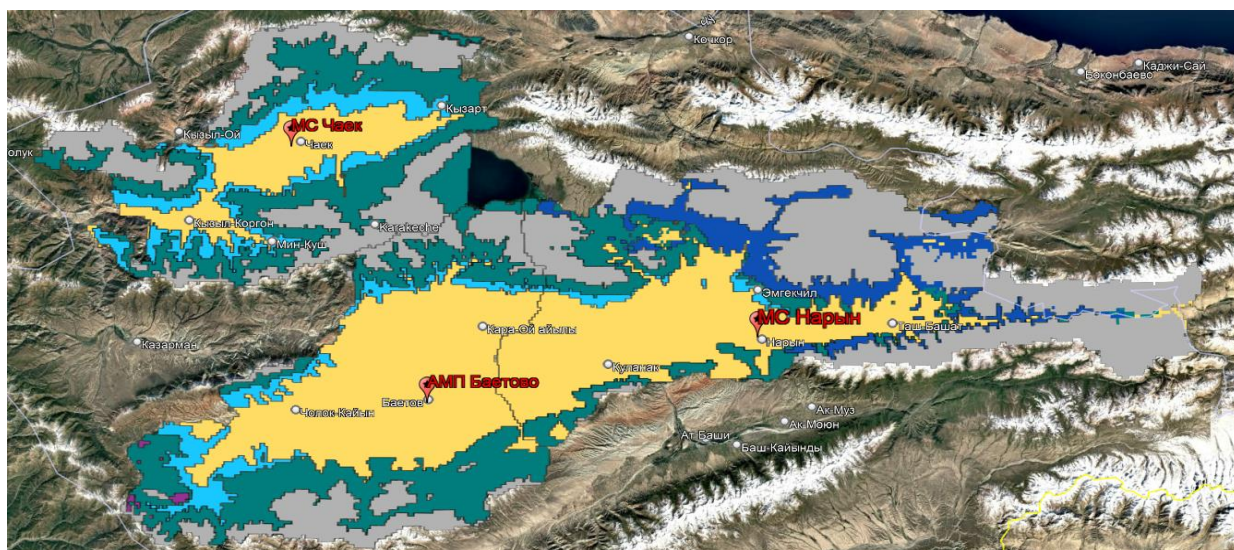


Рисунок 1.1.2: Климатические зоны Нарынской области по Кёппену-Гейгеру (желтый – BSk, голубой – Dfb, зеленый – Dfc, синий – Dwc, серый – ET); места расположения метеорологических станций и постов

В 3 районах Нарынской области по классификации Кёппена-Гейгера выделено 3 основные климатические пояса (рис.1.1.2):

1. **Полузасушливый климат степей (BSk – «засушливый степной холодный»)** – территория низинной части районов на высоте от 1700 до 2300 м над у.м. Среднегодовая температура около 4°C, годовая сумма осадков около 300-350 мм. Здесь жаркое лето, влажная весна, холодные и сухие зимы. Засушливый период – конец лета-начало осени. Средняя максимальная температура июля составляет около 25...26°C, средняя минимальная температура января до -26°C.
2. **Бореальный климат (Dfb – «холодный без засушливого периода, теплое лето», Dfc – «холодный без засушливого периода, холодное лето», Dwc – «холодный с очень холодной зимой»⁴)** характерен для территории, расположенной на высотах от 2300 до 3500 над у.м. с влажным континентальным климатом, для которого характерны четыре разных сезона и большие сезонные перепады температур, с теплым или прохладным влажным летом и холодной зимой. Засушливый период отсутствует. Среднегодовая температура около -2...+3°C, годовая сумма осадков около 400 мм.
3. **Зона альпийской тундры (ET)** – территория выше 3500 м. Здесь в течении года преобладает отрицательная среднемесячная температура, но есть короткий вегетационный период (с температурой выше 10°C).

1.2. Климатическая характеристика пилотных районов по данным метеорологических пунктов наблюдений

Более детальная характеристика современных климатических условий приведена по данным метеорологических наблюдений на действующих в настоящее время в пилотных районах метеостанциях и агропостах. В таблице 1.2.1 приведены средние многолетние данные по основным температурным параметрам и осадкам.

Таблица 1.2.1: климатические параметры за период 1993-2022 гг.

Баेतово	Нарын	Чаек	Баткен	Исфана	Марказ	Кара-Суу	Ноокат
Среднегодовая температура, °С							
4,6	4,4	5,3	12,7	10,4	13,7	13,1	10,5
Средняя температура июля, °С							
18,9	18	19,3	26,1	22,2	26,4	25,6	22,8
Средняя максимальная (дневная) температура июля, °С							
26,2	25,6	27,4	32,3	28,8	34	32,6	30,1
Средняя температура января, °С							
-15,3	-15	-14,8	-1,0	-1,9	0,2	-1,2	-2,9
Средняя минимальная (ночная) температура января, °С							
-20,7	-26	-19,3	-4,7	-5,8	-4,0	-4,9	-6,2
Абсолютный минимум, °С							
-38	-32,3	-34,3	-21,9	-22,1	-19,7	-20,7	-22,7
Абсолютный максимум, °С							
+36	+36	+39,5	+41,1	+37,5	+40,6	+39,9	+39,5
Годовая сумма осадков, мм							
255	321	232	209	471	241	404	420

⁴ Данный пояс характерен для восточной части Нарынского района

Важным инструментом для описания климатических условий того или иного региона является климатическая диаграмма Вальтера-Лиета, которая наглядно отображает основные климатические показатели, такие как среднегодовая температура, годовая сумма осадков, средние максимальные и минимальные температуры, период заморозков. Ключевой особенностью диаграммы является возможность определения периода засухи, который отображается на графике как участок, где кривая температуры выше кривой осадков. Это указывает на то, что испарение превышает количество выпадающих осадков, создавая дефицит влаги.

Диаграмма Вальтера-Лиета позволяет оценить климатические условия, сезонные изменения и выявить периоды засухи или периода избыточного увлажнения, что критически важно для планирования сельскохозяйственного производства и системы ирригации в засушливые периоды. На рис.1.2.1 представлены диаграммы для восьми пунктов метеорологических наблюдений.

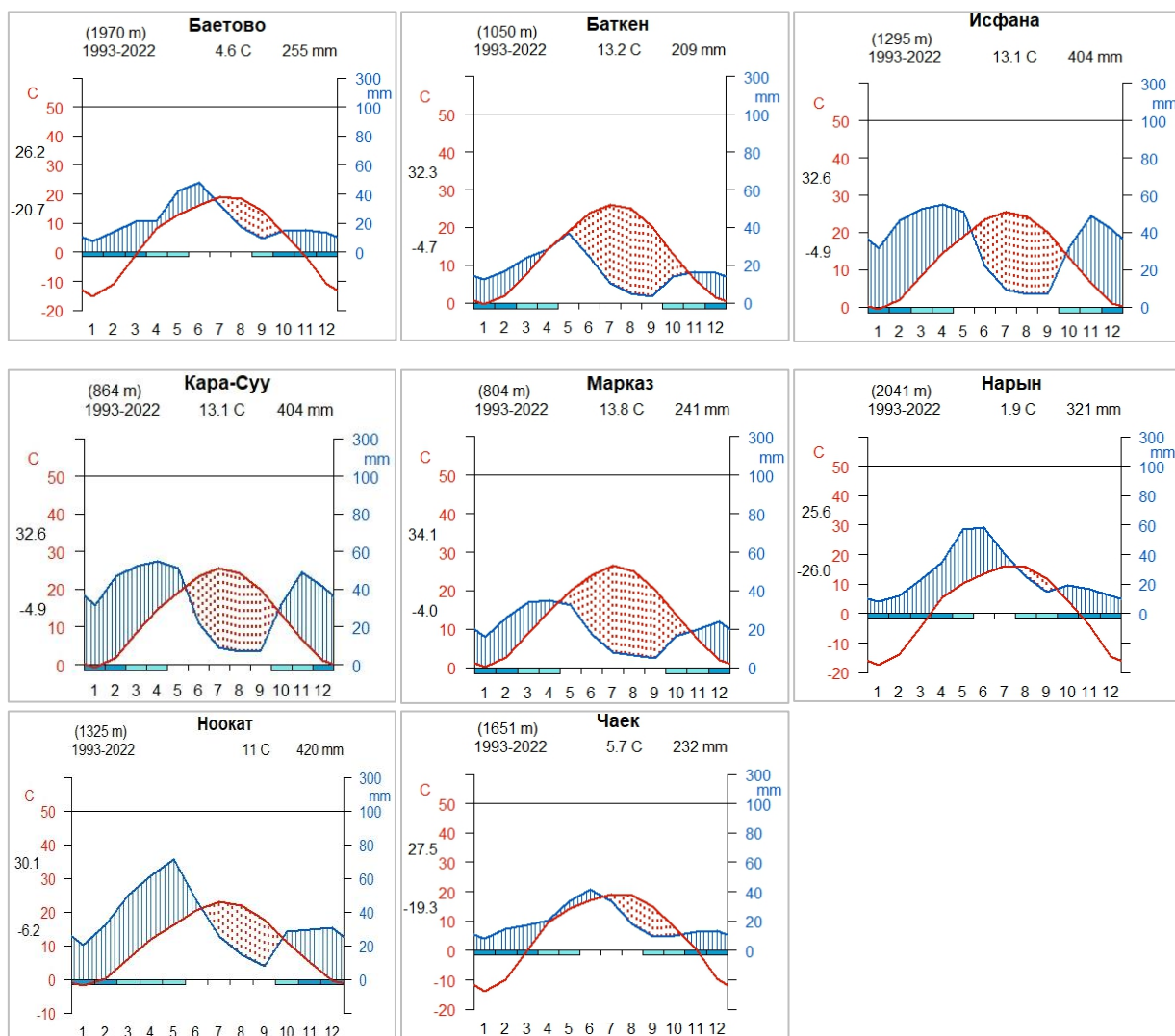


Рисунок 1.2.1: Диаграмма Вальтера-Лиета для метеорологических станций и агропостов для Баткенской, Ошской и Нарынской областей

На основе средних многолетних данных, приведенных в таблице 1.2.1 и построенных на их основе диаграмм Вальтера-Лиета (рис.1.2.1) можно описать современные климатические условия и выделить три основных типа климата для рассматриваемых метеостанций:

1. *Теплый и засушливый климат* (Баткен, Кара-Суу, Марказ):

- **Среднегодовая температура:** 12,7...13,7 °C.
- **Летние температуры:** Средняя температура июля 25,6...26,4 °C, средняя максимальная (дневная) температура июля до 32,3...34 °C. Абсолютный максимум до +41,1°C
- **Зимние температуры:** Средняя температура января колеблется от -1,2 до +0,2 °C, средняя минимальная (ночная) температура около -4,9...-4 °C. Абсолютный минимум до -21,9°C
- **Осадки:** Низкий уровень осадков – от 209...241 мм за год в Баткене и Марказе до 404 мм в Кара-Суу
- **Засушливые периоды** – сухие летние сезоны с высокими температурами длятся от 6 месяцев в Баткене и Марказе (с мая по октябрь) до 4 месяцев в Кара-Суу (июнь- начало октября)

Климат МС Кара-Суу, Баткен и АМП Марказ в целом описывают климат полупустынной зоны (Bwk), характерный для наиболее низинной части Приферганья.

2. Умеренно теплый и влажный климат (Исфана, Ноокат):

- **Среднегодовая температура:** 10,4...10,5°C.
- **Летние температуры:** Средняя температура июля 22,2...22,8°C, средняя максимальная температура (дневная) 28,8...30,1°C.
- **Зимние температуры:** средние январские температуры могут опускаться до -2,9...-1,9 °С, средняя минимальная (ночная) температура около -5,8...-6,2 °С. Абсолютный минимум до -22,7...-22,1°C
- **Осадки:** относительно высокий уровень осадков 420...471 мм
- **Засушливые периоды:** менее выражены, длятся около 3,5–4 месяцев (июнь/июль-сентябрь)

Метеостанции Исфана и Ноокат в целом описывают полусухой климатический пояс степей (Bsk).

3. Прохладный континентальный климат (Баево, Нарын, Чаек):

- **Среднегодовая температура:** 4,4...5,3°C.
- **Летние температуры:** Средняя температура июля 18...19,3°C, средняя максимальная температура +25,6...27,4°C. Абсолютный максимум до +36°C, в Чаеке +39,5°C.
- **Зимние температуры:** Средние значения января достигают -14,8...-15,3°C, средняя минимальная (ночная) температура около -19,3...-20,7°C, в Нарыне до -26°C. Абсолютный минимум -34,3...-32,3°C, в Баево до -38°C.
- **Осадки:** годовое количество осадков среднее, около 232...321 мм в год.

- **Засушливые периоды:** В Баево, Нарыне и Чаеке засушливый период приходится на середину лета и раннюю осень (засушливый период в Нарыне минимальный – август, сентябрь, в Чаеке и Баево около 4-х месяцев в течении июля-октября).

Метеостанции Нарын, Чаек и агропост Баево в целом описывают полусухой климатический пояс степей (Bsk), характерной для наиболее низинной части рассматриваемых районов. От аналогичного климатического пояса в южных районах Кыргызстана, данный пояс отличают более низкие зимние температуры.

1.3. Агрометеорологическая характеристика

В данном разделе приведены основные агрометеорологические параметры по 8 метеорологическим пунктам наблюдений. Агрометеорологические параметры, представленные в таблице, включают следующие показатели и их связь с сельским хозяйством:

1. **Дата последней и первой отрицательной температуры** позволяют определить, когда завершается морозный период весной и начинается осенью. Это важно для планирования времени посева и сбора урожая, так как поздние весенние заморозки могут повредить цветущие сады, молодые побеги, высаженные в грунт овощи, а ранние осенние заморозки – преждевременно остановить вегетацию или стать опасными, например, для необранного урожая.
2. **Безморозный период (в днях)** указывает на продолжительность времени, когда температура не опускается ниже 0°C. Этот период определяет возможную продолжительность роста для многих культур и позволяет выбрать соответствующие сорта для посева, которые могут созреть в данный интервал времени.
3. **Устойчивый переход среднесуточной температуры через +10°C:** Этот показатель обозначает начало и окончание активного вегетационного периода. Когда среднесуточная температура стабильно превышает +10°C, растения начинают активный рост. Важен для выбора сроков посадки и оценки начала активного роста.
4. **Сумма активных температур (САТ) ≥10°C:** Сумма температур, превышающих +10°C, характеризует общее накопленное тепло и дает возможность оценить потенциал выращивания теплолюбивых культур.
5. **Продолжительность вегетационного периода (в днях):** Этот показатель отражает период, когда растения активно растут. Продолжительный вегетационный период позволяет вырастить культуры с длинным циклом роста, а сокращенный – только культуры с коротким циклом.
6. **Количество осадков за вегетационный период (мм):** Сумма осадков влияет на водоснабжение растений. Достаточное количество осадков в вегетационный период важно для роста культур и уменьшает потребность в искусственном орошении.

Таблица 1.3.1 Агрометеорологические показатели Нарынской области по данным АМП Баево, МС Нарын и Чаек

Параметр	Дата отрицательной температуры		Безморозный период, дни	Устойчивый переход среднесуточной температуры +5°C		ВП выше 5°C, дни	САТ≥5°C	Устойчивый переход среднесуточной температуры +10°C		САТ≥10°C	Осадки за ВП, мм
	Последняя (весна)	Первая (осень)		Весной	Осенью			Весной	Осенью		

Баево											
Средняя	20 апреля	3 октября	166	4 апреля	4 октября	183	2784				169
Самая ранняя	27 марта	7 сентября	128 (мин)	21 марта	6 сентября	135(мин)	2212 (мин)				77(мин)
Самая поздняя	15 мая	30 октября	203(макс)	24 апреля	29 октября	217(макс)	3435 (макс)				303(макс)
Нарын											
Средняя	21 апреля	10 октября	173	7 апреля	9 октября	186	2691	21 апреля	2 октября	2519	229
Самая ранняя	30 марта	15 сентября	124(мин)	24 марта	14 сентября	157 (мин)	2291 (мин)	1 апреля	16 сентября	2042 (мин)	125(мин)
Самая поздняя	22 мая	27 октября	208 (макс)	24 апреля	24 октября	206 (макс)	3140(макс)	18 мая	14 октября	3023 (макс)	378(макс)
Чаек											
Средняя	22 апреля	5 октября	165	8 апреля	5 октября	180	2872				155
Самая ранняя	30 марта	11 сентября	135(мин)	23 марта	15 сентября	142(мин)	2434 (мин)				76(мин)
Самая поздняя	16 мая	20 октября	196(макс)	26 апреля	19 октября	207(макс)	3247 (макс)				250(макс)

На основе данных метеостанций Нарын (Нарынский район), Чаек (Жумгалский район) и Баево (Ак-Талинский район), агроклиматические характеристики сельскохозяйственных зон в Нарынской области можно описать следующим образом:

1. Ак-Талинский район (метеостанция Баево):

- **Безморозный период:** В среднем 166 дней, с началом 20 апреля и окончанием 3 октября. Максимальная продолжительность безморозного периода достигает 203 дня.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 5^{\circ}\text{C}$:** В среднем составляет 2784 $^{\circ}\text{C}$, что позволяет выращивать холодоустойчивые и засухоустойчивые культуры.
- **Вегетационный период:** В среднем составляет 183 дня, в отдельные годы до 217 дней.
- **Осадки за вегетационный период:** Средний уровень осадков – 169 мм, что также указывает на необходимость дополнительного орошения.

2. Нарынский район (метеостанция Нарын):

- **Безморозный период:** В среднем 173 дня, с началом 21 апреля и окончанием 10 октября. Максимальная продолжительность безморозного периода достигает 208 дней.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$:** В среднем составляет 2519 $^{\circ}\text{C}$, что достаточно для выращивания холодоустойчивых культур. Переход температур через +10 $^{\circ}\text{C}$ весной происходит в среднем 21 апреля, осенью 2 октября.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 5^{\circ}\text{C}$:** В среднем составляет 2691 $^{\circ}\text{C}$, средний период выше 5 $^{\circ}\text{C}$ длится с 7 апреля до 9 октября.
- **Вегетационный период (температуры выше 5 $^{\circ}\text{C}$):** составляет в среднем 186 дней.
- **Осадки за вегетационный период:** Средний уровень осадков – 229 мм, что позволяет выращивать культуры с ограниченными потребностями в поливе, однако при засушливых периодах рекомендуется дополнительное орошение.

3. Жумгалский район (метеостанция Чаек):

- **Безморозный период:** В среднем 165 дней, с началом 22 апреля и окончанием 5 октября. Максимальная продолжительность безморозного периода составляет 196 дней.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 5^{\circ}\text{C}$:** В среднем 2872 $^{\circ}\text{C}$, средний период выше 5 $^{\circ}\text{C}$ длится с 8 апреля до 5 октября, что создает хорошие условия для теплолюбивых культур, устойчивых к местным климатическим особенностям.
- **Вегетационный период (температуры выше 5 $^{\circ}\text{C}$):** В среднем составляет 180 дней, в отдельные годы до 207 дней.
- **Осадки за вегетационный период:** Среднее количество осадков – 155 мм, что свидетельствует о необходимости регулярного орошения для поддержания урожайности в засушливые периоды.

Таким образом, температурные показатели и вегетационные периоды в данных районах сходны, но Чаек имеет немного более высокую САТ, что делает его наиболее подходящим для выращивания теплолюбивых культур. Осадки варьируются, наибольшее количество наблюдается в Нарыне (229 мм), наименьшее – в Чаеке

(155 мм), что предполагает разные требования к орошению. Эти климатические условия позволяют выращивать холодоустойчивые и засухоустойчивые культуры, такие как злаковые, бобовые, а также некоторые плодовые и овощные культуры при наличии полива.

На основе данных метеостанций в Баткенской и Ошской областях можно охарактеризовать агроклиматические условия пяти сельскохозяйственных зон, каждая из которых имеет свои особенности, влияющие на сельскохозяйственное использование земель (табл. 1.3.2 и 1.3.3):

1. Баткенский район (метеостанция Баткен)

- **Безморозный период** в среднем составляет 229 дней, с началом 21 марта и окончанием 5 ноября. Максимальная продолжительность безморозного достигает 269 дней, что позволяет выращивать теплолюбивые культуры.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$** : Среднее значение – 4270 $^{\circ}\text{C}$, что благоприятно для сельскохозяйственных культур с высокими тепловыми требованиями.
- **Вегетационный период**: В среднем составляет 213 дней, что позволяет выращивать широкий спектр культур.
- **Осадки за вегетационный период**: Среднее количество осадков – 123 мм, что делает необходимым использование орошения в засушливые месяцы.

2. Лейлекский район (метеостанция Исфана)

- **Безморозный период**: В среднем 203 дня, с началом в конце марта и завершением 21 октября, однако он может продлеваться до 250 дней в отдельные годы.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$** в среднем составляет 3443 $^{\circ}\text{C}$.
- **Вегетационный период**: Средняя продолжительность – 195 дней, в отдельные годы до 232 дней.
- **Осадки за вегетационный период**: Среднее количество – 236 мм, что немного выше, чем в Баткене, но также требует дополнительного полива.

