

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.М. КОКОВА»

УДК 551.594.221

На правах рукописи

БИСЧОКОВ РУСЛАН МУСАРБИЕВИЧ

**АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ТРАНСФОРМАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК И УЧЕТ ИХ ДИНАМИКИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ
АГРОПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ
(НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА)**

25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология

Диссертация

на соискание учёной степени
доктора физико-математических наук

Нальчик 2013

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ | 15 |
| 1.1. Климатические характеристики Земли | 15 |
| 1.2. Ковэволюционные связи климата, почв и сельского хозяйства | 26 |
| 1.3. Проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата | 42 |
| Выводы к главе 1 | 46 |
| ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ | 50 |
| 2.1. Методы анализа временных рядов | 50 |
| 2.2. Комплексный анализ динамики изменения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы и почвы | 58 |
| 2.2.1. Анализ динамики изменения метеопараметров статистическим методом | 59 |
| 2.2.2. Фрактальный анализ динамики изменения метеопараметров | 90 |
| 2.2.3. Анализ динамики изменения метеопараметров методами отклонений от климатической нормы и скользящих средних | 109 |
| Выводы к главе 2 | 146 |
| ГЛАВА 3. МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ | 156 |
| 3.1. Методологические основы прогнозирования изменения климата | 156 |
| 3.2. Оценка надежности климатических моделей | 161 |
| 3.2.1. Оценка погрешности изменений осадков | 163 |
| 3.2.2. Оценка погрешности изменений температуры воздуха | 167 |
| 3.3. Результаты прогнозирования динамики атмосферных осадков | 170 |
| 3.4. Результаты прогнозирования изменений средней температуры воздуха | 174 |
| Выводы к главе 3 | 179 |
| ГЛАВА 4. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ КБР | 180 |
| 4.1. Изменение климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в КБР | 190 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. Анализ изменения урожайности сельскохозяйственных культур в степной зоне КБР в зависимости от динамики природных факторов | 195 |
| 4.3. Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур с учетом динамики природных факторов | 201 |
| Выводы к главе 4 | 203 |
| ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКОВ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ | 204 |
| 5.1. Метод нечеткой логики в метеорологии | 204 |
| 5.2. Адаптивные методы прогнозирования урожайности с учетом влияния климатических особенностей | 204 |
| 6. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ | 208 |
| 6.1. Яровые однолетние двудольные культуры в весенне-летние и летне-осенние сроки выращивания | 208 |
| 6.2. Анализ влияния изменения климатических характеристик на культуры короткого срока вегетации на каштановых почвах (в аридных условиях) Центрального Предкавказья | 212 |
| Выводы к главе 6 | 221 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 222 |
| ЛИТЕРАТУРА | 226 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 254 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Успех агропромышленного производства (АПК) значительной степени зависит от климатических особенностей региона. При этом одной из ключевых позиций устойчивого развития АПК является получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур при сокращении совокупного ущерба от погодных аномалий. Решение этого вопроса невозможно без учета изменения природно-климатических факторов региона, а также ожидаемых погодных условий на предстоящий сельскохозяйственный год. Происходящие в климатической системе процессы глобального потепления у поверхности земли, резкие перепады значений климатических характеристик оказывают существенное влияние на агропромышленное производство и другие отрасли экономики, а также и сферы социальной жизни. В целях адаптации к изменениям климата необходимо комплексное исследование характера и тенденций изменения всех компонентов климата, их влияние на вегетацию и урожайность сельскохозяйственных культур. Техногенная нагрузка на компоненты биосферы приводит к заметным изменениям параметров, составляющих в совокупности климат [2].

Как обратная связь, изменение режима теплообеспеченности и связанного с ним режима выпадения осадков и таяния ледников в горных местностях, вызываемое изменениями химического состава атмосферы, сказывается на продуктивности и качестве естественных и антропогенных экосистем, в том числе на сельскохозяйственном производстве пищевой продукции [83].

Наиболее радикальным и рациональным путем предотвращения отрицательного влияния режима абиотических факторов биосферы на продуктивность и качество выращиваемых культур является достижение устойчивого состояния всех ее компонентов в процессе их развития. К примеру, если в числе компонентов биосферного комплекса южной территории России характерно размещение полей с культурными растениями на определенной площади, то трансформация их в естественные уголья любого вида или выведение из

сельхозпользования неизбежно вызывает нарушение биотических компонентов и устойчивого состояния биосферы [116].

Во взаимосвязи компонентов биосферы наиболее сложными представляются антропогенные (ноосферные), с одной стороны, и абиотические – с другой. Исследование параметров влияния отдельных элементов климата на продуктивность антропогенных объектов, в которых основной компонент – преимущественно культурная растительность, является фундаментом для выбора стратегии развития отрасли растениеводства. При этом, как правило, выделяются параметры, определенные в зональном аспекте за весь вегетационный период [117].

Природно-климатические факторы оказывают заметное влияние на продуктивность сельскохозяйственного производства и могут существенным образом повлиять на экономическое развитие общества, его продовольственную безопасность, а также безопасность жизни людей [42, 102].

Смена засушливых на влажные в летний период, суровых зим на теплые, вызывает значительную изменчивость валового сбора сельскохозяйственной продукции, т.е. именно погода определяет агротехнику (сроки посева, нормы высева, глубину заделки семян и т.д.), с изменением метеорологических условий должна меняться и агротехника [1, 102, 121, 129, 132, 201, 204].

Роль природных факторов проявляется в таких результативных показателях как уровень и устойчивость урожаев по годам, их качество и затраты на единицу сельскохозяйственной продукции. Урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность животноводства зависят от всего комплекса организационно-экономических мероприятий, но при прочих равных условиях они будут выше там, где для их производства имеются наиболее благоприятные природные условия. Решение проблем управления процессами формирования урожая сельскохозяйственных культур позволило бы получить наилучшие результаты с учетом заданных уровней расходования ресурсов и обеспечения ряда ограничений, связанных с сохранением почвенного плодородия и защитой окружающей среды. В условиях глобального потепления, когда происходят необычные погодно-климатические изменения, важное значение приобретают оценка этих изменений в

конкретных регионах и прогноз вероятных отклонений от нормы в ближайшей перспективе для адаптации сельскохозяйственного производства к возможным флуктуациям метеорологических параметров.

Для оценки и прогноза урожайности сельскохозяйственных культур с учетом изменения климата необходимо детальное изучение временных рядов метеорологических факторов за прошлые 30-50 лет и прогнозирования их на будущее в регионе.

Проблеме анализа временных рядов метеорологических факторов посвящено множество работ в нашей стране и за рубежом, в которых использованы такие классические методы, как статистический, фрактальный и спектральный. Несмотря на это исследования, проводимые по этой проблеме всегда актуальны.

В связи с этим, совершенствование методов анализа и прогнозирования агроклиматических процессов и ресурсов, метеорологических параметров и урожайности сельскохозяйственных культур с учетом изменения климата, является в настоящее время актуальной научной проблемой.

В целях адаптации аграрного производства к изменениям климата необходимо комплексное исследование характера и тенденций изменений мезомасштабных метеорологических параметров, их влияния на вегетацию и урожайность сельскохозяйственных культур.

Работа посвящена:

- комплексному анализу пространственно-временных изменений наиболее климатообразующих метеопараметров, характеризующих режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажностные характеристики, максимальную скорость ветра, зарегистрированных за многолетний период 1956-2009 гг. на 9 метеостанциях трех соседних регионов (Краснодарский и Ставропольский края, Кабардино-Балкарская республика) Центральной части Северного Кавказа;

- прогнозу климатических характеристик до 2025 года;

- построению корреляционно-регрессионной модели, описывающей зависимость урожайности сельскохозяйственной культуры от изменения сезонных значений метеорологических факторов: суммарного количества осадков, среднесуточной температуры воздуха, минимальной температуры почвы, средней относительной влажности воздуха и максимальной скорости ветра;
- разработке адаптивной нечетко-логической модели типа Мамдани соотношения сезонных значений метеорологических факторов и урожайности сельскохозяйственной культуры по трем уровням: низкий, средний и высокий.

Такая работа проводится впервые. Результаты данного подхода будут полезны при разработке рекомендации сельхозпроизводителям.

Целью диссертационной работы является совершенствование методов анализа и прогноза трансформации климатических характеристик в центральной части Северного Кавказа, учет их динамики в задачах управления агропромышленным комплексом и разработка рекомендации по адаптации регионального сельскохозяйственного производства к изменениям метеорологических факторов.

Для достижения указанной цели были определены следующие задачи:

- усовершенствовать методы анализа динамики многолетних метеорологических параметров;
- провести комплексный анализ изменения метеорологических параметров по сезонам года в разных климатических зонах центральной части Северного Кавказа по данным 9 метеостанций;
- построить аппроксимированные и восстановленные временные ряды метеорологических параметров методом «Гусеница»-SSA;
- прогнозирование динамики изменений исследуемых метеорологических параметров до 2025 года во все сезоны года;
- разработать корреляционно-регрессионную модель зависимости продуктивности сельскохозяйственного производства от метеорологических факторов;

- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с учетом изменений климатических ресурсов на территории Кабардино-Балкарской республики;
- разработать адаптивные нечетко-логические модели регулирующие урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от изменений климатических характеристик;
- провести агрометеорологическое обоснование возделывания сельскохозяйственных культур разного срока спелости в различных климатических зонах Кабардино-Балкарской республики;
- разработать практические рекомендации для сельхозпроизводителей по адаптации сельскохозяйственного производства к погодным условиям на основе проведенных исследований трансформации агроклиматических ресурсов.

Использованные материалы и методы исследования

В основу диссертационной работы положены материалы многолетних метеорологических наблюдений на период 1956-2009 гг. (суммарное количество осадков, суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и выше, средняя температура воздуха, максимальная температура воздуха, минимальная температура почвы, средняя относительная влажность воздуха, дефицит влажности воздуха, число дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее, максимальная скорость ветра, число дней со скоростью ветра 15 м/с и более) по данным 9 метеостанций Центральной части Северного Кавказа: 4 метеостанции, расположенные на территории Кабардино-Балкарской республики (в предгорной зоне - Нальчик и Баксан; в степной зоне - Прохладный и Терек); 2 метеостанции в Ставропольском крае (Минеральные воды и Кисловодск); 3 метеостанции в Краснодарском крае (Красная поляна, Сочи и Армавир).

В качестве методов исследования использованы:

- статистический, нормированного размаха, отклонения от климатической нормы и скользящих средних с периодом $N=10$ для анализа динамики метеопараметров;

- спектрально-сингулярного разложения (метод «Гусеница»-SSA) для оценки надежности модели и прогноза значений метеопараметров до 2025 года;
- корреляционно-регрессионный для определения зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от метеорологических факторов и прогнозирования на ближайшие 5 лет (в исключительных случаях с учетом влияния аномальных явлений);
- нечеткой логики для оценки урожайности сельскохозяйственных культур при задании значений сезонных осадков и температуры воздуха.

Применялись математические программные средства: MS Excel, Statistica, «Гусеница»-SSA, Matlab.

Научная новизна диссертации заключается в совершенствовании методов анализа и прогноза динамики метеорологических параметров в центральной части Северного Кавказа и применение методов нечеткой логики в решении задач управления агропромышленным комплексом.

Получены следующие результаты, обладающие новизной и являющиеся предметом защиты:

- усовершенствованы методы анализа динамики метеопараметров;
- впервые проведен комплексный анализ сезонных изменений метеорологических параметров, характеризующих режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажность воздуха и скорость ветра для регионов Центральной части Северного Кавказа;
- впервые методом спектрально-сингулярного разложения (методом «Гусеница»-SSA) построены восстановленные временные ряды метеорологических параметров;
- по разности остатков исходных и восстановленных рядов проведена оценка надежности используемых моделей;
- проведен сравнительный анализ методов моделирования динамики метеорологических параметров;

- впервые осуществлен прогноз динамики изменения сезонных значений 11 метеорологических параметров до 2025 года методом спектрально-сингулярного разложения;
- установлены корреляционно-регрессионные связи между продуктивностью сельскохозяйственных культур и сезонными природными факторами: суммарным количеством осадков, средней температурой воздуха и почвы, влажностью воздуха, скоростью ветра;
- получены прогнозные значения на предстоящие годы урожайности основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории КБР;
- разработаны адаптивные нечетко-логические модели, позволяющие оценить урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от изменений природно-климатических характеристик;
- проведен анализ влияния изменения климатических характеристик на урожайность культур короткого срока вегетации на каштановых почвах (в аридных условиях) центрального Предкавказья;
- предложены рекомендации по адаптации сельского хозяйства КБР с учетом трансформации природно-климатических условий.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Результаты комплексного анализа основных климатообразующих метеорологических параметров позволяют оценить зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от природно-климатических факторов.
2. Практические рекомендации апробированы и рекомендованы для внедрения в колхозе им. Петровых и ООО ИПА «Отбор» Прохладненского района КБР, в ГНУ Кабардино-Балкарском Научно-исследовательском институте сельского хозяйства, в хозяйствах Зольского и Баксанского районов.
3. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от изменения климата внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО КБГАУ им. В.М. Кокова по изучению дисциплин:

а. «Компьютерное моделирование в объектах сельского хозяйства» в рамках учебной программы бакалавра по направлению 110400.62 – Агрономия;

б. «Компьютерное моделирование в землеустройстве» в рамках учебной программы бакалавра по направлению 120700.62 – Землеустройство и кадастры;

с. «Информационные технологии в управлении» в рамках учебной программы бакалавра по направлению 081100.62 – Государственное и муниципальное управление;

д. «Информационные технологии» и «математическое моделирование и проектирование» в рамках учебной программы магистра по направлению 110400.68 – Агрономия магистерской программы «Адаптивные системы земледелия»;

е. «Информационные технологии в науке и образовании» в рамках учебной программы аспирантуры по специальности 05.13.10 – Управление социальными и экономическими системами.

4. Научные результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы соответствующими органами управления Северо-Кавказского федерального округа для адаптации сельскохозяйственного производства к изменениям природно-климатических условий.

5. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика анализа и прогноза метеорологических параметров может быть использована Росгидрометом при выполнении НИР по агрометеорологии.

6. Разработанная в рамках настоящей диссертационной работы методика прогноза урожайности сельскохозяйственных культур рекомендована Министерству сельского хозяйства КБР для практического применения при планировании сельскохозяйственных работ в предстоящие годы.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты комплексного анализа временных рядов многолетних (1956-2009 гг.) метеорологических наблюдений, включающих режим осадков, температурный режим

воздуха и почвы, влажностные характеристики воздуха и скорости ветра на 9 метеостанциях Центральной части Северного Кавказа: по Кабардино-Балкарской республике (Нальчик, Баксан - предгорная зона и Прохладный, Терек – степная зона), по Ставропольскому краю (Минеральные воды и Кисловодск) и по Краснодарскому краю (Красная поляна, Сочи, Армавир).

2. Оценка разности остатков временных рядов основных метеорологических параметров методом спектрально-сингулярного разложения.

3. Результаты прогнозирования метеорологических параметров до 2025 года.

4. Зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от изменения природных факторов, полученная методом корреляционно-регрессионного анализа.

5. Прогноз урожайности основных сельскохозяйственных культур разного срока созреваемости в зависимости от метеорологических факторов на территории КБР на ближайшие 5 лет.

6. Планирование урожайности сельскохозяйственных культур адаптивными нечетко-логическими методами в зависимости от климатических особенностей региона КБР.

7. Агрометеорологическое обоснование подбора и системы возделывания сельскохозяйственных культур в природных зонах Кабардино-Балкарской республики с учетом климатических особенностей.

8. Рекомендации для сельхозпроизводителей по адаптации сельскохозяйственного производства к климатическим факторам на основе проведенных исследований трансформации агроклиматических ресурсов

Личный вклад автора

Основные результаты исследования (идея, постановка научной проблемы и задач, методология анализа изменения метеорологических параметров, результаты анализа и прогноза динамики метеопараметров, разработка моделей анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от природных факторов, разработка адаптивных нечетко-логических моделей зависимости продуктивности сельскохозяйственного производства от

метеопараметров) принадлежат автору. Совместно с соавторами научных статей разработаны алгоритмы и программы расчета статистических характеристик метеопараметров. Все результаты, приведенные в диссертации, получены автором или при непосредственном его участии.

Достоверность научных положений, полученных результатов и рекомендаций обеспечивается корректностью рассматриваемых проблем и методов их решения, большим массивом информационной базы, в качестве которой послужили ряды многолетних метеорологических наблюдений на 9 метеостанциях, расположенных в разных природных зонах Центральной части Северного Кавказа.

Апробация работы

Результаты работы докладывались и обсуждались на:

– Международной научной конференции «Моделирование устойчивого регионального развития» (Нальчик, 2005);

– 6-й Международной конференции (Самара, 12-15 сентября 2005);

– Международной конференции «Погода и биосистемы». (Москва, РГГУ, 2006);

– Международной конференции «Проблемы гидрометеорологии горных территории Северного Кавказа и пути их решения» (Гузери́п, 19-20 сентября 2006);

– VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий» (Владикавказ, 28-30 мая 2007);

– XV Международной научно-технической конференции «Инноватика – 2010» (Сочи, 2-12 октября 2010);

– Международной научно-практической конференции «Современные проблемы теории и практики инновационного развития АПК», посвященной 30-летию КБГСХА им В.М. Кокова (Нальчик, 12-14 октября 2011).

Работа выполнена в соответствии с научным направлением кафедры «Информатика и моделирование экономических процессов» Кабардино-

Балкарского государственного аграрного университета имени В.М. Кокова при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда грантами:

–№ 07-02-33201 а/Ю «Анализ и прогноз изменения климата Центральной части Северного Кавказа и адаптация социально-экономического развития региона к трансформации условий внешней среды» в 2007году

–№ 10-06-33603 а/Ю «Анализ и прогноз обеспеченности регионального АПК средствами производства и разработка стратегии их использования, обслуживания и обновления» в 2010 году.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 52 научных работах, включая 3 монографии, 18 публикаций в журналах, рекомендуемых ВАК и 10 публикаций в трудах Международных конференций и симпозиумов по модификации погоды и изменению климата.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка используемой литературы (268 отечественных и зарубежных публикаций) и приложения. Рукопись содержит 324 страницы машинописного текста, включая 45 рисунков, 18 таблиц. Приложения включают таблицы и рисунки результатов анализа и прогноза по данным метеостанции Баксан, Прохладный, Терек, Минеральные воды, Кисловодск, Красная поляна, Сочи, Армавир.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

Вопросам изучения изменения климата и его влияния на сельскохозяйственное производство посвящен обширный объем литературы отечественных и зарубежных ученых. Из работ по направлению изучения изменений климата можно отметить работы [2, 3, 80, 83, 84, 108, 109, 238, 239, 257], в которых кратко анализируется состояние проблемы и формируются методы её решения. В последнее десятилетие особое внимание уделяется изучению вопросов глобального потепления климата [11, 17, 86, 112, 127, 129, 133, 137, 184]. Достаточно большое внимание уделяется проблеме адаптации сельского хозяйства к изменениям климата. По этому направлению можно отметить следующие работы [4, 81, 102, 117, 119, 129, 131, 151, 154, 169, 81, 151, 204].

На Международной научной конференции «Концепция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды», 1-4 октября 2012, г. Казань, РФ были рассмотрены концептуальные вопросы по исследованию изменения климата и его последствиям в жизнедеятельности человека (сельское хозяйство, экология) [145,177,213].

1.1. Климатические характеристики Земли

В метеорологической энциклопедии написано, что климат – это многолетний режим погоды, характерный для конкретной местности на Земле, и является одной из географических характеристик местности. Слово «климат» происходит от греческого «*klimatos*», которое переводится как наклон. Климат определяется тремя основными элементами: 1) солнечной радиацией, 2) характером подстилающей поверхности, 3) циркуляцией атмосферы. Для каждого места, района или страны величина солнечной радиации и характер подстилающей поверхности (океаны, материки, горы и равнины) остаются постоянными, а вот за счет циркуляции атмосферы через один и тот же район или страну в течение многих лет периодически проходят циклоны и антициклоны, разные воздушные массы, сменяя одна другую. Поэтому климат каждого района

зависти от того, какие вихри, циклоны или антициклоны и воздушные массы там преобладают, как они взаимодействуют с местными агроклиматическими условиями, главным образом с подстилающей поверхностью.



Рисунок 1.1 - Принцип образования парникового эффекта

Например, если в данной местности преобладает теплый и влажный воздух, то и климат там будет теплый и влажный. А это в свою очередь отражается на характере растительности: растительность в таких местах пышная и разнообразная, с множеством теплолюбивых и влаголюбивых растений. Другое дело в районе, находящемся под частым воздействием холодных масс воздуха: климат холодный, с малым количеством теплых дней и, следовательно, растительность скудная: мхи, лишайники, мелкий кустарник. В тех же местах, где происходит частая смена теплых и холодных воздушных масс, климат умеренный, с регулярной сменой теплых и холодных периодов; здесь растут леса и хорошо развиваются сельскохозяйственные культуры.

Частая смена воздушных масс наблюдается в районах, через которые часто проходят циклоны, главным образом в зоне умеренных широт и в местах, сравнительно недалеко расположенных от океана. В более низких широтах и в глубине континентов преобладает антициклоническая циркуляция, для которой в силу малой подвижности

антициклона характерной чертой является трансформация и формирование воздушных масс. Зимой воздух в антициклонах сильно выхолаживается, а летом сильно прогревается, подолгу задерживаясь на одном месте.



Рисунок 1.2 – Климатические особенности в разных широтах Земного шара

Поэтому, например, в Сибири и в Средней Азии погода отличается большим постоянством. Это – районы с резко выраженным континентальным климатом. Представление о климате складывается на основе статистического обобщения результатов многолетних наблюдений за основными метеорологическими элементами: солнечной радиацией, температурой и влажностью воздуха, атмосферным давлением, скоростью и направлением ветра, облачностью, атмосферными осадками и т. д. Особенности климата подробно описаны в работах [20, 38, 59, 71, 79, 82, 83, 127, 129, 169, 223, 234].

Во все времена климат постоянно оказывает существенное влияние на деятельность человека. Изучение изменений климата всегда способствовало развитию производительных сил и поддержанию благосостояния общества. Климат определяет условия протекания современных рельефообразующих процессов, развитие растительности и размещение животных. Изменение климата

характеризуется разностью между некоторыми климатическими переменными для двух заданных интервалов времени.

Погода – непрерывно меняющееся состояние атмосферы. Она характеризуется совокупностью значений метеорологических элементов в некоторый момент или за некоторый промежуток времени. Рассмотрим некоторые основные погодные факторы, определяющие климат на нашей планете. Под климатом обычно понимают усредненные характеристики погоды и их флуктуаций [15, 20, 83, 118, 167, 226, 227, 230, 231]. А статистические характеристики состояния климатической системы получаются путем усреднения данных за достаточно продолжительный период времени. В качестве стандартного периода для оценивания климатических переменных, характеризующих текущий и современный климат, рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) используется периода в 30 лет. В настоящее время климатическая норма метеопараметра определяется, как среднее значение переменной величины за 1961-1990 годы, а отклонение от этой величины называется аномалией. Климат определяет географическое распространение и успешность возделывания всех сельскохозяйственных культур, условия выпаса и содержания животных. Чтобы эффективно использовать потенциальные возможности агропроизводства, а также снизить ущерб от неблагоприятных погодных явлений, вредителей и болезней сельскохозяйственных культур, необходимо проводить специальные исследования климата. В первую очередь следует устанавливать количественные показатели влияния факторов климата на объекты и процессы сельскохозяйственного производства. Далее требуется провести комплексный анализ климатообразующих факторов, например, суммарное количество осадков, средняя температура воздуха, минимальная температура почвы, относительная влажность воздуха и максимальная скорость воздуха по сезонам и за год.

Важно отметить, что климат Земли характеризуется высокой чувствительностью к изменениям внешних факторов.



Рисунок 1.3 – Основные характеристики подстилающей поверхности земли

Так как наблюдаемое изменение климата обнаружилось в первую очередь в увеличении температуры воздуха у поверхности земли, то это явление было названо «Глобальное Потепление». Это сопутствовало учреждению Всемирной климатической программы, организации Межправительственной Группы Экспертов по Изменениям Климата (МГЭИК) и принятию Рамочной Конвенции по Изменениям Климата в ООН. Наблюдающееся в 21 веке глобальное потепление проявляется во всех регионах России, в том числе и в КБР. Это привело к удлинению безморозного периода во многих районах средних и высоких широт. Потепление заметнее зимой, а весной и осенью почти не наблюдается. Особенности изменений климата приходится учитывать человеку в его жизни и хозяйственной деятельности. Но наиболее существенное влияние оно оказывает на сельское хозяйство из-за того, что главным условием успешного возделывания любой сельскохозяйственной культуры является наличие агрометеорологических ресурсов, обеспечивающих ее рост, развитие и

формирование хозяйственно ценной ее продукции [7, 8, 17, 18, 19, 20, 22, 83, 92, 118, 124, 125, 131, 132, 12].

Глобальные природно-климатические изменения в настоящее время стали важнейшим фактором, приводящим к изменениям агроклиматических ресурсов территорий и влияющим, таким образом, на продуктивность сельскохозяйственного производства.

Агроклиматические ресурсы — это свойства климата, обеспечивающие возможность сельскохозяйственного производства. Они характеризуются: продолжительностью периода со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$; суммой температур за этот период; соотношением тепла и влаги (коэффициент увлажнения); запасами влаги, создаваемыми в зимний период снежным покровом.

В настоящее время развитие сельского хозяйства, в значительной степени, зависит от климатических условий и их колебаний. Эти неопределенности усугубляются быстрыми изменениями климатических условий, которые имеют место в последние несколько десятилетий.

Кроме этого, имеет место межгодовая изменчивость климата. Он может испытывать флуктуации масштаба нескольких лет и изменяться за более продолжительные промежутки времени. При выборе интервала усреднения должны быть учтены и эти процессы.

Климат любого региона формируется под воздействием ряда климатообразующих факторов и процессов. Их анализ раскрывает генезис климата, помогает объяснить географическое распространение его элементов, позволяет понять климатические особенности отдельных регионов России. Так, разные части России обладают разными агроклиматическими ресурсами. На Крайнем Севере, где увлажнение избыточное, а тепла мало, возможно лишь очаговое земледелие и парниково-тепличное хозяйство. В пределах таежного севера Российской равнины и большей части сибирской и дальневосточной тайги теплее — сумма активных температур $1000\text{—}1600^{\circ}\text{C}$, здесь можно выращивать рожь, ячмень, лен, овощи. В зоне степей и лесостепей Центральной России, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока увлажнение достаточное, а сумма температур от 1600 до 2200°C , здесь

можно выращивать рожь, пшеницу, овес, гречиху, разные овощи, сахарную свеклу, кормовые культуры для нужд животноводства. Наиболее благоприятны агроклиматические ресурсы степных районов юго-востока Русской равнины, юга Западной Сибири и Северного Кавказа, где сумма активных температур 2200—3400°C, и можно выращивать озимую пшеницу, кукурузу, рис, сахарную свеклу, подсолнечник, теплолюбивые овощи и фрукты [10, 41, 42, 44, 52, 85].

Изменения климата Земли зависят от взаимодействия основных компонентов климатической системы: наиболее подвижной и ответственной за условия существования жизни – атмосферы, менее подвижных – океана и криосферы, т.е. воды в замерзшем состоянии, а также поверхности суши и биосферы, включающей растительный, животный мир и самого человека [87, 88]. Они включают общие тенденции изменения температурного, циркуляционного и влажностного режимов атмосферы, климата океана, изменения биосферы и происходят в результате разнообразных процессов, приводящих к изменению потоков радиационной энергии внутри самой климатической системы.

Большой вклад в изучение климата внесли ученые-климатологи А.И. Воейков, А.А. Каминский, П.И. Броунов, Б.П. Алисов, С.П. Хромов, М.И. Будыко, Г.В. Груза и многие другие.

Климат Земли или отдельного региона формируется под воздействием ряда климатообразующих факторов и процессов (радиационный и циркуляционный). К факторам формирования климата можно отнести географическое положение, особенности рельефа и влияние свойств подстилающей поверхности. На Северном Кавказе высота гор и их размещение по отношению к воздушным потокам влияют, в определенной степени, на климат. Кабардино-Балкария окружена горными хребтами, кроме как с северной части. Горы обостряют циклоны. Наблюдаются различия в климате гор, возвышенностей и низменностей, речных долин и междуречий.

Природные факторы, действующие на изменения климата, считаются циклическими. Яркость Солнца, по результатам исследований [107, 108, 109], изменяется только за очень большие промежутки времени, а высокочастотная

часть спектра ее изменений охватывает флуктуации в масштабах времени от суток до года. Вариации солнечного излучения порядка $\pm 0,1\%$, происходят в течение периода вращения экваториальных областей Солнца вокруг его оси, равного 27 суткам. Обнаружены изменения интенсивности излучения в течение 11-летнего цикла солнечной активности, которые составляют около $0,05\%$, и не могут оказывать существенного влияния на температурный режим атмосферы или океана. Вековой тренд вариаций солнечного излучения составляет около $0,1\%$ при экстраполяции на 40 летний период.

Поступающая на поверхность Земли солнечная радиация является основной энергетической базой формирования климата. Она определяет основной приток тепла к земной поверхности.

Изменения параметров земной орбиты влияют на климат в масштабах тысячелетий, так как вызывают изменения широтного и сезонного хода интенсивности солнечной радиации, приходящей на верхнюю границу атмосферы. Локальные изменения интенсивности солнечной радиации могут превышать 10% . Эти вопросы затронуты в работе [82]. Авторы этой работы пришли к заключению, что поскольку большие массивы суши в настоящее время расположены в северном полушарии, наличие нелинейной связи между альбедо и площадью льдов могли привести к образованию в этом полушарии больших ледяных массивов при тех изменениях орбиты Земли, которые уменьшают летнюю инсоляцию. Вариации орбитальных параметров сказываются на широтном и сезонном ходе инсоляции и за гораздо более короткие промежутки времени, но этот эффект незначителен [7, 8, 10]. А при извержении вулканов в стратосферу выбрасывается пыль и соединения серы, которые превращаются в аэрозоли, оказывающие значительное влияние на солнечную радиацию. Отдельные извержения вулканов могут привести к понижению средней глобальной температуры в приземном слое атмосферы на $0,3^{\circ}\text{C}$ и нагреву тех слоев атмосферы, где сосредоточен вулканический аэрозоль, на несколько градусов. Это связано с тем, что он рассеивает солнечную радиацию, идущую к

поверхности Земли, и частично поглощает ее. Как показали наблюдения, в результате может иметь место охлаждение приземного слоя атмосферы, продолжающееся в течение нескольких месяцев.

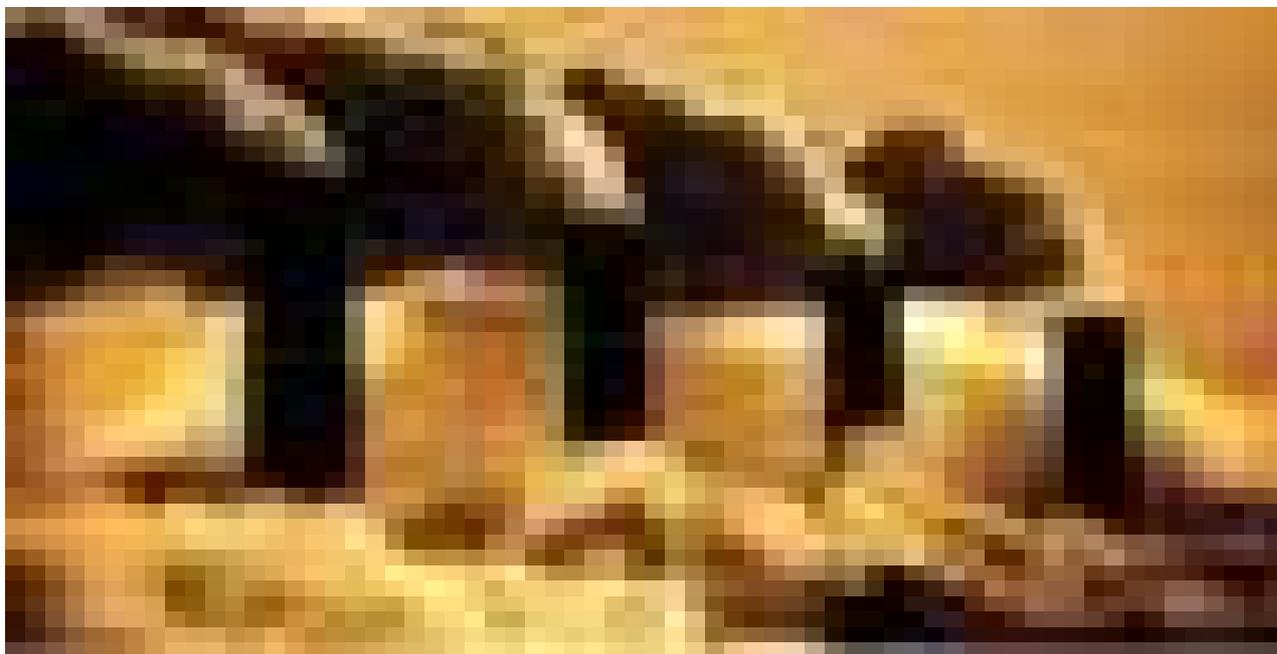


Рисунок 1.4 – Выбросы в атмосферу

Для оценки изменений климата в прошлом и прогноза его изменений в будущем важное значение имеет изучение условий формирования крупных климатических аномалий, которые, в основном, и определяют экстремальные климатические условия жизни на Земле.

Известно, что для существования жизни необходимо наличие жидкой воды и атмосферы с определенным химическим составом и массой. При этом, необходимым условием является протекание ряда биохимических циклов в круговороте воды, углекислого газа, кислорода, азота, фосфора, серы, поддерживаемых солнечным излучением.

Остановимся далее на влиянии состава приземного слоя атмосферы на температурный режим в климатической системе. Смесь газов, составляющих атмосферу, называют воздухом, состоит из азота (N_2) 78,084%, кислорода (O_2) 20,946%, аргона (Ar) 0,934%, углекислого газа (CO_2) 0,033% и водяного пара (H_2O). Остальные газы содержатся в атмосфере в ничтожном количестве [8].

Поведение погоды Земного шара так разнообразно, что в одной части наблюдается засуха, а в другой - наводнение.



Рисунок 1.5 – Последствия засухи

В связи с климатическими изменениями в некоторых частях северного полушария вегетационный период удлинился примерно на 11-12 дней, которое является свидетельством глобального потепления. Это может быть связано с более мягкими зимами [3].

По прогнозам Гидрометцентра в течение XXI века ожидается увеличение количества осадков. Однако в некоторых регионах низких широт оно может уменьшиться, в других увеличиться, а в средних и высоких широтах будет наблюдаться большое количество аномальных климатических явлений и увеличение выпадения осадков. Частота появления таких явлений, как засуха и паводки, с течением времени будет увеличиваться. Современный климат Кавказа очень разнообразен, что объясняется одновременным влиянием многих факторов. Кавказ расположен на границе умеренного и субтропического поясов и находится под воздействием, с одной стороны, влажных воздушных масс Атлантики и Средиземноморья, а с другой — континентальных воздушных масс Сибири, Средней Азии и Иранского нагорья.

Сильно влияют на климат Кавказа Черное и Каспийское моря. Черное море лежит на пути к Кавказу западных воздушных масс. Они принимают испарившуюся с водной поверхности влагу, еще более насыщаются парами и достигают Кавказа. На склонах гор содержащаяся в воздухе влага конденсируется и выпадает в виде обильных осадков.



Рисунок 1.6 – Последствия наводнения

Движущиеся со стороны пустынь Средней Азии сухие воздушные массы, проходя над Каспийским морем, не насыщаются в достаточной степени влагой и поэтому почти не увлажняют Восточный Кавказ.

С горным рельефом Кавказа связана высотная зональность климата, выражающаяся в понижении температуры воздуха с ростом высоты над уровнем моря. Это понижение температуры на каждые 100 м высоты неодинаково в разных частях Кавказа. Так, на склонах западной части Большого Кавказа, находящихся под увлажняющим влиянием Черного моря, оно не превышает $0,5^{\circ}\text{C}$, а для горных хребтов, расположенных в районах с сухим континентальным климатом — на юго-востоке этой горной системы, оно достигает $0,7\text{—}0,8^{\circ}\text{C}$.

Количество осадков с высотой также увеличивается. Так, например, годовая сумма осадков на северном склоне Большого Кавказа в Псебае (623 м над уровнем моря) составляет 747 мм, а на перевале Аишха (2400 м) — 2319 мм. Увеличение количества осадков происходит до определенной, критической, высоты, а затем оно начинает уменьшаться. В разных частях Главного хребта критическая высота

неодинакова: она колеблется от 2500 м на Западном до 3000—3100 м на Центральном и Восточном Кавказе [4].

Рельеф оказывает большое влияние на климат отдельных частей Большого Кавказа, многие хребты являются границами климатических районов. Главный хребет препятствует переносу холодных воздушных масс с севера на юг в Закавказье, и поэтому предгорья Кавказа характеризуются умеренным климатом, а низменности Закавказья — субтропическим. Так, например, средняя температура января, приведенная к уровню моря, для Северного Кавказа равна -5°C , а для Закавказья 5°C . Кроме того, Главный хребет, простирающийся с северо-запада на юго-восток, заметно влияет на направление движения воздушных масс. Это приводит к тому, что на юго-западных склонах, обращенных к Черному морю, выпадает особенно много осадков, и преимущественно в зимний период, когда здесь преобладают юго-западные ветры, несущие много влаги. На Центральном же и Восточном Кавказе в это время влагосодержание воздушных масс значительно меньше, поскольку в холодный период года эти районы находятся под преимущественным влиянием довольно сухих континентальных и арктических воздушных масс. Максимум осадков отмечается здесь в теплый период, когда активизируются атмосферные процессы перед горными хребтами при прохождении атлантических циклонов. Осадки выпадают в основном при западных, юго-западных и северо-западных ветрах.

В заключение отметим, что, несмотря на разносторонний и большой интерес к развитию теорий о климате, многочисленные данные о его изменениях в прошлом до сих пор не расшифрованы и не систематизированы. Кроме того, многие процессы, влияющие на состояние климата на земле, а также их взаимодействие между собой до конца еще не изучены.

1.2. Козвалюционные связи климата, почв и сельского хозяйства

В формировании урожайности сельскохозяйственных культур немаловажную роль играют природно-климатические характеристики [36, 40, 48, 66, 87]. Они влияют на продуктивность сельскохозяйственной продукции.

Непосредственно в природных условиях под воздействием многих факторов создается основная масса продукции сельскохозяйственного производства, которую можно объединить в три основные группы:

- 1) производственно-агротехнические;
- 2) почвенные;
- 3) агрометеорологические.

Из этих групп наиболее изменчивым является агрометеорологические, а остальные не оказывают существенного влияния на колебания урожая. В конечном счете, все эти факторы определяют величину урожая, качество продукции, ее стоимость и уровень производительности труда. Ими обуславливаются межгодовые колебания урожайности сельскохозяйственных культур. Они также влияют на пространственную структуру мирового сельского хозяйства.

Во-первых, солнечная радиация обеспечивает растения энергией, которую они используют в процессе фотосинтеза для создания органического вещества, влияет на процессы роста и развития, расположение и строение листьев, на химический состав и качество продукции, продолжительность вегетации, устойчивость к полеганию, засухоустойчивость и другие [89].

Во-вторых, температура среды регулирует процессы роста и развития растений, фотосинтеза, дыхания и транспирации. Однако все эти процессы невозможны при отсутствии воздуха и влаги. Поэтому упомянутые факторы являются основными факторами жизни растений [94, 103].

Температура воздуха и почвы – один из важнейших факторов, определяющих рост и развитие растений, и их распространение по земному шару. Рост растений любого вида возможен в определенном диапазоне температуры. В таблице 1.1 приведены диапазоны возможных минимальных температур. Большинство растений при температурах ниже 0°C не растет, находится в спячке или погибает, рост начинается при температурах немного выше нулевой и продолжается до температуры $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$. Дальнейшее повышение температуры у растений вызывает замедление роста [20].

Таблица 1.1 - Минимальные температуры (в °С) для начала фаз развития

| Растения | Минимальные температуры | | | |
|----------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| | прорастания семян | появление всходов | вегетативного роста | репродукции |
| Теплолюбивые | | | | |
| Огурец | 12-15 | 16-18 | 8 | 20 |
| Арбуз | 16-17 | 12-15 | 15-18 | 12-15 |
| Дыня | 14-18 | 12-15 | 15-18 | 12-15 |
| Томат | 1-11 | 14-16 | 10 | 15 |
| Перец | - | 13 | 13 | 12-15 |
| Рис | 12-15 | 14-15 | 15 | - |
| Просо | 8-10 | - | 10-12 | 16-19 |
| Кукуруза | 9-10 | 10-12 | - | 16 |
| Холодостойкие | | | | |
| Яровая пшеница | 1-4 | 4-6 | 5 | 5 |
| Ячмень | 1-2 | 8-10 | 5 | - |
| Овес | 1-2 | 4-5 | 5 | - |
| Лен | 3-4 | 6 | 8 | 15-17 |



Рисунок 1.7 – Искусственное орошение

Для определения и исчисления величины влияния изменений климата на производство сельскохозяйственной продукции представляется естественным

проводить комплексный анализ исследуемых явлений. Для этого можно двигаться по двум научным направлениям.

Первое направление связано с исследованием влияния климатических изменений природных факторов на развитие конкретных видов сельскохозяйственных культур и на формирование их урожайности, а второе – с исследованием изменения пространственного распределения сельскохозяйственных культур в масштабах регионов, обусловленных трансформацией их природно-климатических характеристик.

Остановимся на первом из этих направлений. В этом направлении, помимо влияния изменений режима осадков и температурного режима воздуха и почвы, важнейшее значение принимает исследование влияния увеличения концентрации углекислого газа (CO_2) в атмосфере на урожайность растений. Это связано с тем, что из малых газовых примесей CO_2 оказывает наиболее существенное влияние на развитие растений и следует ожидать, что увеличение его концентрации приведет к усилению фотосинтеза и увеличению эффективности использования ими влаги вследствие уменьшения транспирации. Скорость полного обмена CO_2 в естественном цикле в системе «атмосфера - земная биосфера» составляет около 20 лет, а в системе «земная биосфера - атмосфера» около 20-40 лет [86, 89].

Отсюда следует, что для оценки влияния увеличения концентрации CO_2 и изменения климатических условий на сельское хозяйство важное значение имеет географическое расположение регионов.

Например, осадки являются главным лимитирующим фактором для земледелия в тропических и субтропических зонах. В то же время в умеренных и высоких широтах большое значение имеет температура воздуха и почвы. Многие страны, расположенные в низких широтах, увеличивают производство продуктов питания за счет более широкого использования малопригодных земель.

Прямые и обратные связи, определяющие коэволюцию климата, почв и сельского хозяйства можно представить в виде следующей схемы [211]:

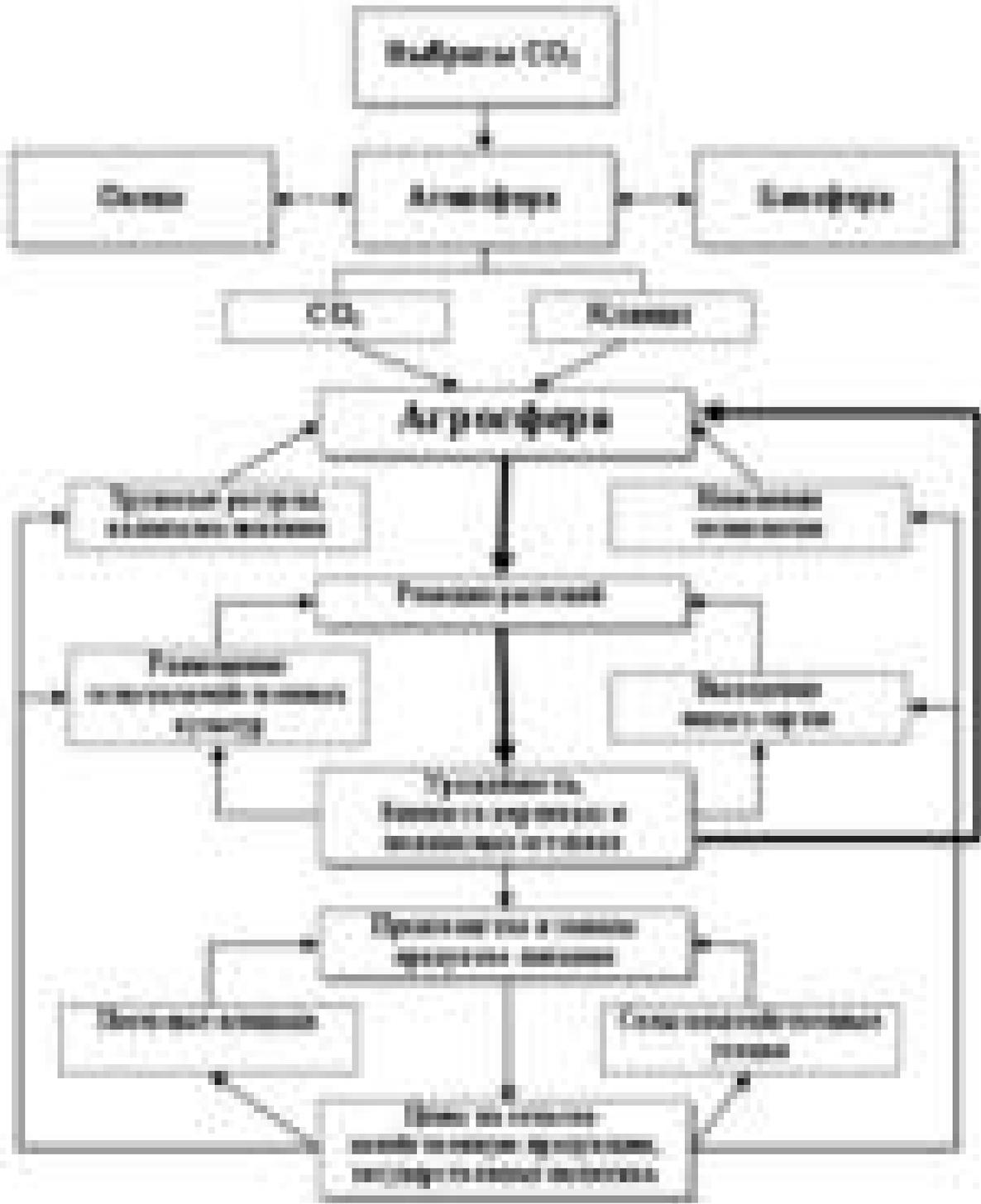


Рисунок 1.8 - Схема зависимости сельского хозяйства от природно-климатических факторов

Это усиливает в значительной степени чувствительность земледелия к изменениям климата в этих районах. В основных зернопроизводящих странах умеренного пояса увеличение производства сельскохозяйственной продукции может

быть достигнуто только путем его интенсификации. В этом случае главный вопрос заключается в том, будут ли технологические решения, обеспечивающие такой долговременный рост урожайности, увеличивать или уменьшать чувствительность сельскохозяйственных культур к короткопериодным климатическим флуктуациям.

Как известно, в отличие от климатических изменений рост концентрации атмосферного CO_2 происходит относительно плавно и непрерывно с незначительными колебаниями во времени. При обобщении результатов экспериментов по исследованию развития растений при повышенной концентрации CO_2 в атмосфере были обнаружены в основном положительные эффекты и практически для всех сельскохозяйственных культур. В исследовании [1] проведено обобщение работ, выполненных в данном направлении. Отметим, что большинство экспериментов было проведено в благоприятных условиях азотного питания и увлажнения. По результатам анализа данных исследований, в среднем для всех видов сельскохозяйственных культур рост урожайности составил 26% , прирост сухого вещества молодых растений – 40%. Было обнаружено, что развитие биомассы молодых растений в большинстве случаев более сильно реагировало на высокое содержание CO_2 .

По данным работы [2], прирост урожая зерновых при удвоении концентрации CO_2 почти вдвое выше прироста биомассы (36% и 20%). Высокая концентрация CO_2 меньше влияет на ростки пшеницы, чем на культуру после начала кущения и образования зерен [3,4,5]. Если учесть ту важную роль, которую играют хлебные злаки в мировом производстве продуктов питания, то можно ожидать, что полученные закономерности будут иметь особое значение в будущем с увеличением концентрации атмосферного CO_2 .

Для некоторых видов сельскохозяйственных культур (кукуруза, сорго, сахарный тростник) получены неоднозначные результаты. Исследования некоторых авторов [6,7] показали, что высокое содержание CO_2 в атмосфере влияет на скорость роста растений незначительно в условиях достаточного влагообеспечения.

Важная закономерность, полученная в этих исследованиях, заключается в том, что процентное увеличение роста растений, обусловленное высокой

концентрацией CO_2 , больше в условиях водного дефицита, чем при неограниченном водообеспечении. Когда высокие концентрации CO_2 приводят к уменьшению размеров устьиц (до 40% при удвоении концентрации CO_2), эффективность использования воды при образовании сухого вещества возрастает практически для всех видов сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в условиях недостатка влаги некоторые культуры, к которым относится и пшеница, реагируют на увеличение концентрации CO_2 как путем изменения скорости фотосинтеза, так и путем изменения размера устьиц, в то время как другие культуры реагируют только путем изменения размеров устьиц [8,9].

Обогащение атмосферы CO_2 приводит к ослаблению зависимости роста и урожайности культур от освещенности, которая сама по себе является одним из важнейших факторов роста растений. В работах [8,10] для пшеницы было показано, что относительное увеличение роста растений за счет увеличения концентрации CO_2 в атмосфере может быть даже значительнее, чем при высокой освещенности.

До конца объяснить такую реакцию растений на освещенность при повышенном содержании в атмосфере CO_2 пока не удалось. Предполагается, что это результат общего дыхания растения. Если скорость дыхания при высокой концентрации CO_2 уменьшается, то световая компенсационная точка снижается и наблюдается некоторый рост при такой освещенности, которая в противном случае была бы недостаточной для роста. С этих позиций можно объяснить относительное усиление роста пшеницы при более низкой освещенности. Для некоторых видов культур, таких, как соя, интенсивность дыхания которых возрастает при высокой концентрации CO_2 , относительное увеличение роста при высокой концентрации CO_2 происходит как при низкой, так и при высокой освещенности [116, 117].

Исследование проблем воздействия изменений климата на сельское хозяйство необходимо проводить в двух аспектах:

- проблемы с медленными климатическими изменениями;

– проблемы медленных сдвигов климатических экстремумов.

Изменения климатических параметров в целом представляются в терминах трендов их средних значений, получаемых на основе климатических моделей. Отсюда и концепция «медленных изменений» положена в основу исследований воздействия изменений климата на сельское хозяйство. Для того чтобы приспособить сельское хозяйство к медленным изменениям этим изменениям, необходимо разработать единую и обоснованную на высоком научном уровне стратегию [17,18].

С другой стороны, было также доказано, что эффекты климатических изменений будут медленно накапливаться, и сельское хозяйство располагает достаточным временем для постепенной адаптации [15]. Отметим, что скорость изменения климатических характеристик должна быть достаточно низкой, чтобы успеть сменить культуры, создать наиболее подходящие сорта и разработать наиболее подходящую создавшимся условиям технологию их возделывания. Таким образом, согласно концепции "медленных изменений" климата предстоящая огромная перестройка сельского хозяйства облегчается наличием достаточного времени для ее осуществления.

Концепция "сдвига риска" существенно отличается от рассмотренной концепции "медленных изменений". Она позволяет рассмотреть проблему воздействия изменений климата на сельское хозяйство с качественно новой стороны. Согласно этой концепции, основные проблемы сельского хозяйства будут связаны в основном с изменениями повторяемости отрицательных или положительных, с точки зрения сельскохозяйственного производства, климатических явлений. Сами по себе долговременные изменения природно-климатических характеристик будут играть в сельскохозяйственном производстве относительно небольшую роль. Считается, что значительно более важным фактором является ежегодный риск, вызываемый такими явлениями как засуха, морозы, переувлажнение [20]. С воздействием именно этих относительно редких явлений на производство сельскохозяйственных культур будут связаны те потери, размеры которых будут играть существенную роль при функционировании

сельского хозяйства в условиях климатических изменений. Отсюда возникает ряд проблем, решение которых в масштабах регионов необходимо для оптимизации производства сельскохозяйственной продукции.

Основные проблемы сельскохозяйственного производства можно рассматривать в двух плоскостях. Первая – это определение тех критических климатических и других ресурсов, которые являются необходимыми для сельскохозяйственного производства и вторая - определение влияния изменений климата на эти же ресурсы.

Следует отметить, что решение этих проблем связано с серьезными трудностями по получению детальной и специфической информации. Вместе с тем, именно последствия неблагоприятных (или благоприятных) природно-климатических явлений являются основными причинами, заставляющими специалистов в области сельского хозяйства реагировать на климатические изменения путем смены типа выращиваемой культуры или ее сорта, изменения районов возделывания, введения новых агротехнических приемов и т.д.

Таким образом, с точки зрения данной концепции, природные явления, на которые реагирует урожайность сельскохозяйственных культур, не являются новыми, но масштабы и интенсивность этих явлений могут быть совершенно другими, чем в настоящее время. Существуют различные приемы борьбы с этими известными экстремальными явлениями природы, но необходимо разрабатывать новые способы исследований.

Остановимся далее на влиянии основных агрометеорологических факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур. Следует отметить, что решение адаптации производства сельскохозяйственной продукции к изменениям климата требует знания и умения количественно описывать их взаимосвязи.

Для определения потенциальной урожайности используют показатели фотосинтеза активной радиации (ФАР) с длиной волны 380-710 нм.

В свою очередь, ФАР состоит из прямой солнечной радиации и рассеянной радиации. В процессе фотосинтеза для создания разнообразных органических веществ используется практически только 1-3% ФАР.

Для определения потенциального урожая (ПУ) можно использовать формулу, предложенную М.К. Каюмовым [147]:

$$Y_{ny} = 10^4 \eta K_m \frac{\sum Q_{\text{ФАР}}}{q}, \quad (1.1)$$

где Y_{ny} – потенциальный урожай товарной продукции; (ц/га); η – КПД ФАР культуры или сорта в оптимальных метеорологических условиях, (%); K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая или доля основной продукции в общей биомассе; $\sum Q_{\text{ФАР}}$ – суммарный за период вегетации приход ФАР, (кДж/см²); q – калорийность урожая, (кДж/кг).

Перевод сухой биомассы на основную продукцию (зерно, клубни, корнеплоды и др.) K_m рассчитывают по формуле:

$$K_m = \frac{C_T}{\sum a}, \quad (1.2)$$

где C_T – доля товарной продукции в общей массе (принимают равной единице);

$\sum a$ – сумма частей в соотношении основной продукции и побочной.

ФАР является одним из важнейших факторов продуктивности сельскохозяйственных растений и на его изменение они реагируют достаточно адекватно. По степени реакции на величину ФАР все формы растительности подразделяются на светлюбивые и теневыносливые. Например, большое количество пасмурных дней и недостаточная освещенность при посеве обуславливает слабую дифференциацию тканей соломин зерновых культур, что способствует их полеганию; в загущенных посевах кукурузы из-за малой интенсивности солнечной радиации ослабляется образование початков на растениях.

ФАР влияет не только на урожайность, но и на качество сельскохозяйственной продукции посредством изменения химического состава растений. Например, содержание белка в зерне пшеницы тесно связано с числом солнечных дней. Для определения прихода ФАР по данным прямой и рассеянной радиации предложено следующее выражение [116]:

$$\Sigma Q_{\text{фap}} = 0,43 \Sigma S' + 5,57 \Sigma D, \quad (1.3)$$

где $\Sigma Q_{\text{фap}}$ – суммарный за период вегетации приход ФАР, Дж/м²;

$\Sigma S'$ – сумма прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность, Дж/м²;

ΣD – сумма рассеянной солнечной радиации, Дж/м².

Остановимся далее на оценке влияния температурного режима атмосферы и почвы на развитие сельскохозяйственных культур.

В растительных организмах фотосинтез, дыхание, транспирация, усвоение питательных веществ почвы и другие физиологические процессы осуществляются лишь в определенном диапазоне температур. Существуют температурные пределы жизнедеятельности растений – биологический минимум и биологический максимум. Между ними находится зона оптимальных температур, при которых развитие и формирование урожая протекают наиболее интенсивно. Эти температурные характеристики у различных растений неодинаковы. Например, биологический минимум температуры прорастания семян у ранних яровых зерновых культур составляет 3...5°C, а у теплолюбивых культур (рис, хлопчатник) он возрастает до 12... 15°C [119].

Температура почвы оказывает большое влияние на развитие корневой системы, на активность почвенных микроорганизмов и усвоение фосфатов и нитратов растениями из почвы [131, 151, 154].

Снижение температуры почвы на глубине узла кущения озимых ниже критических значений (-16...-18°C для большинства сортов озимой пшеницы, -22...-25°C для ржи) вызывает их вымерзание. Наоборот, длительное пребывание озимых под снегом на глубине узла кущения при температуре близкой к 0°C, вызывает гибель растений от выпревания. Высокая температура почвы и воздуха (> 20°C) в период формирования цветков в колосе яровой пшеницы при недостатке почвенной влаги снижает урожай на 30 - 40%, а температура воздуха выше 34°C в период цветения кукурузы обуславливает стерильность пыльцы, что, в свою очередь, приводит к череззернице и, следовательно, к резкому снижению урожая зерна.

С повышением температуры скорость развития растений увеличивается пропорционально возрастанию температуры, но только до определенных ее значений. При дальнейшем ее повышении скорость развития растения замедляется, а затем наступает их угнетение и гибель. При жаркой сухой погоде в фазе налива наблюдаются так называемые «запал» растений и «захват» зерна. Зерно получается щуплое, что резко снижает урожай и качество семян. Следует отметить, что с температурным режимом тесно связано распространение и вредоносность болезней и вредителей сельскохозяйственных растений.

Температурный режим почвы в основном обусловлен радиационным балансом. При положительном балансе верхний слой нагревается, причем часть тепла, поглощенная этим слоем, отдается атмосфере, часть идет на испарение, а некоторое количество передается вглубь почвы. При отрицательном радиационном балансе верхний слой охлаждается и тогда тепло из глубины почвы поступает к ее поверхности. Другими источниками тепла являются: приток воздуха из атмосферы к почве, разложение органических веществ в почве и другие биологические процессы, тепло атмосферных осадков и, наконец, внутреннее тепло земли.

Поглощение солнечных лучей зависит главным образом от цвета почвы и отчасти от характера подстилающей поверхности. Темные почвы поглощают больше тепловых лучей, чем светлые.