Таблица 1.3.2 Агрометеорологические показатели Баткенской области по данным МС Баткен, Исфана, АМП Марказ

Параметр	Дата отрицательной температуры		Безморозный период, дни	Устойчивый переход среднесуточной температуры $+10^{\circ}\text{C}$		САТ $\geq 10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$	Прод-сть вегетационного периода, дни	Осадки за вегетационный период, мм
	Последняя (весна)	Первая (осень)		Весной	Осенью			
Баткен								
Средняя	21 марта	5 ноября	229	23 марта	21 октября	4270	213	123
Самая ранняя	19 февраля	11 октября	191 (мин)	24 февраля	4 октября	3676 (мин)	181 (мин)	52 (мин)
Самая поздняя	24 апреля	4 декабря	269 (макс)	14 апреля	9 ноября	4656 (макс)	237 (макс)	243 (макс)
Исфана								
Средняя	31 марта	21 октября	203	2 апреля	14 октября	3443	195	236
Самая ранняя	7 февраля	0 сентября	53 (мин)	3 февраля	ноября	937 (мин)	69 (мин)	9 (мин)
Самая поздняя	мая	8 ноября	50 (макс)	3 апреля	8 сентября	938 (макс)	32 (макс)	24 (макс)
Марказ								
Средняя	16 марта	26 ноября	238	18 марта	3 ноября	4592	228	143
Самая ранняя	12 февраля	26 октября	202 (мин)	24 февраля	9 октября	4023 (мин)	193 (мин)	83 (мин)
Самая поздняя	24 апреля	16 декабря	284 (макс)	14 апреля	22 ноября	5020 (макс)	248 (макс)	213 (макс)

Таблица 1.3.3 Агрометеорологические показатели Ошской области по данным МС Кара-Суу, Ноокат

Параметр	Дата отрицательной температуры		Безморозный период, дни	Устойчивый переход среднесуточной температуры $+10^{\circ}\text{C}$		САТ $\geq 10^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{C}$	Прод-сть ВП, дни	Осадки за ВП, мм
	Последняя (весна)	Первая (осень)		Весной	Осенью			
Кара-Суу								
Средняя	21 марта	5 ноября	229	21 марта	25 октября	4 359	218	184
Самая ранняя	22 февраля	11 октября	201 (мин)	22 февраля	10 октября	3840 (мин)	188 (мин)	87 (мин)

Самая поздняя	24 апреля	7 декабря	267 (макс)	13 апреля	10 ноября	4812 (макс)	240 (макс)	364(макс)
Ноокат								
Средняя	29 марта	25 октября	211	4 апреля	15 октября	3562	194	230
Самая ранняя	8 марта	1 октября	154 (мин)	13 марта	29 сентября	3162 (мин)	167 (мин)	142(мин)
Самая поздняя	1 мая	21 ноября	250	23 апреля	9 ноября	4032 (макс)	226 (макс)	384(макс)

3. Кадамжайский район (метеостанция Марказ)

- **Безморозный период:** Один из самых длинных – в среднем 238 дней, с началом 16 марта и окончанием в конце ноября. В отдельные годы может достигать 284 дней.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$:** Среднее значение – 4592°C , максимум достигает 5020°C , что позволяет выращивать теплолюбивые культуры, включая фруктовые и бахчевые.
- **Вегетационный период:** Средняя продолжительность – 228 дней, что делает район одним из самых теплых и пригодных для длинного цикла культур.
- **Осадки за вегетационный период:** Среднее количество осадков – 143 мм, что требует постоянного орошения.

4. Араванский район, Ошская область (метеостанция Кара-Суу)

- **Безморозный период:** В среднем 229 дней, с началом 21 марта и завершением 5 ноября, с максимальной продолжительностью до 267 дней.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$:** Среднее значение – 4359°C , что благоприятно для теплолюбивых культур.
- **Вегетационный период:** Средняя продолжительность – 218 дней, что подходит для возделывания разнообразных культур, требующих длительного периода роста.
- **Осадки за вегетационный период:** Среднее количество осадков – 184 мм, поэтому орошение важно для поддержания высокой урожайности.

5. Ноокатский район, Ошская область (метеостанция Ноокат)

- **Безморозный период:** В среднем составляет 211 дней, с началом 29 марта и окончанием 25 октября. Максимальная продолжительность может достигать 250 дней.
- **Сумма активных температур (САТ) $\geq 10^{\circ}\text{C}$:** Среднее значение – 3562°C , что подходит для выращивания различных зерновых и овощных культур.
- **Вегетационный период:** В среднем 194 дня, что позволяет выращивать культуры со средним сроком созревания.
- **Осадки за вегетационный период:** Среднее количество – 230 мм, что также требует орошения в засушливые периоды.

Таким образом, максимальные **безморозный и вегетационные периоды** наблюдаются в районах расположения станций Марказ, Баткен и Кара-Суу, что делает их оптимальными для выращивания культур с длинным циклом. **Осадки** минимальны в Баткене и Марказе, что предполагает необходимость регулярного орошения. На станциях Баткен, Марказ, Кара-Суу фиксируются **самые высокие летние температуры** (средняя максимальная – до 34°C), и также на МС Баткен был зафиксирован абсолютный максимум до $+41,1^{\circ}\text{C}$, что требует выбора культур, устойчивых к жаре и засухе. Низкие температуры в холодный период года предполагают дополнительные меры по защите теплолюбивых многолетних культур от вымерзания.

Таким образом, Баткенская и Ошская области обладают наиболее благоприятными условиями для выращивания теплолюбивых и засухоустойчивых культур при наличии ирригационных систем.

1.4. Режим залегания снежного покрова на МС Нарын и Чаек

Режим залегания снежного покрова оценен по открытым данным метеостанции Нарын⁵ за период 1992-2023 гг., а также по метеостанции Чаек за период 2000-2023 гг., где наблюдается наиболее устойчивый режим залегания. Устойчивым считается снежный покров, который лежит непрерывно в течение зимы или не менее месяца с перерывами не более трех дней подряд или в общей сложности. Для анализа использованы данные о высоте снежного покрова (см), измеряемые на метеорологической станции 1 раз в сутки.

⁵ <http://www.pogodaiklimat.ru/summary.php?m=&y=1993&id=36974>

Таблица 1.4.1: Основные характеристики снежного покрова по данным МС Нарын и Чаек

Параметр	Дата				Период залегания УСП, дни
	первого снега	формирования УСП	последнего снега	разрушения УСП	
Нарын					
Средняя	5 ноября	1 декабря	4 апреля	11 марта	100
Самая ранняя	19 сентября	13 ноября	13 марта	25 января	Мин 50
Самая поздняя	4 января	4 января	22 мая	10 апреля	Макс 135
Чаек					
Средняя	23 ноября	9 декабря	18 марта	12 марта	92
Самая ранняя	22 октября	22 ноября	13 февраля	31 января	Мин 0
Самая поздняя	28 декабря	8 февраля	18 апреля	9 апреля	Макс 126

Первый снег в районе расположения МС Нарын в среднем наблюдается 5 ноября, устойчивый снежный покров (УСП) формируется к 1 декабря, в отдельные годы в промежутке от 13 ноября до 4 января. Устойчивый снежный покров в среднем залегает 100 дней, в отдельные годы от 50 до 135 дней. Разрушение УСП наблюдается в среднем 11 марта, последний снег 4 апреля. Самая поздняя дата с мокрым снегом за последние 30 лет наблюдалась 22 мая, когда высота выпавшего снега составила 2 см, при минимальной температуре воздуха до -1,5°C.

Режим снежного покрова в Жумгалском районе по данным МС Чаек отличается от Нарынского района по данным МС Нарын. Первый снег и формирование устойчивого покрова в Жумгалском районе наблюдается позже, период залегания УСП короче, чем в Нарынском районе. Первый снег в среднем наблюдается 23 ноября, устойчивый снежный покров формируется к 9 декабря, в отдельные годы в промежутке от 22 ноября до 8 февраля. Устойчивый снежный покров в среднем залегает 92 дня, в отдельные годы до 126 дней. В холодный период 2020/21 гг. устойчивый снежный покров отсутствовал, в период 1996/97 гг. залегал в течении 11 дней. Разрушение УСП наблюдается в среднем 12 марта, в отдельные годы в промежутке от 31 января до 9 апреля. Последний снег наблюдается в среднем 18 марта, самая ранняя дата 13 февраля, самая поздняя 18 апреля.

В начале периода формирования устойчивого снежного покрова в Нарыне его средняя высота относительно мала – 2-3 см. Пик снегонакопления наблюдается в середине февраля, когда средняя высота снежного покрова составляет 18 см и далее наблюдается его постепенное сокращение (рис.1.4.1 слева). За исследуемый период максимально зафиксированная высота достигала 49 см и отмечалась 16 марта 2003 года.

Пик снегонакопления в Чаек приходится на конец февраля, когда средняя высота составляет около 22 см (рис.1.4.1 справа). В отличие от Нарына, период сокращения высоты СП происходит гораздо интенсивнее. Максимальная декадная высота снежного покрова наблюдается во второй декаде февраля, и также как для Нарына составляет 49 см. Максимальный суточный прирост снежного покрова наблюдался в феврале 2023 года и составил +31 см, вторичный максимум 16-17 декабря 2004 года +17 см.

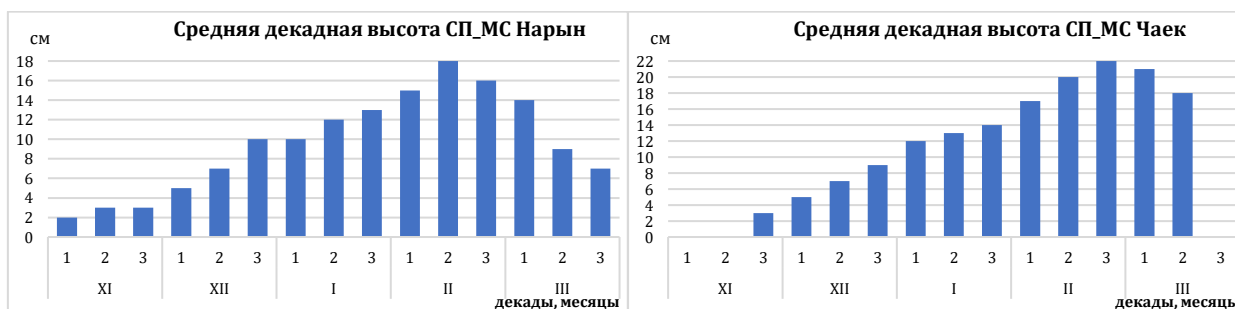


Рисунок 1.4.1: средняя декадная высота снежного покрова (см) по данным МС Нарын за 1993-2023 гг., МС Чаек за 2000-2023 гг.

2. Наблюдаемое изменение климата

2.1. Температура воздуха

Для анализа тенденций изменения годовой и месячной температуры воздуха использован набор данных реанализа ECMWF ERA5⁶, так как этот набор данных позволяет оценить изменение температуры не только в точке расположения метеостанции, а по всему административному району.

Анализ изменения температуры включает в себя анализ темпов (скорости) изменения на основе коэффициента линейного тренда и выражен в °C за год, а также в величине $\Delta T = \text{скорость роста} \times \text{количество лет}$ (в данной работе 30 лет). Величина достоверности (доверительной вероятности) линейного тренда приведена на основе р-величины (при $p \geq 0,1$ тренд принят значимым).

На рисунке 2.1.1 приведены графики изменения средней годовой температуры воздуха за период 1993-2022 год по 8 пилотным районам.

⁶ https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/ECMWF_ERA5_LAND_MONTHLY_AGGR

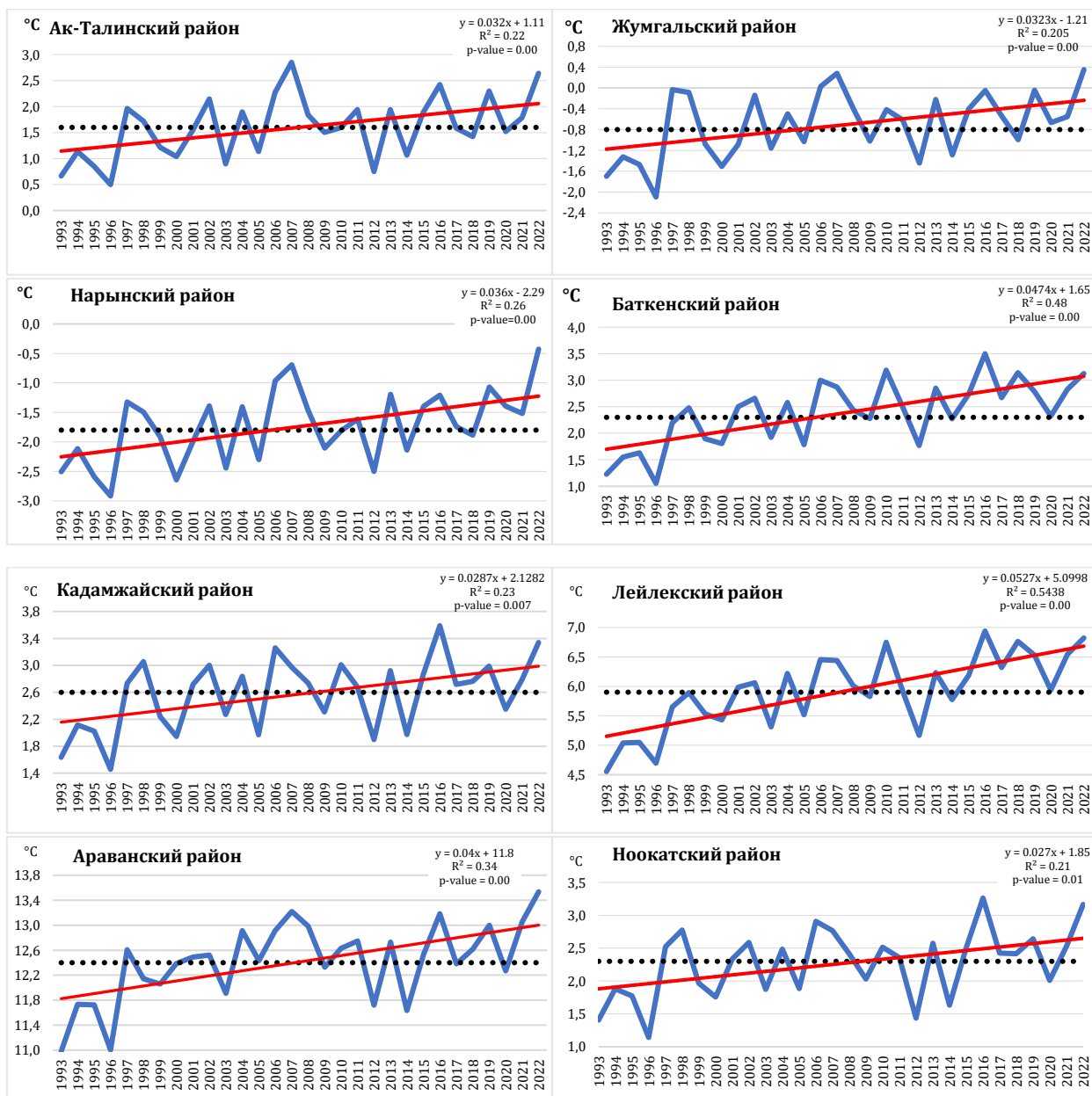


Рисунок 2.1.1: межгодовой ход средней годовой температуры воздуха за период 1993-2022 гг. по данным глобального набора данных ECMWF ERA5 (красная линия – линейный тренд, черная пунктирная – средняя температура)

Самым теплым годом за последние 30 лет для большей части южных районов был 2016 года с отклонением от среднего многолетнего значения на 1-1,2°C, для Араванского, Жумгалского и Нарынского районов – 2022 год, с аномалией 1,1-1,4°C. Аномально холодным был 1996 год, когда среднегодовая температура была ниже на 1,1...1,3°C многолетнего значения, для Араванского и Лейлекского районов – 1993 год, с аномалией -1,3...-1,4°C.

Угол наклона линейного тренда, его положительный и статистически значимый коэффициент указывают на устойчивый рост среднегодовой температуры воздуха во всех пилотных районах. Скорость роста температуры составляет 0,03...0,05°C в год. В Баткенском и Лейлекском районах наблюдается наиболее интенсивный рост температуры воздуха – на 0,05 °C в год или на 1,5°C за 30 лет, тогда как Ак-Талинский, Жумгалский, Кадамжайский и Ноокатский районы имеют более умеренные тренды (по 0,03 °C в год или 0,9°C за 30 лет).

Коэффициенты линейных трендов по месяцам, а также диаграммы изменения месячных температур приведены в таблице 2.1.1. и на рисунке 2.1.2.

Как видно, изменения месячных температур со временем не однородны. Наибольшие темпы роста температуры прослеживаются в первой половине года (от 0,04 до 0,1°C за год), летом темпы роста замедляются (до 0,06°C), в ноябре для всех районов наблюдается похолодание (от -0,07 до -0,02°C).

Для всех районов в июне, августе, октябре и декабре температура воздуха остается практически стабильной во времени.

Важно отметить, что коэффициент линейного тренда для всех районов в марте, апреле, мае, а также в июле статистически значимый, что говорит об устойчивой тенденции повышения температуры в эти месяцы.

Таблица 2.1.1: скорость изменения температуры воздуха по месяцам и за год в °С за год (жирным шрифтом обозначены значения коэффициента линейного тренда на уровне доверительной значимости 90%)

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Ак-Талинский	0.05	0.05	0.07	0.09	0.07	0.01	0.05	0.01	0.04	0.00	-0.05	0.00	0.03
Жумгалский	0.06	0.05	0.07	0.09	0.08	0.00	0.05	0.02	0.04	-0.01	-0.07	0.00	0.03
Нарынский	0.07	0.04	0.08	0.09	0.07	0.00	0.05	0.02	0.03	0.00	-0.03	0.01	0.04
Баткенский	0.08	0.08	0.10	0.07	0.07	0.02	0.05	0.01	0.05	0.02	-0.02	0.03	0.05
Кадамжайский	0.05	0.05	0.08	0.06	0.07	0.01	0.05	0.00	0.04	0.00	-0.06	-0.02	0.03
Лейлекский	0.09	0.09	0.10	0.07	0.08	0.04	0.06	0.02	0.05	0.01	-0.02	0.04	0.05
Араванский	0.08	0.08	0.08	0.07	0.06	0.03	0.06	0.01	0.05	0.00	-0.04	0.02	0.04
Ноокатский	0.05	0.05	0.07	0.06	0.06	0.01	0.04	0.00	0.04	0.00	-0.05	-0.01	0.03

Таким образом, данные показывают, что в целом температура в исследуемых районах имеет тенденцию к росту, но в некоторых месяцах и районах наблюдаются локальные отрицательные тренды, указывающие на возможные сезонные особенности климатических изменений.

Визуально изменения линейных трендов представлены на приведенных ниже графиках.

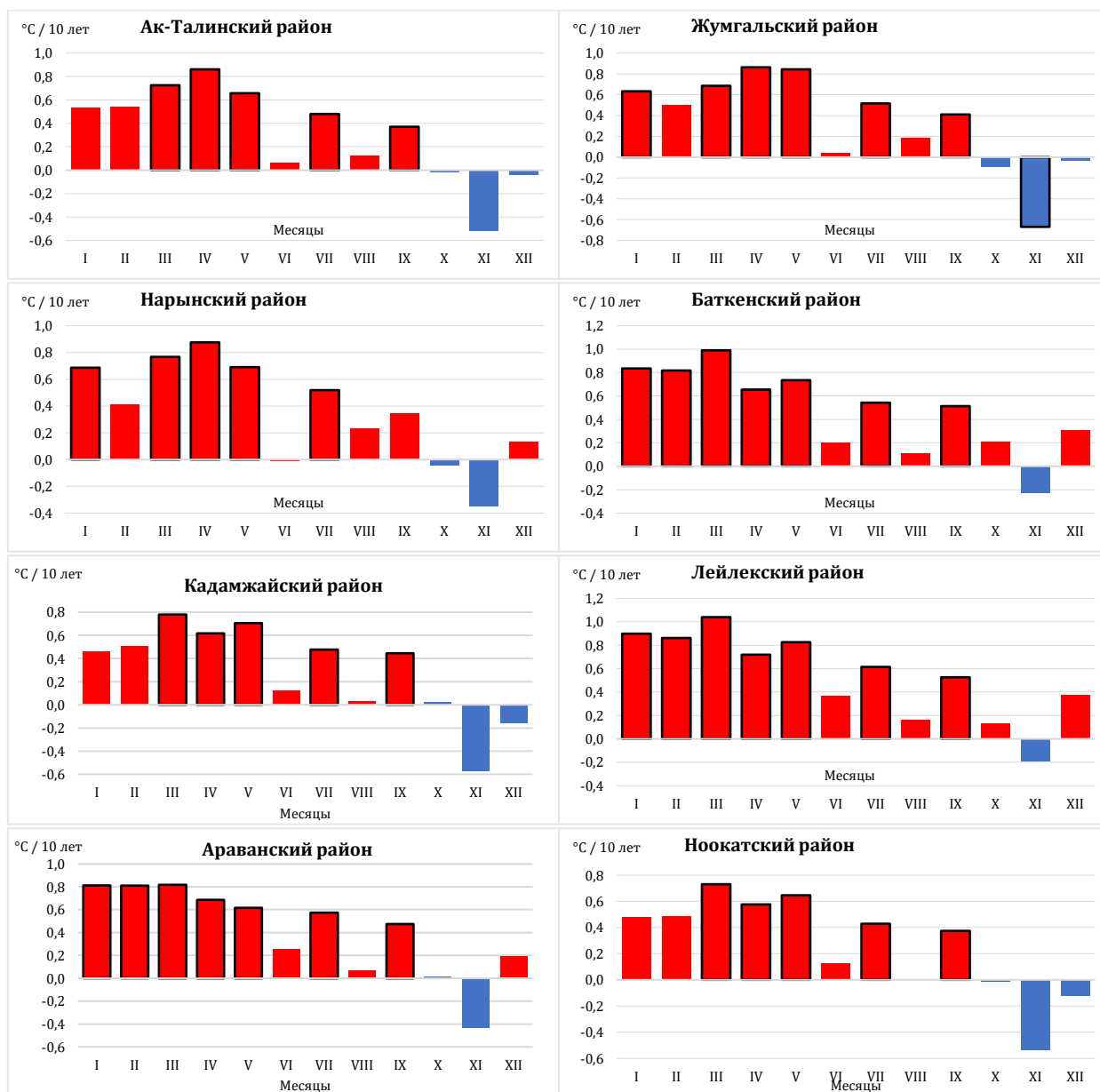


Рисунок 2.1.2: скорость изменения месячной температуры воздуха за период 1993-2022 гг. по данным глобального набора данных ECMWF ERA5 (черной рамкой обозначены статистически значимые значения на уровне доверительной вероятности 90%)

2.1.1 Климатические индексы

Для более подробного описания изменения температурного режима в настоящей работе дополнительно были использованы климатические индексы, рассчитанные с использованием программного приложения ClimPact2, рекомендованного к использованию Всемирной метеорологической организацией. Для расчетов использованы суточные максимальные и минимальные температуры воздуха за период 1993-2022 гг.

Изменение индексов со временем позволяет более подробно охарактеризовать изменение климата в понятных величинах, в том числе насколько теплее становится в течении года, и насколько жарче в летний период года.

Согласно классификации чрезвычайных ситуаций и критериев их оценки в КР ⁷ под «сильной жарой» понимается температура воздуха +40 °C и выше в течение 5 дней и более. Однако, данные критерий практически не характерен для все территории Кыргызстана и его наиболее жарких мест. В настоящей работе используется термин «волны жары». Волны жары определяются Всемирной метеорологической организацией (ВМО) как продолжительные периоды аномально высоких температур, которые значительно превышают средние климатические показатели для данного региона.

Для идентификации волн жары широко используется термин 90-й перцентиль. Волны жары, определяемые с использованием термина "90-й перцентиль", относятся к температурным условиям, которые превышают 90% зарегистрированных температур за определённый период (например, за 30 лет). Это значит, что температуры, соответствующие этой категории, находятся выше значительного большинства значений, наблюдаемых в данной местности. Использование 90-го перцентиля позволяет более точно определить и классифицировать волны жары, свойственные определенному месту с учетом специфических локальных климатических условий, акцентируя внимание на аномальных и экстремальных условиях, которые могут оказывать значительное влияние на здоровье населения, сектора экономики и экосистемы.

В настоящей работе за циклом дней выше 90го перцентиля выбран цикл 3 или более дней, когда дневная максимальная температура (Tx) выше 90-го процентов за период с мая по сентябрь.

Для анализа были использованы следующие индексы, наиболее емко описывающие локальные тепловые стрессы:

- Su (summer days) – «летние дни», количество дней, когда максимальная температура превышает 25°C
- WSDI 1 (warm spell duration) – годовое количество отдельных дней с аномально высокой дневной температурой (выше 90го перцентиля)
- HWF-Tx90 (heat wave frequency) – общее количество дней с волнами жары
- HWN-Tx90 (heat wave number) – число отдельных волн жары
- HWD-Tx90 (heat wave duration) – максимальные волны жары
- Txx – абсолютный максимум дневной температуры
- Tnn – абсолютный минимум ночной температуры

Как и анализ изменения месячной температуры воздуха, анализ изменения указанных индексов проведен на основе коэффициентов линейных трендов, указывающих на динамику (скорость) изменения величины с указанием их статической значимости. Также в анализе используется величина общего изменения величины как произведение скорости (коэффициента линейного тренда) на 30 летний период исследования.

В таблице 2.1.2 приведены коэффициенты линейных трендов для рассматриваемых метеорологических пунктов наблюдений, в таблице 2.1.3 изменение индекса за 30 лет. По данным агропоста Марказ не удалось провести исследования по причине большого числа пропусков в суточных рядах данных.

Таблица 2.1.2: коэффициент линейного тренда (скорость изменения) для температурных климатических индексов

МС/МП	Su	WSDI 1	HWF-Tx90	HWD-Tx90	HWN-Tx90	Txx	Tnn
	дней за год				случаев за год	°C за год	
Баетово	0.55	1.15	0.25	0.078	0.054	0.071	0.07
Нарын	0.45	0.67	0.215	0.121	0.039	0.08	0.02
Чаек	0.38	0.68	0.215	0.121	0.09	0.1	0.13
Баткен	0.43	0.81	0.29	0.16	0.04	0.05	0.03
Исфана	0.71	1.04	0.54	0.21	0.07	0.06	0.07
Кара-Суу	0.39	0.69	0.27	0.14	0.05	0.005	0.16
Ноокат	0.8	1.15	0.42	0.14	0.07	0.057	0.11

Таблица 2.1.3: изменение индексов за 30 лет (произведение КЛТ и общего количества лет)

⁷ ППКР от 18.11.2018 г. № 550 <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/12747?cl=ru-ru>

МС/МП	Su	WSDI 1	HWF-Tx90	HWD-Tx90	HWN-Tx90	Txx	Tnn
	дней за 30 лет						
Баетово	17	35	8	2	2	2	2
Нарын	14	20	6	4	1	2	1
Чаек	11	20	6	4	3	3	4
Баткен	13	24	9	5	1	2	1
Исфана	21	31	16	6	2	2	2
Кара-Суу	12	21	8	4	2	0	5
Ноокат	24	35	13	4	2	2	3

Ниже приведен наиболее обобщенный индекс – межгодовое изменение общего за год числа аномально жарких/теплых дней (WSDI1) для каждой из рассматриваемых станций.

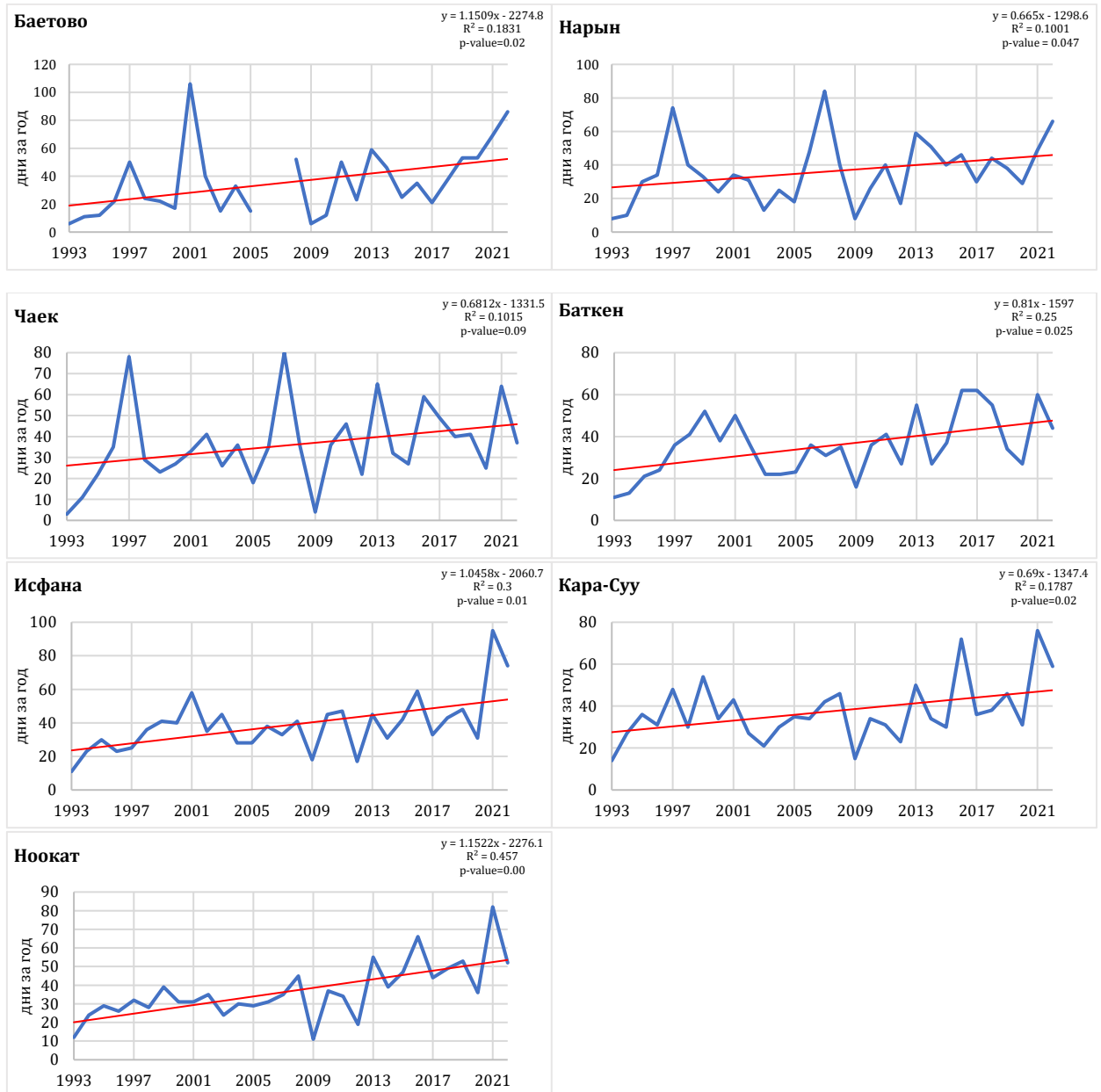


Рисунок 2.1.3: Количество дней за год с дневной температурой выше 90го перцентиля (аномально жарких или аномально теплых, индекс WSDI1) за период 1993-2022 гг.

Сравнительная характеристика метеостанций по индексам позволяет оценить различия в темпах изменения климатических показателей в разных регионах. Рассмотрим основные климатические индексы для каждой метеостанции на основе коэффициентов линейного тренда:

1. Летние дни (Su):

- Наибольший прирост летних дней наблюдается в Ноокате (0.8 дня в год), что за 30 лет приводит к увеличению летних дней на 24 дня.

- Исфана также показывает высокий темп роста (0.71 дня в год), что соответствует увеличению на 21 день за период.
 - Самый низкий темп роста летних дней в Чаеке (0.38 дня в год), что приводит к увеличению только на 11 дней за 30 лет.
- 2. Длительность периода тепла/аномально жаркие или теплые дни (WSDI 1):**
- Наиболее значительный прирост индекса WSDI 1 наблюдается в Баеково, Ноокате (по 1.15 дня в год) и Исфане (1,04 дня в год), что означает увеличение количества аномально теплых дней на 35 и 31 дней за 30 лет соответственно.
 - Самый низкий прирост отмечается по данным МС Нарын, Чаек и Кара-Суу (0.67-0.68 дней в год), что приводит к увеличению аномально теплых и жарких дней на 20-21 дней за 30 лет.
- 3. Частота волн жары (HWF-Tx90):**
- Максимальное увеличение частоты волн жары наблюдается в Исфане (на 0.54 дня в год) и Ноокате (на 0.42 дня в год), что соответствует 16 и 13 дням за 30 лет соответственно.
 - В остальных районах, например, Баеково (0.25 дня в год) и Нарын (0.215 дня в год), темпы увеличения ниже, прирост составляет около 8 и 6 дней соответственно.
- 4. Число волн жары (HWN-Tx90):**
- Чаек имеют наибольший прирост по количеству волн жары (0.09 в год), что за 30 лет приводит к увеличению на 3 случая волн жары.
 - Наименьшие темпы наблюдаются в Нарыне и Баткене (0.039 и 0.04 случая в год соответственно), что добавляет около 1 волну жары за исследуемый период.
- 5. Продолжительность волн жары (HWD-Tx90):**
- В Исфане наблюдается максимальное увеличение продолжительности волн жары (0.21 дня в год), увеличивая их длительность на 6 дней за 30 лет.
 - Наименьший прирост у Баеково (0.078 дня в год), где увеличение составило только 2 дня.
- 6. Абсолютный максимум (Txx) и минимум (Tnn) температуры:**
- Самый высокий рост Txx наблюдается в Чаеке (0.1°C в год), что за 30 лет приводит к повышению температурного максимума на 3°C.
 - Tnn наибольший рост также в Чаеке (0.13°C в год), увеличиваясь на 4°C за 30 лет.
 - Самый низкий рост Txx наблюдается в Кара-Суу (0.005°C в год), что почти не изменяет максимум за 30 лет.

Таким образом, метеостанции Исфана и Ноокат демонстрируют самые высокие темпы увеличения по большинству климатических индексов, указывая на большую подверженность аномальным температурам и волнам жары. Аномально быстрыми темпами ослабевают абсолютный минимум температуры в Чаек и Кара-Суу (на 4 и 5°C за 30 лет).

2.1.2 Опасные температурные показатели

Приведенные ниже показатели критических температур представляют большой интерес для сельского хозяйства, так как на этапе посадки или выращивания сельскохозяйственных культур такие температуры либо задерживают развитие растений, либо вызывают частичную гибель или поражение, либо наоборот, создают благоприятные условия для роста и развития, а на этапе хранения и перевозки приводят к неблагоприятным условиям и увеличению стоимости выращенного урожая.

В настоящем документе рассмотрены такие показатели как количество дней с:

- минимальной температурой $\leq 0^{\circ}\text{C}$ в начале вегетационного периода (март, апрель, май),
- максимальной дневной температурой $\geq 30^{\circ}\text{C}$ в апреле и мае,
- максимальной температурой $\geq 30^{\circ}\text{C}$, $\geq 35^{\circ}\text{C}$ за лето,
- минимальной температурой ниже -15°C за зиму для южных районов и ниже -25°C для нарынских районов.

Таблица 2.1.4: характеристика опасных температур по метеостанциям Нарынской области

Значение	$\leq -25^{\circ}\text{C}$	$\leq 0^{\circ}\text{C}$	$\leq 0^{\circ}\text{C}$	$\geq 30^{\circ}\text{C}$	$\geq 35^{\circ}\text{C}$
	зима	апрель	май	лето	лето
Баеково					
Среднее, дни	13	8	1	11	0
Максимальное, дни	35	16	3	30	2
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,05 / -2	-0,03 / -1	-0,01 / 0	0,4* / 12*	0,01/0,3
Нарын					

Среднее, дни	8	7	1	7	0
Максимальное, дни	21	15	2	20	4
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,03 / -1	-0,1 / -3	-0,02 / -1	0,3* / 8*	-
Чаек					
Среднее, дни	8	7	1	19	1
Максимальное, дни	27	16	2	40	5
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,3* / -10*	-0,2* / -7*	-0,02 / -1	0,3 / 9	0,03 / 1

На основе данных критических температур по метеостанциям и динамики их изменения можно сделать следующие выводы:

1. Зимние минимальные температуры ниже -25°C:

- Наибольшее количество дней с температурой ниже -25°C наблюдается по данным АМП Баево и в среднем составляет 13 дней, в отдельные годы достигая 35 дней
- В Нарыне и Чаеке в среднем число очень холодных дней ниже, чем в Баево и в среднем составляет 8 дней, однако максимально в Нарыне таких дней доходило до 21 дня, тогда как в Чаеке до 27 дней
- В Чаеке наблюдается наибольшие темпы сокращения низких температур – на 0,3 дня за год или на 10 дней за 30 лет, что подтверждает смягчение сурового климата
- В Баево и Нарыне заметного сокращения очень морозных дней практически не наблюдается (на 1...2 дня за 30 лет).

Уменьшение зимних экстремальных холодов, наиболее значительное в Чаеке, может облегчить зимовку некоторых растений и снизить риск повреждения культур от мороза.

2. Весенние морозные дни ($\leq 0^\circ\text{C}$)

- В апреле количество дней с температурой ниже 0°C в среднем составляет 7-8, в отдельные годы до 15-16 дней. Со временем их число незначительно снижается в Баево на 0,03 дня в год, в Нарыне на 0,1 дня в год, наибольшими темпами в Чаеке – на 0,2 в год или на 7 дней за 30 лет
- В мае с средним наблюдается 1 день с отрицательной температурой, в отдельные годы 2...3 дней. Снижения морозных дней не происходит, либо слабое

3. Максимальные дневные температуры $\geq 30^\circ\text{C}$ летом

- Наибольшее число жарких дней наблюдается в Чаеке – в среднем 19 дней, в отдельные годы до 40 дней. В Нарыне в среднем их 7, максимально до 20, в Баево в среднем 11, в отдельные годы до 30
- Отмечается повсеместное увеличение жарких дней на 0,3...0,4 дня за год или на 8...12 дней за 30 лет, с наибольшими темпами роста в Баево.

Рост летних температур выше 30°C может ускорить рост растений, но также создает риск засушливых условий, что требует усиленного орошения и защиты от перегрева.

4. Максимальные температуры летом $\geq 35^\circ\text{C}$ летом

- Дней с очень жаркой температурой относительно мало – до 2...5 дней в отдельные годы
- Чаек единственная станция с увеличением дней с температурой $\geq 35^\circ\text{C}$, на 0,03 дня в год (или 1 день за 30 лет)
- Баево и Нарын: здесь максимальные летние температуры остаются на стабильном уровне.

Увеличение экстремальных температур летом, хоть и незначительное, может повысить стресс растений и вызвать повышенные требования к орошению.

Таким образом, наиболее суровые зимы наблюдаются в Ак-Талинском районе (по данным АМП Баево), но и суровость климата тут практически не ослабевает, по сравнению с Жумгалским районом, где интенсивно сокращается число очень холодных зимних дней. В Ак-Талинском районе, кроме этого, наиболее интенсивно растет число жарких дней летом.

Таблица 2.1.5: характеристика опасных температур по метеостанциям южных областей

Значение	$\leq -15^\circ\text{C}$	$\leq 0^\circ\text{C}$	$\leq 0^\circ\text{C}$	$\leq 0^\circ\text{C}$	$\geq 30^\circ\text{C}$	$\geq 30^\circ\text{C}$	$\geq 35^\circ\text{C}$
	зима	март	апрель	май	апрель	май	лето
Баткен							
Среднее, дни	2	7	1	-	0,3	4	11
Максимальное, дни	17	17	5	-	3	14	25
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,02/-1	-0,2 / -6*	-0,04 / -1	-	0,03/1*	0,05/1,5*	0,38/11*
Исфана							
Среднее, дни	3	11	2	0	-	1	1
Максимальное, дни	23	22	9	2	-	4	10
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,06/-2	-0,2/-6	-0,1* / -3*	-	-	0,04* / 1*	0,08 / 2*

Марказ							
Среднее, дни	1	4	0,5	-	0,8	7	26
Максимальное, дни	11	10	3	-	5	19	50
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	0,04/+1,2	-0,11*/-3*	-0,03/-0,8	-	0,05/1.4*	0,2/6*	0,8/24*
Кара-Суу							
Среднее, дни	2	6	1	-	0	4	11
Максимальное, дни	14	18	3	-	3	10	26
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,07/-2	0/0	-0,01/0	-	0/0	0,12*/4*	0,25*/7*
Ноокат							
Среднее, дни	3	11	1	-	-	1	3
Максимальное, дни	15	21	6	-	-	4	15
Тренд, дни за год/ Δ за 30 лет	-0,06/-2	-0,2*/-6*	-0,06/-2	-	-	0,04/1	0,21*/6*

На основе данных критических температур и их изменений по метеостанциям в Баткене, Исфана, Марказе, Кара-Суу и Ноокате можно сделать следующие выводы:

1. Зимние минимальные температуры ($\leq -15^{\circ}\text{C}$)

- Среднее количество дней с температурой ниже -15°C составляет на метеостанциях составляет от 1 до 3 дней, с максимальным количеством в отдельные годы до 11 дней в Марказе, до 14...15 дней в Кара-Суу и Ноокате, до 17 дней в Баткене, и до 23 дней в Исфана.
- Тренд указывает на незначительное снижение таких дней на всех метеостанциях на 1...2 дня за 30 лет, на АМП Марказ незначительный рост на 1 день

Таким образом, экстремальные зимние температуры имеют незначительную тенденцию к сокращению, однако наблюдается межгодовая вариабельность, что сохраняет риски для сельского хозяйства.

2. Весенние морозные дни в марте ($\leq 0^{\circ}\text{C}$)

- Наименьшее количество дней с отрицательной температурой наблюдается по данным АМП Марказ – в среднем 4 дня, в отдельные годы до 10 дней.
- В Баткене и Кара-Суу в среднем отмечается 6...7 дней, максимально до 17...18 дней.
- Наибольшее число морозных дней в марте наблюдается по данным МС Ноокат и Исфана – в среднем 11 дней, в отдельные годы до 21...22 дней
- Тренд показывает снижение морозных дней практически по всем пунктам наблюдений на 3...6 дней за 30 лет, кроме Кара-Суу, где динамика отсутствует.

3. Весенние морозные дни в апреле ($\leq 0^{\circ}\text{C}$)

- Апрельские отрицательные температуры являются наиболее опасными, так как в большинстве случаев они являются заморозками и приносят ущерб цветущим садам или высаженным в грунт культурам.
- На всех метеостанциях наблюдаются морозные дни в апреле – в среднем 0,5...2 дня, с максимальным количеством до 9 дней в Исфана.
- Для большинства станций наблюдается динамика сокращения морозных дней на 1...3 дня за 30 лет, кроме МС Кара-Суу, где изменений со временем не обнаружено

Таким образом, наиболее выраженное снижение отрицательных температур в начале вегетационного периода наблюдается в Баткене, Исфана, и Ноокате, что может улучшить условия для сельского хозяйства.