Тепловой режим почвы во многом зависит от ее теплоемкости и теплопроводности. Теплоемкость почвы зависит от соотношения твердой фазы, воздуха и влаги. Рыхлая почва при равных условиях лучше накапливает тепло, чем уплотненная. Влажная почва прогревается медленнее, но дольше сохраняет тепло. Теплоемкость влажных почв значительно больше, чем сухих при прочих равных условиях. Кроме этих факторов на динамику теплового режима почвы влияет также расход тепла на испарение влаги, содержащейся в ней. Практически вся солнечная энергия расходуется на испарение, и почвы остаются холодными. Для борьбы с этим явлением проводится обработка почвы (поверхностное рыхление). Тем самым сохраняется влага и обеспечивается прогревание почвы, что особенно важно для весенних посевов.

Внутреннее тепло земли проявляется главным образом в конце зимы, когда под высоким снежным покровом, задерживающим оттаивание сверху, почва оттаивает снизу и только в конце весны начинает размораживаться сверху. В редких случаях, когда снег долго лежит на полях, оттаивание почвы снизу доходит до поверхности, способствуя задержанию в почве талой воды. Однако такое оттаивание опасно, оно может вызвать преждевременное пробуждение растений под снегом и их гибель. В этих случаях необходимы мелиоративные приемы, уплотняющие почву и ускоряющие таяние снега.

В целях оптимизации температурного режима в сельскохозяйственном производстве проводят ряд мероприятий. В южных районах, где избыточное количество тепла угнетает растения, применяют агротехнические приемы, направленные на понижение температуры поверхности пахотного слоя почвы. Оптимизация температурного режима почвы может быть осуществлена тремя путями [15, 20, 34, 37, 42, 54]:

1. Изменение теплообмена между почвой и воздухом при помощи различных теплоизоляций.
2. Изменение альбедо почвы (рыхление, изменение цвета поверхности почвы и др.).
3. Увлажнение или осушение почвы, вследствие чего меняется расход тепла на испарение, и почва соответственно охлаждается или нагревается.

В агрометеорологии суммы температур получили широкое применение как показатель, характеризующий в условных единицах количество тепла в данной местности за определенный период.

Для определения теплообеспеченности культуры используют суммы активных и эффективных температур. Для сельскохозяйственной оценки термических ресурсов в агрометеорологии используются суммы температур выше 10°C, так называемые активные температуры. Суммы эффективных температур – это суммы средних суточных температур, отсчитанных от биологического минимума, при котором развиваются растения данной культуры.

Эффективные температуры для различных растений неодинаковы, например, за биологический минимум для основных зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень и др.) принято 5°C , для кукурузы 10°C .

Знание и учет оптимальных температур позволяют получить высокопродуктивные урожаи сельскохозяйственных культур. Кроме этого, температурные характеристики режима почвы и воздуха необходимы для расчетов оптимальных сроков сева и уборки урожая.

Другим важнейшим фактором, определяющим развитие растений, как было отмечено выше, является количество влаги, получаемое ими в течение всего периода их жизни [46-53]. Влажность воздуха оказывает большое влияние на рост и развитие растений. Достаточное увлажнение в период интенсивного роста обеспечивает значительный прирост биомассы растений. Однако избыточно высокая влажность обуславливает крупноклеточное строение ткани растений, что приводит в дальнейшем к полеганию ряда зерновых культур и, как следствие, к уменьшению урожайности.

Повышенная влажность воздуха обуславливает возникновение и распространение грибковых заболеваний. Зерновые культуры заражаются в основном различными видами ржавчины.

Низкая влажность воздуха в период налива зерна приводит к щуплости зерна и снижению урожая.

Влажность воздуха влияет не только на урожайность, но и на качество сельскохозяйственных культур. Несмотря на снижение количества урожая при низкой влажности, качество урожая повышается для зерновых культур.

В тесной зависимости от влажности воздуха находится производительность зерноуборочных комбайнов. При дефиците влажности $d \geq 8$ гПа производительность высокая, при $d = 4 \div 7$ гПа - удовлетворительная, при $d \leq 3$ гПа производительность резко снижается.

Наземными гидрометеорами являются роса, иней, изморозь и гололед. Роса имеет большое значение в жизни растений, являясь дополнительным ресурсом

влаги. Особенно велика ее роль в засушливых районах, где за теплый период времени она дает от 10 до 30 мм влаги. Кроме этого, при образовании росы выделяется скрытая теплота конденсации, которая спасает в некоторых случаях растения от заморозков. Однако в период уборки урожая роса затрудняет работу комбайнов, так как солома и зерно вследствие большой гигроскопичности становятся влажными, зерно плохо вымолачивается, солома забивает барабан молотилки комбайна.

Туманы влияют на развитие растений как положительно, так и отрицательно. Они предотвращают или снижают появление заморозков в позднеосенний и ранневесенний периоды. В период цветения растений они задерживают вызревание пыльцы, препятствуют лету насекомых, что снижает продуктивность опыления и образование завязи. Влияние туманов ухудшает качество в период формирования и дозревания сельскохозяйственных культур. Во время уборки сильные туманы не только затрудняют, но и делают невозможным проведение уборочных работ.

Осадки являются основным источником влаги в почве. Непосредственное воздействие осадков на растения может быть благоприятным или негативным в зависимости от степени развития растений, их состояния, от интенсивности и продолжительности самих осадков [35, 39].

Частые дожди в период цветения сельскохозяйственных культур обуславливают смыв пыльцы, препятствуют лету насекомых, что значительно ухудшает условия опыления.

Продолжительные дожди в период созревания хлебов в условиях высокой влажности воздуха и значительных запасов влаги в почве (более 125 мм в метровом слое) могут привести к «стеканию» зерна. «Стекание» зерна при очень влажной и теплой погоде в период налива и созревания происходит вследствие большого расхода сухих веществ на дыхание и прямого вымывания питательных веществ дождями. Под воздействием дождей масса зерна может снижаться от 16,5 до 48% в зависимости от фазы спелости зерна, во время которой шли дожди. Под воздействием

дождей идет экзосмос сахара, гидролитический распад крахмала и отток пластических веществ, о чем свидетельствует наличие сахара в стекающей с колосков воде.

Отрицательно влияют дожди и в период уборки урожая, они задерживают и ухудшают качество уборочных работ.

В то же время длительное отсутствие осадков ведет к засухе. Даже в районах достаточного увлажнения отсутствие дождей в течение 8 – 10 дней в июне – августе вызывает недостаток влаги в пахотном слое почвы. Более длительное отсутствие осадков приводит к пересыханию пахотного слоя почвы, что, в свою очередь, ведет к замедлению накопления растениями органических веществ, при этом растения постепенно увядают и засыхают.

Колебания продуктивности сельскохозяйственных культур в значительной мере связаны с колебаниями осадков вегетационного периода.

В качестве одной из характеристик оводненности растительной ткани может использоваться ее водный дефицит (d_p), который находится в четкой связи с интенсивностью фотосинтеза и зависит от гидрометеорологических условий, в частности, от увлажнения почвы, температуры и влажности воздуха.

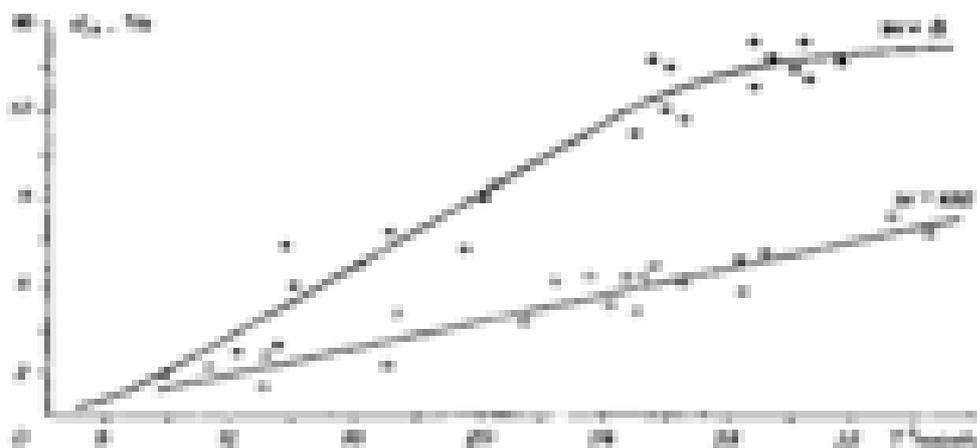


Рисунок 1.9 - Зависимость водного дефицита озимой пшеницы (d_p) от температуры воздуха при различном почвенном увлажнении (W)

На рисунке 1.9 показано, что с ростом температуры воздуха водный дефицит повышается, однако при ограниченных влагозапасах этот рост прекращается уже

при 28⁰С, в то время как в условиях орошения он продолжается увеличиваться даже при температуре около 34⁰С [108].

1.3. Проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата

Исследования изменений климата Земли – это не самоцель. Установление влияния этих изменений на сельское хозяйство преследует глобальные цели. Такие разработки необходимы для научно обоснованного ведения жизнедеятельности, в том числе и сельского хозяйства. Но для этого следует вырабатывать и обрабатывать информацию об изменениях природно-климатических характеристик в сельском хозяйстве, которая может использоваться для конкретных целей. Разработка научных основ решения проблем адаптации сельскохозяйственной продукции к изменениям природно-климатических характеристик региона наиболее актуальная и сложная задача [66,67,70,73]. Это связано с тем, что природные факторы являются определяющими для функционирования сельского хозяйства [71,72,75,76,95]. Использование информации о динамике природно-климатических характеристик в этом случае направлено на получение максимально возможного эффекта при производстве сельскохозяйственной продукции в конкретных природных условиях.

Как отмечено в [24], в будущем научно-технический взрыв в сельском хозяйстве произойдет не в области биологии и техники, а в области совершенствования путей получения информации о климате и его влиянии на сельское хозяйство.

Очевидно, что решение этих проблем предъявляет достаточно строгие требования как к качеству и объему агроклиматической информации, так и к методам решения различных задач. Исходя из этого, информация должна использоваться для повышения эффективности управления сельским хозяйством с целью определения тактики и стратегии развития сельскохозяйственного производства, мобилизации ресурсов природной среды для получения высококачественной продукции, определения методов ненанесения ущерба экологии региона, разработки экономических стимулов и оптимизации

использования ресурсов с точки зрения получения максимального эффекта для сельских товаропроизводителей [19,41,55,71].

Отсюда следует, что решение проблем адаптации сельского хозяйства требует знания зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от различных природных факторов: температуры воздуха и почвы, количества атмосферных осадков, содержания углекислого газа в атмосфере. В этом направлении ведутся исследования и получены обнадеживающие результаты. В частности, выше (раздел 1.1) были проанализированы исследования, посвященные влиянию концентрации CO_2 в атмосфере на развитие растений.

Для определения потенциальной урожайности (теоретически возможная урожайность в идеальных метеорологических условиях) в работе [16] предложено выражение:

$$Y_{ny} = \frac{Q \cdot K}{q \times (100 - W)}, \quad (1.4)$$

где Y_{ny} – потенциальная урожайность биомассы при стандартной влажности (ц/га);

Q – приход фотосинтетической активной радиации (ФАР) за период вегетации (ккал/га);

K – коэффициент использования ФАР посевами (%);

q – калорийность единицы органического вещества (ккал/га);

W – стандартная влажность продукции (%).

Приведенная формула удобна для расчетов потенциальной урожайности культур, вся биомасса которых используется на кормовые цели в свежем виде или идет на переработку. При расчетах следует учитывать, что у хлебов корневая система составляет 20-28 %, у льна – 10 % и т.д. Но при расчетах потенциальной урожайности у большинства культур нас интересует основная продукция при стандартной влажности. В таких случаях можно использовать формулу:

$$Y_{ny} = \frac{Q \cdot K}{q \times (100 - V) \times a}, \quad (1.5)$$

где Q – сумма частей основной и побочной продукции.

При расчетах следует учитывать коэффициент V , характеризующий стандартное содержание влаги в основной продукции (для зерна – 14 %, сена многолетних трав – 16 %, кукурузы на силос – 70 %).

Коэффициент K для данной культуры и сорта может существенно измениться в зависимости от биологии культуры, почвенного плодородия, применяемой агротехники и других факторов.

По данным М.С. Каюмова [147], в зависимости от качества почвы средние значения коэффициента K меняются в следующих пределах:

- 0,5 – 1,5 % - обычно наблюдаемые в производственных посевах;
- 1,5 – 3,5 % - хорошие;
- 3,5 – 5,0 % - рекордные;
- 6,0 – 8,0 % - теоретически возможные.

В условиях Кабардино-Балкарской республики из природных факторов наиболее сильное влияние на производство растениеводческой продукции оказывают атмосферные осадки. Следует отметить, что зависимость развития культур от количества выпадающих осадков носит достаточно сложный характер и до настоящего времени нельзя считать её до конца изученной.

Наиболее распространенные методы определения урожайности сельскохозяйственных культур основаны на использовании заданного коэффициента водопотребления [204]. В этом случае действительно возможный урожай (урожай, который теоретически может быть обеспечен генетическим потенциалом сорта и основными лимитирующими факторами) можно определить по формуле:

$$Y_{дв} = \frac{100 W}{K_m} \cdot K_g, \quad (1.6)$$

где W – количество продуктивной влаги (мм);

K_g – коэффициент водопотребления $\left(\frac{\text{мм} \cdot \text{га}}{\text{ц}} \right)$;

K_m – коэффициент хозяйственной эффективности урожая или доля основной продукции в общем биобалансе.

Коэффициент водопотребления K_g - это количество влаги, затрачиваемое на формирование единицы сухой биомассы. Он специфичен для каждой культуры и меняется в зависимости от климатических особенностей вегетационного периода, плодородия почвы, доз вносимых удобрений и других факторов.

Для определения количества продуктивной влаги, количество осадков суммируют и из полученной величины вычитают непроизводительные расходы влаги. Непроизводительные расходы влаги связаны со стоком воды во время ливневых дождей или таяния снега с полей, имеющих значительный уклон, а также испарения с поверхности почвы, не занятой растениями.

После установления связей между урожайностями сельскохозяйственных культур и природными факторами и прогнозированием значений последних, решение задачи адаптации производства сельскохозяйственных культур становится возможным с использованием экономико-математических моделей. В данном случае – это решение линейно-программной задачи оптимизации структуры посевных площадей [20,56]. Входными данными задачи при этом выступают урожайность культур, соответствующая установившимся в рассматриваемый момент времени природно-климатическим характеристикам региона. Отметим, что представленная схема адаптации сельского хозяйства является упрощенной, основанной на традиционных технологиях и не требующих новозначащих подходов. На самом деле механизм реализации адаптивных мероприятий значительно сложнее и может потребовать выведения и использования новых сортов сельскохозяйственных культур, более приспособленных к сложившимся природным условиям, применения новой технологии обработки почвы и новой технологии выращивания культур, выбора новых культур, отличных от традиционных в данной местности, построения оросительной системы и т.д.

Очевидно, что такие мероприятия требуют затрат различных ресурсов, в первую очередь, значительных финансовых.

Выводы главы 1

Результаты исследования динамики природно-климатических характеристик предгорной и степной зон КБР показали, что их изменение за последние несколько десятилетий носят существенный характер, поэтому принятие конкретных мер по адаптации различных сторон человеческой деятельности к этим изменениям – неотложная задача, в т.ч. и задача адаптации функционирования сельского хозяйства конкретных регионов к изменяющимся климатическим условиям. Лишь научно-обоснованные рекомендации позволят решить сложную и важную проблему обеспечения населения продуктами питания.

Именно поэтому прогноз изменений природно-климатических характеристик региона, то есть условий функционирования сельского хозяйства в будущем, становится одним из пререгативов нашего исследования.

В связи с изложенным выше ставим и решаем задачи адаптации сельского хозяйства к изменениям природно-климатических характеристик по следующим направлениям:

- анализ динамики природно-климатических характеристик региона по многолетним данным и определение тенденций их изменения;
- прогнозирование изменений природно-климатических характеристик на перспективу;
- оптимизация производства сельскохозяйственной продукции в новых природно-климатических условиях региона.

Эти направления развиваются отечественными и зарубежными исследователями и, надо отметить, достаточно успешно [20, 50, 72]. Как известно, основной информацией, используемой при решении первых двух из поставленных задач, являются временные ряды климатических характеристик рассматриваемого региона. Важное значение для идентификации трансформации климатических характеристик и их прогнозирования имеет использование эффективных методов анализа и прогноза временных рядов [2, 49, 88]. Ведутся

исследования и по разработке методов прогнозирования урожайностей сельскохозяйственных культур [15, 22, 32, 33, 54, 63].

Для решения перечисленных задач можно использовать разнообразные методы. В работе [24], например, рассматривается система климат - урожай. Для решения задачи прогнозирования ее поведения используется подход, основанный на принципах аналогичности, который сводится к решению следующих частных задач:

- выбор территории - аналога или групп аналогов по средним многолетним значениям прогнозируемых параметров климата;
- идентификация метеорологических ситуаций вегетационных периодов территории – аналога или выбранных групп аналогов;
- расчет вероятностных характеристик неблагоприятных метеорологических ситуаций на территории, взятой в качестве аналога;
- определение средних потерь и математического ожидания потерь урожая каждой культуры в аномальные годы на территории региона;
- расчет ожидаемой климатически обеспеченной урожайности, интерпретируемой как будущие агроклиматические ресурсы для возделывания конкретной культуры в регионе.

Таким образом, решение проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата в предлагаемой нами постановке предусматривает моделирование и оценку сложившихся агроклиматических условий на территориях-аналогах и экстраполяцию параметров поведения системы «климат-урожай» на исследуемую территорию.

Третья из сформулированных задач адаптации сельского хозяйства к изменениям климата (адаптация производства сельскохозяйственной продукции к новым природно-климатическим условиям) формулируется обычно как задача оптимизации структуры посевных площадей или специализации сельскохозяйственного производства и решается методами линейного программирования.

От изменений природно-климатических характеристик региона зависит урожайность различных видов сельскохозяйственных культур, а через них – продуктивность животных и масштабы развития животноводческой отрасли. В зависимости от изменения режима атмосферных осадков в регионе также будет меняться характер использования мелиоративных систем.

Решение третьей задачи в основном основано на методах линейного программирования с использованием зависимостей экономических показателей производства сельскохозяйственной продукции от природно-климатических характеристик.

Международный научно-исследовательский институт продовольственной политики провел математический анализ влияния погоды и факторов сельскохозяйственного производства на варьирование урожая зерна в основных зерносеющих регионах бывшего СССР (Desai, 1986). Для анализа было отобрано 14 наиболее типичных регионов России: (Московская, Ростовская и Омская области, Алтайский и Ставропольский края). В то время в стране на эти регионы приходилось 95% посевов зерновых культур. При выборе областей и краев учитывалось, что распределение в них посевов озимых и яровых культур эквивалентно распределению в целом по стране и в отобранных регионах для анализа.

Алтайский край:

$$Y_{AL} = 46,554 + 0,808 \cdot T^* + 0,066 \cdot W_4 - 0,6994 \cdot T_6 - 1,2349 \cdot T_7 - 0,0713 \cdot W_9 + e_{AL}; \quad R^2 = 0,8344$$

Московская область:

$$Y_{MO} = 71,9353 + 0,8841 \cdot TB + 0,0524 \cdot W_{10}^I + 0,0564 \cdot W_4 + 9,0514 \cdot T_6 - 0,2961 \cdot T_6^2 - 0,0249^2 \cdot W_9 + e_{MO}; \\ R^2 = 0,9681$$

Омская область:

$$Y_{OM} = 29,7647 + 0,0877 \cdot TB - 0,4756 \cdot T_5 + 0,0454 \cdot W_5 + 0,0658 \cdot W_6 - 1,0421 \cdot T_7 + e_{OM}; \quad R^2 = 0,8412$$

Ростовская область:

$$Y_{RO} = 68,7044 + 0,1624 \cdot TB + 1,0810 \cdot (T_3 + T_4) / 2 + 0,0432 \cdot W_5 - 1,3661 \cdot T_6 - 0,5458 \cdot T_7 - 1,0250 \cdot T_8 + e_{RO}, \\ R^2 = 0,8521$$

Ставропольский край:

$$Y_{ST} = 35,0441 + 0,2668 \cdot TB + 0,7726 \cdot T_2 + 0,0469 \cdot W_2 - 1,3030 \cdot T_6 + e_{ST}, \quad R^2 = 0,7471$$

где $Y_{AL,MO,OM,PO,CT}$ - урожайность по областям; TB — временной тренд (введён в каждое уравнение в связи с тем, что урожаи по областям имеют различные пропуски); $W_{2...10}$ — выпадение осадков в феврале — октябре; W_{10}^J — осадки в октябре с лагом в один год (цикл развития озимых культур начинается с осени предшествующего года); $T_{2...8}$ — температура в феврале — августе; T_6^2 — квадрат величины температуры в июне; T_{10}^J — температура в октябре с лагом в один год; $e_{AL, CT}$ — оценочные ошибки, включающие влияние в моделях неучтенных факторов организационного и технологического порядка; R^2 — квадрат коэффициента корреляции. Параметры, отмеченные звездочкой (T^*), не имеют статистической значимости при 5% уровне.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Временные ряды показателей природных явлений учеными и практиками используются относительно давно. В этих рядах заключена информация о процессах, под влиянием которых формируются и от которых зависят уровень и степень развития производства сельскохозяйственной продукции на том или ином этапе общественного прогресса.

Как отмечено в работах [54, 90], межгодовые колебания зернопроизводства происходят в зависимости от природно-климатических условий, складывающихся в предшествующие годы. Природа при этом не является рядом повторяющихся закономерностей, а характеризуется локальной случайностью и глобальным порядком [90].

2.1. Методы анализа временных рядов

Для анализа изменений метеопараметров в системе «приземный слой атмосферы – подстилающая поверхность» воспользуемся следующими методами: статистический, нормированного размаха (R/S-анализ), отклонения от климатической нормы, скользящих средних, спектрально-сингулярного разложения (SSA).

Статистический метод. Данный метод заключается в анализе статистических характеристик, которые определяются в два этапа. На первом этапе временные ряды значений метеопараметров разбиваются на три части и для каждой из них вычисляются статистические характеристики: среднее значение за рассматриваемый период (математическое ожидание), среднеквадратическое отклонение (дисперсия), коэффициенты асимметрии и эксцесса, минимальное и максимальное значения и их разброс [2, 14, 16, 65]. На втором этапе эти же характеристики вычисляются и для случая, когда исходные временные ряды метеопараметров представлены в виде двух частичных рядов. Затем проводится

анализ результатов расчетов. Такой подход позволяет исследовать трансформацию статистических характеристик временных рядов во времени.

Остановимся кратко на физическом содержании этих характеристик.

Среднее значение - это математическое ожидание приведенных данных, которое указывает на колебание относительно какого-то значения.

Среднеквадратическое отклонение (дисперсия) является абсолютной мерой рассеивания. Можно использовать в качестве меры рассеивания безразмерный коэффициент вариации:

$$V(x) = \frac{\sigma(x)}{M(x)} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где $\sigma(x)$, $M(x)$ - среднеквадратичное отклонение и математическое ожидание случайной величины x .

Этот коэффициент выражает меру рассеивания в виде доли от величины математического ожидания $M(x)$.

Возникают ситуации, когда различие статистических характеристик случайных величин остается в пределах ошибок измерения исходных данных. В таких случаях полезным является использование показателей, характеризующих другие стороны исследуемых случайных величин.

В качестве таких показателей в настоящей работе используются следующие характеристики: дисперсия, асимметрия и эксцесс [14, 16]. Они представляют собой соответственно второй M_2 , третий M_3 и четвертый M_4 центральные моменты случайной величины X , относительно математического ожидания $M(x)$. Величина M_2 определяет степень рассеивания случайной величины относительно математического ожидания $M(x)$; M_3 - характеризует скос распределения случайной величины в смысле тенденции частоты появления исходов $x_k > M(x)$ или $x_k < M(x)$; M_4 характеризует крутость (островершинность) или расплывчатость (плосковершинность) распределения случайной величины X .

Более удобным является, на наш взгляд, использование этих показателей в безразмерной форме [50]:

$$A(x) = \frac{\sum_{i=1}^n P_i * [x_i - M(x)]^3}{n * [\sigma(x)]^3}. \quad (2.2)$$

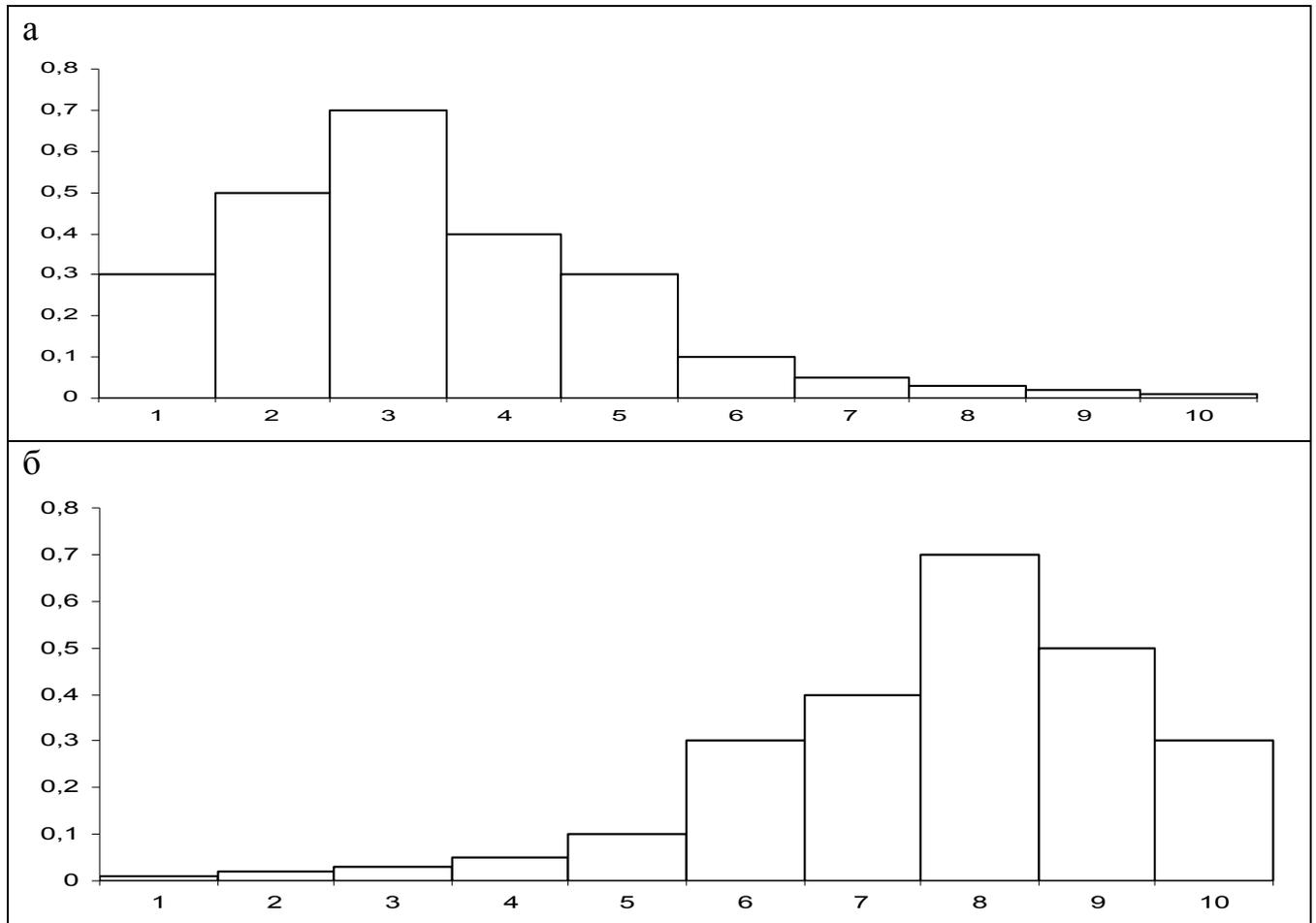


Рисунок 2.1 - График биномиального распределения

Возрастание величины асимметрии $A(x)$ означает проявление тенденции, когда увеличивается вероятность появления во временном ряду значений x_k , превосходящих величину математического ожидания $M(x)$. Убывание ее величины имеет обратный смысл, т.к. увеличивается вероятность появления значений x_k , меньших $M(x)$. Для биномиального распределения, соответствующего n Бернулли испытаниям с вероятностью успеха p [49] имеем:

$$A = \frac{1 - 2p}{\sqrt{np(1-p)}}, \quad (2.3)$$

при этом в случае $p = \frac{1}{2}$ ($A = 0$) распределение симметрично, в случае $p < \frac{1}{2}$ и $p > \frac{1}{2}$ получаются типичные графики распределения. Можно представить графики биномиального распределения $P(k, n, p)$ соответствующего $n=10$ испытания Бернулли с (а) положительной асимметрией $\left(p = \frac{1}{5}\right)$ и (б) отрицательной асимметрией $\left(p = \frac{4}{5}\right)$ в виде:

Коэффициент эксцесса – скалярная характеристика островершинности графика плотности вероятности унимодального распределения, которую используют для измерения меры отклонения рассматриваемого распределения относительно нормального. Коэффициент эксцесса определяется по формуле

$$E(x) = \frac{M_4}{M_2^2} = \frac{\sum_{k=1}^n P_k * [x_k - M(x)]^4}{n * [\sigma(x)]^4} - 3. \quad (2.4)$$

Увеличение величины эксцесса $E(x)$ указывает на то, что график функции плотности вероятности случайной величины становится более островершинным; т.е. вытянутым вверх и узким. Это означает, что происходит сжатие области значений ожидаемого значения случайной величины по обе стороны от величины математического ожидания. Если $E(x)=0$, то плотность вероятности распределения имеет нормальный эксцесс. В случае, если коэффициент эксцесса $E(x)>0$, то это соответствует тому, что график плотности рассматриваемого распределения в окрестности моды имеет более острую и более высокую вершину, чем нормальная кривая. При $E(x)<0$ плотность вероятности имеет в окрестности моды более низкую и плоскую вершину, чем плотность нормального закона, а предельная величина равна минус двум.