4. Весенние жаркие дни в апреле, мае ($\geq 30^{\circ}\text{C}$)

- Жаркие дни в апреле характерны только для Баткена (в среднем 0,3, максимально 3 дня), Марказа (в среднем 0,8, максимально до 5 дней), в отдельные годы в Кара-Суу до 3х дней. Их число незначительно растет со временем - на 1 день за 30 лет
- В мае в Марказе наблюдается наибольшее число жарких дней – в среднем 7, максимально 19 дней, в Баткене и Кара-Суу – в среднем 4 дня, максимально до 14 и 10 дней соответственно
- В Ноокате и Исфана число жарких дней мало и в среднем составляет 1 день, в отдельные годы до 4 дней.

Таким образом, наибольший жарких весенних температур отмечается в Марказе, что создает риск для сельскохозяйственных культур. В Баткене и Исфана также наблюдается рост, хотя и менее выраженный. В Кара-Суу и Ноокате увеличение более умеренное.

5. Экстремально высокие температуры ($\geq 35^{\circ}\text{C}$ летом)

- Летом в Марказе количество дней с температурой $\geq 35^{\circ}\text{C}$ достигает максимума среди всех станций – в среднем 26 дней, в отдельные годы до 50 дней
- В Баткене и Кара-Суу в среднем наблюдается 11 жарких дней, в отдельные годы до 25...26 дней
- В Исфана и Ноокате число очень жарких дней относительно мало – в среднем 1...3 дня, максимально до 10...15 дней соответственно
- На всех наблюдательных пунктах увеличивается число очень жарких дней, с максимальным ростом по данным АМП Марказ – на 0,8 дней в год, что добавляет 24 дня за 30 лет, в Кара-Суу и Ноокате прирост составляет 6...7 дней, в Баткене 11, и минимальный прирост на 2 дня наблюдается в Исфанае.

Общая тенденция к снижению холодных дней зимой и весной указывает на смягчение зимних и весенних условий, что улучшает условия для сельского хозяйства. Однако увеличение жарких дней весной и летом может создать дополнительные риски засух и тепловых стрессов для растений, что требует адаптационных мер.

Зимние оттепели. В связи с повышением зимних температур воздуха со временем, число оттепелей увеличивается из года в год. За зимние оттепели, влияющие на сельскохозяйственные культуры, принимают период 5 и более дней подряд с дневной температурой воздуха $\geq 10^{\circ}\text{C}$.

За последние 30 лет наблюдается тенденция увеличения зимних оттепелей - как отдельных дней с дневной температурой выше $\geq 10^{\circ}\text{C}$, так и циклов 5 дней и более, в связи с чем в настоящем анализе приведена повторяемость оттепелей за последние 10 лет (2013-2022 гг.). Оттепели характерны только для южных районов.

Таблица 2.1.6: Повторяемость (%) хотя бы с одним случаем с зимними оттепелями (5 и более дней с дневной температурой $\geq 10^{\circ}\text{C}$) за период 2013-2022 гг.

МС / АМП	декабрь	январь	февраль
Марказ	20	40	40
Баткен	60	10	50
Исфана	40	20	30
Кара-Суу	30	20	50
Ноокат	20	10	30

В декабре наибольшая повторяемость оттепелей наблюдается в Баткене (60%, то есть 6 случаев из 10 лет), в Исфанае (40%). Меньшая повторяемость характерна для Кара-Суу (30%) и наименьшая в Марказе и Ноокате. В январе в целом, повторяемость оттепелей ниже, чем в других месяцах, и максимальная повторяемость в 40% наблюдается в Марказе, в 20% случаев в Исфана и Кара-Суу, в Ноокате и Баткене очень редко – в 1 из 10 лет (10%). В феврале в половине зим на МС Баткен и Кара-Суу, на АМП Марказ в 40% лет, на МС Исфана и Ноокат в 30 % зим наблюдается цикл из теплых дней.

2.1.3 Агрометеорологические показатели

Динамика изменения агрометеорологических параметров для Нарынской области (по данным таблицы 2.1.7) и для южных районов (табл. 2.1.8) описана через коэффициенты линейного тренда, которые показывают скорость изменения показателей в год. В приложении 1 приведены графики изменения сумм активных температур выше 5°C для АМП Баетово, МС Нарын и Чаек, выше 10°C для АМП Марказ, МС Баткен, Исфана, Кара-Суу и Ноокат за период 1993-2022 гг. (для АМП Марказ за 1993-2008 гг.). Стоит отметить, что анализ изменения агрометеорологических параметров не приведен по АМП Марказ в связи с большим числом пропусков данных после 2008 года.

Таблица 2.1.7: динамика изменения основных агрометеорологических показателей для Нарынской области (на основе коэффициента линейного тренда за период 1993-2022 гг.)

МС / АМП	Даты перехода через 0°C		Даты перехода через 5°C		САТ выше 5°C	Продолжительность, дни		Осадки за ВП, мм
	весной	осенью	весной	осенью		Безморозного периода	Вегетационного периода	
Баетово	-0,15	0,05	-0,36*	0,29	11,3*	0,19	0,65*	1,07
Нарын	-0,28	0,05	-0,3*	0,05	9,1*	0,33	0,35	1,08
Чаек	-0,37	0,24	-0,54*	0,21	10,2*	0,61*	0,75*	2,2*

*обозначены статистически значимые величины на уровне доверительной вероятности 90%

Даты перехода температуры через 0°C весной:

- Все нарынские районы показывают тенденцию к более раннему переходу температуры через 0°C .
- Наибольшая скорость изменений в Чаеке (-0,37 дней/год, что соответствует сдвигу на ранние сроки примерно на 11 дней за 30 лет), в Нарыне -0,28 дней/год или на 8 дней за 30 лет.

- Баетово демонстрирует наименьшие изменения (-0,15 дней/год, 5 дней за 30 лет).

Даты перехода температуры через 0°C осенью:

- Даты перехода температуры через 0°C осенью практически без изменений, только в Чаеке морозные дни наступают на 7 дней позже (+0,24 дней/год).

Даты перехода температуры через 5°C весной:

- Переход через 5°C весной происходит **раньше** во всех районах.
- Чаек показывает наибольшую скорость изменений (-0,54 дней/год, около 16 дней за 30 лет).
- В Баетово отмечается сдвиг на -0,36 дней/год (около 11 дней за 30 лет), Нарын – на -0,3 дня/год (9 дней за 30 лет).

Даты перехода температуры через 5°C осенью:

- Осенний переход через 5°C смещается **к более поздним срокам** во всех районах.
- Самый быстрый рост наблюдается в Баетово (+0,29 дней/год, около 9 дней за 30 лет).
- Нарын показывает незначительные изменения (+0,05 дней/год).

Сумма активных температур (САТ) выше 5°C значительно увеличивается во всех районах:

- Наибольший прирост отмечен в Баетово (+11,3°C/год или около 339°C за 30 лет).
- Чаек и Нарын +10,2°C/год и +9,1°C/год соответственно, что соответствует увеличению на 306 и 273°C за 30 лет.

Во всех районах наблюдается увеличение продолжительности безморозного периода:

- Наибольшие изменения фиксируются в Чаеке (+0,61 дней/год, около 18 дней за 30 лет).
- Баетово и Нарын показывают прирост на +0,19 и +0,33 дней/год (около 6 и 10 дней за 30 лет соответственно).

Вегетационный период также удлиняется в каждом районе:

- Самое большое увеличение в Чаеке (+0,75 дней/год, 22 дня за 30 лет).
- В Баетово наблюдается рост на +0,65 дней/год (19 дней за 30 лет).
- Наименьший рост в Нарыне – +0,35 дней/год (10 дней за 30 лет).

Осадки за вегетационный период увеличиваются во всех районах:

- Наибольший прирост наблюдается в Чаеке (+2,2 мм/год, около 66 мм за 30 лет).
- Баетово и Нарын демонстрируют одинаковый прирост на +1,1 мм/год или 32 мм за 30 лет.

Таким образом, по данным всех трех наблюдательных пунктов в Нарынской области наблюдается более раннее начало вегетационного периода и более позднее его окончание, соответственно увеличивается продолжительность вегетационного и безморозного периода. Кроме того, увеличивается количество осадков за вегетационный период, что в целом положительно влияет на сельскохозяйственное производство. Наибольшие изменения теплового режима отмечаются в Жумгалском районе.

Таблица 2.1.8: динамика изменения основных агрометеорологических показателей для южных районов (на основе коэффициента линейного тренда за период 1993-2022 гг.)

МС /АМП	Даты перехода через 0°C		Даты перехода через 10°C		САТ выше 10°C	Продолжительность, дни		Осадки за ВП, мм
	весной	осенью	весной	осенью		Безморозного периода	Вегетационного периода	
Баткен	-0,54*	-0,14	-0,48*	0,11	10*	0,41	0,59*	-1,74*
Исфана	-0,69	-0,19	-0,67*	-0,17	14*	0,5	0,5*	0,29
Кара-Суу	-0,24	-0,4	-0,32*	-0,02	7,1*	-0,17	0,31	-0,62
Ноокат	-0,04	-0,22	-0,52*	-0,13	10,3*	-0,22	0,4	0,25

*обозначены статистически значимые величины на уровне доверительной вероятности 90%

Динамика агрометеорологических параметров для южных районов на основе коэффициента линейного тренда следующая:

Даты перехода температуры через 0°C весной во всех районах смещаются на более ранние сроки:

- Наибольшая скорость изменения дата перехода через 0°C наблюдается в Исфане (-0,69 дней/год), что соответствует сдвигу на 21 день за 30 лет на более ранние сроки.
- Баткен показывает изменения на -0,54 дней/год (16 дней за 30 лет).
- Кара-Суу и Ноокат демонстрируют более слабые изменения: -0,24 дней/год (7 дней за 30 лет) и -0,04 дней/год (1 день за 30 лет), соответственно.

Даты перехода температуры через 0°C осенью сдвигаются на более ранние сроки, то есть вегетация заканчивается раньше.

- В Кара-Суу и Ноокате наблюдается наибольший сдвиг дат перехода через 0°C (-0,4 и -0,22 дней/год или 12 и 7 дней соответственно).
- В Баткене коэффициент линейного тренда составляет -0,14 дней/год, что соответствует сдвигу на 4 дня раньше за 30 лет
- В Исфане отмечаются слабые тенденции сдвига к более ранним срокам (-0,19 дней/год, 6 дней за 30 лет).

Даты перехода температуры через 10°C весной имеет тенденцию **интенсивного сдвига на более ранние сроки:**

- Наибольший сдвиг зафиксирован в Исфане (-0,67 дней/год, около 20 дней за 30 лет) и Ноокате (-0,52 дней/год или на 16 дней за 30 лет).
- в Баткене изменения составляют -0,48 дней/год или 14 дней за 30 лет), в Кара-Суу сдвиг минимальный (-0,32 дня/год или 10 дней за 30 лет).

Даты перехода температуры через 10°C осенью изменяются незначительно:

- В Баткене фиксируется небольшой сдвиг к более поздним срокам (+0,11 дней/год, 3 дня за 30 лет).
- В остальных районах отмечается сдвиг на более ранние сроки и варьируются от -0,02 до -0,17 дней/год (от 1 до 5 дней за 30 лет).

Сумма активных температур (САТ) выше 10°C интенсивно увеличивается, что указывает на увеличение накопленного тепла:

- Наибольший прирост зафиксирован в Исфане (+14°C/год или 420°C за 30 лет)
- В Ноокате и Баткене наблюдается увеличение САТ на 10...10,3°C или на 300...309°C за 30 лет соответственно).
- В Кара-Суу прирост тепла минимальный и составил 7,1°C/год или 213°C за 30 лет.

Продолжительность безморозного периода за счет сдвига весенних дат перехода на более ранние сроки, а также и осенних на ранние сроки, меняется незначительно:

- Увеличение наблюдается в Исфане (на 0,5 дня/год или +14 дней за 30 лет) и в Баткене на 0,4 дня/год или +12 дней за 30 лет.
- Сокращение отмечается в Кара-Суу и Ноокате на 5 и 7 дней за 30 лет (-0,17 и -0,22 дня/год соответственно)

Продолжительность вегетационного периода удлиняется во всех районах:

- Наибольшие изменения зафиксированы в Баткене (+0,59 дней/год или 18 дней за 30 лет) и в Исфане (на +0,5 дней/год или 15 дней за 30 лет).
- В Ноокате прирост составил +0,4 дня/год (12 дней за 30 лет), в Кара-Суу +0,31 дня/год (9 дней за 30 лет).

Осадки за вегетационный период меняются не однородно:

- В Исфане отмечен прирост на +0,29 мм/год (около 9 мм за 30 лет), в Ноокате +0,25 мм/год (около 7,5 мм за 30 лет).
- В Баткене отмечено статистически значимое снижение осадков (на -1,74 мм/год или около -52 мм за 30 лет), в Кара-Суу небольшое сокращение (-0,62 мм/год или на 19 мм за 30 лет)

Таким образом, в южных районах наблюдается интенсивный сдвиг дат начала вегетационного периода и небольшой сдвиг его окончания на более ранние сроки. Во всех районах зафиксировано значительное увеличение САТ, удлинение безморозного и вегетационного периодов, что свидетельствует об усилении теплового режима и потенциальном повышении продуктивности сельскохозяйственных культур. Однако осадки сокращаются по данным МС Кара-Суу и Баткен, что приводит к потенциальному росту спроса на поливную воду. Наибольшее

изменение продолжительности вегетационного периода и САТ наблюдается в Лейлекском районе по данным МС Лейлек.

Стоит отметить, что по данным МС Ноокат период перехода через +10°C сместился на 16 дней раньше, тогда как даты с последними отрицательными температурами остаются практически без изменений, что может повысить риск ущерба от поздних весенних заморозков. В всех южных районах скорость сдвига дат первых отрицательных температур осенью выше скорости сдвига дат перехода в сторону понижения среднесуточных температур через +10°C (окончание вегетации), что может привести к повышению риска от первых осенних заморозков для не убранных и не укрытых сельскохозяйственных культур (овощей, плодов, ягод и др.).

2.1.4 Весенние заморозки

Заморозки являются одним из наиболее опасных агрометеорологических явлений для сельского хозяйства. Определяющим фактором для оценки интенсивности ущерба от поздних весенних заморозков является насколько теплым был предыдущий зимне-весенний период, какой продолжительности и величины значений отрицательных температур были заморозки.

В настоящей работе интенсивность заморозков была оценена по нескольким критериям. Для начала была определена ежегодная дата *устойчивого* перехода весной среднесуточной температуры воздуха через +5°C для зерновых, косточковых и семечковых культур, и через +10°C для теплолюбивых и картофеля. Далее рассчитывалась сумма среднесуточных температур до появления возвратных отрицательных температур с целью определения стадии развития той или иной культуры. После чего оценивалась интенсивность потенциального повреждения от наступления отрицательных температур на основе величины и продолжительности дней с отрицательной температурой. Таким образом, заморозки были разделены на 3 категории: слабые, средние и интенсивные.

Районы Нарынской области. На графиках ниже приведены даты с последними отрицательными температурами за период 1993-2022 гг., а также маркерами нанесены случаи с слабыми, средними и интенсивными потенциальными заморозками. Для АМП Баево и МС Чаек оценка потенциального ущерба от заморозков была проведена для зерновых культур, для МС Нарын – для зерновых и картофеля.

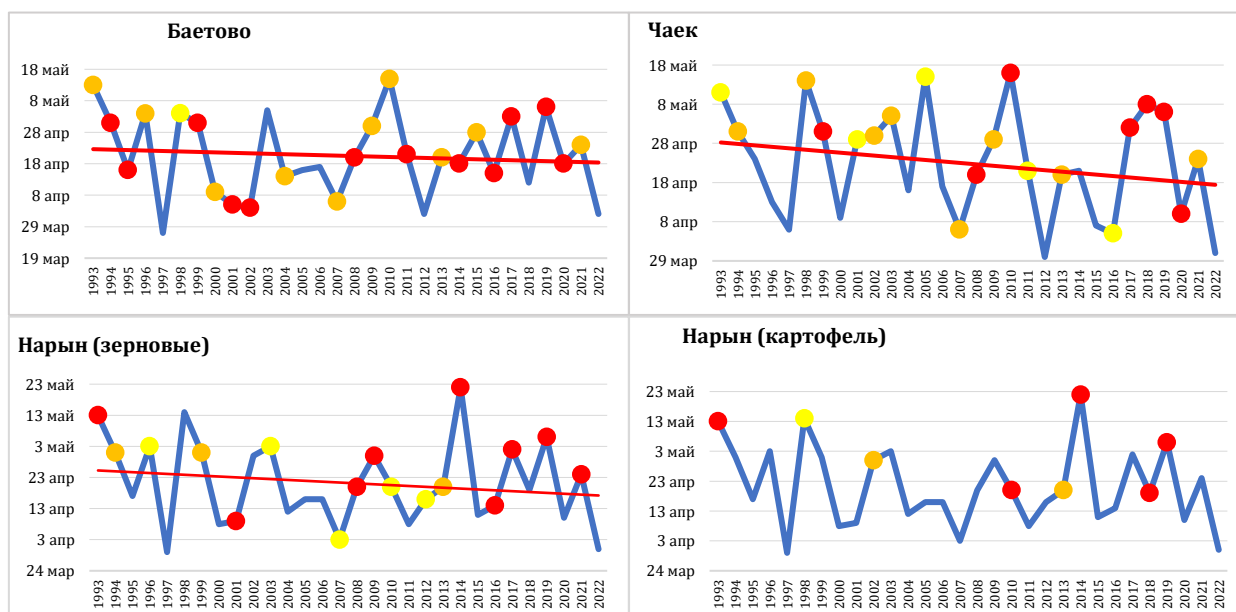


Рисунок 2.1.4: Даты последних весенних отрицательных температур с нанесенными в виде маркеров дат с ущербами от заморозков для зерновых культур, для Нарына также для картофеля (красная линия – линейный тренд, красный маркер – заморозки с интенсивным потенциальным ущербом, оранжевый – средний ущерб, желтый – слабый ущерб)

В Жумгальском районе (МС Чаек) за 30 лет с 1993 по 2022 гг. **заморозки**, потенциально опасные для зерновых культур, то есть возникшие после начала устойчивого перехода среднесуточных температур через 5°C, наблюдались 20 раз (или в 67% случаев). Потенциально значительный ущерб от заморозков отмечался 7 раз – в 1999, 2008, 2010, 2017, 2018, 2019, 2020 гг.

в Ак-Талинском районе наблюдались 23 раза (или в 77% случаев). Потенциально значительный ущерб от заморозков отмечался 12 раз – в 1994, 1995, 1999, 2001, 2002, 2008, 2011, 2014, 2016, 2017, 2019, 2020 гг. В 1998,

2008 гг. отмечались повторные заморозки разной интенсивности, в 2016, 2020 гг. заморозки отмечались трижды за весенний период.

в Нарынском районе наблюдались 17 раз (или в 57% случаев). Значительный ущерб от заморозков для зерновых отмечался 9 раз – в 1993, 2001, 2008, 2009, 2014, 2016, 2017, 2019, 2021 гг. Для картофеля потенциальные заморозки отмечались 8 раз, интенсивные из которых были 5 раз – в 1993, 2010, 2014, 2018, 2019.

Южные районы. Оценка потенциального ущерба от заморозков была проведена для МС Баткен для косточковых культур, для МС Исфана, Кара-Суу – для теплолюбивых, для МС Ноокат – для косточковых и семечковых культур. Для АМП Марказ оценка не проведена в связи с большим количеством пробелов в данных.