Очевидно, что усиление этого свойства можно трактовать как возрастание вероятности получения близкого к среднему значения случайной величины. В случае уменьшения величины эксцесса, наоборот, уменьшается вероятность получения такого значения (близкого к среднему) случайной величины.

Метод нормированного размаха. Как показывают исследования, временным рядам различных характеристик природных процессов присущи два важных свойства: самоподобие и неподчинение нормальному закону. Второе свойство обуславливает неправомерность использования только дисперсии (среднеквадратического отклонения) для анализа разброса значений различных характеристик этих процессов. В этом случае более эффективным является использование наряду со среднеквадратическим отклонением и методов фрактального анализа временных рядов [31, 61]. Основой фрактального анализа является метод нормированного размаха.

Суть метода заключается в следующем [54, 80]. Пусть $x(t)$ - некоторая случайная величина, рассматриваемая в промежутке времени t_i в течение периода наблюдений n , где $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(t_i)$ - ее среднее значение, а

$S(n) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [x(t_i) - \bar{x}]^2}$ - стандартное отклонение x . Тогда $R(n)$ - размах отклонения можно вычислить по формуле:

$$R(n) = \max_{k=1, \dots, n} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) - \min_{k=1, \dots, n} \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}). \quad (2.5)$$

Рассматриваемый размах R явно зависит от периода и растет вместе с ним. Тогда нормированный размах R/S хорошо описывается эмпирическим соотношением:

$$\frac{R}{S} = (a * n)^H, \quad (2.6)$$

где a - постоянная величина из интервала (0, 1).

Указанное соотношение получило название закона Херста, а показатель H – коэффициент Херста:

Значение коэффициента Херста получается из предыдущего соотношения

$$H = \log(R/S) / \log(a * n). \quad (2.7)$$

В [8] указывается, что $H=0$ наблюдается для периодических или близких к таким вариациям процессов, и чем показатель ближе к нулю, тем более непредсказуемыми и хаотичными становятся процессы. Для случайных процессов с независимыми приращениями и конечной дисперсией доказано, что $H=0,5$. Сдвиг значений коэффициента H от 0,5 происходит в связи с существованием для природных процессов своего рода памяти, что является своеобразным отражением фрактальных свойств этих процессов, порождающих временные ряды. Отсюда можно заключить, что фрактальная структура является общим свойством природных процессов в отличие от процессов антропогенных [222].

Случай $0 < H < 0,5$ характеризуется антиперсистентностью - рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем. Такой ряд менее устойчив, нестабилен и практически непредсказуем. А в случае $0,5 < H < 1$ поддерживается наблюдающаяся тенденция (свойство персистентности – это качество, сохраняющее имеющуюся тенденцию), т.е. тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем и, наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает продолжение уменьшения в будущем. Чем больше H , тем сильнее тенденция. Это соответствует фрактальному броуновскому движению с положительной корреляцией (долгой памятью), ряд более устойчив и тем сильнее, чем ближе 1. Такой ряд является циклическим.

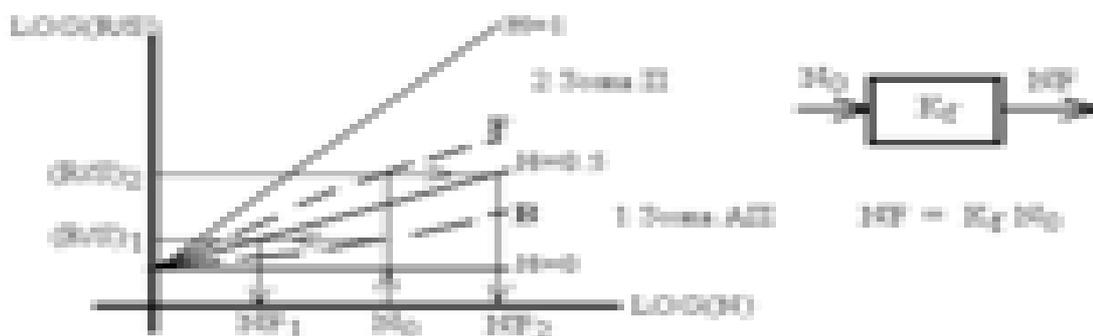


Рисунок 2.2 - Фрактальная плоскость (R/S) метода с примерами фрактальных линий персистентного (F) и антиперсистентного (B) процессов

На рисунке 2.2 приводятся классификационные свойства фрактального коэффициента H в законе Херста, на котором прямыми линиями изображены границы особых областей фрактальной плоскости, образованной координатами: $X=\text{LOG}(R/S)$, $Y=\text{LOG}(N)$.

Для процессов, фрактальные линии которых расположены в области $0 < H < 0,5$ (пунктирная линия В), характерна знакопеременная тенденция в сочетании с относительно высоким уровнем зашумленности. А для процессов, фрактальные линии которых расположены в области $0,5 < H < 1$ (пунктирная линия F), характерно сохранение наблюдаемой тенденции в сочетании с относительно низким уровнем зашумленности. При $H=0,5$ имеют место процессы, в которых тренд отсутствует, а степень зашумленности определяется факторами, которые нельзя учесть в законе Херста.

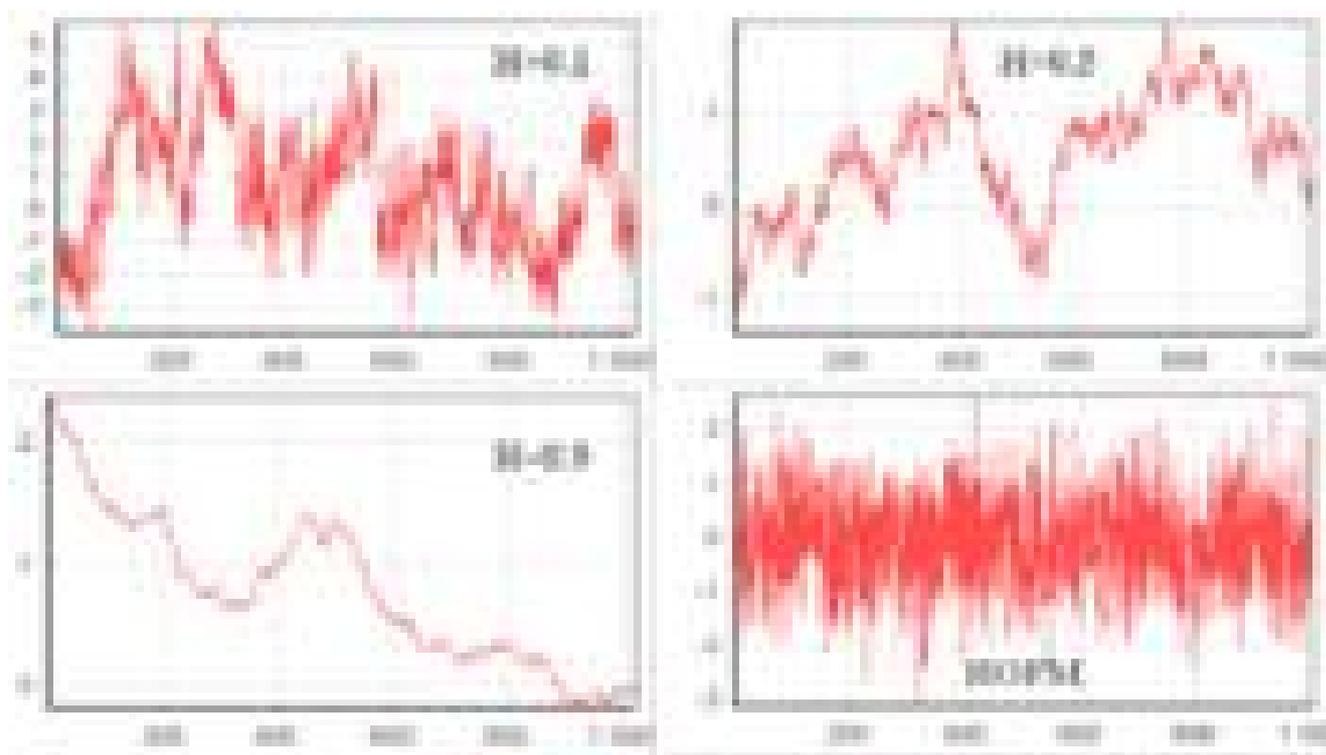


Рисунок 2.3 - Типовые реализации фрактальных временных рядов наблюдений с $H=0,1$; $H=0,5$; $H=0,9$ и белого шума с нормальным распределением.

На рисунке 2.3 приведены общие закономерности связи степени зашумленности сигналов и их фрактальных свойств, выраженных коэффициентом

Херста H , где изображены реализации временных рядов наблюдений (объем выборки $N=1000$), имеющие существенно различные фрактальные свойства и, соответственно, разные оценки коэффициента Херста [42].

Использование свойства персистентности (антиперсистентности) позволяет сравнительно просто и надежно прогнозировать дальнейшее развитие изучаемого процесса на основе данных об его истории.

Метод скользящих средних используется для расчета значений в прогнозируемом периоде на основе среднего значения переменной для указанного числа предшествующих периодов. Скользящее среднее в отличие от простого среднего для всей выборки содержит сведения о тенденциях изменения данных. Этот метод может использоваться для прогноза агроклиматических процессов. Расчет прогнозируемых значений выполняется по следующей формуле.

$$F_{(t+1)} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_{t-j+1},$$

где: N — число предшествующих периодов, входящих в скользящее среднее;

A_j — фактическое значение в момент времени j ;

F_j — прогнозируемое значение в момент времени j .

Этот подход был использован в работе [19] и, на наш взгляд, в сочетании с другими методами можно получить более полное представление о климатических изменениях различных метеорологических параметров.

Метод анализа отклонений от климатической нормы основан на оценке значений метеопараметров за каждый год соответствующего сезона относительно средней за период с 1961 по 1990 годы. При этом анализируются графические формы изменения значений вышеприведенных метеопараметров и их климатических норм с указанием тренда.

2.2. Комплексный анализ динамики изменения метеорологических параметров приземного слоя атмосферы и почвы

Для исследования климатических изменений в различных климатических зонах Центральной части Северного Кавказа были использованы данные четырех метеостанций Кабардино-Балкарской республики (предгорная зона – Нальчик и Баксан, степная зона – Прохладный и Терек), двух метеостанций Ставропольского края (Минеральные воды и Кисловодск) и трех метеостанций Краснодарского края (Армавир, Сочи и Красная поляна).

Для анализа динамики метеорологических параметров приземного слоя атмосферы используем среднемесячные и среднедекадные данные четырех метеостанций, расположенных на территории Кабардино-Балкарской республики за период 1956-2009 гг.:

1. Режим атмосферных осадков:
 - a) суммарное количество осадков;
 - b) суточный максимум осадков;
 - c) число дней с осадками 5 мм и более.
2. Температурный режим:
 - a) средняя температура воздуха;
 - b) максимальная температура воздуха;
 - c) число дней перехода температуры воздуха через 0°C , 5°C , 10°C и 15°C ;
 - d) минимальная температура поверхности почвы.
3. Влажность воздуха:
 - a) средняя относительная влажность воздуха;
 - b) средний дефицит влажности воздуха;
 - c) число дней с относительной влажностью 30% и менее.
4. Скорость ветра:
 - a) максимальная скорость ветра;
 - b) число дней со скоростью ветра 15 м/с и более.

Анализ динамики изменения суммарного количества осадков и температуры воздуха за период 1956-2011 гг. проведем по остальным 5 метеостанциям Центральной части Северного Кавказа.

В данной главе приведем результаты анализа метеорологических параметров по данным метеостанций Нальчик. Результаты анализа по остальным параметрам в виде таблиц и рисунков приведем в приложениях, а выводы распишем в конце главы.

2.2.1. Анализ динамики изменения метеопараметров статистическим методом

Для каждого метеорологического параметра проводится сравнительный анализ статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов, в виде которых был представлен исходный временной ряд его значений в три частичных ряда, соответствующих периодам: 1956-1973 гг., 1974-1991 гг., 1992-2009 гг. и в два, соответствующих периодам: 1956-1982 гг. и 1983-2009 гг.

В таблице 2.1 приведены результаты расчетов физико-статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов зимних значений метеопараметров.

Как видим из таблицы, среднее значение суммарного количества зимних осадков в начале уменьшается на 2,15 мм, затем происходит стабильное увеличение на 5,18 мм, а разница между значениями третьего и первого интервалов составляет 3,03 мм, хотя для случая двух интервалов происходит убывание на 0,36 мм. Среднеквадратическое отклонение показывает, что во втором интервале доля рассеивания наименьшая, т.е. плотность осадков равномерная. Коэффициенты асимметрии и эксцесса указывают, что в первом интервале кривая изменения осадков является левосторонней островершинной, т.е. наибольшее значение осадков наблюдается в первой половине интервала.

Показатель Херста свидетельствует о том, что временной ряд первого квартала близок к нормальному распределению, а размах между максимальным и минимальным значениями является наибольшим.

Таблица 2.1. Статистические характеристики временных рядов зимних значений метеопараметров по данным МС Нальчик

| Временной ряд, годы | Среднее значение | Средне квадрат отклон. | Коэффициенты | | Минимальное значение | Максимальное значение | Разброс | Показатель Херста |
|--|------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|
| | | | асимметрии | экссесса | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 71,67 | 16,11 | 0,39 | 0,30 | 31 | 100 | 69 | 0,54 |
| 1974-1991 | 69,52 | 13,97 | 0,64 | -0,67 | 48 | 95 | 47 | 0,84 |
| 1992-2009 | 74,70 | 20,22 | 0,91 | -0,44 | 53 | 115,3 | 62,3 | 0,69 |
| 1956-1982 | 72,14 | 15,75 | 0,24 | -0,11 | 31 | 100 | 69 | 0,67 |
| 1983-2009 | 71,78 | 18,34 | 1,17 | 0,37 | 48 | 115,3 | 67,3 | 0,65 |
| 1956-2009 | 71,74 | 17,01 | 0,65 | 0,28 | 31 | 115,3 | 84,3 | 0,56 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 13,06 | 3,91 | 0,66 | 0,48 | 6 | 23 | 17 | 0,66 |
| 1974-1991 | 13,11 | 7,53 | 2,13 | 5,05 | 5 | 39 | 34 | 0,61 |
| 1992-2009 | 14,00 | 5,74 | 0,62 | -0,53 | 5 | 26 | 21 | 0,74 |
| 1956-1982 | 13,92 | 6,39 | 2,16 | 6,25 | 6 | 39 | 33 | 0,59 |
| 1983-2009 | 12,85 | 5,37 | 0,80 | 0,09 | 5 | 26 | 21 | 0,60 |
| 1956-2009 | 13,39 | 5,93 | 1,70 | 4,72 | 5 | 39 | 34 | 0,52 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,00 | 1,70 | 0,20 | -0,82 | 0 | 6 | 6 | 0,76 |
| 1974-1991 | 4,06 | 2,55 | 0,02 | -1,02 | 0 | 8 | 8 | 0,69 |
| 1992-2009 | 4,33 | 2,11 | 0,41 | -0,82 | 1 | 8 | 7 | 0,50 |
| 1956-1982 | 3,56 | 2,13 | 0,34 | -0,49 | 0 | 8 | 8 | 0,62 |
| 1983-2009 | 4,04 | 2,28 | 0,25 | -0,80 | 0 | 8 | 8 | 0,54 |
| 1956-2009 | 3,56 | 1,84 | 0,47 | -0,83 | 1 | 7 | 6 | 0,64 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -2,30 | 2,15 | -0,38 | -0,11 | -6,67 | 1,70 | 8,37 | 0,62 |
| 1974-1991 | -2,26 | 1,31 | 0,29 | -0,35 | -4,47 | 0,67 | 5,14 | 0,69 |
| 1992-2009 | -1,25 | 1,59 | -0,21 | -1,33 | -3,87 | 0,80 | 4,67 | 0,73 |
| 1956-1982 | -2,42 | 1,95 | -0,22 | 0,16 | -6,67 | 1,70 | 8,37 | 0,66 |
| 1983-2009 | -1,51 | 1,49 | 0,01 | 0,80 | -3,87 | 0,80 | 4,67 | 0,78 |
| 1956-2009 | -1,96 | 1,79 | -0,32 | 0,14 | -6,67 | 1,7 | 8,37 | 0,71 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 16,21 | 3,01 | -0,09 | -0,61 | 10,5 | 21,6 | 11,1 | 0,72 |
| 1974-1991 | 15,76 | 2,67 | -0,31 | -0,59 | 10,8 | 20,6 | 9,8 | 0,71 |
| 1992-2009 | 16,01 | 2,45 | 0,87 | 0,51 | 12,9 | 22,6 | 9,7 | 0,66 |
| 1956-1982 | 15,90 | 3,53 | -0,52 | -0,81 | 10,5 | 21,6 | 11,1 | 0,83 |
| 1983-2009 | 15,87 | 2,34 | 0,62 | 0,64 | 11,4 | 22,6 | 11,2 | 0,61 |
| 1956-2009 | 15,89 | 2,74 | 0,16 | -0,28 | 10,5 | 22,6 | 12,1 | 0,69 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -19,42 | 4,83 | 0,27 | -0,86 | -27,7 | -10,3 | 17,4 | 0,66 |
| 1974-1991 | -18,33 | 3,89 | 0,15 | 0,67 | -26,3 | -8,7 | 17,6 | 0,76 |
| 1992-2009 | -17,30 | 3,67 | 0,06 | 0,02 | -25,1 | -9,1 | 16 | 0,56 |
| 1956-1982 | -18,70 | 4,73 | 0,16 | -0,59 | -27,7 | -8,7 | 19 | 0,71 |
| 1983-2009 | -18,00 | 3,68 | -0,01 | 0,21 | -26,3 | -9,1 | 17,2 | 0,74 |
| 1956-2009 | -18,35 | 4,25 | 0,05 | -0,25 | -27,7 | -8,7 | 19 | 0,64 |

| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1956-1973 | 85,17 | 2,75 | 0,43 | -0,44 | 81 | 91,3 | 10,3 | 0,81 |
| 1974-1991 | 85,21 | 2,79 | -0,90 | -0,03 | 79 | 88,3 | 9,3 | 0,64 |
| 1992-2009 | 83,36 | 3,32 | -1,39 | 2,16 | 73,3 | 87 | 13,7 | 0,60 |
| 1956-1982 | 85,12 | 2,68 | 0,05 | -0,17 | 79,3 | 91,3 | 12 | 0,70 |
| 1983-2009 | 84,04 | 3,35 | -1,17 | 1,67 | 73,3 | 88,3 | 15 | 0,71 |
| 1956-2009 | 84,58 | 3,09 | -0,85 | 1,80 | 73,3 | 91,3 | 18 | 0,70 |
| Средний дефицит влажности воздуха (мБ) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,91 | 0,24 | 0,80 | 1,42 | 0,5 | 1,6 | 1,1 | 0,73 |
| 1974-1991 | 0,93 | 0,19 | 1,37 | 1,85 | 0,7 | 1,5 | 0,8 | 0,63 |
| 1992-2009 | 1,19 | 0,33 | 0,57 | 0,21 | 0,6 | 2 | 1,4 | 0,64 |
| 1956-1982 | 0,91 | 0,21 | 0,89 | 2,69 | 0,5 | 1,6 | 1,1 | 0,68 |
| 1983-2009 | 1,11 | 0,33 | 0,73 | 0,26 | 0,6 | 2 | 1,4 | 0,77 |
| 1956-2009 | 1,01 | 0,29 | 1,06 | 1,43 | 0,5 | 2 | 1,5 | 0,78 |
| Число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,56 | 0,90 | 1,46 | 0,94 | 0 | 3 | 3 | 0,57 |
| 1974-1991 | 0,57 | 0,85 | 0,78 | 0,33 | 0 | 3 | 3 | 0,66 |
| 1992-2009 | 1,39 | 1,50 | 0,91 | -0,15 | 0 | 5 | 5 | 0,66 |
| 1956-1982 | 0,70 | 0,94 | 1,16 | 0,28 | 0 | 3 | 3 | 0,62 |
| 1983-2009 | 1,11 | 1,34 | 1,27 | 0,93 | 0 | 5 | 5 | 0,66 |
| 1956-2009 | 0,91 | 1,18 | 1,41 | 1,64 | 0 | 5 | 5 | 0,65 |
| Максимальная скорость ветра с порывами (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,78 | 2,37 | -0,13 | -1,12 | 5,7 | 14 | 8,3 | 0,83 |
| 1974-1991 | 13,52 | 2,38 | 0,12 | -0,85 | 9,3 | 17,7 | 8,4 | 0,51 |
| 1992-2009 | 12,55 | 2,58 | 0,70 | 0,13 | 8,7 | 19 | 10,3 | 0,65 |
| 1956-1982 | 11,05 | 2,88 | -0,11 | -0,89 | 5,7 | 16 | 10,3 | 0,89 |
| 1983-2009 | 12,85 | 2,66 | 0,66 | -0,34 | 8,7 | 19 | 10,3 | 0,68 |
| 1956-2009 | 11,95 | 2,91 | 0,13 | -0,18 | 5,7 | 19 | 13,3 | 0,84 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,83 | 0,87 | 0,88 | -0,67 | 0 | 3 | 3 | 0,92 |
| 1974-1991 | 1,56 | 1,12 | -0,02 | -1,36 | 0 | 3 | 3 | 0,63 |
| 1992-2009 | 0,89 | 0,99 | 0,90 | -0,28 | 0 | 3 | 3 | 0,67 |
| 1956-1982 | 1,07 | 1,02 | 0,49 | -1,22 | 0 | 3 | 3 | 0,91 |
| 1983-2009 | 1,11 | 1,10 | 0,61 | -0,96 | 0 | 3 | 3 | 0,78 |
| 1956-2009 | 1,09 | 1,11 | 0,55 | -1,09 | 0 | 3 | 3 | 0,75 |

Второй и третий интервалы характеризуются правосторонней многовершинностью, ряды более устойчивы и являются циклическими, а фрактальные линии - персистентными. Это свидетельствует о некотором повышении интенсивности образования осадков в зимний период. В случае двух интервалов имеем, что среднее значение меняется незначительно. Распределение частот первой части является левосторонним плосковершинным, а во второй

части, наоборот правосторонним островершинным. Весь ряд устойчивый и циклический, а линии персистентные.

Рассмотрим результаты расчетов статистических характеристик частичных временных рядов суточного максимума осадков в различных сезонах года. Анализ динамики метеопараметра может дать информацию о трансформации за рассматриваемый период параметров, характеризующих интенсивность осадков.

Среднее значение исследуемого метеопараметра в зимнее время в отличие от других статистических характеристик увеличиваются от интервала к интервалу в случае трех интервалов. В случае двух интервалов значения всех статистических характеристик уменьшаются. Остальные характеристики принимают наибольшее значение на интервале 1974-1991 гг. Коэффициент эксцесса интервала 1992-2009 гг. указывает на плосковершинность ряда в отличие от других.

Как показывают результаты расчетов, среднее значение числа зимних дней с осадками 5 мм и более увеличивается от интервала к интервалу в обоих случаях. Коэффициенты эксцесса на всех интервалах принимают отрицательные значения, что указывает их плосковершинность. Показатель Херста для интервала 1992-2009 гг. показывает на соответствие ряда белому гауссовскому шуму. Имеют место незначительные изменения среднеквадратического отклонения на этих интервалах, а минимальные и максимальные значения метеопараметра на интервалах, а также разброс между ними, не изменились за весь рассматриваемый период времени. Что касается результатов расчетов для последних двух частичных временных рядов, то, как можно заметить, среднее значение для второго из них меньше, чем для первого. Наблюдается уменьшение среднеквадратического отклонения на втором интервале, а максимальное и минимальное значения метеопараметра, а также их разброс и в этом случае не изменились. В отличие от этих характеристик, коэффициент асимметрии на интервале 1983-2009 гг. увеличился значительно. Это, видимо, указывает на то, что в последние годы наметилось некоторое увеличение количества относительно интенсивных зимних осадков.

Результаты анализа средней температуры воздуха указывает на то, что среднее и минимальное значения данного метеопараметра в зимние сезоны

увеличиваются от интервала к интервалу в обоих вариантах. Противоположным образом меняются коэффициент эксцесса и разброс. Остальные характеристики меняются сложным образом. Характер изменения коэффициента асимметрии и максимальное значение средней температуры воздуха одинаковы, т.е. наименьшего значения достигают во втором интервале, а наибольшего – в первом. Максимальное значение сперва уменьшается на $1,03^{\circ}\text{C}$, затем повышается на $0,13^{\circ}\text{C}$, а минимальное увеличивается на $2,8^{\circ}\text{C}$ за весь период времени упреждения. Уменьшение разброса, как можно заметить, в основном обусловлено изменением максимального значения. Во втором случае стабильно возрастают среднее значение, коэффициенты асимметрии и эксцесса, минимальное значение и коэффициент Херста, а остальные характеристики уменьшаются. Коэффициент Херста указывает на персистентность временного ряда.

Среднее значение максимальной температуры воздуха в зимние сезоны сперва уменьшается на $0,45^{\circ}\text{C}$, а затем увеличивается на $0,25^{\circ}\text{C}$. Это является последствием изменения максимального значения метеопараметра, и его значение минимально на интервале 1974-1991 гг., хотя минимальное значение увеличивается от интервала к интервалу и при этом их разброс уменьшается. Среднеквадратическое отклонение уменьшается, что указывает на сужение рассеяния вокруг среднего значения. Тенденция в динамике режима температуры в зимний период такова, что в целом имеет место «потепление» - зимы становятся более мягкими и теплыми, причем, такое потепление связано с повышением минимальных значений как средней, так и максимальной температуры воздуха. Такой вывод подтверждается и результатами расчетов этих же статистических характеристик для частичных временных рядов на интервалах 1956-1982 гг. и 1983-2009 гг. Средние значения и среднеквадратические отклонения уменьшаются, а остальные статистические характеристики повышаются. Показатели Херста на интервалах в обоих вариантах высокие, что указывает о возможности снижения максимальной температуры воздуха в будущем.

Результаты анализа изменения минимальной температуры на поверхности почвы в зимний период показывают, что среднее и минимальное значения повышаются в обоих вариантах от интервала к интервалу. Рассеяние вокруг

среднего значения сужается, и левосторонняя плосковершинность переходит в островершинность. Максимальное значение и разброс его с минимальным меняются на всем интервале незначительно - до 1°C , коэффициенты асимметрии и эксцесса также увеличиваются, а наименьшее значение отмечается во втором интервале, здесь временной ряд имеет плосковершинный вид; минимальные и максимальные значения, а также их разброс не меняются во всем интервале; коэффициент Херста указывает на наличие свойства персистентности, т.е. сохранение тенденции.

Рассматривая результаты расчета зимних значений средней относительной влажности воздуха в предгорной зоне, можно заметить что, от первого интервала ко второму происходит повышение на 0,04%, затем уменьшение на 1,85%. Среднеквадратическое отклонение и коэффициент эксцесса для обоих случаев стабильно возрастают от интервала к интервалу. А коэффициент асимметрии, минимальное и максимальное значения уменьшаются, а разброс сначала уменьшается на 1%, затем увеличивается на 4,4%. Это указывает на то, что интервал 1974-1991 гг. для метеопараметра более нестабилен. Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на то, что временной ряд первого интервала является левосторонним плосковершинным, второго интервала – правосторонним плосковершинным, а третьего – правосторонним островершинным. Показатель Херста указывает на персистентность всех частичных временных рядов и ряда на всем времени упреждения. Во втором случае среднее значение метеопараметра снижается на 1,08%. Минимальное и максимальное значения уменьшаются разными темпами, а их разброс увеличивается.

Наблюдается увеличение среднего дефицита влажности воздуха от интервала к интервалу в обоих вариантах анализа, а все остальные статистические характеристики меняются необычно. На интервале 1974-1991 гг. такие характеристики, как среднеквадратическое отклонение, максимальное значение и разброс с минимальным значением очень малы, но при этом на последнем интервале достигают максимума. Коэффициенты асимметрии и эксцесса характеризуют левостороннюю островершинность, т.е. в первой половине каждого интервала график плотности

распределения в окрестности моды имеет более острую и более высокую вершину, чем нормальная кривая. Показатель Херста находится в промежутке $[0,5:1]$, следовательно, поддерживается наблюдаемая тенденция, который характеризуется персистентностью, т.е. в будущем вероятно увеличение среднего дефицита влажности воздуха во все сезоны в окрестностях г. Нальчика. В случае второго варианта, кроме коэффициентов асимметрии и эксцесса, остальные статистические характеристики увеличиваются.

Для получения более полной картины об изменениях влажностных характеристик за рассматриваемый период времени приведем результаты анализа динамики числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее. Как показывают результаты расчетов, среднее значение числа зимних дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее на первых трех временных интервалах стабильно увеличивается. По сравнению с его значением на первом интервале, например, на втором оно увеличилось на 10 %, а на интервале 1992-2009 гг. имеет место его увеличение на 143 % (по сравнению с его значением на интервале 1974-1991 гг.). Отмечены незначительные изменения среднеквадратического отклонения на этих интервалах, минимальные значения - нулевые, а максимальные значения и их разброс увеличиваются.

Результаты анализа максимальной скорости ветра в зимнее время показывают, что в случае трех интервалов происходит незначительное повышение значений всех характеристик, кроме среднего и минимального. Последние характеристики принимают наибольшее значение на интервале 1974-1991 гг., а показатель Херста указывает на то, что на этом интервале распределение близко к нормальному, соответствующему белому гауссовскому шуму. В случае двух интервалов все характеристики за исключением среднеквадратического интервала увеличиваются.

Приведем статистические характеристики частичных временных рядов числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более в различные сезоны года. Среднее и минимальное значения метеопараметра принимают свои наибольшие значения на интервале 1974-1991 гг., коэффициенты асимметрии и эксцесса на этом же интервале принимают наименьшие значения, а минимальное и максимальное значения и их

разброс на всех интервалах соответственно одинаковы. В случае второго варианта первые четыре характеристики увеличиваются. Показатель Херста для всего ряда составляет $H=0,75$, и это указывает на стабилизацию данного метеопараметра.

Таблица 2.2. Статистические характеристики временных рядов весенних значений метеопараметров по данным МС Нальчик

| Временной ряд, годы | Среднее значение | Средне квадрат отклон. | Коэффициенты | | Минимальное значение | Максимальное значение | Разброс | Показатель Херста |
|--|------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|
| | | | асимметрии | экспесса | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 184,29 | 65,04 | 0,45 | 0,46 | 63,3 | 348 | 284,7 | 0,61 |
| 1974-1991 | 197,18 | 52,32 | -0,13 | -0,61 | 88,1 | 294,7 | 206,6 | 0,64 |
| 1992-2009 | 178,28 | 48,57 | -0,21 | -0,55 | 90 | 271 | 181 | 0,64 |
| 1956-1982 | 191,67 | 64,46 | 0,16 | -0,09 | 63,3 | 348 | 284,7 | 0,53 |
| 1983-2009 | 181,50 | 46,22 | -0,22 | -0,59 | 90 | 271 | 181 | 0,60 |
| 1956-2009 | 185,54 | 56,33 | 0,18 | 0,13 | 63,3 | 348 | 284,7 | 0,68 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 19,22 | 7,68 | 0,10 | -0,74 | 6 | 35 | 29 | 0,64 |
| 1974-1991 | 33,11 | 11,66 | 0,52 | -0,08 | 16 | 61 | 45 | 0,65 |
| 1992-2009 | 26,67 | 9,64 | 0,73 | -0,14 | 11 | 48 | 37 | 0,62 |
| 1956-1982 | 22,93 | 10,58 | 0,81 | 0,49 | 6 | 52,1 | 46,1 | 0,72 |
| 1983-2009 | 29,74 | 11,01 | 0,74 | 0,50 | 11 | 61 | 50 | 0,65 |
| 1956-2009 | 26,33 | 11,32 | 0,71 | 0,42 | 6 | 61 | 55 | 0,79 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 12,06 | 3,64 | 0,31 | 0,10 | 6 | 21 | 15 | 0,70 |
| 1974-1991 | 12,28 | 3,75 | 0,13 | -0,61 | 5 | 19 | 14 | 0,62 |
| 1992-2009 | 12,72 | 4,04 | 0,28 | -0,17 | 5 | 21 | 16 | 0,73 |
| 1956-1982 | 12,19 | 3,83 | 0,12 | -0,33 | 5 | 21 | 16 | 0,57 |
| 1983-2009 | 12,52 | 3,83 | 0,41 | -0,10 | 5 | 21 | 16 | 0,70 |
| 1956-2009 | 12,35 | 3,83 | 0,26 | -0,19 | 5 | 21 | 16 | 0,55 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,87 | 1,40 | -0,33 | -1,14 | 6,37 | 10,77 | 4,40 | 0,50 |
| 1974-1991 | 9,09 | 1,04 | 0,26 | -1,23 | 7,30 | 10,67 | 3,37 | 0,71 |
| 1992-2009 | 9,80 | 0,97 | -0,06 | 0,03 | 7,70 | 11,93 | 4,23 | 0,64 |
| 1956-1982 | 8,95 | 1,29 | -0,28 | -0,93 | 6,37 | 10,78 | 4,40 | 0,61 |
| 1983-2009 | 9,56 | 1,07 | -0,10 | -0,43 | 7,30 | 11,93 | 4,63 | 0,75 |
| 1956-2009 | 9,25 | 1,22 | -0,33 | -0,48 | 6,37 | 11,93 | 5,56 | 0,71 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 29,50 | 2,53 | 0,32 | -0,22 | 24,3 | 34,5 | 10,2 | 0,58 |
| 1974-1991 | 27,42 | 2,00 | -0,02 | -0,72 | 23,9 | 31,4 | 7,5 | 0,42 |
| 1992-2009 | 28,64 | 2,15 | -0,45 | 0,06 | 23,8 | 32,7 | 8,9 | 0,74 |
| 1956-1982 | 28,83 | 2,53 | 0,38 | -0,15 | 24,3 | 34,5 | 10,2 | 0,73 |
| 1983-2009 | 28,10 | 2,17 | -0,22 | -0,32 | 23,8 | 32,7 | 8,9 | 0,67 |
| 1956-2009 | 28,46 | 2,41 | 0,23 | 0,01 | 23,8 | 34,5 | 10,7 | 0,73 |

| Минимальная температура на поверхности почвы (°С) | | | | | | | | |
|---|--------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 1956-1973 | -12,82 | 5,72 | -0,14 | -0,89 | -24 | -4 | 20 | 0,70 |
| 1974-1991 | -11,83 | 5,68 | -0,48 | -0,79 | -24 | -4 | 20 | 0,67 |
| 1992-2009 | -8,24 | 4,45 | -0,67 | -0,59 | -18,5 | -2 | 16,5 | 0,53 |
| 1956-1982 | -12,66 | 5,88 | -0,27 | -0,90 | -24 | -4 | 20 | 0,64 |
| 1983-2009 | -9,27 | 4,89 | -0,58 | -0,71 | -20 | -2 | 18 | 0,63 |
| 1956-2009 | -10,96 | 5,67 | -0,48 | -0,70 | -24 | -4 | 20 | 0,70 |
| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 75,82 | 3,66 | -0,26 | -0,77 | 69 | 82,3 | 13,3 | 0,56 |
| 1974-1991 | 77,17 | 3,27 | -0,75 | -0,23 | 69,3 | 81,7 | 12,4 | 0,45 |
| 1992-2009 | 74,79 | 4,11 | 1,53 | 3,50 | 68 | 88 | 20 | 0,68 |
| 1956-1982 | 76,37 | 3,39 | -0,53 | -0,50 | 69 | 82,3 | 13,3 | 0,46 |
| 1983-2009 | 75,49 | 4,17 | 0,81 | 1,11 | 68 | 88 | 20 | 0,75 |
| 1956-2009 | 75,93 | 3,83 | 0,27 | 0,43 | 68 | 88 | 20 | 0,72 |
| Средний дефицит влажности воздуха (мБ) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,96 | 0,80 | 0,44 | -0,20 | 2,5 | 5,7 | 3,2 | 0,56 |
| 1974-1991 | 3,73 | 0,71 | 0,20 | -0,76 | 2,4 | 5,2 | 2,8 | 0,57 |
| 1992-2009 | 4,26 | 0,58 | -0,42 | -0,57 | 3 | 5,2 | 2,2 | 0,68 |
| 1956-1982 | 3,83 | 0,82 | 0,47 | -0,36 | 2,4 | 5,7 | 3,3 | 0,56 |
| 1983-2009 | 4,14 | 0,60 | -0,34 | -0,73 | 3 | 5,2 | 2,2 | 0,77 |
| 1956-2009 | 3,98 | 0,74 | 0,06 | -0,54 | 2,4 | 5,7 | 3,3 | 0,71 |
| Число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 5,28 | 3,78 | 0,76 | -0,27 | 0 | 14 | 14 | 0,54 |
| 1974-1991 | 4,17 | 3,10 | 1,02 | 0,16 | 1 | 12 | 11 | 0,64 |
| 1992-2009 | 6,78 | 3,60 | 0,87 | 0,20 | 2 | 16 | 14 | 0,82 |
| 1956-1982 | 4,81 | 3,54 | 0,87 | 0,01 | 0 | 14 | 14 | 0,52 |
| 1983-2009 | 6,00 | 3,69 | 0,85 | 0,14 | 1 | 16 | 15 | 0,79 |
| 1956-2009 | 5,41 | 3,66 | 0,85 | 0,10 | 0 | 16 | 16 | 0,71 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,94 | 2,26 | 0,60 | 0,33 | 8 | 17,3 | 9,3 | 0,69 |
| 1974-1991 | 16,56 | 2,91 | 0,12 | -1,21 | 12,3 | 21,7 | 9,4 | 0,53 |
| 1992-2009 | 14,78 | 2,10 | 1,40 | 2,63 | 11,7 | 21,3 | 9,6 | 0,72 |
| 1956-1982 | 13,34 | 3,17 | 0,59 | -0,50 | 8 | 20 | 12 | 0,83 |
| 1983-2009 | 15,51 | 2,61 | 0,96 | 0,33 | 11,7 | 21,7 | 10 | 0,79 |
| 1956-2009 | 14,42 | 3,10 | 0,42 | -0,17 | 8 | 21,7 | 13,7 | 0,84 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 1,06 | 1,65 | 2,14 | 3,38 | 0 | 6 | 6 | 0,50 |
| 1974-1991 | 2,89 | 2,11 | 0,86 | 0,31 | 0 | 8 | 8 | 0,64 |
| 1992-2009 | 2,11 | 2,11 | 1,71 | 2,21 | 0 | 8 | 8 | 0,74 |
| 1956-1982 | 1,41 | 1,73 | 1,34 | 0,65 | 0 | 6 | 6 | 0,72 |
| 1983-2009 | 2,63 | 2,26 | 1,27 | 0,65 | 0 | 8 | 8 | 0,79 |
| 1956-2009 | 2,02 | 2,10 | 1,37 | 1,23 | 0 | 8 | 8 | 0,78 |

В таблице 2.2 приведём результаты расчетов физико-статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов весенних значений основных метеопараметров.

Среднее значение суммарного количества весенних осадков повышается на 12,89 мм, затем снижается на 18,9 мм, хотя в случае двух интервалов происходит убывание на 10,17 мм. В первом интервале распределение частот изменения осадков является правосторонним островершинным и максимальное значение осадков равно 348 мм, что является наибольшим за весь период анализа, хотя во втором интервале среднее значение наибольшее. Второй и третий интервалы являются левосторонними плосковершинными. Это свидетельствует о некотором повышении интенсивности образования осадков на интервале 1956-1973 гг., а на остальных интервалах о снижении интенсивности весенних осадков. Показатель Херста указывает на персистентность процесса, отсюда следует, что весенние осадки в будущем будут уменьшаться.

Остановимся далее на результатах расчетов этих же числовых характеристик частичных временных рядов суточного максимума весенних осадков. Среднее значение суточного максимума весенних осадков вначале увеличивается на 12,89 мм, затем уменьшается с разницей в 6,44 мм. Остальные характеристики, за исключением коэффициента асимметрии, меняются также, т.е. на интервале 1974-1991 гг. достигается наибольшее значение, но при этом значение на третьем интервале больше, чем на первом.

Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на левостороннюю плосковершинность, из которого следует отсутствие резких скачков на всем интервале. Во втором варианте все статистические характеристики, кроме коэффициента асимметрии, увеличиваются. Показатель Херста на всех интервалах и на весь период времени упреждения характеризует сохранение тенденции динамики изменения, т.е. увеличение в прошлом будет продолжаться и в будущем.

Проведем анализ динамики числа весенних дней с осадками 5 мм и более. Как можно заметить из таблицы 2.2, в случае трех интервалов средние значения и среднеквадратические отклонения метеопараметра устойчиво возрастают от интервала к интервалу; в случае двух интервалов происходит незначительное

увеличение количества дней с осадками 5 мм и более, а среднеквадратическое отклонение не меняется. Показатель Херста $H > 0,5$ и исследуемый временной ряд соответствуют фрактальному броуновскому движению, и процессы персистентные. Коэффициент асимметрии вначале уменьшается, затем увеличивается, коэффициент эксцесса указывает на плосковершинность ряда. Максимальное и минимальное значения метеопараметра, а также разброс между ними на всем периоде почти не меняется. Характер изменения статистических характеристик последних двух частичных рядов подтверждает эти выводы. Из таблицы видно, что среднее значение метеопараметра во второй половине рассматриваемого периода, хотя и незначительно, но больше, чем в первой половине.

Отсюда на основании этих и полученных выше результатов при анализе динамики количества осадков можно заключить, что имеет место некоторое снижение количества весенних осадков при одновременном уменьшении значения исследуемого метеопараметра, но суточный максимум осадков и число дней с осадками 5 мм и более незначительно будут увеличиваться.

Результаты анализа следующего метеопараметра показывают устойчивый рост его среднего значения в этот сезон. По сравнению с его значением на интервале 1956-1973 гг. на последнем оно выше на $0,93^{\circ}\text{C}$ и равняется $9,80^{\circ}\text{C}$. При этом такое повышение обусловлено увеличением минимального на $1,33^{\circ}\text{C}$ и максимального на $1,16^{\circ}\text{C}$ значений метеопараметра относительно первого интервала. Среднеквадратическое отклонение уменьшается от интервала к интервалу, что означает полноту рассеяния. Значения коэффициентов асимметрии и эксцесса указывают на то, что распределение частот временных рядов по интервалам таково: первый - правосторонний плосковершинный, второй - левосторонний плосковершинный и третий - правосторонний островершинный, причем на последнем плотность вероятности распределения имеет нормальный эксцесс. По значениям показателя Херста можно заключить, что первый интервал соответствует нормальному распределению, а другие являются персистентными, хотя, в общем, на всем времени упреждения временной ряд является персистентным. На втором этапе анализа имеем: все статистические

характеристики, за исключением среднеквадратического отклонения, повышаются. По значениям коэффициентов асимметрии и эксцесса можно заключить, что оба интервала являются левосторонними плосковершинными.

Сравнение расчетов, приведенных в таблице 2.2, показывает, что характер изменения среднего значения максимальной температуры воздуха на первых трех временных интервалах в весенние сезоны схож с характером ее изменения в зимние сезоны. Как можно заметить из последней таблицы, максимальная температура воздуха в весенние сезоны, как и в зимние, принимает наибольшее значение на интервале 1956-1973 гг. Затем происходит снижение на $2,08^{\circ}\text{C}$ и повышение на $1,22^{\circ}\text{C}$. Во втором варианте происходит уменьшение на $0,73^{\circ}\text{C}$. На этом же интервале, все другие характеристики, за исключением коэффициента эксцесса, принимают свои наибольшие значения. Резкий перепад значений всех характеристик с первого на второй интервалы и значение показателя Херста для второго интервала ($H = 0,42$) указывают на некую нестабильность и характеризуется антиперсистентностью, т.е. за снижением температуры, возможно, последует ее повышение в будущем, что и показывает таблица: на третьем интервале максимальная температура воздуха повысилась. В случае двух интервалов имеем уменьшение всех характеристик от интервала к интервалу.

Остановимся далее на результатах анализа динамики средней минимальной температуры почвы в весенние сезоны. Как можно заметить, имеет место устойчивое и существенное повышение среднего значения метеопараметра от интервала к интервалу. Причем, такая тенденция наблюдается для обоих вариантов временных рядов его значений. Так, по сравнению с интервалом 1956-1973 гг. на последнем интервале оно повысилось на $4,58^{\circ}\text{C}$. Таким же образом меняются минимальное и максимальное значения метеопараметра. Особенно быстрыми темпами повышалось максимальное значение: на последнем интервале оно на 8°C выше, чем на первом. Характер изменения коэффициента асимметрии указывает на то, что во временном ряду метеопараметра в последние годы увеличивается количество членов, значения которых выше математического ожидания. Такие характеристики временных рядов, как среднеквадратическое

отклонение и разброс между максимальным и минимальным значениями, как можно заметить, меняются во времени не очень существенно. Коэффициент эксцесса также увеличивается от интервала к интервалу, что указывает на расширение распределения метеопараметра. Расширение происходит, как показывают результаты расчетов, в сторону больших его значений.

Таким образом, можно отметить, что за рассматриваемый период времени (1956-2009 гг.) имеет место «потепление» весенних сезонов: происходит повышение средней температуры воздуха, которое связано с повышением ее минимальных значений, но при этом имеет место незначительное изменение в сторону уменьшения максимальной температуры воздуха. При этом минимальное и максимальное значения данного метеопараметра с течением времени уменьшаются. Такое заключение подтверждается характером изменения и других физико-статистических характеристик частичных временных рядов от интервала к интервалу. Следует отметить, что характер изменения температурного режима воздуха в весенние сезоны в предгорной зоне республики в целом благоприятствует производству продукции растениеводства.

Анализ динамики относительной влажности воздуха в весенний сезон показывает, что среднее значение сначала увеличивается, доходя до максимального значения на втором интервале (1974-1991 гг.), затем уменьшается более активными темпами. Причем по сравнению с его значением на первом интервале, на втором оно увеличилось на 1,35 %, затем уменьшилось на 2,38 %. Такая динамика наблюдается и в минимальных значениях. Все остальные статистические характеристики, за исключением коэффициента эксцесса, принимают наименьшие значения во втором интервале, а наибольшие – в третьем. Коэффициенты асимметрии и эксцесса указывают на то, что первые два интервала правосторонние плосковершинные, третий интервал является левосторонним островершинным. Это означает, что график распределения третьего интервала имеет более острую и более высокую вершину, чем нормальная. Вторым интервалом, по показателю Херста, характеризуется антиперсистентностью, т.е. рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а уменьшение в прошлом делает вероятным увеличение в будущем. Такая же ситуация

наблюдается и в случае первого интервала второго этапа анализа. Сравнение средних и минимальных значений метеопараметра для последних двух временных рядов указывает на наличие незначительных уменьшений этих характеристик на последнем временном интервале. Изменения остальных статистических характеристик этих рядов также указывают на наличие тенденции к увеличению относительной влажности воздуха. Если анализировать весь ряд в целом на всем времени упреждения, то процесс можно характеризовать как персистентный.

Средний дефицит относительной влажности воздуха в весенний сезон на интервале 1992-2009 гг. больше, чем в первом на 0,3 мБ, а во втором на 0,53 мБ. Среднеквадратическое отклонение, коэффициент асимметрии, максимальное значение и разброс уменьшаются от интервала к интервалу. Коэффициент эксцесса имеет отрицательное значение, что указывает на плосковершинность. Минимальное значение сперва уменьшается (на 0,1 мБ), а затем увеличивается (на 0,6 мБ). Показатель Херста близок к 0,5, а это означает, что никакой выраженной тенденции процесса не выявлено и близко к белому гауссовскому шуму. В случае двух интервалов среднее и минимальное значения увеличиваются, а остальные характеристики уменьшаются. Показатель Херста для всего ряда характеризует персистентность ряда.

Остановимся на результатах анализа динамики числа весенних дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее. Как можно заметить из таблицы, по значениям статистических характеристик первых трех частичных рядов делать какие-то выводы о тенденциях в динамике метеопараметра не представляется возможным. Среднее значение метеопараметра сначала убывает на 1,11 дней, а затем увеличивается на 2,61 дней. Среднеквадратическое отклонение, максимальное значение и разброс с минимальным значением меняются так же, а коэффициенты асимметрии и эксцесса наибольшее значение принимают на интервале 1974-1991 гг. В случае двух частичных временных рядов имеем увеличение всех статистических характеристик во времени, кроме коэффициента асимметрии. Коэффициенты асимметрии и эксцесса указывают на левостороннюю островершинность, т.е. в первой половине каждого интервала происходят наибольшие колебания.

По результатам исследования влажностных метеопараметров можно сделать вывод, что весенняя относительная влажность воздуха снижается, а дефицит относительной влажности и число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее с течением времени повышаются. Это, наверное, является последствием того, что осадки уменьшаются, а температура воздуха повышается.

Результаты анализа максимальной скорости ветра в весенний сезон показывают, что на первом этапе средние значения сначала резко повышаются на 4,64 м/с, затем уменьшаются на 1,78 м/с. Наибольших значений на втором интервале достигают такие характеристики, как среднеквадратическое отклонение, минимальное и максимальное значения. Все интервалы в обоих случаях анализа характеризуются персистентностью, ее степень высока и соответствует фрактальному броуновскому движению с положительной корреляцией, а временной ряд устойчив.

Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более, как и максимальная скорость ветра, наибольшее на интервале 1974-1991 гг. По сравнению с первым интервалом увеличение составляет более чем в 2,5 раза, а затем происходит незначительное уменьшение. Согласно значениям показателей Херста, первый интервал соответствует белому гауссовскому шуму, а остальные интервалы имеют свойство персистентности – сохранять тенденцию в прошлом. В случае двух интервалов, за исключением коэффициента асимметрии, все характеристики либо сохраняют свои значения, либо увеличиваются. Относительно среднего значения мы имеем двойное увеличение. Показатель Херста всего ряда $H=0,78$ указывает на стабильность и свойство персистентности.

В таблице 2.3 приведём результаты расчетов физико-статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов летних значений основных климатообразующих метеопараметров.

Как видно из таблицы, суммарное количество летних осадков вначале возрастает на 18,32 мм, затем происходит частичное убывание на 5,82 мм. Например, в 1956-1973гг. его значение равнялось 224,12 мм, в 1974-1991гг. – 242,44 мм, в 1992-2009гг. – 236,62 мм. В целом за весь период с 1956 по 2009 гг. оно увеличилось примерно на 6,6%.

Таблица 2.3. Статистические характеристики временных рядов летних значений метеопараметров по данным МС Нальчик

| Временной ряд, годы | Среднее значение | Средне квадрат отклон. | Коэффициенты | | Минимальное значение | Максимальное значение | Разброс | Показатель Херста |
|--|------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|
| | | | асимметрии | экссесса | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 224,12 | 71,79 | -0,05 | -1,09 | 107 | 340 | 233 | 0,52 |
| 1974-1991 | 242,44 | 57,00 | -0,53 | -0,09 | 124,8 | 337,4 | 212,6 | 0,64 |
| 1992-2009 | 236,62 | 82,69 | 0,21 | -1,04 | 97 | 378 | 281 | 0,55 |
| 1956-1982 | 224,57 | 67,60 | -0,20 | -0,95 | 107 | 340 | 233 | 0,46 |
| 1983-2009 | 244,21 | 74,26 | 0,02 | -0,83 | 97 | 378 | 281 | 0,65 |
| 1956-2009 | 233,46 | 71,36 | 0,02 | -0,77 | 97 | 378 | 281 | 0,58 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 39,50 | 11,57 | 0,03 | -1,03 | 20 | 59 | 39 | 0,76 |
| 1974-1991 | 37,54 | 7,69 | 0,25 | -1,06 | 27 | 53 | 26 | 0,72 |
| 1992-2009 | 35,11 | 11,32 | 0,58 | 0,29 | 18 | 64 | 46 | 0,63 |
| 1956-1982 | 37,88 | 10,48 | 0,27 | -0,80 | 20 | 59 | 39 | 0,74 |
| 1983-2009 | 36,89 | 10,50 | 0,26 | 0,03 | 18 | 64 | 46 | 0,68 |
| 1956-2009 | 37,38 | 10,50 | 0,26 | -0,38 | 18 | 64 | 46 | 0,59 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 12,17 | 3,75 | 0,10 | 0,39 | 4 | 21 | 17 | 0,73 |
| 1974-1991 | 14,56 | 4,21 | 0,16 | -0,50 | 7 | 22 | 15 | 0,67 |
| 1992-2009 | 13,06 | 4,29 | 0,63 | -0,44 | 7 | 23 | 16 | 0,55 |
| 1956-1982 | 12,67 | 3,99 | 0,21 | 0,20 | 4 | 22 | 18 | 0,53 |
| 1983-2009 | 13,85 | 4,34 | 0,43 | -0,71 | 7 | 23 | 16 | 0,72 |
| 1956-2009 | 13,26 | 4,20 | 0,36 | -0,22 | 4 | 23 | 19 | 0,70 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 20,47 | 0,92 | 0,35 | -0,44 | 18,90 | 22,30 | 3,40 | 0,47 |
| 1974-1991 | 20,54 | 0,83 | -0,23 | -0,87 | 18,93 | 21,97 | 3,04 | 0,71 |
| 1992-2009 | 21,69 | 0,99 | 0,10 | -0,67 | 19,87 | 23,40 | 3,53 | 0,76 |
| 1956-1982 | 20,45 | 0,93 | 0,23 | -0,67 | 18,90 | 22,30 | 3,40 | 0,49 |
| 1983-2009 | 21,35 | 1,02 | 0,29 | -0,40 | 19,40 | 23,40 | 4,00 | 0,85 |
| 1956-2009 | 20,90 | 1,07 | 0,29 | -0,31 | 18,90 | 23,40 | 4,5 | 0,83 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 33,91 | 1,73 | -0,19 | 0,28 | 29,8 | 37,6 | 7,8 | 0,64 |
| 1974-1991 | 33,34 | 1,18 | -0,67 | -0,41 | 30,7 | 35 | 4,3 | 0,80 |
| 1992-2009 | 34,30 | 2,19 | 0,08 | -0,54 | 30 | 38,3 | 8,3 | 0,74 |
| 1956-1982 | 33,79 | 1,59 | -0,26 | 0,64 | 29,8 | 37,6 | 7,8 | 0,54 |
| 1983-2009 | 33,91 | 1,98 | 0,41 | -0,10 | 30 | 38,3 | 8,3 | 0,79 |
| 1956-2009 | 33,85 | 1,81 | 0,19 | 0,25 | 29,8 | 38,3 | 8,5 | 0,74 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,17 | 1,49 | 1,51 | 2,89 | 7,7 | 14,8 | 7,1 | 0,66 |
| 1974-1991 | 11,27 | 0,98 | 0,29 | -0,66 | 9,7 | 13,3 | 3,6 | 0,79 |
| 1992-2009 | 11,03 | 1,19 | -1,27 | 1,20 | 7,7 | 12,7 | 5 | 0,77 |
| 1956-1982 | 10,35 | 1,34 | 1,25 | 2,73 | 7,7 | 14,8 | 7,1 | 0,58 |
| 1983-2009 | 11,29 | 1,13 | -1,24 | 2,08 | 7,7 | 13,3 | 5,6 | 0,61 |
| 1956-2009 | 10,82 | 1,32 | 0,10 | 0,54 | 7,7 | 14,8 | 7,1 | 0,73 |

| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1956-1973 | 69,38 | 3,90 | -0,29 | -0,41 | 60,7 | 76,3 | 15,6 | 0,66 |
| 1974-1991 | 70,48 | 4,74 | -1,77 | 3,29 | 55,3 | 75,7 | 20,4 | 0,60 |
| 1992-2009 | 67,98 | 3,76 | -0,02 | 0,50 | 60,3 | 74,7 | 14,4 | 0,58 |
| 1956-1982 | 69,36 | 4,71 | -0,96 | 1,04 | 55,3 | 76,3 | 21 | 0,59 |
| 1983-2009 | 69,20 | 3,80 | -0,35 | -0,56 | 60,3 | 75 | 14,7 | 0,77 |
| 1956-2009 | 69,29 | 4,28 | -0,75 | 0,68 | 55,3 | 76,3 | 21 | 0,70 |
| Средний дефицит влажности воздуха (мб) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,58 | 1,53 | 0,39 | -0,42 | 5,9 | 11,7 | 5,8 | 0,61 |
| 1974-1991 | 8,24 | 1,31 | 0,47 | -0,77 | 6,4 | 11 | 4,6 | 0,58 |
| 1992-2009 | 9,57 | 1,70 | 0,41 | -0,47 | 6,6 | 13,1 | 6,5 | 0,64 |
| 1956-1982 | 8,49 | 1,54 | 0,38 | -0,65 | 5,9 | 11,7 | 5,8 | 0,48 |
| 1983-2009 | 9,10 | 1,65 | 0,67 | -0,10 | 6,6 | 13,1 | 6,5 | 0,78 |
| 1956-2009 | 8,80 | 1,62 | 0,55 | -0,16 | 5,9 | 13,1 | 7,2 | 0,75 |
| Число дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 2,61 | 3,32 | 1,70 | 2,06 | 0 | 12 | 12 | 0,79 |
| 1974-1991 | 1,61 | 2,52 | 1,65 | 1,81 | 0 | 9 | 9 | 0,68 |
| 1992-2009 | 4,89 | 5,08 | 1,55 | 1,76 | 0 | 19 | 19 | 0,56 |
| 1956-1982 | 2,30 | 3,03 | 1,74 | 2,70 | 0 | 12 | 12 | 0,62 |
| 1983-2009 | 3,78 | 4,72 | 1,79 | 2,88 | 0 | 19 | 19 | 0,65 |
| 1956-2009 | 3,04 | 4,04 | 2,02 | 4,40 | 0 | 19 | 19 | 0,73 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,58 | 2,24 | 0,14 | -1,15 | 8 | 15,7 | 7,7 | 0,80 |
| 1974-1991 | 16,64 | 2,51 | 0,39 | -1,16 | 13 | 21 | 8 | 0,84 |
| 1992-2009 | 15,33 | 1,61 | 0,33 | -0,72 | 12,7 | 18,7 | 6 | 0,45 |
| 1956-1982 | 12,80 | 2,74 | 0,16 | -0,47 | 8 | 19 | 11 | 0,84 |
| 1983-2009 | 16,23 | 2,24 | 0,60 | -0,44 | 12,7 | 21 | 8,3 | 0,80 |
| 1956-2009 | 14,52 | 3,04 | -0,05 | -0,23 | 8 | 21 | 13 | 0,88 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,78 | 0,85 | 0,44 | -1,49 | 0 | 2 | 2 | 0,75 |
| 1974-1991 | 3,78 | 2,82 | 1,97 | 3,84 | 1 | 13 | 12 | 0,57 |
| 1992-2009 | 2,72 | 1,94 | 0,53 | -1,08 | 0 | 6 | 6 | 0,67 |
| 1956-1982 | 1,44 | 1,37 | 0,72 | -0,20 | 0 | 5 | 5 | 0,88 |
| 1983-2009 | 3,41 | 2,75 | 1,61 | 3,12 | 0 | 13 | 13 | 0,71 |
| 1956-2009 | 2,43 | 2,39 | 1,92 | 5,37 | 0 | 13 | 13 | 0,84 |

Характер изменения среднеквадратического отклонения такой же, как в зимнее время. Значения коэффициента эксцесса на всех интервалах являются отрицательными, что указывает на плосковершинность кривых распределения. В случае двух интервалов для первого ряд нестабилен и практически непредсказуем, а фрактальные линии расположены в антиперсистентной области, на что указывает показатель Херста равный 0,46. Во втором интервале имеем обратную картину. Можно заметить, что средние значения суточного максимума

летних осадков уменьшаются, хотя и не существенными темпами, что согласуется с результатами анализа изменения количества летних осадков.