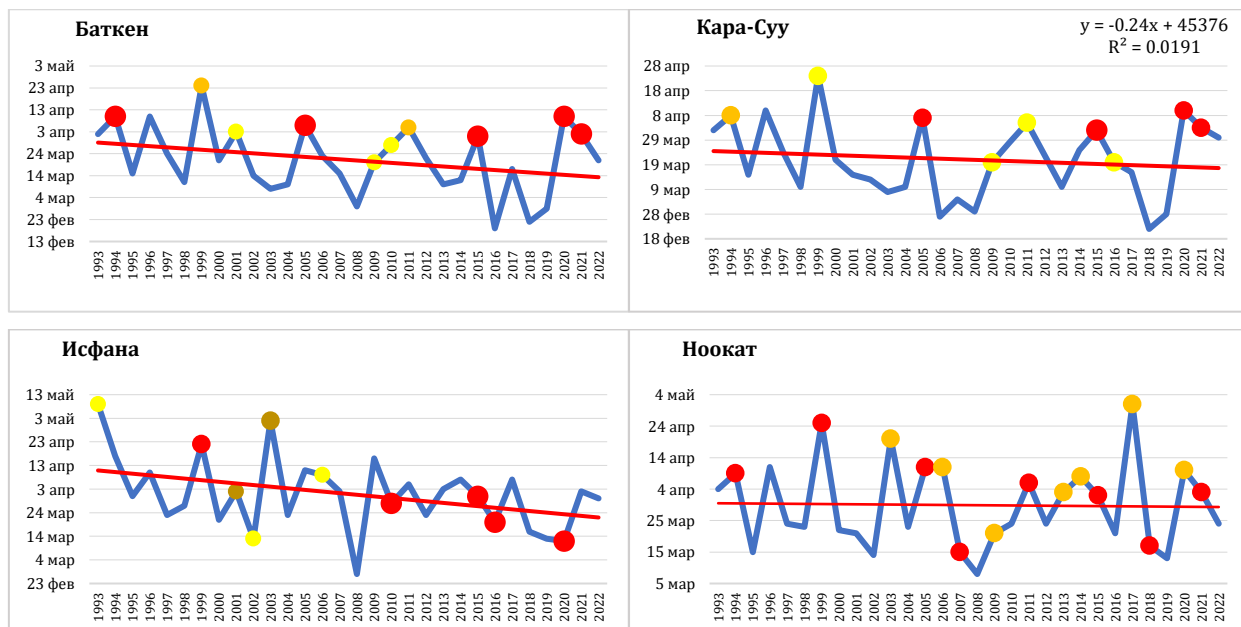


Рисунок 2.1.5: Даты последних весенних отрицательных температур с нанесенными в виде маркеров дат с ущербами от заморозков для теплолюбивых, для МС Ноокат для семечковых и косточковых культур (красная линия – линейный тренд, красный маркер – заморозки с интенсивным потенциальным ущербом, оранжевый – средний ущерб, желтый – слабый ущерб)

В Баткенском районе **заморозки**, потенциально опасные для косточковых культур, то есть возникшие после начала устойчивого перехода среднесуточных температур через 10°C по данным МС Баткен наблюдались 10 раз (или в 33% случаев). Значительный потенциальный ущерб от заморозков отмечался в 5 раз – в 1994, 2005, 2015, 2020 и 2021 гг.

В Лейлекском районе (МС Исфана) заморозки для теплолюбивых культур наблюдались 12 раз (или в 40% случаев) – в 1993, 1999, 2001, 2002, 2003, 2006, 2010, 2015, 2016, 2020 гг. Потенциальный значительный ущерб от заморозков отмечался 5 раз – в 1999, 2010, 2015, 2016, 2020 гг.

В Араванском районе по данным метеостанции Кара-Суу заморозки для теплолюбивых культур наблюдались 9 раз (или в 30% случаев) – в 1994, 1999, 2005, 2009, 2011, 2015, 2016, 2020, 2021 гг. Значительный (потенциальный) ущерб от заморозков отмечался 4 раза – в 2005, 2015, 2020, 2021 гг.

В Ноокатском районе за период 1993-2022 гг. в 50% лет последние отрицательные температуры являлись заморозками, опасными для косточковых и семечковых культур, то есть возникшие после начала устойчивого перехода среднесуточных температур через 5°C, из которых в 27% лет наблюдались интенсивные заморозки, которые могли обусловить полную гибель завязи и плодов, в 23% случаев - умеренные заморозки.

Количество заморозков во всех районах увеличилось в 2000х годах, не смотря на сдвиг дат последних отрицательных температур на более ранние сроки. Причиной увеличения ущерба является рост температур в конце зимы и начале весны, что усиливает вегетацию и повышает риск от возвратных холодов, на какой бы период они не приходились.

Важно отметить, что заморозки могут быть локальным опасным явлением и их интенсивность, и ущерб зависит также от микрорельефа. Однако, повсеместными заморозки были в 2015 году, когда МЧС были зафиксированы значительные ущербы плодовых культур во всех южных районах Кыргызстана. Данный случай является показательным, так как в марте наблюдалась довольно теплая погода, а с 29 марта по 1 апреля отмечалась отрицательная температура (30 марта минимальная температура составляла -12...-8°C по данным южных метеостанций).

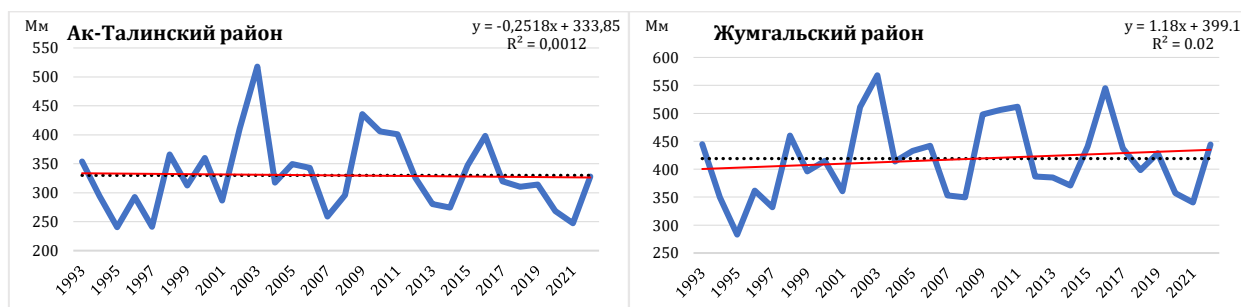
2.2. Атмосферные осадки

Для анализа тенденций изменения годовой и месячной суммы осадков использован набор данных реанализа CHIRPS⁸, так как этот набор данных позволяет оценить изменение режима осадков не только в точке расположения метеостанции, а по всему административному району.

Анализ межгодовой изменчивости и изменения годовой суммы осадков. Осадки в рассматриваемых районах, так же, как и на всей территории Кыргызстана, характеризуются значительной изменчивостью, как сезонной, так и межгодовой. Аномальным считается отклонение годовой или месячной суммы осадков от среднего многолетнего значения на $\pm 20\%$. Так, межгодовая изменчивость (отклонение от среднего многолетнего за 1993-2020 гг.) составляет:

Район	Диапазон отклонения годовой суммы осадков от среднего многолетнего, в %	
Ак-Талинский	-28	+55
Жумгалский	-35	+35
Нарынский	-29	+45
Баткенский	-23	+36
Кадамжайский	-23	+28
Лейлекский	-29	+43
Араванский	-40	+44
Ноокатский	-22	+39

Как видно, наибольшая экстремальность, обусловленная значительной межгодовой изменчивостью осадков, наблюдается в Ак-Талинском и Араваном районах, средняя изменчивость в Нарынском, Лейлекском и Жумгалском районах, и наименьшая изменчивость в Ноокатском, Баткенском и Кадамжайском районах. В целом, количество лет с осадками больше нормы немного превалирует над годами с осадками меньше нормы.



⁸ <https://earthmap.org/>

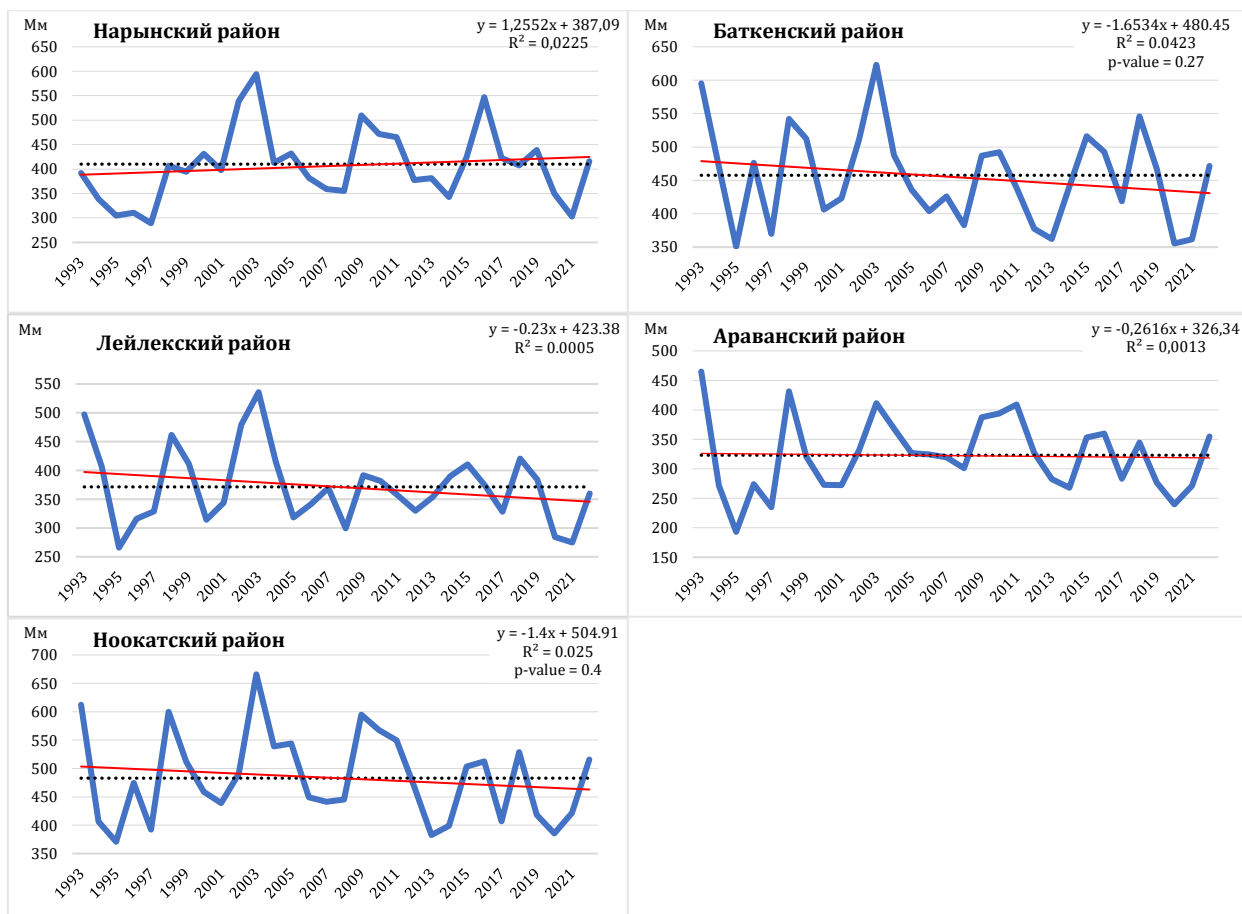


Рисунок 2.2.1: межгодовой ход годовой суммы осадков за период 1993-2022 гг. (красная линия – линейный тренд, черная пунктирная – средняя сумма осадков) по глобальному набору данных CHIRPS

Наиболее увлажненным годом по всем районам был 2003 год, когда аномалия по южным районам составила +27...+43% от среднего многолетнего, в нарынских районах от +35 до +56%. Годом со значительным недобором осадков для всех районов был 1995 год с аномалией от -40 до -22 % для южных районов, от -33 до -26% для нарынских районов. Из засушливых лет можно также выделить 2020 год, когда в южных районах осадков выпало на 19...26 % ниже нормы, в нарынских на 15...19% ниже нормы, а также 2021 год с отрицательной аномалией осадков: для юга на 12...27%, для нарынских районов на 19...26%.

Анализ изменения осадков включает в себя анализ темпов (скорости) изменения на основе коэффициента линейного тренда и выражен в % за 10 лет, а также в величине ΔT = коэффициент линейного тренда × количество лет (в данной работе 30 лет). Величина достоверности (доверительной вероятности) линейного тренда приведена на основе р-величины (при $p \geq 0,1$ тренд принят статистически значимым).

Анализ изменения годовой суммы осадков указывает на незначительные изменения со статистически незначимыми трендами:

- тенденция сокращения осадков в смежных районах – Лейлекском, Баткенском, Кадамжайском и Ноокатском,
- небольшая тенденция увеличения наблюдается в Жумгальском и Нарынском районах (на 1,18 мм за год или 35 мм за 30 лет и 1,25 мм за год или 38 мм за 30 лет соответственно),
- отсутствие тренда в Араванском и Ак-Талинском районах.

Графически и таблично ниже представлены значения скорости изменения месячной суммы осадков, на основе коэффициента линейного тренда.

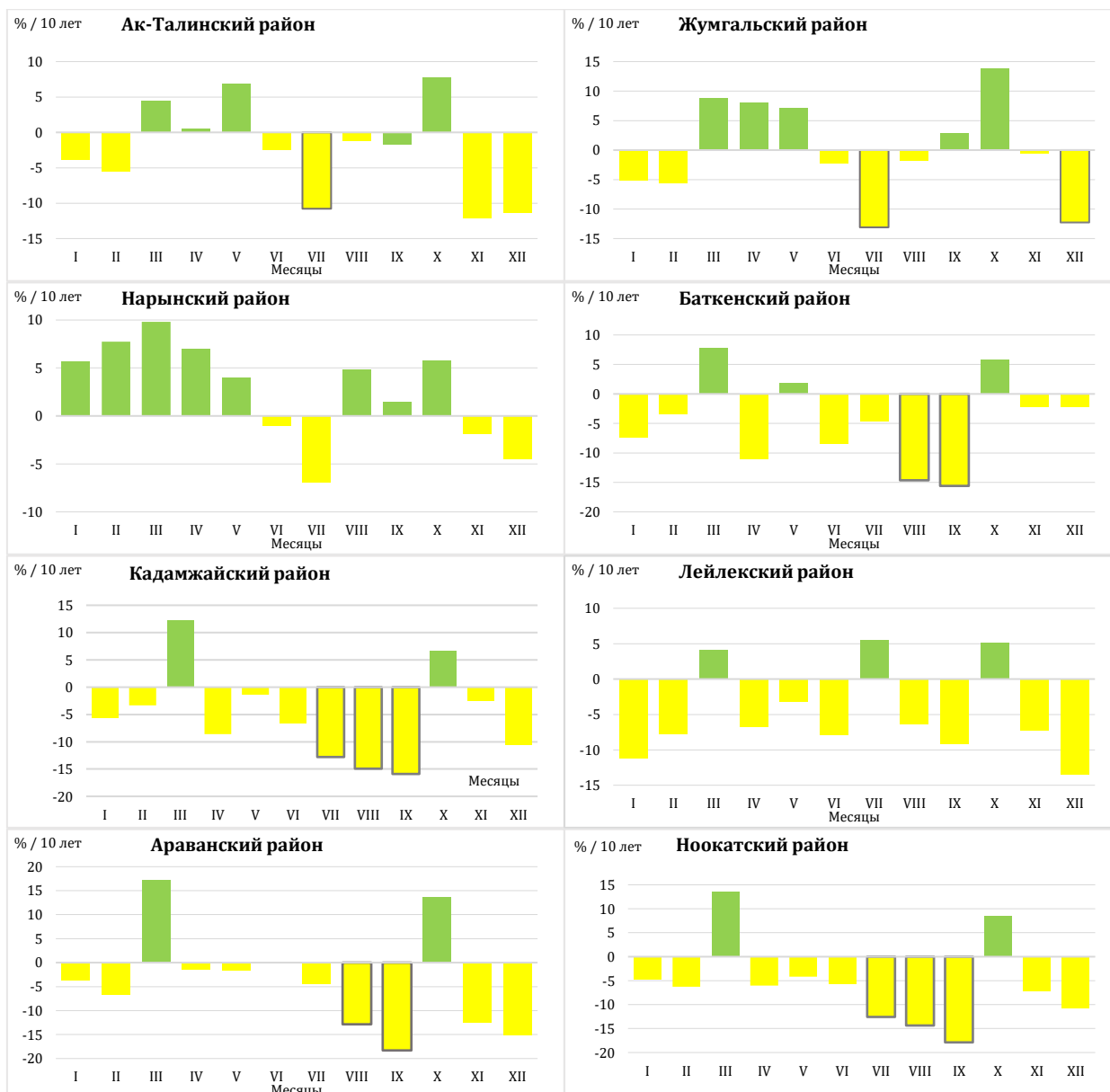


Рисунок 2.2.2: скорость изменения месячной суммы осадков (в % за 10 лет) за период 1993-2022 гг. по глобальному набору данных CHIRPS (черной рамкой обозначено статистически значимое значение на уровне доверительной вероятности 90%).

Таблица 2.2.1: скорость изменения месячной суммы осадков (в % за год) по месяцам и за год (жирным шрифтом обозначены значения коэффициента линейного тренда на уровне доверительной вероятности 90%)

Район	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Ак-Талинский	-0.4	-0.6	0.4	0.1	0.7	-0.2	-1.1	-0.1	-0.2	0.8	-1.2	-1.1	-0.3
Жумгалский	-0.4	-0.6	0.4	0.1	0.7	-0.2	-1.1	-0.1	-0.2	0.8	-1.2	-1.1	-0.3
Нарынский	0.6	0.8	1.0	0.7	0.4	-0.1	-0.7	0.5	0.1	0.6	-0.2	-0.4	1.3
Баткенский	-0.7	-0.3	0.8	-1.1	0.2	-0.9	-0.5	-1.5	-1.6	0.6	-0.2	-0.9	-1.7
Кадамжайский	-0.6	-0.3	1.2	-0.9	-0.1	-0.7	-1.3	-1.5	-1.6	0.7	-0.3	-1.1	-0.3
Лейлекский	-1.1	-0.8	0.4	-0.7	-0.3	-0.8	0.6	-0.6	-0.9	0.5	-0.7	-1.4	-0.5
Араванский	-0.4	-0.7	1.7	-0.1	-0.2	0.0	-0.4	-1.3	-1.8	1.4	-1.2	-1.5	-0.3
Ноокатский	-0.5	-0.6	1.4	-0.6	-0.4	-0.6	-1.3	-1.4	-1.8	0.8	-0.7	-1.1	-0.3

На основе анализа таблицы 2.2.1 и диаграмм на рисунке 2.2.2 с коэффициентами линейных трендов, можно выделить следующие устойчивые изменения по месяцам и сезонам:

1. Зима:

- в декабре большинстве районов отмечается снижение осадков – на 0,4...1,1% в год в нарынских районах и на 0,9...1,5% в южных (в Ак-Талинском районе тренд статистически значимый на -1,1 % за 10 лет или на 33% за 30 лет).
- в январе и феврале в Нарынском районе наблюдается небольшой прирост осадков, что выделяет его среди остальных.

2. Весна:

- в марте повсеместно отмечается рост осадков на 0,4...1,7% в год (статистически не значимый)
- в апреле и мае в нарынских районах наблюдается небольшое увеличение осадков, в южных, напротив, сокращение.

3. Лето:

- характеризуется снижением осадков. Особенно это заметно в Баткенском, Кадамжайском, Ноокатском и Араванском районах, где значения коэффициентов статистически значимые (на 1,3...1,8% за год или на 39...54% за 30 лет)
- исключение составляет небольшой рост осадков (статистически незначимый) в Нарынском районе в августе, и в Лейлекском районе в июле.

4. Осень:

- в сентябре и ноябре снижение осадков наблюдается почти во всех районах, с устойчивым отрицательным трендом в сентябре в Баткенском, Араванском и Ноокатском районах (на 1,6...1,8 % в год или на 48...54 % за 30 лет)
- в октябре отмечается повсеместный статистически не значимый рост от 0,5 до 1,4 % за год (от 15 до 42 % за 30 лет)

Таким образом, для большинства районов характерно сокращение осадков летом, особенно в июле и августе в южных районах. И их увеличение в марте, в нарынских районах во все весенние месяцы.

2.3. Засуха

В данном разделе для анализа изменения засухи и переувлажнения будут рассмотрены осадки и температура комплексно. Увеличение осадков в определённые месяцы может быть нивелировано интенсивным ростом температуры воздуха, а значит и повышенным уровнем испарения.

Оценка засухи по международному индексу. Международный индекс **SPEI3 (СИОЭ)** – стандартизованный индекс осадков и эвапотранспирации использует для расчета как суточные осадки, так и температуру воздуха, что позволяет более точно оценить изменение режима увлажнения. Стандартизованный индекс осадков-эвапотранспирации (SPEI) выражает в виде стандартизованной переменной (среднее ноль и единичная дисперсия) отклонения текущего климатического баланса (осадки минус потенциал эвапотранспирации) по отношению к долгосрочному балансу. Базовый период для расчета в базе соответствует всему периоду исследования.