Значения остальных числовых характеристик меняются незначительно от интервала к интервалу. Минимальное и максимальное значения меняются несогласованно, первый наибольшее значение принимает на интервале 1974-1991 гг., а второй на последнем интервале, что указывает на существование кратковременных суточных осадков на интервале 1992-2009 гг.

Значения показателя Херста на всех интервалах указывает о наличии свойства персистентности, т.е. тенденция и в будущем будет сохраняться.

Что касается динамики числа летних дней с количеством осадков 5 мм и более, то, по результатам расчетов, его изменение отличается от изменений в рассмотренные выше сезоны.

Как можно заметить из таблицы 2.3, все характеристики, за исключением коэффициента эксцесса и разброса, возрастают относительно начала и конца, хотя среднее значение метеопараметра вначале увеличивается, потом уменьшается. Увеличиваются также минимальное и максимальное значения метеопараметра, причем, более быстрыми темпами увеличивается минимальное значение. Это указывает на увеличение в летние месяцы количества дней с более интенсивными осадками. Об этом свидетельствует и характер изменения коэффициента асимметрии.

Таким образом, с учетом полученных ранее результатов относительно динамики режима летних осадков можно отметить, что имеет место увеличение количества летних осадков, и это увеличение в основном связано с увеличением числа дней с более интенсивными осадками.

Как показывают результаты расчетов, средняя температура воздуха в летние сезоны менялась примерно таким же образом, как и весенние. Она повысилась на $1,22^{\circ}\text{C}$ в случае трех интервалов и на $0,9^{\circ}\text{C}$ в случае двух интервалов. Все статистические характеристики, за исключением минимального значения, принимают свое наименьшее значение на интервале 1974-1991 гг., а минимальные значения первых двух интервалов различны на $0,03^{\circ}\text{C}$. Для случая двух

интервалов все статистические характеристики повышаются. Показатели Херста первых интервалов обоих этапов указывают на то, что оба относятся к антиперсистентным рядам, они нестабильны и непредсказуемы. Хотя в целом на всем интервале времени упреждения показатель Херста указывает на высокую степень персистентности.

Остановимся далее на результатах расчетов статистических характеристик частичных временных рядов максимальной температуры воздуха в летние сезоны.

По результатам расчетов среднее значение данного метеопараметра за рассматриваемый период времени изменилось незначительно. Так же не очень существенно изменились минимальное и максимальное значения этого метеопараметра. Но эти характеристики, хотя и не очень существенно, но снижаются с течением времени от первого ко второму интервалу, причем быстрее уменьшаются максимальные значения, а затем происходит увеличение.

Среднее значение метеопараметра на интервале 1974-1991 гг. ниже, чем на остальных двух. Причем, на последнем оно больше почти на $0,4^{\circ}\text{C}$. Сравнение средних значений для последних двух частичных временных рядов показывает, что с течением времени имеет место незначительное увеличение всех характеристик, кроме коэффициента эксцесса. Это подтверждается и характером изменения коэффициентов асимметрии и эксцесса, которые указывают на расширение спектра значений метеопараметра вправо – в сторону больших значений.

Что касается минимального и максимального значений метеопараметра, то наблюдается достаточно устойчивое их увеличение от интервала к интервалу (за исключением максимального значения на интервале 1974-1991 гг.).

В летний сезон среднее значение минимальной температуры почвы увеличивается во времени. На втором интервале среднее значение метеопараметра выше на $1,1^{\circ}\text{C}$, чем на первом, а затем снижается на $0,24^{\circ}\text{C}$. Незначительное значение среднеквадратического отклонения указывает на плотность расположения точек. Максимальные значения уменьшаются от интервала к интервалу. Показатель Херста характеризует персистентность на всех

интервалах и во времени, что указывает на возможное незначительное повышение минимальной температуры почвы в данном сезоне. Во втором варианте среднее значение метеопараметра повышается, минимальное значение не меняется, а все остальные статистические характеристики уменьшаются.

Анализ динамики относительной влажности воздуха в летний сезон показывает, что среднее значение сначала увеличивается на 1,1%, принимая максимальное значение на втором интервале (1974-1991 гг.), затем оно уменьшается большими темпами на 2,5%. Наибольшее значение на этом интервале достигают еще такие характеристики, как среднеквадратическое отклонение, коэффициент эксцесса и разброс между минимальным и максимальным значениями. Коэффициент асимметрии на всех интервалах принимает отрицательные значения, что указывает на правосторонность распределения, причем вначале значения ниже среднего, а затем приближаются к нему. Коэффициент эксцесса указывает, что распределение временного ряда первого интервала является плосковершинным, а остальные два интервала островершинные. Резкое колебание минимальных значений по отношению к максимальным отражается на изменении разброса между ними. Хотя показатель Херста в случае трех интервалов уменьшается, на втором этапе строго возрастает, и увеличивается степень персистентности.

В летний сезон дефицит влажности воздуха достигает своего максимума, т.е. влажность воздуха снижается. Все статистические характеристики, за исключением коэффициентов асимметрии и эксцесса, наибольшее значение принимают на последнем интервале. Показатель Херста $0 < H < 0,5$ на интервале 1956-1982 гг., этот случай характеризуется антиперсистентностью. В следующем интервале $H > 0,78$ процесс переходит в персистентный, и в будущем, возможно, будет увеличиваться средний дефицит влажности воздуха, что объясняется глобальным потеплением.

Что касается динамики статистических характеристик временных трех рядов числа летних дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее, то, по результатам расчетов их значения с интервала 1956-1973 гг. к интервалу 1974-

1991 гг. уменьшаются, затем увеличиваются, а наибольших значений принимаются на интервале 1992-2009 гг.

Результаты анализа максимальной скорости ветра в летнее время указывают на то, что все статистические характеристики, за исключением коэффициента эксцесса, меняются одинаково: сначала увеличиваются, а затем уменьшаются. Среднее значение, коэффициент асимметрии, минимальное и максимальное значения резко возрастают, потом убывают меньшими темпами. Среднее значение возросло на 5,06 м/с с первого интервала к второму и уменьшилось на 1,31 м/с со второго к третьему. Такое резкое колебание приводит к тому, что, по показателю Херста, третий интервал является нестабильным, непредсказуемым, антиперсистентным, хотя в целом весь ряд на всем времени упреждения является стабильным, и степень персистентности высока. Коэффициент эксцесса на всех интервалах является отрицательным, что указывает на плосковершинность, т.е. на интервалах и во все время упреждения вспышек не наблюдается.

Поведение коэффициента асимметрии в летние сезоны для последних двух частичных рядов может свидетельствовать о том, что число дней с относительно сильным ветром еще какое-то время может увеличиваться, и, наоборот, возможна тенденция его уменьшения в зимние и весенние сезоны.

В таблице 2.4 приведены результаты расчетов физико-статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов осенних значений основных климатообразующих метеопараметров.

Анализ характеристик осенних осадков показывает, что все они, кроме минимального значения, коэффициентов асимметрии и эксцесса, увеличиваются от интервала к интервалу в обоих вариантах, на втором этапе коэффициенты асимметрии и эксцесса тоже увеличиваются.

Ряды являются крутовершинными, причем пологая сторона находится правее среднего значения (математического ожидания). За весь период времени осадки увеличились на 42,15 мм, из них между первым и вторым 24,32 мм и между вторым и третьим 27,83 мм, что указывает на равномерность изменений. Во втором варианте осадки увеличились на 23,42 мм.

Таблица 2.4. Статистические характеристики временных рядов осенних значений метеопараметров по данным МС Нальчик

| Временной ряд, годы | Среднее значение | Средне квадрат отклон. | Коэффициенты | | Минимальное значение | Максимальное значение | Разброс | Показатель Херста |
|--|------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|
| | | | асимметрии | экссесса | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 119,18 | 34,04 | 0,44 | -0,91 | 71 | 184 | 113 | 0,79 |
| 1974-1991 | 133,50 | 38,88 | 0,95 | 1,00 | 63 | 235 | 172 | 0,69 |
| 1992-2009 | 161,33 | 60,33 | 0,79 | 0,81 | 62 | 325 | 263 | 0,52 |
| 1956-1982 | 126,29 | 37,00 | 0,86 | 0,75 | 71 | 235 | 164 | 0,79 |
| 1983-2009 | 149,71 | 56,36 | 0,97 | 1,35 | 62 | 325 | 263 | 0,63 |
| 1956-2009 | 136,84 | 49,39 | 1,17 | 2,17 | 62 | 325 | 263 | 0,69 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 30,00 | 17,16 | 0,70 | -0,68 | 9 | 66 | 57 | 0,75 |
| 1974-1991 | 32,00 | 16,65 | 0,74 | -0,38 | 9 | 65 | 56 | 0,83 |
| 1992-2009 | 25,72 | 10,54 | 0,77 | -0,20 | 11 | 50 | 39 | 0,72 |
| 1956-1982 | 30,00 | 16,62 | 0,78 | -0,40 | 9 | 66 | 57 | 0,71 |
| 1983-2009 | 28,48 | 13,83 | 1,00 | 0,46 | 9 | 64 | 55 | 0,70 |
| 1956-2009 | 29,24 | 15,31 | 0,90 | 0,01 | 9 | 66 | 57 | 0,62 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 6,94 | 2,32 | 0,71 | 0,51 | 3 | 13 | 10 | 0,54 |
| 1974-1991 | 6,72 | 1,97 | 0,87 | -0,09 | 4 | 11 | 7 | 0,50 |
| 1992-2009 | 10,22 | 3,94 | -0,09 | -1,11 | 3 | 17 | 14 | 0,65 |
| 1956-1982 | 6,93 | 2,19 | 0,75 | 0,47 | 3 | 13 | 10 | 0,47 |
| 1983-2009 | 9,00 | 3,83 | 0,41 | -1,00 | 3 | 17 | 14 | 0,82 |
| 1956-2009 | 7,96 | 3,29 | 0,87 | 0,02 | 3 | 17 | 14 | 0,81 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,79 | 1,29 | -0,88 | 0,20 | 6,50 | 11,63 | 5,13 | 0,77 |
| 1974-1991 | 9,98 | 1,08 | 0,73 | 0,32 | 8,13 | 12,70 | 4,57 | 0,61 |
| 1992-2009 | 10,71 | 1,26 | -0,39 | 3,28 | 6,67 | 12,43 | 5,76 | 0,80 |
| 1956-1982 | 9,87 | 1,28 | -10,81 | 0,36 | 6,50 | 12,70 | 6,20 | 0,66 |
| 1983-2009 | 10,45 | 1,20 | -1,00 | 1,41 | 6,67 | 12,43 | 5,76 | 0,80 |
| 1956-2009 | 10,16 | 1,28 | -0,66 | 0,55 | 6,5 | 12,7 | 6,2 | 0,73 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 29,04 | 2,45 | 0,39 | -0,49 | 25,2 | 34,1 | 8,9 | 0,60 |
| 1974-1991 | 28,63 | 1,83 | 0,04 | -0,83 | 25,2 | 32 | 6,8 | 0,64 |
| 1992-2009 | 30,26 | 1,98 | 0,37 | 1,38 | 25,6 | 35 | 9,4 | 0,53 |
| 1956-1982 | 29,08 | 2,22 | 0,37 | -0,32 | 25,2 | 34,1 | 8,9 | 0,53 |
| 1983-2009 | 29,54 | 2,19 | 0,19 | 0,53 | 25,2 | 35 | 9,8 | 0,71 |
| 1956-2009 | 29,28 | 2,23 | 0,30 | 0,02 | 25,2 | 35 | 9,8 | 0,66 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -2,71 | 2,85 | -0,27 | -1,24 | -8,4 | 1 | 9,4 | 0,77 |
| 1974-1991 | -1,48 | 1,50 | -0,21 | -0,73 | -4,7 | 0,7 | 5,4 | 0,68 |
| 1992-2009 | -2,29 | 2,88 | -0,50 | -1,02 | -7,7 | 1,7 | 9,4 | 0,79 |
| 1956-1982 | -2,42 | 2,53 | -0,48 | -0,79 | -8,4 | 1 | 9,4 | 0,78 |
| 1983-2009 | -1,90 | 2,54 | -0,78 | -0,29 | -7,7 | 1,7 | 9,4 | 0,80 |
| 1956-2009 | -2,16 | 2,55 | -0,62 | -0,59 | -8,4 | 1,7 | 10,1 | 0,65 |

| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1956-1973 | 79,44 | 3,52 | -0,50 | -0,23 | 71,3 | 85,3 | 14 | 0,64 |
| 1974-1991 | 80,81 | 2,25 | -0,16 | -0,58 | 76,3 | 85 | 8,70 | 0,61 |
| 1992-2009 | 79,66 | 2,96 | 0,53 | -0,33 | 75,3 | 86,7 | 11,4 | 0,52 |
| 1956-1982 | 80,00 | 3,24 | -0,64 | 0,32 | 71,3 | 85,3 | 14 | 0,62 |
| 1983-2009 | 79,94 | 2,77 | 0,24 | -0,55 | 75,3 | 86,7 | 11,4 | 0,61 |
| 1956-2009 | 79,97 | 3,02 | -0,30 | 0,07 | 71,3 | 86,7 | 15,4 | 0,56 |
| Средний дефицит влажности воздуха (мБ) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,27 | 0,69 | 0,07 | -0,48 | 1,8 | 4,5 | 2,7 | 0,66 |
| 1974-1991 | 3,26 | 0,44 | 0,51 | -0,06 | 2,6 | 4,3 | 1,7 | 0,64 |
| 1992-2009 | 3,59 | 0,67 | -0,38 | -1,08 | 2,3 | 4,5 | 2,2 | 0,69 |
| 1956-1982 | 3,24 | 0,60 | 0,13 | 0,01 | 1,8 | 4,5 | 2,7 | 0,64 |
| 1983-2009 | 3,50 | 0,63 | -0,07 | -1,13 | 2,3 | 4,5 | 2,2 | 0,69 |
| 1956-2009 | 3,37 | 0,63 | 0,05 | -0,64 | 1,8 | 4,5 | 2,7 | 0,69 |
| Число дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 2,22 | 2,10 | 0,75 | -0,43 | 0 | 7 | 7 | 0,56 |
| 1974-1991 | 1,44 | 1,42 | 1,04 | 0,20 | 0 | 5 | 5 | 0,79 |
| 1992-2009 | 2,56 | 2,65 | 1,13 | 0,25 | 0 | 9 | 9 | 0,68 |
| 1956-1982 | 1,85 | 1,86 | 1,15 | 0,63 | 0 | 7 | 7 | 0,56 |
| 1983-2009 | 2,30 | 2,42 | 1,21 | 0,78 | 0 | 9 | 9 | 0,63 |
| 1956-2009 | 2,07 | 2,17 | 1,28 | 1,16 | 0 | 9 | 9 | 0,63 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,24 | 3,46 | 0,61 | -0,71 | 6,7 | 19 | 12,3 | 0,82 |
| 1974-1991 | 13,28 | 2,22 | -0,02 | -0,54 | 9 | 17,7 | 8,7 | 0,56 |
| 1992-2009 | 13,11 | 1,78 | -0,08 | -0,64 | 9,3 | 16 | 6,7 | 0,63 |
| 1956-1982 | 11,73 | 3,16 | 0,32 | -0,76 | 6,7 | 19 | 12,3 | 0,83 |
| 1983-2009 | 13,36 | 1,95 | 0,01 | -0,31 | 9,3 | 17,7 | 8,4 | 0,43 |
| 1956-2009 | 12,12 | 3,11 | 0,16 | -0,79 | 6,7 | 19 | 12,3 | 0,82 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,78 | 0,85 | 0,98 | 0,33 | 0 | 3 | 3 | 0,73 |
| 1974-1991 | 1,11 | 1,37 | 1,36 | 1,22 | 0 | 5 | 5 | 0,66 |
| 1992-2009 | 0,94 | 0,91 | 0,55 | -0,71 | 0 | 3 | 3 | 0,75 |
| 1956-1982 | 0,74 | 0,89 | 1,17 | 0,68 | 0 | 3 | 3 | 0,73 |
| 1983-2009 | 1,15 | 1,21 | 1,23 | 1,59 | 0 | 5 | 5 | 0,60 |
| 1956-2009 | 0,94 | 1,08 | 1,35 | 2,06 | 0 | 5 | 5 | 0,65 |

Среднеквадратическое отклонение суммарного количества осадков показывает, что в первых двух интервалах плотность рассеяния значений метеопараметра высокая, а в третьем интервале она ниже.

Значения показателя Херста указывают на то, что фрактальные линии расположены в персистентной области и для них характерно сохранение наблюдаемой тенденции в сочетании с относительно низким уровнем зашумленности.

По результатам расчетов числовых характеристик временных рядов суточного максимума осадков можно заключить, что среднее его значение уменьшается с течением времени. Одновременно уменьшаются минимальное и максимальное значения и разброс между ними. Таким образом, сужается спектр интенсивности осенних осадков. Это подтверждается и величинами среднеквадратического отклонения для частичных временных рядов.

Значения показателя Херста на всех интервалах больше 0,50, что указывает на персистентность временных рядов. Это означает, что убывание (возрастание) в прошлом, вероятно, будет сохраняться и в будущем.

Уменьшение с течением времени среднего и максимального значений данного метеопараметра свидетельствует о том, что количество интенсивных осадков в целом сокращается.

Как показывают результаты расчетов, значения практически всех статистических характеристик частичных временных рядов числа осенних дней с осадками 5 мм и более увеличиваются с течением времени. Среднее значение, например, по сравнению с его значением на первых двух интервалах, на последнем (1992 - 2009 гг.) увеличилось более, чем на 3 дня. Минимальное значение метеопараметра на последних двух интервалах не изменилось, но имеет место существенное увеличение максимального значения на втором интервале – на 4 дня (или почти на 31%). Соответственно увеличивается разброс между этими значениями метеопараметра, а также его среднеквадратическое отклонение.

Можно заметить, что значения коэффициентов асимметрии и эксцесса в случае трех временных интервалов меняются более сложным образом, чем в случае двух. На интервале 1974-1991 гг. их значения меньше, чем на первом и на третьем интервалах. Но среднее значение метеопараметра на этом интервале не уменьшилось, в то время как имеет место некоторое уменьшение максимального значения. Анализ полученных данных показал, что среднее значение метеопараметра сохранилось вследствие увеличения минимального значения – на 2 дня.

Характер изменения коэффициента асимметрии указывает на то, что имеет место увеличение во временном ряду числа осенних дней с осадками

относительно интенсивными. Это утверждение косвенным образом подтверждается и поведением максимального значения метеопараметра и среднеквадратического отклонения на различных временных интервалах. По значению показателя Херста можно заключить, что тенденция процесса интервала 1974-1991 гг. соответствует белому гауссовскому шуму, временной ряд интервала 1956-1982 гг. характеризуется антиперсистентностью, а вторая его половина персистентная с высокой степенью, за счет чего весь интервал времени упреждения также характеризуется персистентностью.

Как можно заметить из таблицы 2.4, средняя за осенний сезон температура воздуха повышается незначительно, сначала на $0,19^{\circ}\text{C}$, затем на $0,63^{\circ}\text{C}$. Во втором варианте произошло повышение среднего значения метеопараметра на $0,58^{\circ}\text{C}$. Значения среднеквадратического отклонения в первом и третьем интервалах почти равны, различны всего на $0,03$, а во втором интервале происходит некоторый спад. Коэффициент асимметрии меняется наоборот, т.е. во втором интервале левостороннее возвышение, а в других интервалах - правостороннее, возмущение небольшое. Во втором варианте на первом интервале в первой половине значения метеопараметра намного меньше, чем общее среднее, что указывает коэффициент асимметрии. Коэффициент эксцесса указывает на то, что на всех интервалах и в целом ряде времени упреждения, что является островершинным рядом, но в третьем интервале больше вероятности получения близкого к среднему значения. Минимальное значение повышается на $1,63^{\circ}\text{C}$ от первого интервала ко второму, а затем таким же темпом снижается на $1,46^{\circ}\text{C}$. Динамика изменения максимальных значений от второго интервала к третьему незначительная и составляет всего $0,27^{\circ}\text{C}$, но с первого интервала повышение составляет $1,07^{\circ}\text{C}$. Показатель Херста указывает на стабильную персистентность.

Результаты анализа значений максимальной температуры воздуха в осенний сезон указывают на то, что среднее значение сначала понижается на $0,4^{\circ}\text{C}$, а затем повышается на $1,63^{\circ}\text{C}$. Наименьшее значение у других характеристик также отмечаются на интервале 1974-1991 гг. В случае двух интервалов, за исключением среднеквадратического отклонения и коэффициента асимметрии,

все характеристики повышаются. Для всех интервалов и периода в целом значения показателя Херста характеризуют персистентность соответствующих временных рядов, указывающих на сохранение динамики в будущем.

Результаты анализа изменения осенней минимальной температуры почвы показывают, что среднеквадратическое отклонение максимальное, и его разброс с минимальным уменьшаются от первого интервала к второму, а затем увеличиваются теми же темпами. Остальные характеристики, наоборот, в начале увеличиваются, а со второго интервала происходит снижение значений. Среднее значение метеопараметра в обоих вариантах повышается.

Анализ динамики относительной влажности воздуха в осенний сезон показывает, что среднее значение сначала увеличивается, принимая максимальное значение на втором интервале (1974-1991 гг.), затем уменьшается примерно такими же темпами. Причем по сравнению с его значением на первом интервале, на втором оно увеличилось на 1,37 %, а затем уменьшилось на 1,15 %. Сравнение средних значений метеопараметра для последних двух временных рядов указывает на наличие незначительного уменьшения на 0,06% этой характеристики на последнем временном интервале. Среднеквадратическое отклонение, коэффициент эксцесса, максимальное значение и разброс между минимальными и максимальными значениями уменьшается и затем увеличивается, темпы изменения низкие. Отрицательные значения коэффициента эксцесса на всех интервалах указывают на плосковершинность временных рядов. Показатель Херста показывает, что ряды являются персистентными, но степень очень низкая и близка к белому гауссовскому шуму.

Дефицит влажности воздуха в осенний период меняется примерно так же, как и весной. В первые два интервала принимаются одинаковые значения, но затем идёт увеличение на 0,33 мБ. Хотя по трем интервалам видно, что среднеквадратическое отклонение уменьшается во времени, то во втором случае происходит его увеличение. Коэффициент эксцесса указывает на плосковершинность процесса, а показатель Херста характеризует персистентность, т.е. вероятно и в будущем в этом сезоне дефицит влажности будет увеличиваться.

Характер изменения статистических характеристик числа осенних дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее совпадает с характером изменений в весенний сезон.

Результаты анализа максимальной скорости ветра в осенний сезон показывают, что средние значения меняются по той же динамике, как и средняя относительная влажность воздуха. Остальные статистические характеристики, за исключением коэффициента эксцесса и минимальных значений, уменьшаются во времени. Как и для последнего метеопараметра, в данном случае временные ряды являются плосковершинными. Хотя минимальные значения возрастают, динамика изменения разброса такая, как у максимальных значений. Максимальное значение встречается в диапазоне 1956-1973 годов. Показатель Херста указывает, что в первом варианте ряды всех интервалов являются персистентными, но при этом на втором интервале принимается наименьшее значение, равное 0,56, а во втором варианте второй интервал является антиперсистентным. Значит, нестабильность наблюдается в диапазоне 1982-1991 годов.

Число осенних дней со скоростью ветра 15 м/с и более увеличивается от интервала к интервалу в обоих вариантах. Поведение коэффициента асимметрии во всех частичных рядах может свидетельствовать о том, что число дней с относительно сильным ветром еще какое-то время может увеличиваться, а коэффициент эксцесса на интервале 1992-2009 годов указывает на плосковершинность, т.е. резких перепадов не будет. Показатель Херста на всех интервалах характеризует персистентность ряда.

В таблице 2.5 приведены результаты расчетов физико-статистических характеристик и показателя Херста частичных временных рядов годовых значений основных климатообразующих метеопараметров.

Анализируя результаты расчета суммарного количества осадков за год получаем, что коэффициенты асимметрии и эксцесса и минимальных значений ведут себя сложным образом, в то время, когда все остальные статистические характеристики стабильно возрастают высокими темпами.