В настоящей работе для анализа выбран индекс SPEI3, учитывающий накопленные осадки и тепло за текущий и 2 предыдущих месяца, т.е. характеризующий накопленную засуху. Индекс SPEI3 рассчитан на основе суточных данных по максимальной и минимальной температуре воздуха и суточной сумме осадков с использованием программного приложения ClimPact2

Таблица 2.3.1: Характеристика индекса SPEI3

Значение индекса	Характеристика
+2 и более	Экстремально влажно
1,5 ... 1,99	Очень влажно
1,0 ... 1,49	Умеренно влажно
-0,99 ... 0,99	Близко к норме
-1,0 ... -1,49	Умеренно сухо
-1,5 ... -1,99	Сильно сухо
-2 и менее	Экстремально сухо

Межгодовое распределение месячных индексов SPEI3 (рис.2.3.1) указывает на преобладание годов с отрицательным индексом, то есть с засухой, над годами с положительными значениями. Отрицательный линейный тренд отмечается по данным всех метеостанций, что говорит о том, что засушливость в исследуемых районах усиливается. Наибольшее **темпы усиления засушливости наблюдается** на данным станций **Баетово, Баткен и Кара-Суу.**

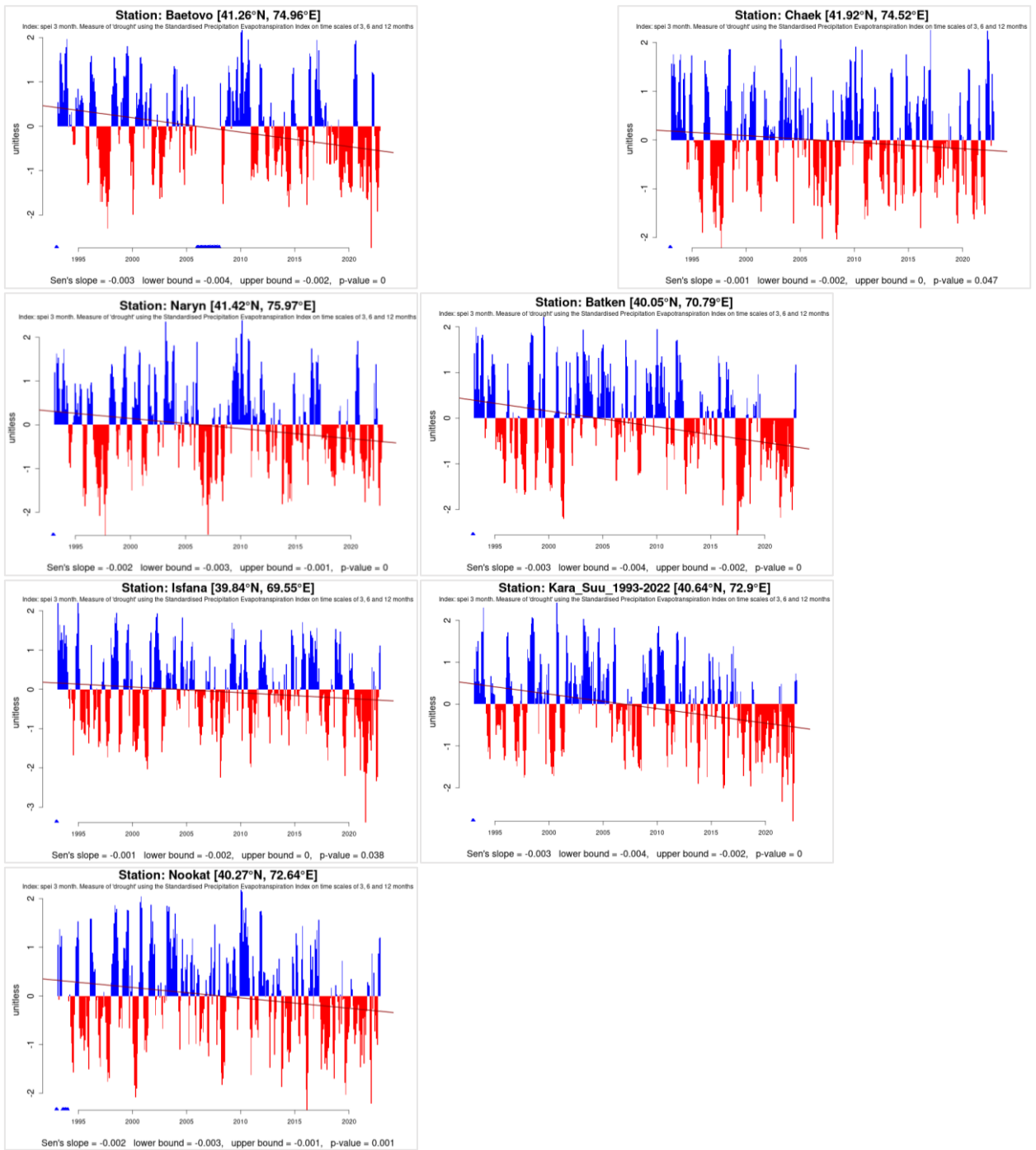


Рисунок 2.3.1: межгодовое изменение SPEI3 за период 1993-2022 гг. по метеостанциям Чаек, Баетово, Нарын, Баткен, Исфана, Кара-Суу, Ноокат. Синие значения соответствуют положительным значениям индекса, красные – отрицательным, красная линия – линейный тренд

В таблице 2.3.2 представлены значения коэффициента линейного тренда, а также его графическое представление в виде диаграмм на рисунке 2.3.2.

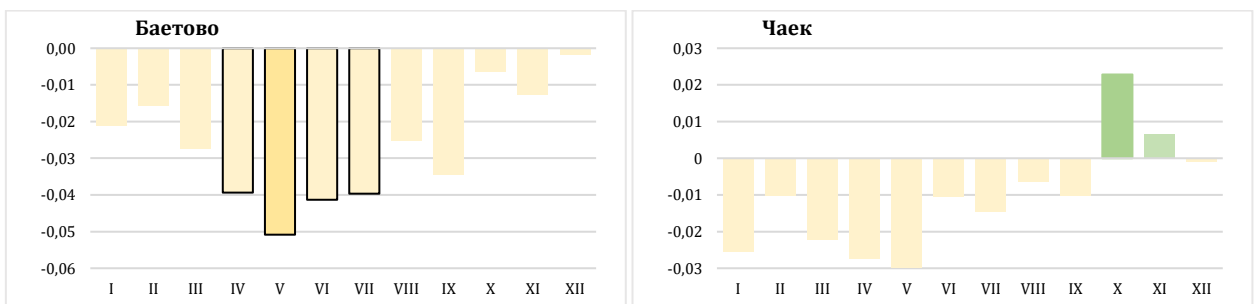




Рисунок 2.3.2: внутригодичная скорость изменения SPEI3 на основе коэффициента линейного тренда (черной рамкой обозначено статистически значимая величина на уровне доверительной вероятности 90%)

Таблица 2.3.2: скорость изменения индекса SPEI3 на основе коэффициентов линейных трендов

МС/АМП	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Баетово	-0.02	-0.01	-0.03	-0.04	-0.05*	-0.04*	-0.04*	-0.02	-0.03	0.00	-0.01	0.00	-0.003*
Нарын	-0.01	0.00	-0.02	-0.04*	-0.04*	-0.04*	-0.03	-0.03	-0.02	0.01	0.01	0.00	-0.002*
Чаек	-0.03	-0.01	-0.02	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.02	0.01	0.00	-0.001*
Баткен	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.03	-0.04*	-0.05*	-0.06*	-0.06*	-0.03	-0.02	-0.01	-0.003*
Марказ	-0.02	-0.03	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	-0.04*	-0.05*	-0.06*	0.00	0.01	0.01	
Исфана	-0.02	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.05*	-0.04*	-0.01	0.00	0.01	-0.001*
Кара-Суу	0.00	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.02*	-0.01	-0.01	0.00	-0.003
Ноокат	-0.03	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04*	-0.02	-0.01	0.00	-0.002*

*обозначены статистически значимые величины

Станции Нарын, Баетово и Чаек демонстрируют схожие тенденции усиления засушливости, особенно в весенне-летний период, когда усиление дефицита влаги наиболее выражено.

- **Весна (апрель–май):** Этот сезон характеризуется нарастанием засухи. В апреле и мае на всех трех станциях наблюдаются отрицательные коэффициенты линейных трендов (статистически значимые, то есть устойчивые для Баетово и Нарына). Эти месяцы отмечены значимым снижением индекса, что указывает на ухудшение влагозапасов в критически важный период начала вегетации.
- **Лето (июнь–август):** в летний период продолжает наблюдаться тренд усиления засушливости. В июне на станциях Нарын и Баетово отрицательные тренды статистически значимы, что свидетельствует об усилении засухи. Июль и август демонстрируют некоторое ослабление тенденции засухи, но отрицательный тренд сохраняется.
- **Осень (сентябрь):** В сентябре на всех станциях темпы усиления засушливости постепенно снижается, коэффициенты становятся менее значимыми, что говорит о частичной стабилизации темпов усиления засушливости по мере снижения темпов роста температуры со временем температуры и увеличением осадков в октябре.
- **Зима (декабрь–февраль):** В зимние месяцы тренды либо нейтральны, либо слегка положительны, указывая на временное ослабление усиления засушливых условий.

В целом станции Нарын, Баетово и Чаек показывают общий тренд к засушливости, с пиком в конце весны и начале лета.

Для метеостанций Исфана, Баткен, Марказ, Кара-Суу и Ноокат характерны схожие тенденции усиления засушливости, отраженные в коэффициентах линейного тренда:

- **Весна (март-май):** В весенние месяцы наблюдается незначительное усиление засушливости
- **Лето (июнь-август):** Летние месяцы являются периодом наиболее выраженной тенденции усиления засухи. На станции Баткен и АМП Марказ наблюдаются устойчивые и значительные отрицательные коэффициенты тренда в июле и августе, на МС Исфана – в августе, что указывает на продолжение и усиление дефицита влаги в наиболее жаркие месяцы года.
- **Осень (сентябрь-ноябрь):** В начале осени (сентябрь) интенсивные темпы усиления засухи сохраняется на всех южных станциях. В октябре и ноябре тренды ослабевают, но для большинства станций остаются отрицательными
- **Зима (декабрь-февраль):** В зимние месяцы тренды засушливости в основном ослабевают или переходят в нейтральные значения, что связано с ослаблением темпов роста температур.

Таким образом, для станций Исфана, Баткен, Марказ, Кара-Суу и Ноокат характерен общий тренд к усилению засушливости, особенно выраженный **в летний период, с пиком усиления засухи в июле и августе.**

Оценка засухи по национальной классификации. Согласно классификации чрезвычайных ситуаций и критериев их оценки в КР⁹, засуха определяется как отсутствие эффективных осадков (более 5 мм в сутки) в период вегетации в течение 30 дней подряд и более при максимальной температуре воздуха выше 30°C. В отдельные дни (не более 25% продолжительности периода) допускается наличие максимальной температуры нижеуказанных значений.

По данным исследуемых наблюдательных пунктов засуха по данному критерию наблюдается только в Приферганье, а именно по данным метеостанций Баткен, Кара-Суу, агропоста Марказ. Засуха в Ноокате за период 1993-2022 гг. отмечалась лишь один раз в период с 10 июля по 13 августа 2019 года (35 дней). Продолжительная засуха, но не достигшая 30 дней отмечалась в период с 20 июля по 14 августа 2006 года (26 дней).

В данном разделе анализ засух по данным агропоста Марказ не приведен по причине значительного числа пропусков в данных.

По данным метеостанции Баткен за период 1993-2022 гг. по данному критерию засуха отмечалась 7 раз:

- 16 июля – 15 августа 2006 г. (31 день),
- 2 июня – 22 июля 2008 г. (51 день),
- 10 июля – 15 августа 2009 г. (37 дней),
- 20 июня – 8 августа 2011 г. (50 дней),
- 28 июня – 9 августа 2015 г. (43 дней),
- 26 июня – 20 августа 2018 г. (47 дней),
- 10 июля – 13 августа 2019 г. (35 дней).

По метеостанции Кара-Суу засуха отмечалась 12 раз:

- 22 июня – 23 июля 1995 г. (32 дня),
- 17 июня – 16 июля 2000 (30 дней),
- 16 июля – 16 августа 2006 г. (32 дня),
- 5 августа – 4 сентября 2007 г. (31 день),
- 29 мая – 10 августа 2008 г. (74 дня),
- 5 июля – 4 августа 2009 г. (31 день),
- 20 июня – 8 августа 2011 г. (50 дней),
- 1 августа - 3 сентября 2016 г. (34 дня),
- 26 июня – 25 июля 2018 г. (30 дней),
- 10 июля – 13 августа 2019 г. (35 дней),
- 29 июня – 17 августа 2020 г. (50 дней)
- 6 июля – 19 августа 2022 г. (45 дней).

Кроме определения периодов засухи по критерию ЧС КР, также были проанализированы максимальные засушливые периоды, не достигшие критерия ЧС, то есть с меньшими циклами. По обеим метеостанциям наблюдается положительный тренд (рис.2.3.3), указывающий на увеличение числа засушливых периодов. Так, рост засушливых периодов по метеостанции Баткен составляет 0,36 дней за год (или на 11 дней за 30 лет), по метеостанции Кара-Суу на 0,53 дня за год или на 16 дней за 30 лет (тренд статистически значимый).

Также стоит отметить увеличение случаев с засухой с середины 2000х годов по обеим метеостанциям.

⁹ППКР от 18.11.2018 г.№ 550 <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/12747?cl=ru-ru>

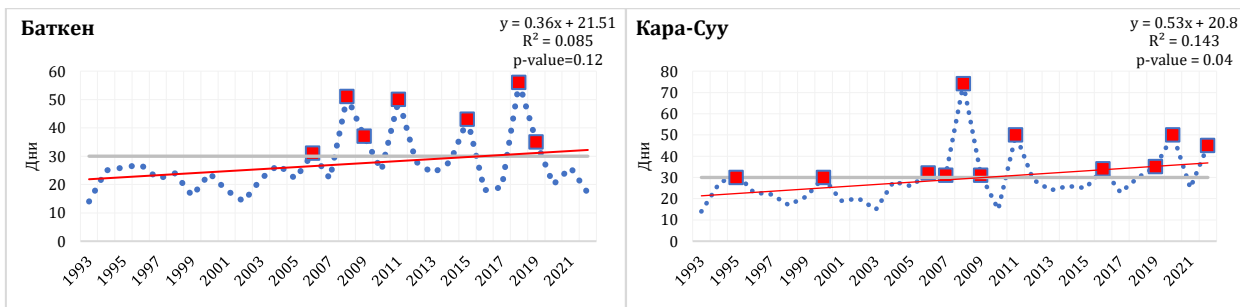


Рисунок 2.3.3: максимальная продолжительность засушливых периодов по данным метеостанций Баткен и Кара-Суу за период 1993-2022 гг. (маркерами обозначены случаи с засухами по критерию ЧС КР, красная линия – линейный тренд)

2.4. Снежный покров

Анализ динамики изменения также, как и в разделе 1.4 проведен по данным МС Чаек и Нарын. Период залегания устойчивого снежного покрова на обеих метеостанциях характеризуется значительной межгодовой изменчивостью, особенно на МС Чаек – от его полного отсутствия, или залегания в течении нескольких недель, до 126 дней.

На МС Нарын динамика изменения продолжительности залегания УСП отсутствует, однако наблюдается сдвиг дат образования и разрушения УСП, которые являются прямым откликом изменения температурного режима. Дата образования УСП сместилась на 12 дней на более ранние сроки (рис.2.4.1), разрушения - также на 13 дней на ранние сроки (тренд изменения дат образования статистически значимый, дат разрушения не значимый). **Даты первого снега за последний 31 год сместились на 16 дней** на более ранние сроки (статистически незначимое изменение на 0,23 дня / год), даты последнего снега остаются в целом без изменений.

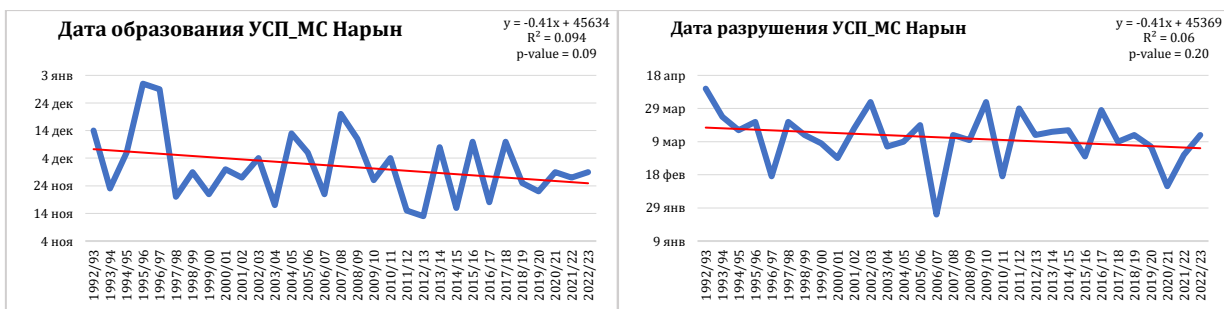


Рисунок 2.4.1: Даты образования (слева) и разрушения (справа) устойчивого снежного покрова (красная линия – линейный тренд) на МС Нарын за 1993-2022 гг.

По данным МС Чаек наблюдается интенсивное сокращение периода залегания УСП - на 34 дня за 24 года (отрицательный статистически значимый тренд на 1,42 дня за год). Сокращение периода залегания обусловлено интенсивным сдвигом дат образования УСП осенью на 13 дней на более поздние сроки (статистически значимый тренд 0,5 дня за год) и его более ранними датами разрушения весной – на 14 дней раньше (статистически незначимый тренд на -0,57 дня за год).

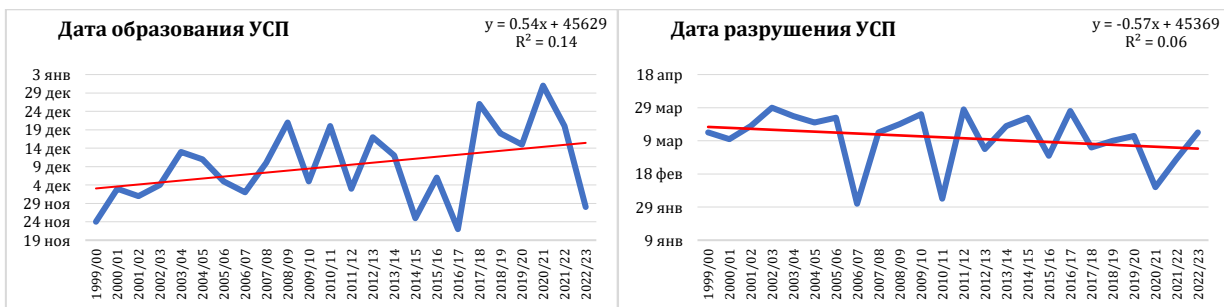


Рисунок 2.4.2: Даты образования (слева) и разрушения (справа) устойчивого снежного покрова (красная линия – линейный тренд) по данным МС Чаек за 2000-2023 гг.

Даты первого снега на МС Чаек за последние 24 года сместились не значительно, тогда как даты последнего снега сместились на 12 дней на более ранние сроки за счет более теплой весны (статистически значимое изменение на 0,5 дня за год).

Общее за холодный период число дней со снегом на МС Нарын остаётся неизменным, однако **наблюдаются значительные изменения в режиме залегания по месяцам** (рис.2.4.3). В конце года, наряду с похолоданием в октябре-декабре, наблюдается увеличение дней со снегом, особенно интенсивно в декабре (на 9 дней за 31 год),

интенсивное потепление в марте и апреле отражается на сокращении дней со снегом: в марте на 11 дней, в апреле на 3 дня за 31 год (оба тренда статистически значимы).

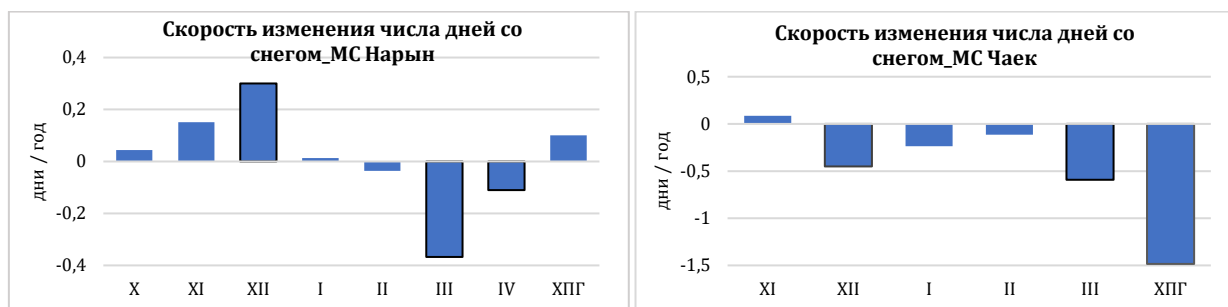


Рисунок 2.4.3: Скорость изменения числа дней со снегом и в целом за холодный период года (ХПГ) по данным МС Нарын за 1993-2023 гг., МС Чаек за 2000-2023 гг.

По данным МС Чаек, общее за холодный период число дней интенсивно сокращается – на 36 дней за 24 года (статистически значимый тренд -1,5 дня / год). В декабре наблюдается сокращение дней со снегом на 11 дней за 24 года, интенсивное потепление в марте отражается на интенсивном сокращении дней со снегом – их становится на 14 меньше за 24 года (тренд статистически значимый).

3. Прогноз изменения климата на 2020-2040 гг.

В документе рассматриваются два сценария будущего климата на основе климатических моделей СМIP6:

1. Сценарий SSP245 (срединный): Этот сценарий предполагает умеренные усилия по сокращению выбросов, что приводит к постепенному увеличению температуры. По прогнозам, среднегодовая температура будет возрастать, но менее значительно по сравнению с более экстремальными сценариями.
2. Сценарий SSP585 (пессимистичный): Этот сценарий соответствует высокой интенсивности выбросов парниковых газов. Он приводит к более резкому повышению среднегодовой температуры, что может вызвать более экстремальные климатические условия и значительно повлиять на устойчивость сельского хозяйства и экосистем.

Прогноз изменения годовой, среднемесячной температуры воздуха и годовой, месячной суммы осадков, после коррекции ошибок, на период 2021-2040 гг. (базовый период 1995-2014 гг.) проведен на основе ансамбля 23 моделей для восьми метеорологических станций и постов, характеризующих зоны земледелия пилотных районов.

Для оценки будущего изменения режима температуры и осадков данные глобальных климатических моделей были скорректированы с помощью широко применяемого дельта метода^{10,11} – на основе суточных данных моделей и данных метеостанций. Дельта-метод корректирует данные температуры путем добавления разницы (дельты) между данными моделей за будущий период (2021-2040) и данными моделей за исторический период (1995-2014), затем полученная дельта добавляется к данным наблюдений (за период 1995-2014). Для коррекции осадков выполнялась следующая процедура, данные ежедневных наблюдений во избежание отрицательных значений умножались на отношение данных осадков за будущий период к данным осадков моделей за исторический период.

3.1. Температура воздуха

Для всех восьми станций прогнозируется повышение годовой температуры воздуха по обоим сценариям. Для метеостанций Нарын, Чаек, агропоста Баеково до 2040 года ожидаются ежегодные положительные аномалии воздуха по сравнению со средним многолетним значением за 1995-2014 гг. от 0,2 до 2,1°C в отдельные годы. В целом средняя годовая температура вырастет на 1,0...1,3°C по обоим сценариям по сравнению со средним значением за 1995-2014 гг. (рис. 3.1.1).

Для южных метеостанций рост температуры в отдельные годы окажется в пределах 0,7...1,9°C, что в среднем составит рост на 1,3°C по сравнению с современным температурным режимом.

¹⁰ Teutschbein, C., & Seibert, J. (2012). Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods. *Journal of hydrology*, 456, 12-29.

¹¹ Beyer, R., Krapp, M., & Manica, A. (2020). An empirical evaluation of bias correction methods for paleoclimate simulations. *Climate of the Past*, 16(4), 1493-1508.

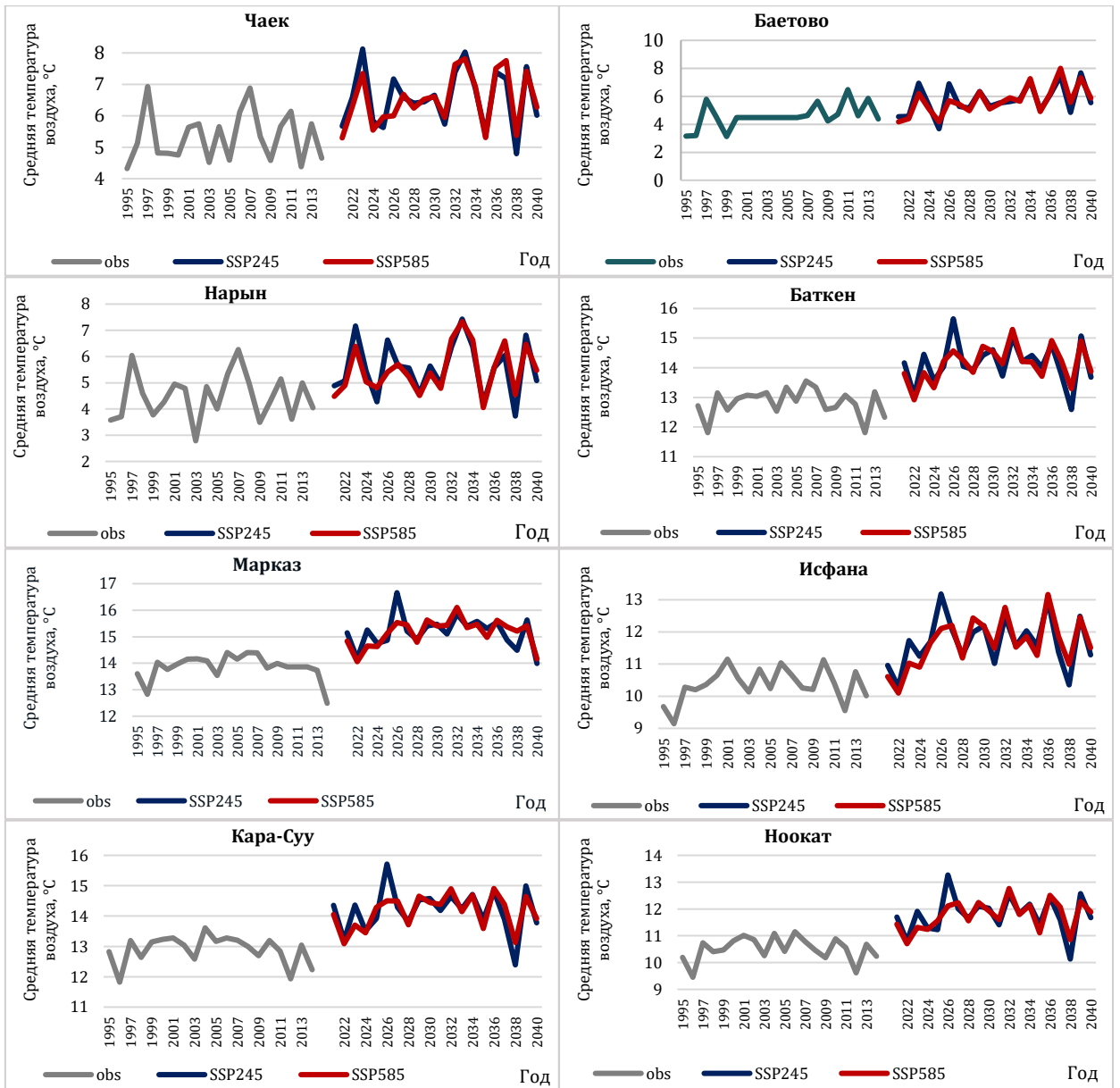
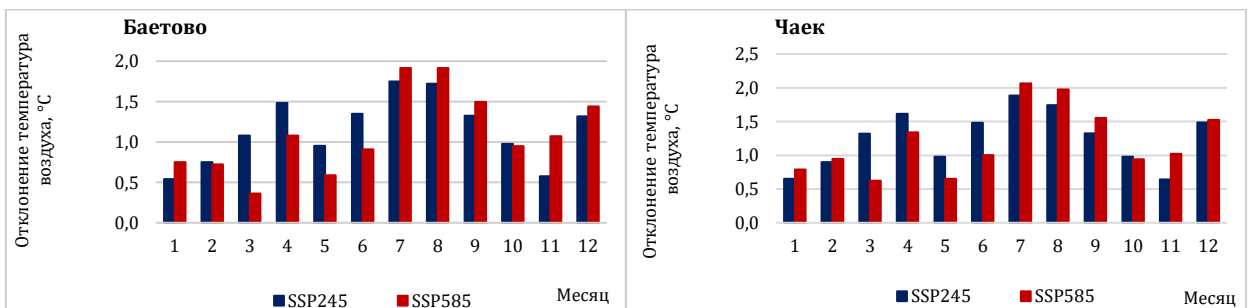


Рисунок 3.1.1: изменение средней годовой температуры воздуха за период 1995-2014 гг. и 2021-2040 гг. по сценариям SSP245 и SSP585 и ансамблю глобальных климатических моделей CMIP6.

Во все месяцы года ожидается рост температуры, с наибольшими темпами в летние месяцы, а для южных районов также и в зимние месяцы. Так, максимальный рост ожидается в июле и августе на 1,6...1,9 °C по срединному сценарию, на 1,8...2,1°C по пессимистичному сценарию (рис.3.1.2).



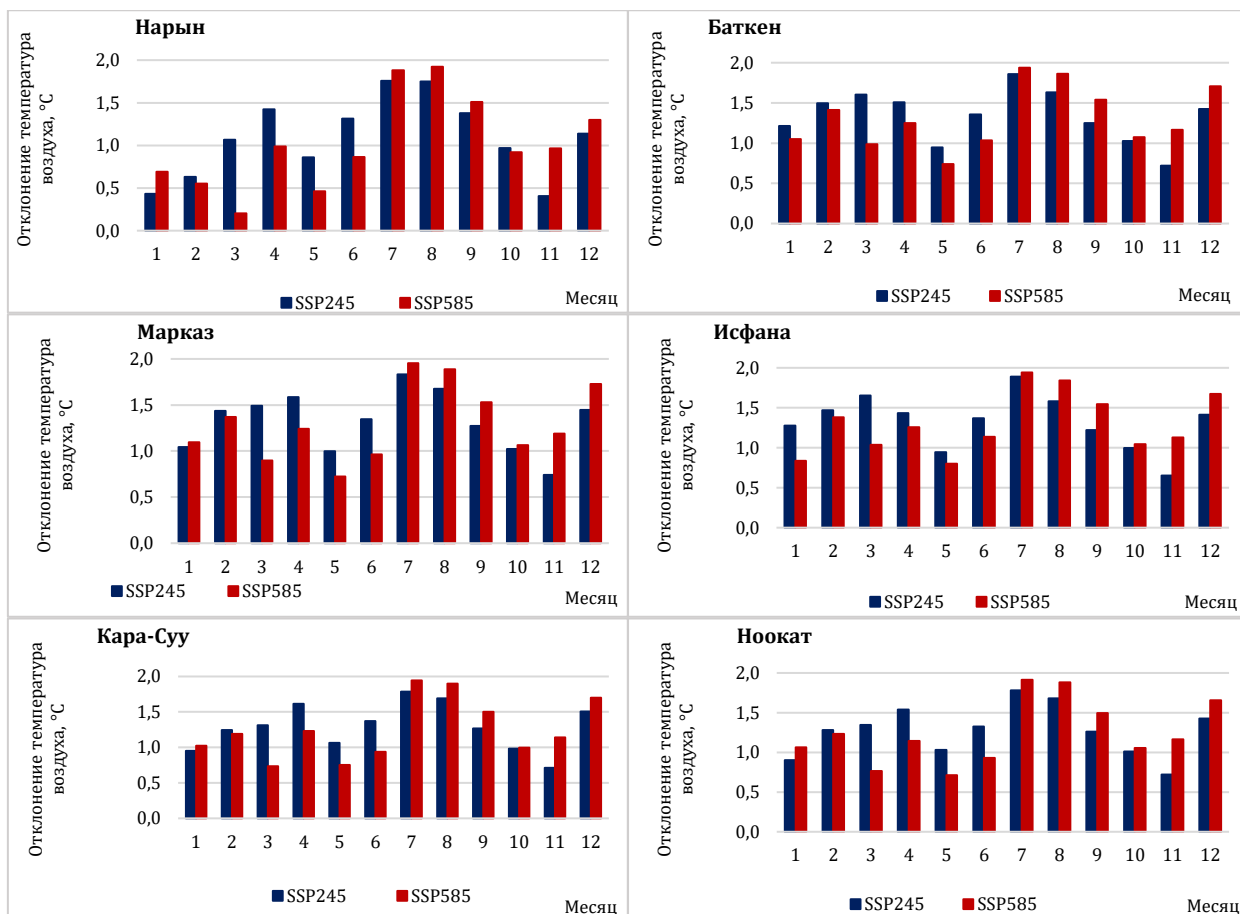


Рисунок 3.1.2: Изменение средней месячной температуры воздуха за период 1995-2014 гг. и 2021-2040 гг. по сценариям SSP245 и SSP585 и ансамблю глобальных климатических моделей CMIP6.

Таким образом, каждая из восьми станций показывает схожие тренды в рамках обоих сценариев, с наиболее заметным потеплением в летние месяцы, а для южных станций и в зимние месяцы, а также меньшим, но все же значимым, ростом в осенние и весенние месяцы.

3.1.1. Агрометеорологические показатели

В данном разделе проведен анализ некоторых агрометеорологических параметров за период 1995-2014 гг. и их прогнозных величин как среднее значение за период 2021-2040 гг.

В Нарынской области продолжительность вегетационного периода выше 5°C значительно не изменится: от сокращения на 6 до роста на 2 дня по обоим сценариям (табл.3.1.2). Тогда как накопленное тепло – сумма активных температур выше 5 °С, увеличится на всех нарынских станциях по обоим сценариям. Наибольший прирост тепла прогнозируется для МС Чаек – на 293 °С по сценарию SSP2-4.5 и на 215°C по SSP5-8.5. На МС Нарын САТ увеличится на величину 148 и 250°C в зависимости от сценария, на АМП Баеково прогнозный рост минимальный – на 71 и 163°C (по SSP5-8.5 и SSP2-4.5 соответственно).

Среднее число морозных дней (потенциальных заморозков) в апреле, мае и сентябре для нарынских станций останется практически без изменений. Однако среднее число за год с отрицательной температурой значительно сократится: на МС Чаек на 12-13 дней, на МС Нарын на 6-7 дней, на МС Баеково на 8-9 дней.

Таблица 3.1.2: средние агрометеорологические параметры и количество дней с экстремальными температурами за историчности период 1995-2014 гг. и прогнозные данные на 2021-2040 гг. по АМП Баеково, МС Нарын и Чаек

Период	ВП, дни	САТ выше 5°C	Число морозных дней				Максимальная температура		
			апрель	май	сентябрь	год	> 30° лето	> 35° лето	≤ -25° зима
Баеково									
Ист	185	2846	6	0	0	168	8	0	8
SSP2-4.5	180	3009	5	0	1	159	24	3	10
SSP5-8.5	178	2917	6	1	1	160	25	4	10
Нарын									
Ист	186	2691	6	0	0	160	7	0	8
SSP2-4.5	188	2941	5	1	1	153	25	2	8

SSP5-8.5	180	2839	6	1	1	154	26	3	8
Чаек									
Ист	180	2872	7	0	1	166	17	0	8
SSP2-4.5	182	3165	6	0	1	154	37	5	9
SSP5-8.5	176	3087	6	1	1	153	39	6	9

Кроме увеличения накопленного тепла, в пилотных районах прогнозируется дальнейшее усиление тепловых стрессов. Так, в Чаеке число дней с температурой выше 30°C за летний период увеличится на 20-22 дня, в Баево и Нарыне на 16-19 дней, выше 35°C в Чаек на 5-6 дней, в Нарыне и Баево на 2-4 дня.

Ослабления очень холодных зимних температур не прогнозируется. Напротив, количество дней с температурой ниже 25°C в Баево в среднем увеличится на 2 дня, в Чаек на 1 день, в Нарыне без изменений.

Таким образом, по прогнозу в Жумгалском районе будет наблюдаться наибольшее увеличение накопленного тепла и сокращение числа морозных дней.

Таблица 3.1.3: средние агрометеорологические параметры и количество дней с экстремальными температурами за историчности период 1995-2014 гг. и прогнозные данные на 2021-2040 гг. по АМП Марказ, МС Баткен, Исфана, Кара-Суу, Ноокат

Период	ВП, дни	САТ выше 10°C	Число морозных дней				Максимальная температура		
			март	апрель	октябрь	год	> 30°	> 35°	> 40°
Баткен									
Ист	213	4270	7	0	1	87	73	10	0
SSP2-4.5	209	4450	6	1	1	70	95	34	2
SSP5-8.5	206	4392	6	1	1	71	95	35	3
Марказ									
Ист	193	4175	4	0	0	81	94	16	0
SSP2-4.5	195	4481	4	0	1	61	112	50	5
SSP5-8.5	190	4395	5	0	1	63	111	53	5
Исфана									
Ист	195	3443	11	2	3	101	26	1	0
SSP2-4.5	194	3658	8	2	3	84	56	7	0
SSP5-8.5	195	3684	9	2	2	84	58	8	0
Кара-Суу									
Ист	184	3937	6	0	1	85	78	9	0
SSP2-4.5	185	4210	5	1	1	70	101	36	2
SSP5-8.5	179	4110	6	0	1	71	100	37	3
Ноокат									
Ист	194	3562	11	1	2	108	40	2	0
SSP2-4.5	188	3693	7	1	3	87	67	13	0
SSP5-8.5	186	3675	9	1	2	89	68	14	0

Сокращение вегетационного периода прогнозируется в Ноокатском районе на 6-8 дней, в Баткене на 4-7 дней в зависимости от сценария. На АМП Марказ, МС Кара-Суу и Исфана среднее число дней вегетационного периода значительно не изменится – от сокращения на 5 дней до увеличения на 2 дня.

Сумма активных температур будет увеличиваться во всех южных районах, с наибольшим ростом в Кадамжайском районе (АМП Марказ) на 220-306 дней, наименьший рост прогнозируется для МС Ноокат на 113-131 дня.

Число морозных дней в апреле (потенциальные заморозки) уменьшится на 2-4 дня в Ноокате, на 2-3 дня в Исфане, на остальных станциях незначительно. Количество дней с отрицательной температурой в апреле по всем метеостанциям останется на уровне современного периода (от 0 до 2 дней). Число дней с отрицательной температурой в октябре, означающее конец вегетационного периода или первые заморозки останется также без значительных изменений по отношению с современными условиями.

Общее число дней за год с отрицательной температурой повсеместно сократится – на 14-17 дней в Баткене, Исфане, Кара-Суу, на 18-21 дня в Марказе и Ноокате.

Так же, как и в нарынских районах, в южных районах будет продолжаться интенсификация летнего периода, выраженная увеличением числа жарких и очень жарких дней. Число дней с температурой выше 30°C наиболее интенсивно, согласно прогнозам, будет расти в Исфане на 30-32 дня и в Ноокате на 27-28 дней. В Баткене и Кара-Суу рост составит 22-23 дня, наименьший рост в Марказе – на 17-18 дней. В Марказе наибольший рост придется на число дней с температурой выше 35°C – на 34-37 дня в зависимости от сценария. В Баткене и Кара-Суу рост очень жарких дней составит 24-28 дня, в Ноокате на 11-12 дней, в Исфане на 6-7 дней.

За сравнительный исторический период 1995-2014 гг. на южных метеостанции не отмечалось дней с экстремально высокой температурой выше 40°C. Однако на ближайшие 20 лет прогнозируется, что таких дней станет около 5 в Марказе, 2-3 дня в Баткене и Кара-Суу.

Несмотря на прогнозируемый рост температуры, ожидается сдвиг дат последних весенних отрицательных температур, которые в отдельные годы могут быть заморозками, как в сторону более ранних, так и более поздних дат (табл.3.1.4). Так, в районе расположения МС Чаек средняя дата последних заморозков либо не изменится, либо будет наблюдаться на 4 дня позже (26 апреля), на АМП Баеково либо на 2 раньше, либо на 2 дня позже, по отношению к средней дате в настоящее время. В Нарыне по оптимистичному прогнозу даты заморозков не изменятся, по жесткому сценарию будут отмечаться на 8 дней позже (1 мая).

Для южных станций прогнозируются следующие изменения: в Исфана сдвиг на более ранние сроки - на 4-5 дней, в Кара-Суу на 4-7 дней, в Марказе и Баткене без изменений. В Ноокате по жесткому сценарию ожидается сдвиг заморозков на поздние сроки – на 3 дня, по срединному сценарию без изменений.

Таблица 3.1.4: Средняя дата последних отрицательных температур за исторический период 1995-2014 гг. и на будущее

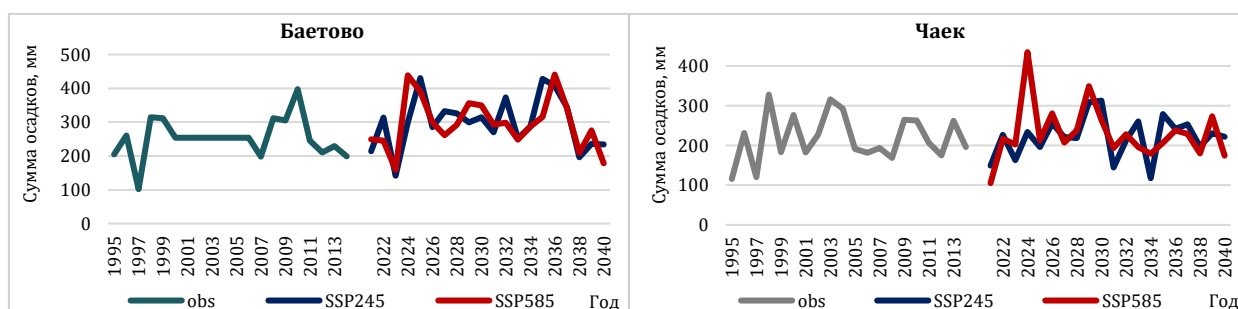
Период	Ист (1995-2014 гг.)	SSP2-4.5 (2021-2040 гг.)	SSP5-8.5 (2021-2040 гг.)
Чаек	22 апреля	22 апреля	26 апреля
Баеково	18 апреля	16 апреля	20 апреля
Нарын	22 апреля	21 апреля	1 мая
Марказ	16 марта	15 марта	15 марта
Баткен	21 марта	21 марта	21 марта
Исфана	31 марта	26 марта	25 марта
Кара-Суу	27 марта	20 марта	23 марта
Ноокат	29 марта	28 марта	2 апреля

3.2. Атмосферные осадки

На основе прогнозной оценки для всех рассмотренных метеорологических пунктов наблюдений ожидается, что годовая сумма осадков в среднем за период 2021-2040 гг. будет в пределах или больше нормы¹², с сохранением значительной межгодовой изменчивости (от 40 до 200% от нормы). При этом оба сценария дают относительно одинаковые прогнозные значения (рис.3.2.1).

Так, для МС Нарын и Чаек в среднем за 2021-2040 гг. ожидается, что годовая сумма осадков составит 102...112% от нормы, для АМП Баеково осадков будет немного больше, но также в пределах современной нормы (около 118%). Для МС Кара-Суу, Исфана, Баткен ожидается осадков немного больше нормы – в пределах от 120 до 130% по обоим сценариям.

Наибольший рост годовой суммы осадков ожидается для МС Ноокат от 132 до 149% от нормы и для АМП Марказ до 140%.