Таблица 2.5 - Статистические характеристики временных рядов годовых значений метеопараметров по данным МС Нальчик

| Временной ряд, годы | Среднее значение | Средне квадрат отклон. | Коэффициенты | | Минимальное значение | Максимальное значение | Разброс | Показатель Херста |
|--|------------------|------------------------|--------------|----------|----------------------|-----------------------|---------|-------------------|
| | | | асимметрии | экссесса | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1955-1973 | 600,14 | 92,96 | 0,13 | -1,32 | 444,3 | 753,0 | 308,7 | 0,46 |
| 1974-1991 | 642,58 | 95,64 | -1,15 | 0,98 | 404 | 777,1 | 373,1 | 0,47 |
| 1992-2009 | 650,54 | 122,5 | 0,15 | -0,91 | 468,9 | 893,3 | 424,4 | 0,51 |
| 1955-1982 | 614,45 | 95,70 | -0,22 | -1,10 | 428,8 | 758,7 | 329,9 | 0,58 |
| 1983-2009 | 647,73 | 114,6 | -0,12 | -0,34 | 404 | 893,3 | 489,3 | 0,43 |
| 1956-2009 | 627,65 | 108,9 | -0,06 | -0,56 | 404 | 893,3 | 489,3 | 0,63 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 45,94 | 11,02 | -0,01 | -1,09 | 27 | 66 | 39 | 0,91 |
| 1974-1991 | 45,06 | 11,48 | 0,39 | -1,04 | 28 | 65 | 37 | 0,60 |
| 1992-2009 | 38,83 | 10,56 | 0,29 | -0,13 | 23 | 64 | 41 | 0,44 |
| 1956-1982 | 44,86 | 10,98 | 0,21 | -0,94 | 27 | 66 | 39 | 0,72 |
| 1983-2009 | 41,70 | 11,73 | 0,31 | -0,59 | 23 | 64 | 41 | 0,61 |
| 1956-2009 | 43,28 | 11,47 | 0,23 | -0,74 | 23 | 66 | 43 | 0,60 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 34,83 | 6,37 | 0,20 | -0,87 | 25 | 47 | 22 | 0,71 |
| 1974-1991 | 36,67 | 7,33 | -0,07 | 0,35 | 22 | 52 | 30 | 0,52 |
| 1992-2009 | 39,78 | 7,36 | 0,30 | -0,29 | 26 | 56 | 30 | 0,69 |
| 1956-1982 | 35,30 | 6,82 | 0,29 | -0,03 | 22 | 52 | 30 | 0,53 |
| 1983-2009 | 38,89 | 7,38 | 0,06 | 0,12 | 22 | 56 | 34 | 0,60 |
| 1956-2009 | 37,09 | 7,33 | 0,21 | -0,03 | 22 | 56 | 34 | 0,66 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,18 | 0,88 | 0,23 | -0,55 | 7,66 | 11,05 | 3,39 | 0,51 |
| 1974-1991 | 9,34 | 0,73 | 0,26 | -0,68 | 7,92 | 10,78 | 2,86 | 0,54 |
| 1992-2009 | 10,25 | 0,83 | -1,20 | 0,47 | 8,18 | 11,27 | 3,09 | 0,83 |
| 1956-1982 | 9,21 | 0,87 | 0,23 | -0,64 | 7,66 | 11,05 | 3,39 | 0,43 |
| 1983-2009 | 9,97 | 0,86 | -0,43 | -1,05 | 8,18 | 11,27 | 3,09 | 0,80 |
| 1956-2009 | 9,59 | 0,94 | -0,08 | -1,05 | 7,66 | 11,27 | 3,61 | 0,83 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 34,12 | 1,47 | 0,45 | -0,14 | 31,5 | 37,6 | 6,1 | 0,52 |
| 1974-1991 | 33,34 | 1,18 | -0,68 | -0,41 | 30,7 | 35 | 4,3 | 0,80 |
| 1992-2009 | 34,36 | 2,09 | 0,27 | -0,72 | 31 | 38,3 | 7,3 | 0,73 |
| 1956-1982 | 33,93 | 1,41 | 0,17 | 0,53 | 30,7 | 37,6 | 6,9 | 0,59 |
| 1983-2009 | 33,95 | 1,91 | 0,57 | -0,20 | 31 | 38,3 | 7,3 | 0,79 |
| 1956-2009 | 33,94 | 1,68 | 0,48 | 0,24 | 30,7 | 38,3 | 7,6 | 0,76 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -24,75 | 4,88 | 0,02 | -1,20 | -32 | -16 | 16 | 0,58 |
| 1974-1991 | -23,64 | 4,28 | 1,17 | 2,05 | -30 | -11 | 19 | 0,78 |
| 1992-2009 | -22,97 | 4,94 | 0,15 | -0,45 | -31,5 | -13 | 18,5 | 0,50 |
| 1956-1982 | -24,43 | 4,94 | 0,56 | 0,24 | -32 | -11 | 21 | 0,66 |
| 1983-2009 | -23,14 | 4,49 | 0,16 | -0,19 | -31,5 | -13 | 18,5 | 0,60 |
| 1956-2009 | -23,79 | 4,77 | 0,34 | -0,04 | -32 | -11 | 21 | 0,61 |

| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|------|-----|------|
| 1956-1973 | 77,49 | 1,85 | -0,74 | 0,97 | 72,4 | 80,2 | 7,8 | 0,77 |
| 1974-1991 | 78,47 | 2,31 | -0,76 | -0,55 | 73,9 | 81,8 | 7,9 | 0,59 |
| 1992-2009 | 76,48 | 2,00 | 0,50 | 0,84 | 72,2 | 81,3 | 9,1 | 0,69 |
| 1956-1982 | 77,74 | 2,03 | -0,86 | 0,04 | 72,4 | 80,2 | 7,8 | 0,50 |
| 1983-2009 | 77,22 | 2,35 | 0,33 | -0,49 | 72,2 | 81,8 | 9,6 | 0,78 |
| 1956-2009 | 77,48 | 2,22 | -0,18 | -0,49 | 72,2 | 81,8 | 9,6 | 0,76 |
| Средний дефицит влажности воздуха (мБ) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 4,18 | 0,55 | 0,96 | 0,98 | 3,4 | 5,7 | 2,3 | 0,67 |
| 1974-1991 | 4,04 | 0,48 | 0,87 | -0,14 | 3,4 | 5,2 | 1,8 | 0,67 |
| 1992-2009 | 4,67 | 0,53 | 0,87 | 0,77 | 3,7 | 6 | 2,3 | 0,73 |
| 1956-1982 | 4,12 | 0,56 | 1,00 | 0,49 | 3,4 | 5,7 | 2,3 | 0,48 |
| 1983-2009 | 4,47 | 0,56 | 0,71 | 0,85 | 3,4 | 6 | 2,6 | 0,81 |
| 1956-2009 | 4,29 | 0,59 | 0,74 | 0,40 | 3,4 | 6 | 2,6 | 0,81 |
| Число дней с относительной влажностью воздуха 30 % и менее (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 4,18 | 0,55 | 0,96 | 0,98 | 3,4 | 5,7 | 2,3 | 0,67 |
| 1974-1991 | 7,89 | 5,09 | 1,05 | -0,34 | 3 | 19 | 16 | 0,69 |
| 1992-2009 | 15,22 | 7,52 | 2,11 | 4,93 | 7 | 41 | 34 | 0,64 |
| 1956-1982 | 9,70 | 5,87 | 1,47 | 3,00 | 1 | 30 | 29 | 0,56 |
| 1983-2009 | 12,89 | 7,70 | 1,63 | 4,10 | 3 | 41 | 38 | 0,76 |
| 1956-2009 | 11,30 | 7,03 | 1,67 | 4,45 | 1 | 41 | 40 | 0,79 |
| Максимальный скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 17,5 | 2,75 | 0,08 | 0,31 | 12 | 24 | 12 | 0,82 |
| 1974-1991 | 22,17 | 3,25 | 0,53 | 0,17 | 16 | 30 | 14 | 0,74 |
| 1992-2009 | 20,33 | 2,85 | 1,12 | 1,33 | 16 | 28 | 12 | 0,62 |
| 1956-1982 | 18,59 | 3,14 | 0,14 | 0,05 | 12 | 26 | 14 | 0,86 |
| 1983-2009 | 21,41 | 3,33 | 0,84 | 0,28 | 16 | 30 | 14 | 0,77 |
| 1956-2009 | 20 | 3,53 | 0,46 | 0,56 | 12 | 30 | 18 | 0,85 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,44 | 2,87 | 0,94 | 0,39 | 0 | 11 | 11 | 0,80 |
| 1974-1991 | 9,39 | 5,32 | 1,30 | 1,55 | 3 | 25 | 22 | 0,60 |
| 1992-2009 | 6,61 | 4,03 | 0,73 | 0,10 | 1 | 17 | 16 | 0,72 |
| 1956-1982 | 4,70 | 3,60 | 0,98 | 0,70 | 0 | 15 | 15 | 0,81 |
| 1983-2009 | 8,26 | 5,27 | 1,16 | 1,64 | 1 | 25 | 24 | 0,78 |
| 1956-2009 | 6,48 | 4,85 | 1,29 | 2,30 | 0 | 25 | 25 | 0,83 |

Среднее и максимальное значения повышаются более, чем на 50 мм на всем времени упреждения (50,4 мм и 60,3 мм соответственно). Коэффициенты асимметрии и эксцесса показывают, что первый интервал является левосторонним плосковершинным, второй правосторонним островершинным и третий левосторонним плосковершинным. Это означает, что во втором интервале происходят резкие скачки: возрастание и уменьшение. Данное суждение подтверждает и показатель Херста. По его значениям на первом и втором интервалах

получаем, что временные ряды этих интервалов нестабильны, непредсказуемы. На третьем интервале происходит некоторая стабилизация, близкая к нормальному распределению. Равномерное повышение максимальных значений соответствует увеличению разброса между минимальными и максимальными значениями и возрастает от интервала к интервалу в обоих вариантах. Во втором варианте все статистические характеристики, за исключением минимальных значений, возрастают. Показатель Херста во второй половине меньше 0,50, что указывает на непредсказуемость, и уменьшение в прошлом соответствует увеличению и, наоборот, а фрактальные линии расположены в антиперсистентной области.

Среднее и максимальное значения суточного максимума осадков по годам в обоих вариантах исследования уменьшаются от интервала к интервалу. У остальных характеристик наибольшее значение отмечается на интервале 1974-1991 гг.

Коэффициенты асимметрии и эксцесса указывают на левостороннюю плосковершинность. Для суточного максимума осадков интервал 1992-2009 гг. по показателю Херста характеризуется антиперсистентностью, т.е. рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем.

Динамика изменения числа дней с осадками 5 мм и более такова, что среднее и максимальное значения и уровень рассеяния увеличиваются в случае первого варианта, а во втором варианте, кроме коэффициента асимметрии, все характеристики увеличиваются. Показатель Херста характеризует процесс персистентным, что указывает на сохранение динамики изменения и на увеличение количества дней.

Средняя температура воздуха и её минимальное значение в обоих вариантах увеличиваются от интервала к интервалу. Все остальные характеристики, за исключением коэффициентов асимметрии, в первом варианте сперва уменьшаются, а затем такими же темпами увеличиваются, а во втором варианте, кроме минимального и максимального значений, все уменьшаются. Уменьшение разброса объясняется тем, что устойчивое увеличение минимальных значений приближает их к максимальным. По показателю Херста первые интервалы в обоих вариантах неустойчивы. Временной

ряд интервала 1956-1973 гг. подчиняется нормальному закону распределения, никакой выраженной тенденции процесса не выявлено.

Все статистические характеристики максимальной температуры воздуха, за исключением коэффициента эксцесса, незначительно уменьшаются от первого интервала ко второму, затем такими же темпами увеличиваются, а в случае двух интервалов они тоже увеличиваются. Показатель Херста характеризует временной ряд как персистентный, стабильный.

Динамика изменения минимальной температуры на поверхности почвы идентична средней температуре воздуха. Средние значения повышаются со временем, с уменьшением среднеквадратического отклонения процесс становится более плотным. Показатели Херста на каждом интервале и в общем указывают на сохранение наблюдаемой тенденции в сочетании с относительно низким уровнем зашумленности, и процесс соответствует броуновскому движению.

Средняя относительная влажность воздуха повышается на 1%, затем уменьшается на 2%, а в случае второго варианта происходит уменьшение на 0,32 %. Среднеквадратическое отклонение указывает на незначительное рассеяние. Разброс между минимальным и максимальным значениями увеличивается от интервала к интервалу, что является следствием характера изменения максимальных значений. Закон Херста для данного метеопараметра является устойчивым, т.е. тенденция к увеличению в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем и наоборот, тенденция к уменьшению в прошлом означает продолжение уменьшения в будущем.

Средний дефицит влажности воздуха повышается на 0,49 мБ, остальные характеристики меняются таким же образом и незначительно. Показатель Херста на интервале 1956-1982 гг. меньше 0,50 и характеризуется антиперсистентностью - рост в прошлом означает уменьшение в будущем, а тенденция к уменьшению в прошлом делает вероятным увеличение в будущем.

Число дней с относительной влажностью воздуха 30% растёт быстрыми темпами, так на интервале 1992-2009 годов их на 11 больше, чем на первом интервале. Ряд становится левосторонним островершинным, т.е. на последнем интервале, вероятно, наблюдаются резкие перепады, максимальное значение доходит до 41 дня.

Показатель Херста характеризует процесс как персистентный, т.е. число дней с низкой влажностью воздуха будет увеличиваться.

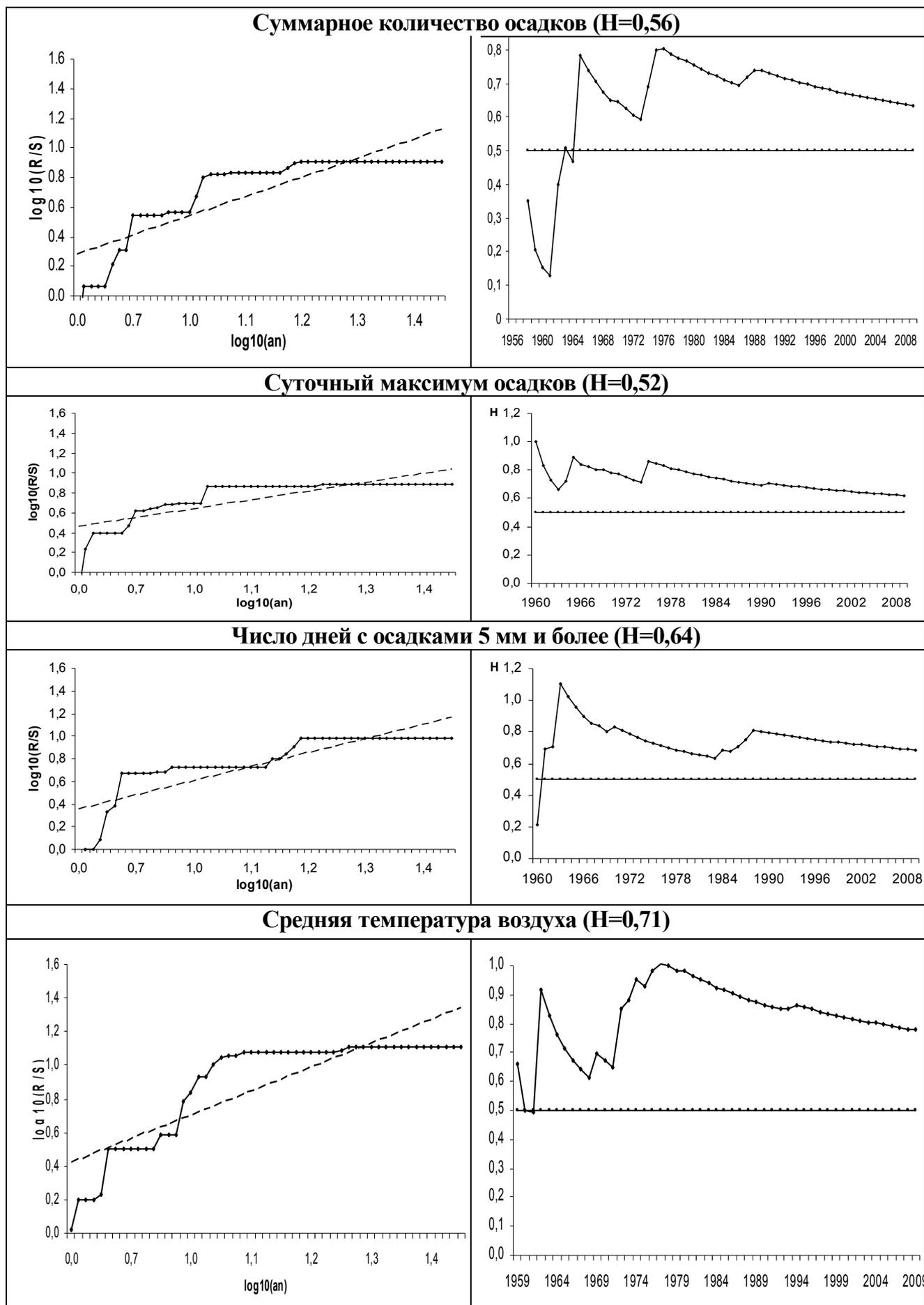
Результаты анализа годовой максимальной скорости ветра показывают, что наименьшее значение наблюдается на первом интервале, далее повышается на 4,67 м/с, а затем уменьшается на 1,84 м/с. Все остальные характеристики, за исключением коэффициентов асимметрии и эксцесса, меняются по такому же принципу. В случае второго варианта все характеристики повышаются. Показатель Херста указывает, что ряды всех интервалов и во времени являются персистентными.

Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более, как и все другие статистические характеристики на интервале 1974-1991 годов принимают наибольшие значения, затем снижаются, но в целом они увеличиваются. Коэффициенты асимметрии и эксцесса указывают на левостороннюю островершинность, и на указанном интервале она более интенсивна. Во втором варианте динамика возрастания сохраняется, ряды значений показателя Херста характеризуются персистентностью, а это значит, что и в будущем число ветреных дней скорее всего будет увеличиваться.

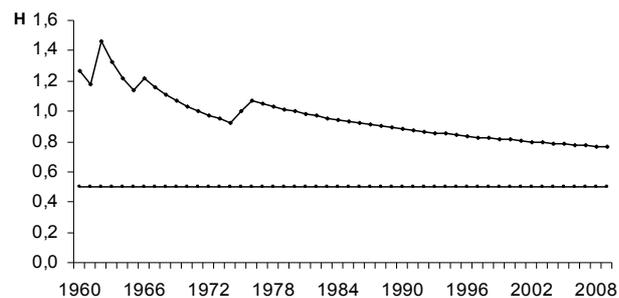
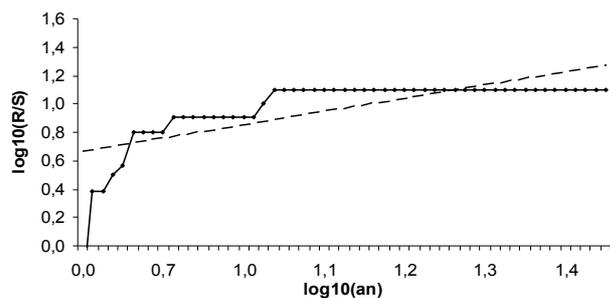
2.2.2. Фрактальный анализ динамики изменения метеопараметров

Остановимся далее на результатах фрактального анализа временных рядов метеопараметров в зимний сезон. Отметим, что наличие фрактальных свойств для тех временных рядов, поведение которых не подчиняется нормальному закону распределения, дает ценную информацию об изучаемом процессе. В этих случаях, чем больше фрактальная размерность ряда (чем меньше коэффициент Херста), тем сложнее выявить такие особенности ряда как наличие тренда, наличие скрытых периодичностей и др.

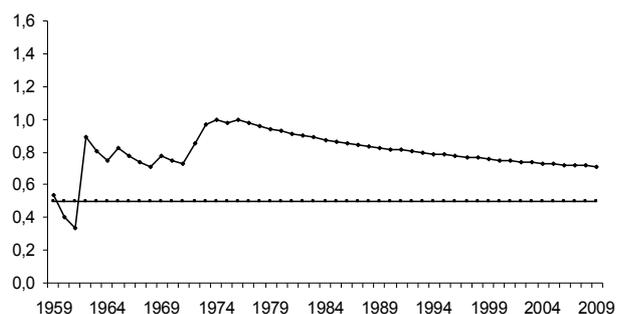
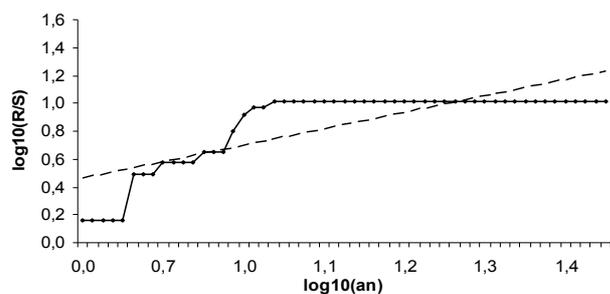
Когда фрактальная размерность ряда уменьшается (соответственно увеличивается коэффициент Херста), тогда временной ряд становится менее зашумленным. Следствием этого является удлинение таких отрезков ряда, которые сохраняют один и тот же знак приращений.



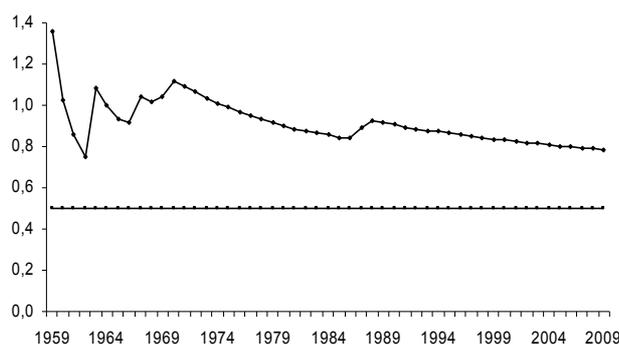
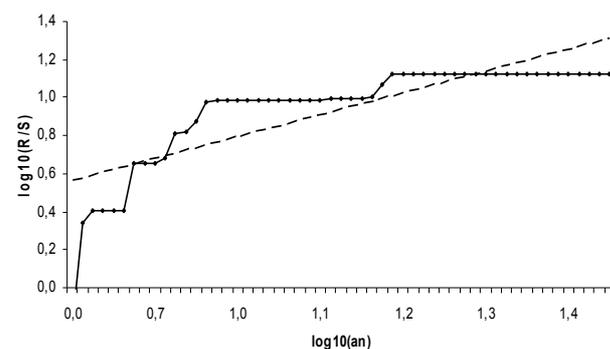
Максимальная температура воздуха (H=0,69)



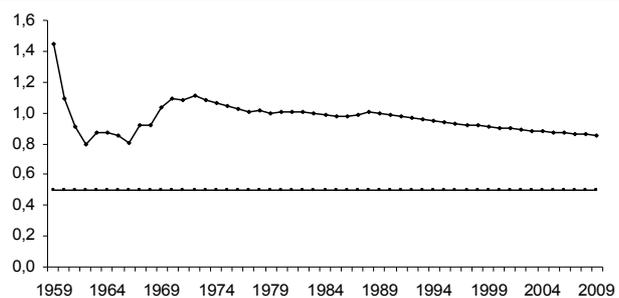
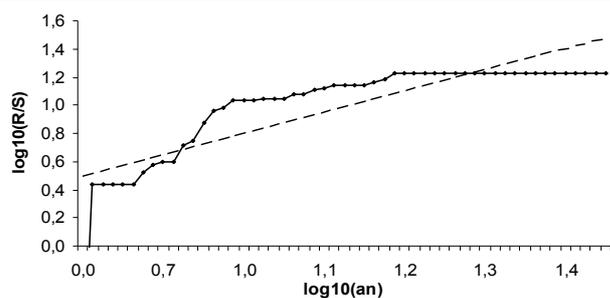
Минимальная температура на поверхности почвы (H=0,64)



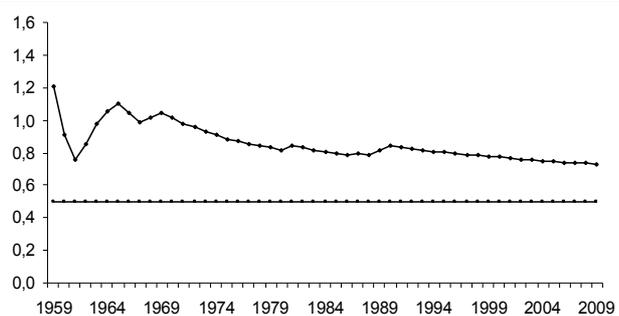
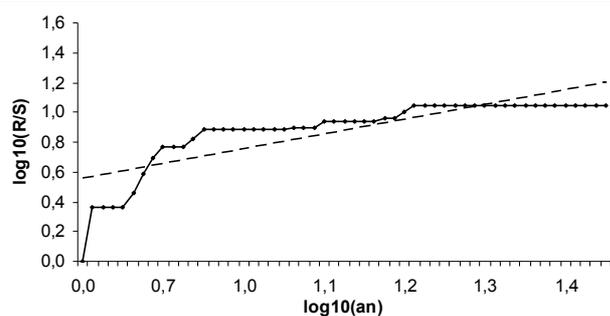
Средняя относительная влажность воздуха (H=0,70)



Средний дефицит влажности воздуха (H=0,78)



Число дней с относительной влажностью 30% и менее (H=0,65)



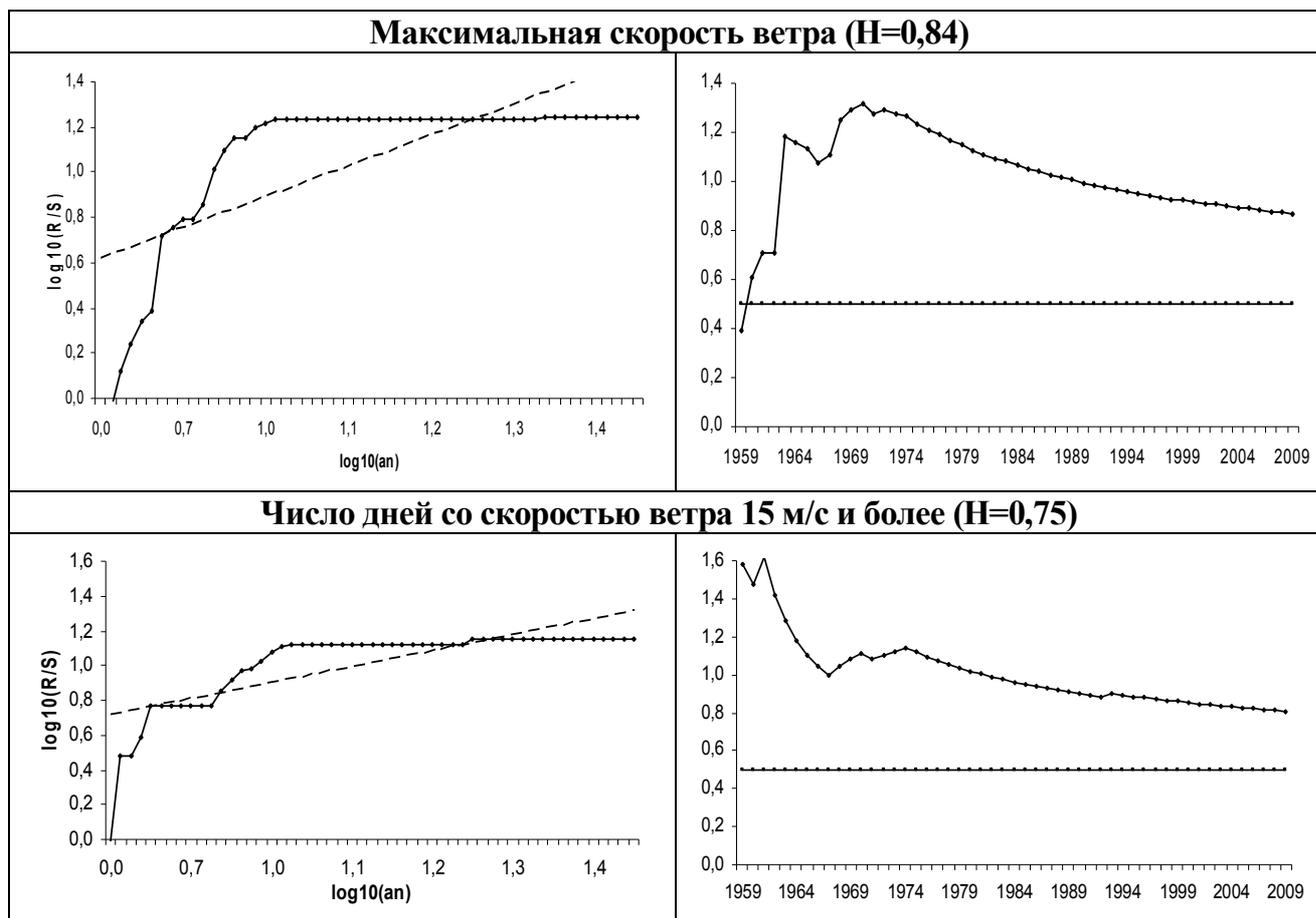


Рисунок 2.4 - Результаты R/S – анализа временных рядов в зимний сезон

На рисунке 2.4 приведены результаты R/S – анализа временных рядов основных климатообразующих метеопараметров в зимний сезон, которые можно описать следующим образом:

- для суммарного количества осадков динамика изменения нестабильна и антиперсистентна до 1964 года, следующие два года соответствуют белому гауссовскому шуму, а остальные годы, которые соответствуют фрактальному броуновскому движению с положительной корреляцией (долгой памятью), являются циклическими; за увеличением суммарного количества осадков в прошлом последует их увеличение и в будущем;

- хотя показатель Херста для суточного максимума осадков ($H=0,52$) меньше, чем для суммарного количества осадков, на всем интервале он характеризуется персистентностью, а с 1965 года значения уменьшаются, и процесс стремится к гауссовскому белому шуму;

– для числа дней с осадками 5 мм и более показатель Херста составляет $H=0,64$, за исключением первого года процесс стабильный; с 1963 года происходит снижение значений показателя Херста, что указывает на увеличение зашумленности;

– средняя температура воздуха стабильно возрастает, временной ряд обладает свойством персистентности, а в двух точках отмечается белый шум;

– временной ряд максимальной температуры воздуха до 1980 года ведет себя непредсказуемо, но в дальнейшем процесс стабилизируется;

– для минимальной температуры на поверхности почвы вначале происходят некоторые колебания и начиная с 1962 года, процесс стабилизируется, указывая на персистентность, а это означает, что тенденция сохраняется;

– для средней относительной влажности воздуха показатель Херста на всем интервале имеет достаточно высокое значение, в среднем $H=0,70$, а процесс характеризуется персистентностью;

– для среднего дефицита относительной влажности воздуха показатель Херста равен 0,78 первые два года и на интервале 1969-1973 гг. $H > 1$, что противоречит условию, поэтому процесс исследованию не подлежит;

– для числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее $H=0,65$, и на всем промежутке графики указывают стабильность процесса;

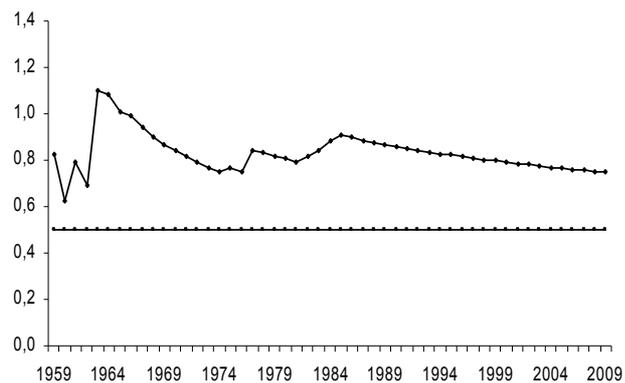
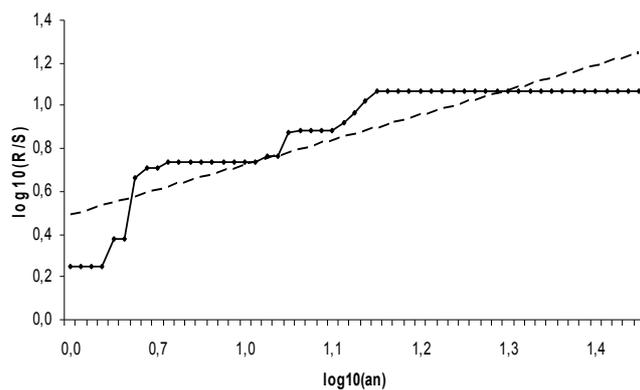
– для максимальной скорости ветра с порывами, как показывают графики, наиболее благоприятным является период с 1988 года, хотя показатель Херста немного уменьшается, но сохраняет характер персистентности и в среднем $H=0,84$;

– для числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более показатель Херста указывает на низкую зашумленность и высокую степень персистентности.