¹² За норму в климатологии принято отклонение количества осадков от среднего многолетнего значения в пределах $\pm 20\%$ (диапазон -80...+120%)

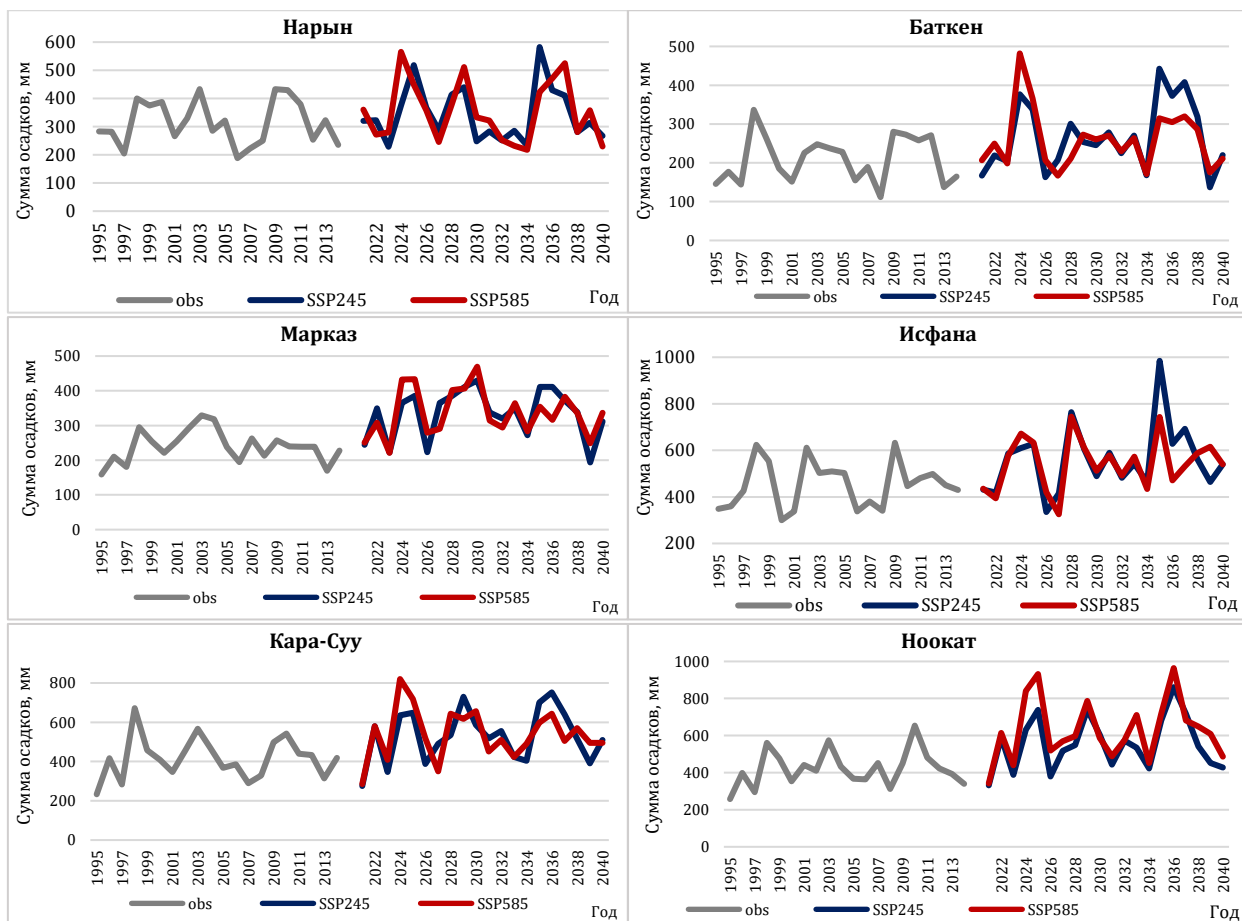


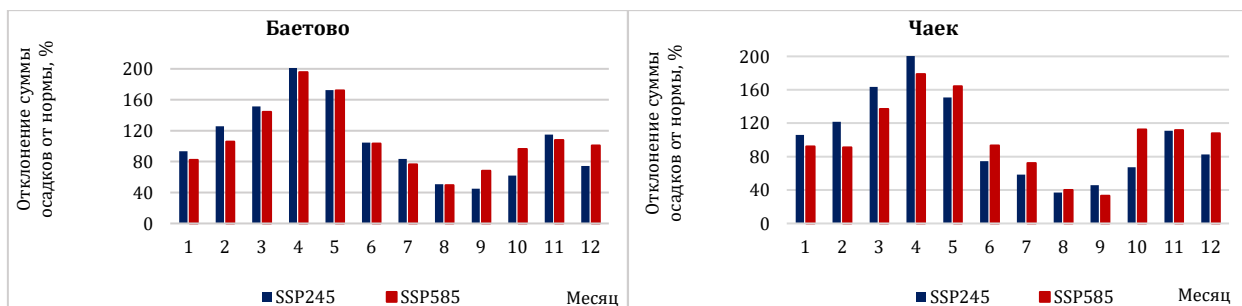
Рисунок 3.2.1: Годовая сумма осадков за исторический период 1995-2014 гг. по данным метеорологических станций и агрометеорологических постов, и прогноз на 2021-2040 гг. по сценариям SSP245 и SSP585 и ансамблю глобальных климатических моделей CMIP6.

Изменение осадков по месяцам. Проекция осадков на будущий период для нарынских станций дают следующие изменения:

- осадки больше нормы ожидаются в период с марта по май
- в пределах нормы в холодный период года – с октября по февраль, и в июне (для МС Нарын только в ноябре)
- ниже нормы с июня по сентябрь.

Для МС Чаек, Нарын и АМП Баеково наибольший рост осадков прогнозируется в апреле 174...200% от нормы по обоим сценариям, в марте 164...172% от нормы. Для МС Нарын, в отличие от Чаек и Баеково, в декабре и январе осадков ожидается меньше нормы (53...70% от нормы). Наибольший дефицит осадков по трем станциям прогнозируется в августе и сентябре (37...62% от нормы).

Для АМП Марказ и МС Ноокат в весенние месяцы ожидается осадков в 2 раза больше современных (187...223% от нормы), для МС Кара-Суу и Баткен от 143 до 197%. Для МС Ифана максимальный рост осадков придется на февраль, март, апрель – на 142...196% по обоим сценариям.



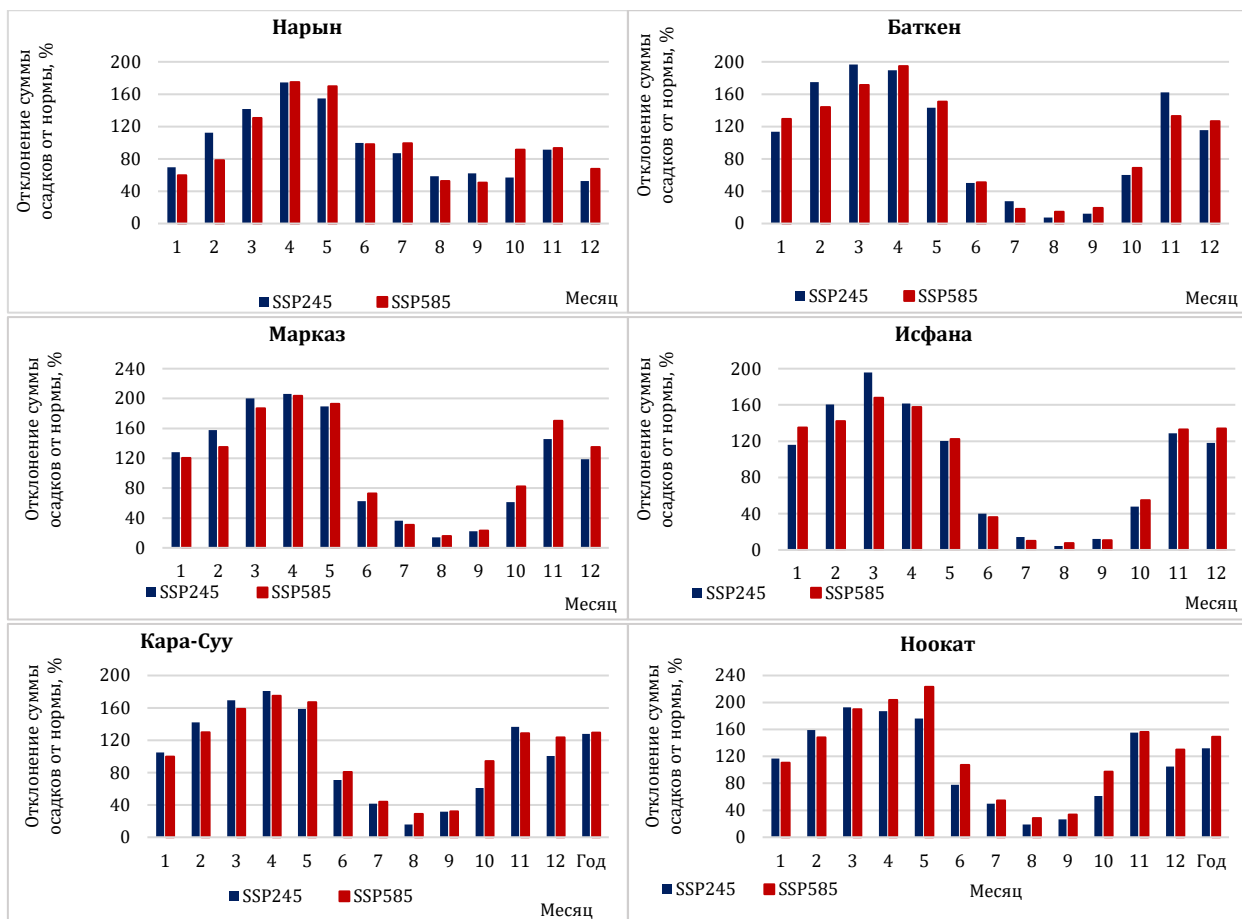


Рисунок 3.2.2: Отклонение месячной суммы осадков от исторического периода за 1995-2014 гг. по данным метеорологических станций и агрометеорологических постов на 2021-2040 гг. по сценариям SSP245 и SSP585 и ансамблю глобальных климатических моделей CMIP6.

Таким образом, ожидается **интенсификация сезонов** – влажный сезон станет еще более влажным (для нарынских это весна, для южных станций это весна и осень), сухой сезон еще более сухим.

3.3. Засуха

Анализ динамики изменения будущих засушливых явлений проведена с помощью 3-х месячного стандартизованного индекса осадков и эвапотранспирации (SPEI3). Описание индекса приведено в разделе 2.3. За базовый период взяты исторические данные по индексу для восьми пунктов наблюдений и сделана оценка будущего индекса на 2021-2040 гг. по ансамблю глобальных климатических моделей CMIP6. Индекс SPEI3 был рассчитан с использованием программного приложения ClimPact2 на основе прогнозных суточных данных по максимальной и минимальной температуре воздуха и суточной сумме осадков.

Таблица 3.3.1: величина коэффициента линейного тренда за прогнозный период 2021-2040 гг.

Станция	SSP2-4.5 (2021-2040 гг.)	SSP5-8.5 (2021-2040 гг.)
Баетово	0	-0,001
Чаяк	0,001	-0,001
Нарын	0	0
Марказ	-0,002*	-0,003*
Баткен	0,002	0,001
Исфа́на	0,002	0,001
Кара-Суу	0,001	0
Ноокат	0	0

*статистически значимый тренд на уровне доверительной вероятности 90%

На основании линейного тренда общего изменения индекса, указывающего на преобладание засушливых или переувлажненных месяцев и лет можно сделать следующие выводы о будущем изменении засухи:

- Ожидается интенсивное усиление засухи в низинной зоне Кадамжайского района по данным АМП Марказ (КЛТ составляет -0.002 и -0.003 по обоим сценариям, тренд статистически значимый);

- Небольшая тенденция усиления засушливости в Жумгалском районе по данным МС Чаек и Ак-Талинском по данным АМП Баеково (слабые отрицательные, статистически не значимые тренды, КЛТ -0.001 по сценарию SSP5-8.5);
- Без изменений в Нарынском (МС Нарын), Араванском (МС Кара-Суу), Ноокатском (МС Ноокат) районах.
- Усиление увлажненности в Баткенском и Лейлекском районах (КЛТ составляет 0,002 и 0,001 соответственно по сценариям SSP2-4.5 и SSP5-8.5, тренд статистически не значимый)

На рисунке 3.3.1 приведено прогнозируемое межгодовое изменение индекса СИОЭЗ (SPEI3) по жесткому сценарию SSP5-8.5.

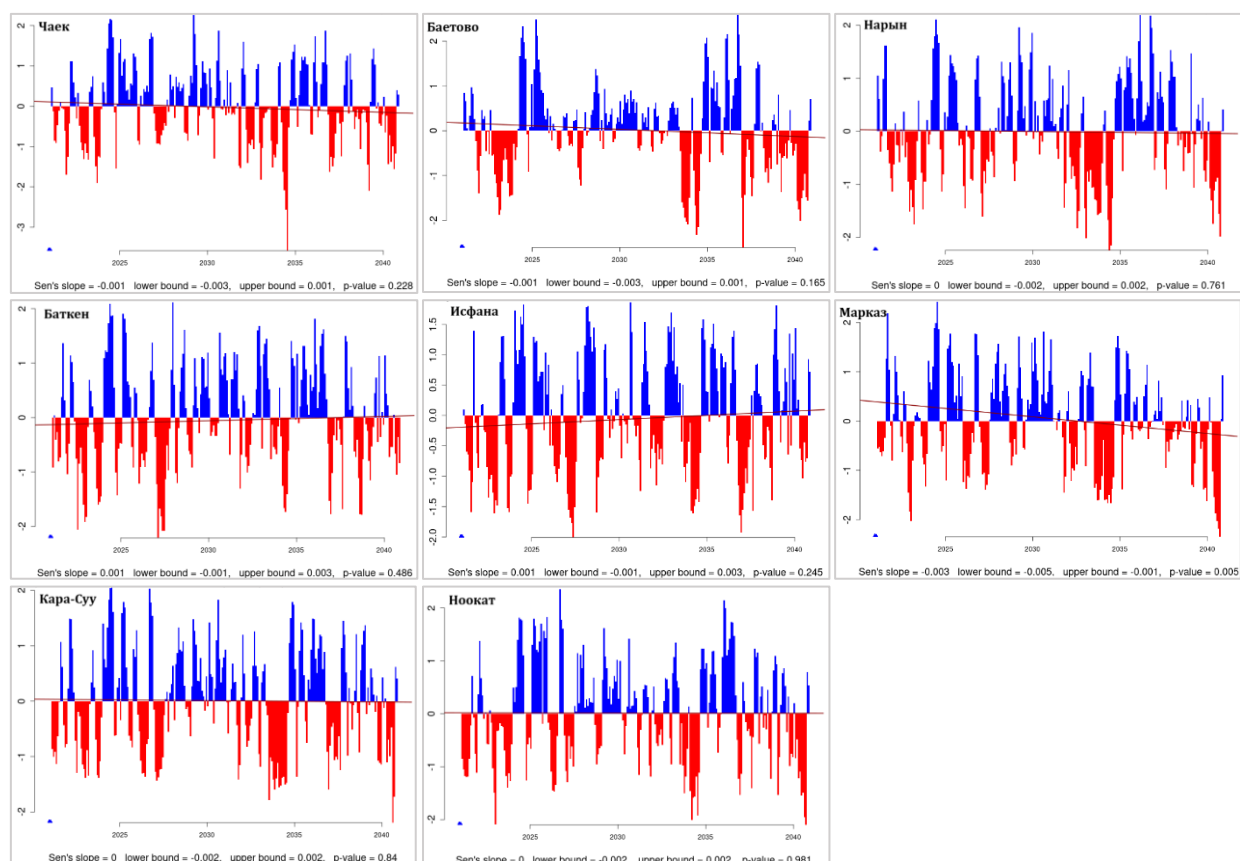


Рисунок 3.3.1: прогнозируемое межгодовое изменение SPEI3 на основе сценария ssp585 на период 2021-2040 гг. (красная линия- линия тренда).

Оценка изменения индекса по месяцам дает более подробную картину ожидаемых рисков, связанных с усилением засушливости в вегетационный и пред вегетационный периоды. На рисунке 3.3.2 представлены диаграммы прогнозируемого изменения индекса на основе коэффициента линейного тренда по жесткому сценарию SSP5-8.5 по месяцам.

Так, в нарынских районах в вегетационный период прогнозируется отрицательный тренд, указывающего на вероятное преобладание отрицательных индексов, что говорит о том, что засушливость в этот период будет усиливаться. Наибольшее усиление (статистически значимые тренды) прогнозируются в мае для МС Чаек, в период с мая по октябрь по АМП Баеково, в сентябре по МС Нарын. Однако в зимние месяцы ожидается усиление увлажненности по всем трем пунктам, особенно выражено в Баеково в ноябре и декабре, в Нарыне в феврале.

По данным МС Баткен и Исфана ожидается небольшое усиление засушливости в весенне-летний период (статистически не значимый тренд). Для АМП Марказ небольшое усиление засушливости прогнозируется в период с марта по ноябрь, с интенсивными темпами в сентябре и октябре. По данным МС Кара-Суу прогнозная динамика схожа с данными по АМП Марказ, с разницей в том, что наибольшее усиление засушливости будет наблюдаться в сентябре. По данным МС Ноокат также наибольшее усиление засушливости прогнозируется в сентябре и октябре (статистически незначимый тренд). В остальные месяцы усиления засушливости не ожидается.

Усиление увлажненности ожидается в зимние месяцы по всем пилотным районам. Наиболее интенсивно гумидность (увлажненность) зимних условий ожидается в Лейлекском районе в период с ноября по февраль, в Баткенском в январе и феврале.

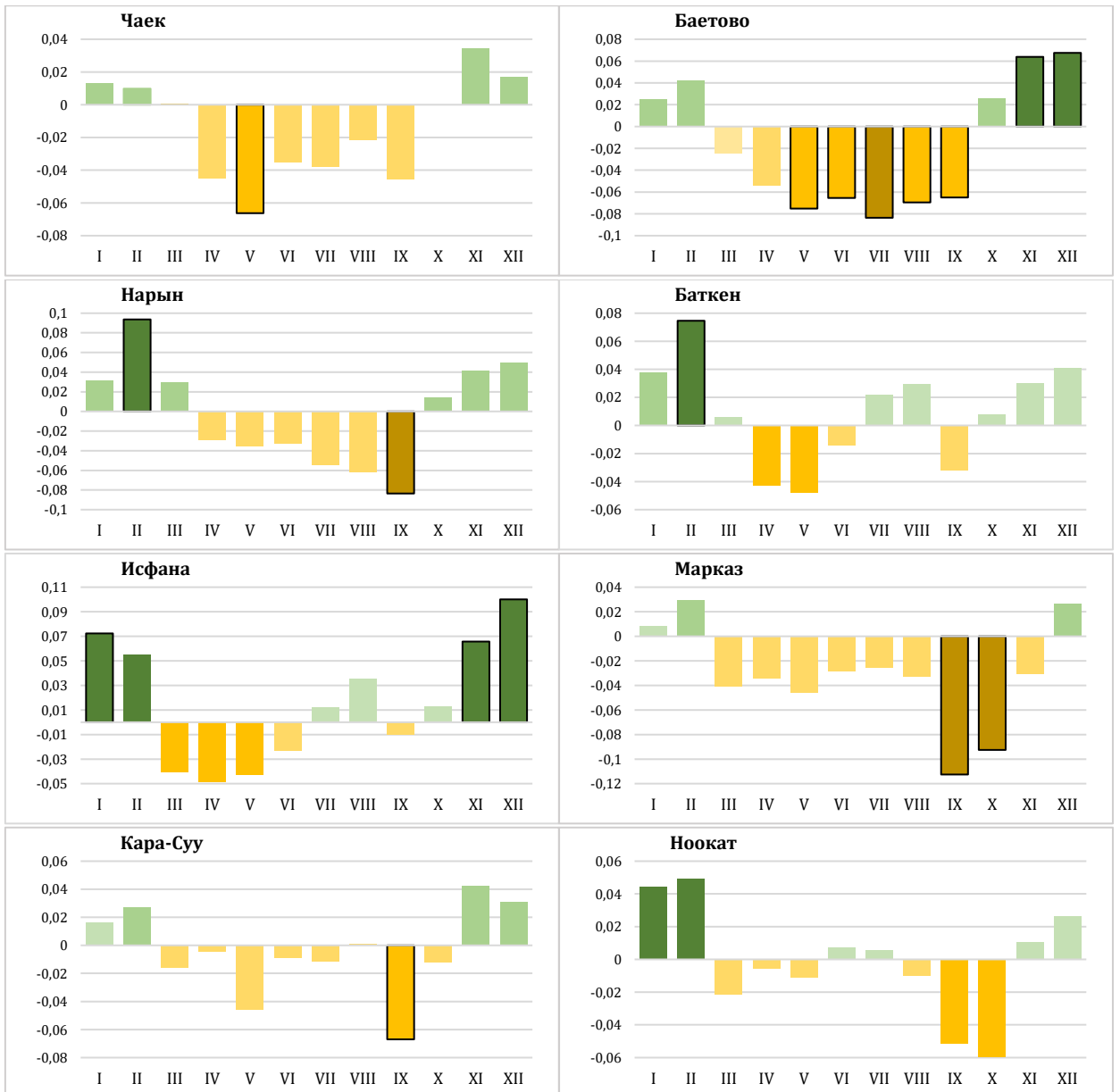


Рисунок 3.3.2: прогнозная внутригодовая динамика изменения SPEI3 на основе коэффициента линейного тренда за 2021-2040 гг.

Приложение 1: графики изменения суммы активных температур за период 1993-2022 гг. (для АМП Марказ за период 1993-2008 гг.); красная линия – линейный тренд