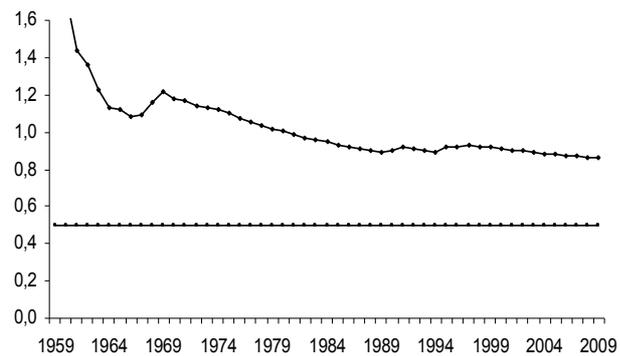
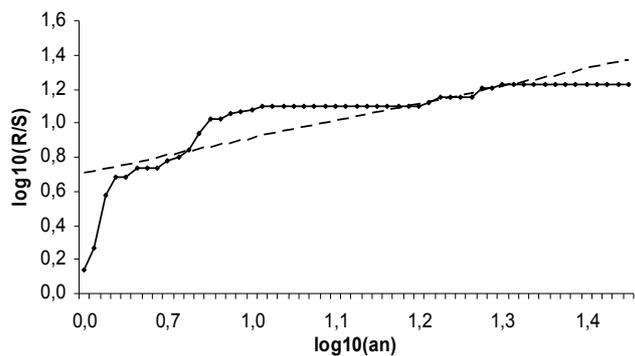
На рисунке 2.5 приведены результаты R/S – анализа метеопараметров в весенний сезон по данным МС Нальчик:

– суммарное количество осадков с показателем Херста $H=0,68$ во времени упреждения является персистентным, т.е. динамика изменения метеопараметра стабильна и устойчива;

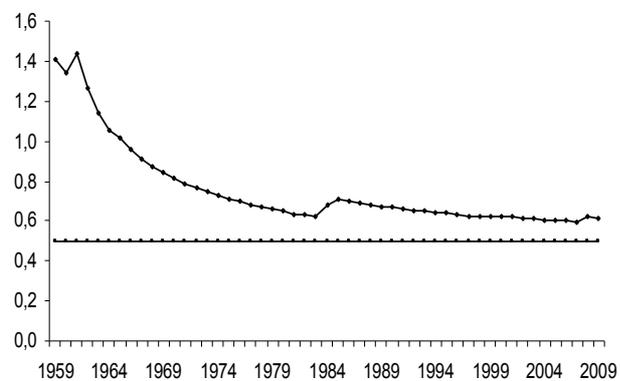
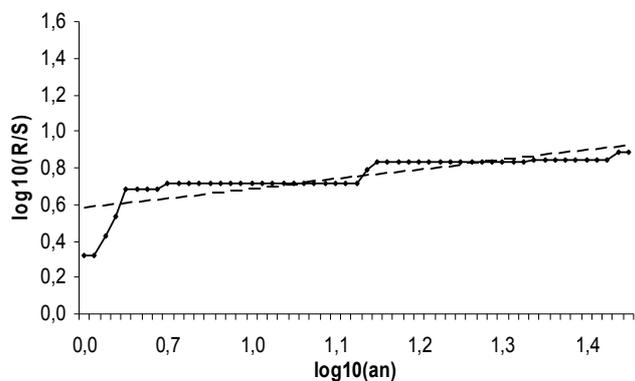
Суммарное количество осадков (H=0,68)



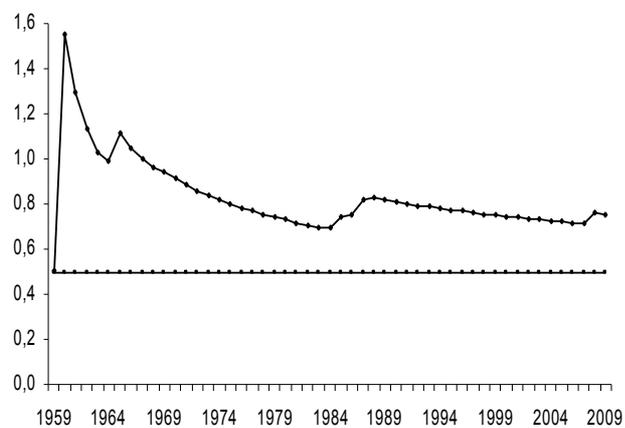
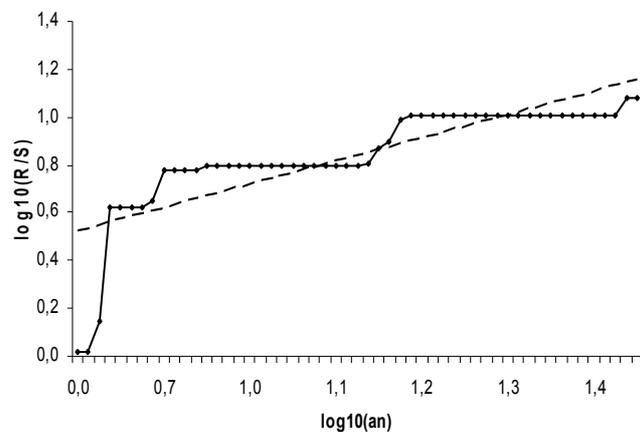
Суточный максимум осадков (H=0,79)



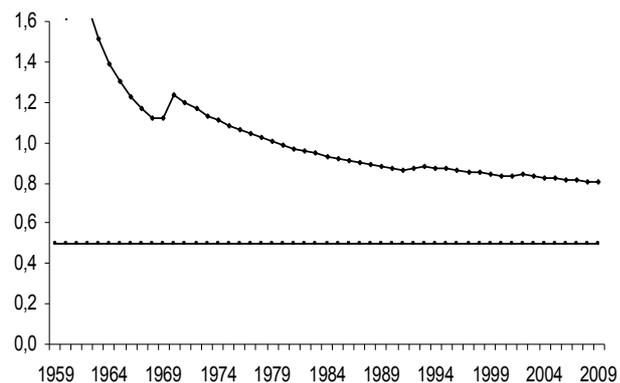
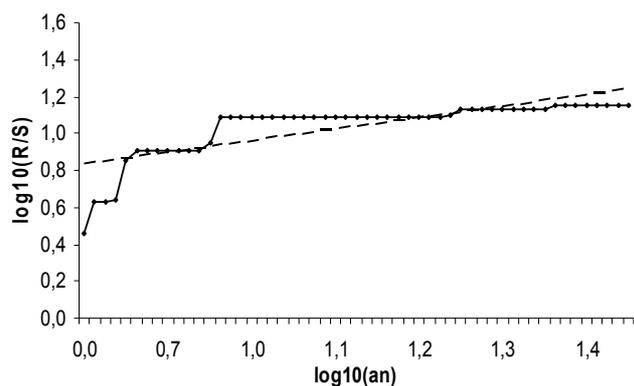
Число дней с осадками 5 мм и более (H=0,55)



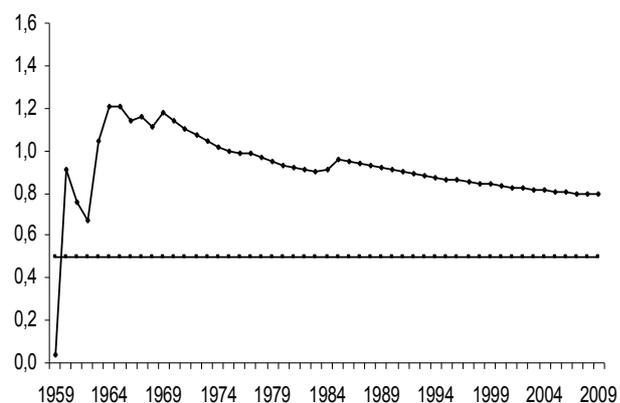
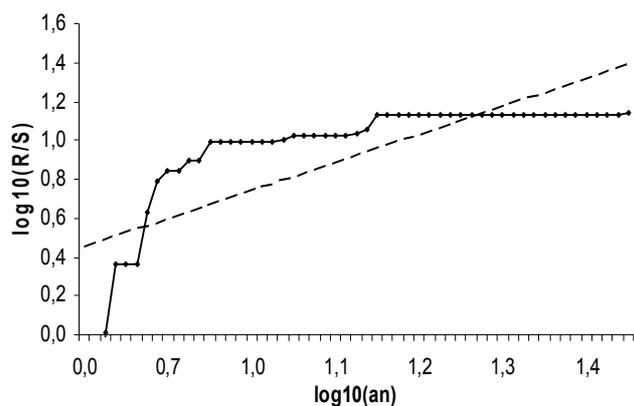
Средняя температура воздуха (H=0,71)



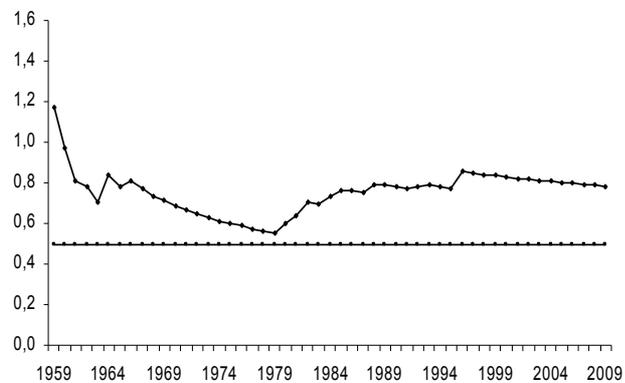
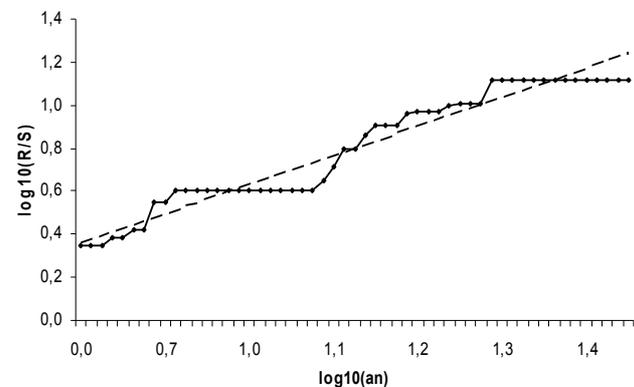
Максимальная температура воздуха (H=0,73)



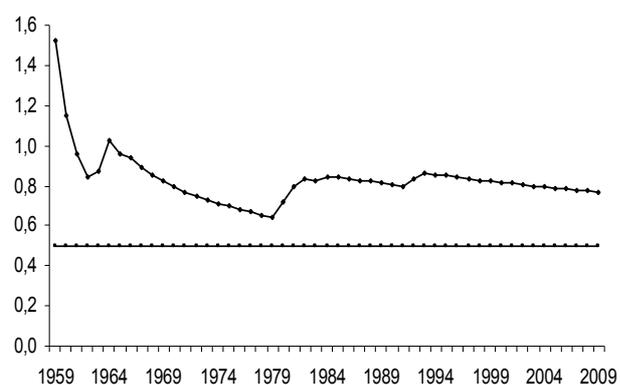
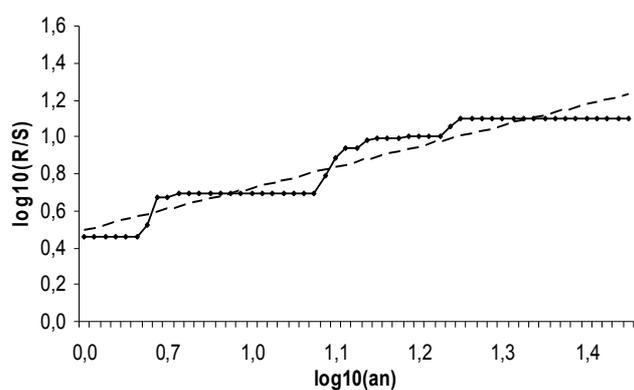
Минимальная температура на поверхности почвы (H=0,70)



Средняя относительная влажность воздуха (H=0,72)



Средний дефицит влажности воздуха (H=0,71)



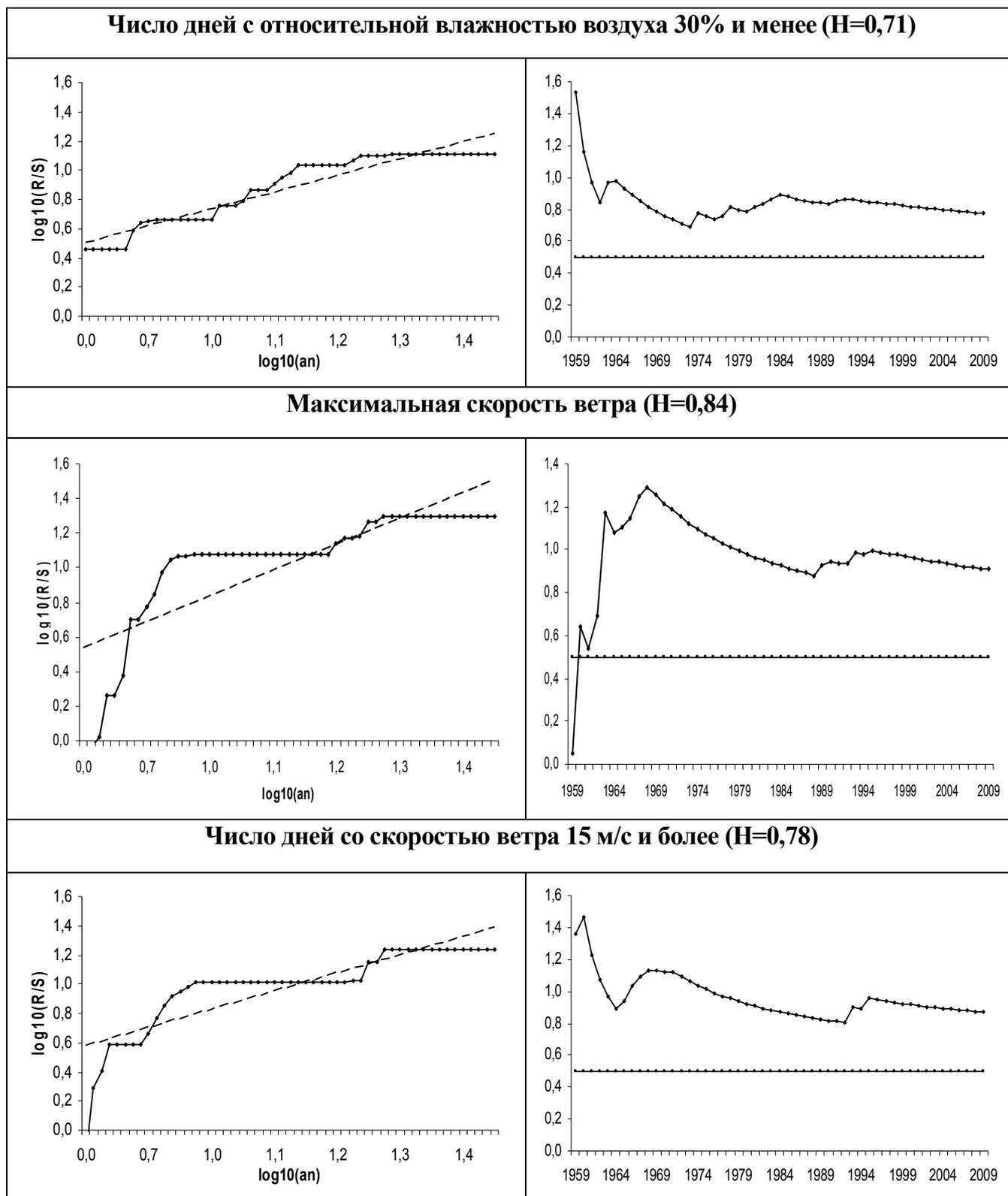


Рисунок 2.5 - Результаты R/S – анализа временных рядов в весенний сезон

– суточный максимум осадков в первые двадцать лет нестабильный из-за внутренних колебаний, поэтому необходимы дополнительные исследования; в

остальные годы показатель Херста характеризует персистентность с высокой степенью;

– число дней с осадками 5 мм и более имеет свойство персистентности, но в последние 35 лет процесс близок к гауссовскому белому шуму;

– для средней температуры воздуха процесс начинается со стихийного, а затем стабилизируется, т.е. соблюдается персистентность, которая означает повышение в будущем температуры воздуха; максимальная температура воздуха с показателем Херста $H=0,73$ до 1979 году ведет себя непонятным образом, но затем происходит стабилизация, которая имеет свойство персистентности;

– для минимальной температуры на поверхности почвы достаточно высокий показатель Херста, который характеризует персистентность, за исключением первых двух лет;

– средний дефицит относительной влажности воздуха и число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее с показателем Херста $H=0,71$ имеют свойство персистентности;

– анализ средней относительной влажности воздуха указывает на то, что в интервале 1974-1991 гг. происходит некоторая нестабильность, которая является последствием повышения осадков и понижения средней температуры воздуха;

– максимальная скорость ветра в первые четыре года нестабильна, а затем повышается устойчивость и происходит стабилизация, которая сохраняется до конца;

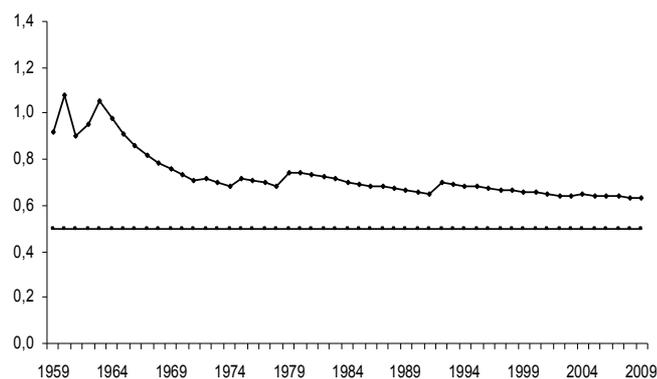
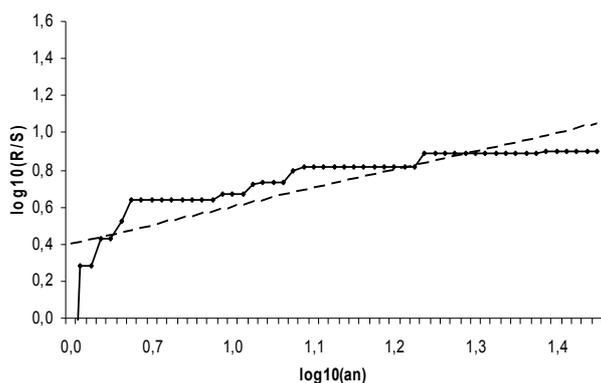
– число дней со скоростью ветра 15 м/с и более с показателем Херста $H=0,78$ во времени упреждения имеет свойство персистентности.

На рисунке 2.6 приведены результаты R/S – анализа метеопараметров в летний сезон по данным МС Нальчик:

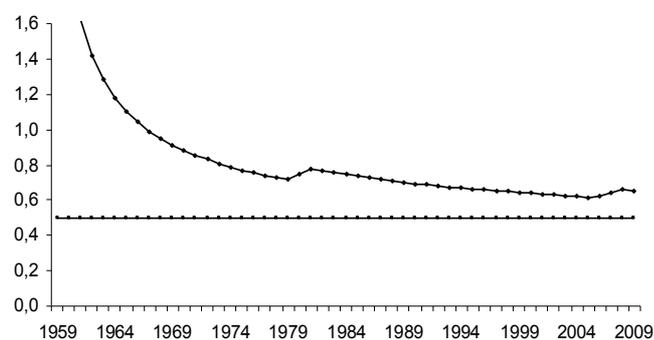
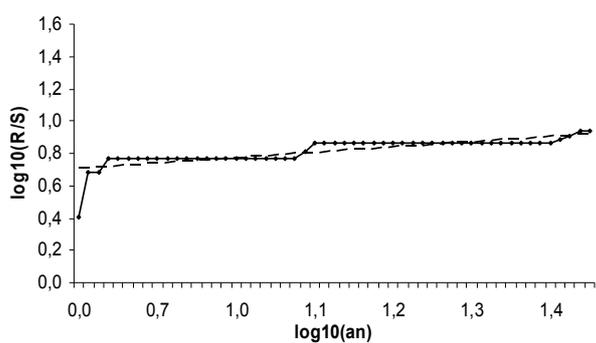
– динамика изменения суммарного количества осадков ($H=0,58$) на всем интервале, за исключением 1960 года, характеризуется стабильностью;

– суточный максимум осадков ($H=0,59$) до 1967 года нестабилен и анализу не подлежит, затем процесс стабилизируется;

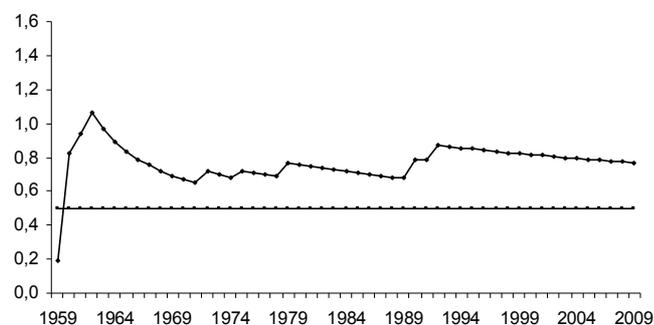
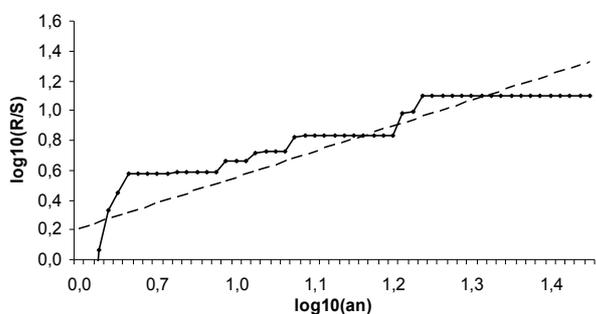
Суммарное количество осадков (H=0,58)



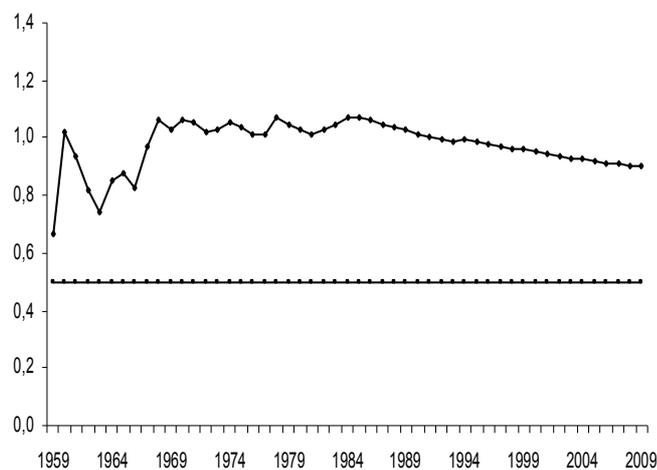
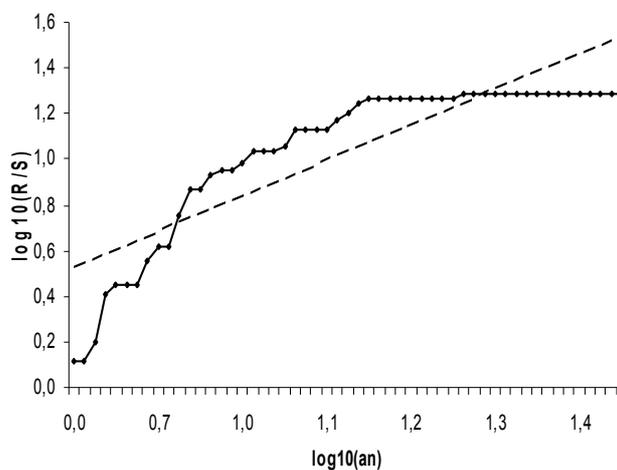
Суточный максимум осадков (H=0,59)



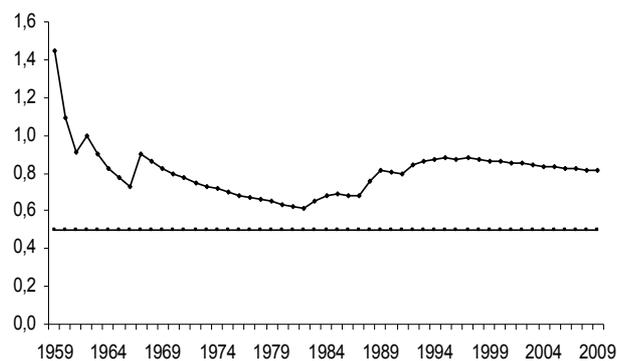
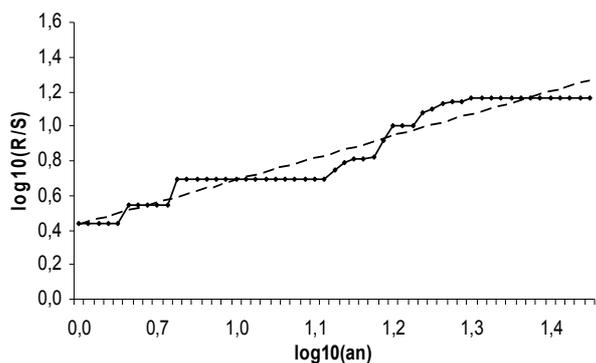
Число дней с осадками 5 мм и более (H=0,70)



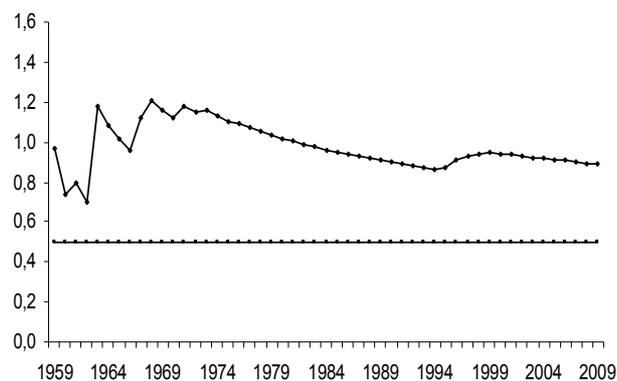
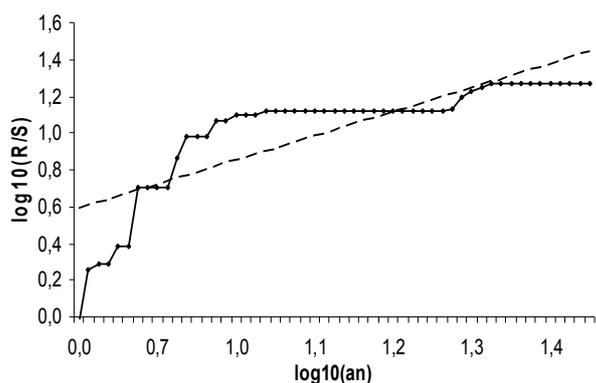
Средняя температура воздуха (H=0,83)



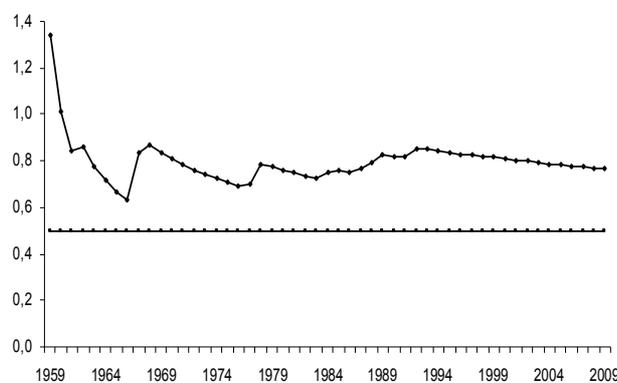
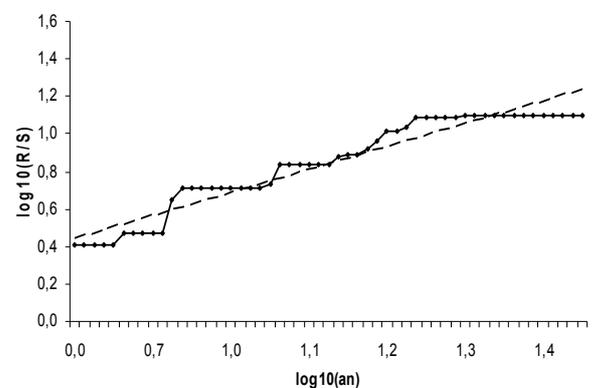
Максимальная температура воздуха (H=0,74)



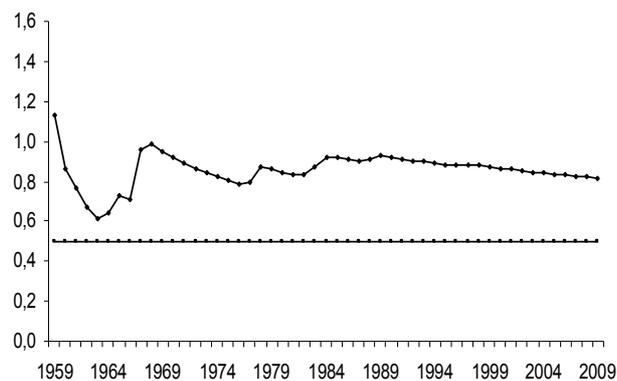
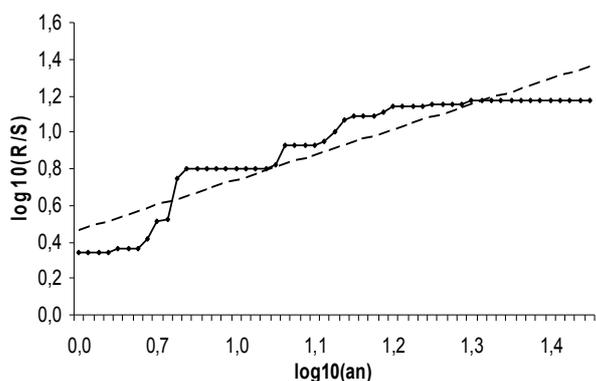
Минимальная температура на поверхности почвы (H=0,73)



Средняя относительная влажность воздуха (H=0,70)



Средний дефицит относительной влажности воздуха (H=0,75)



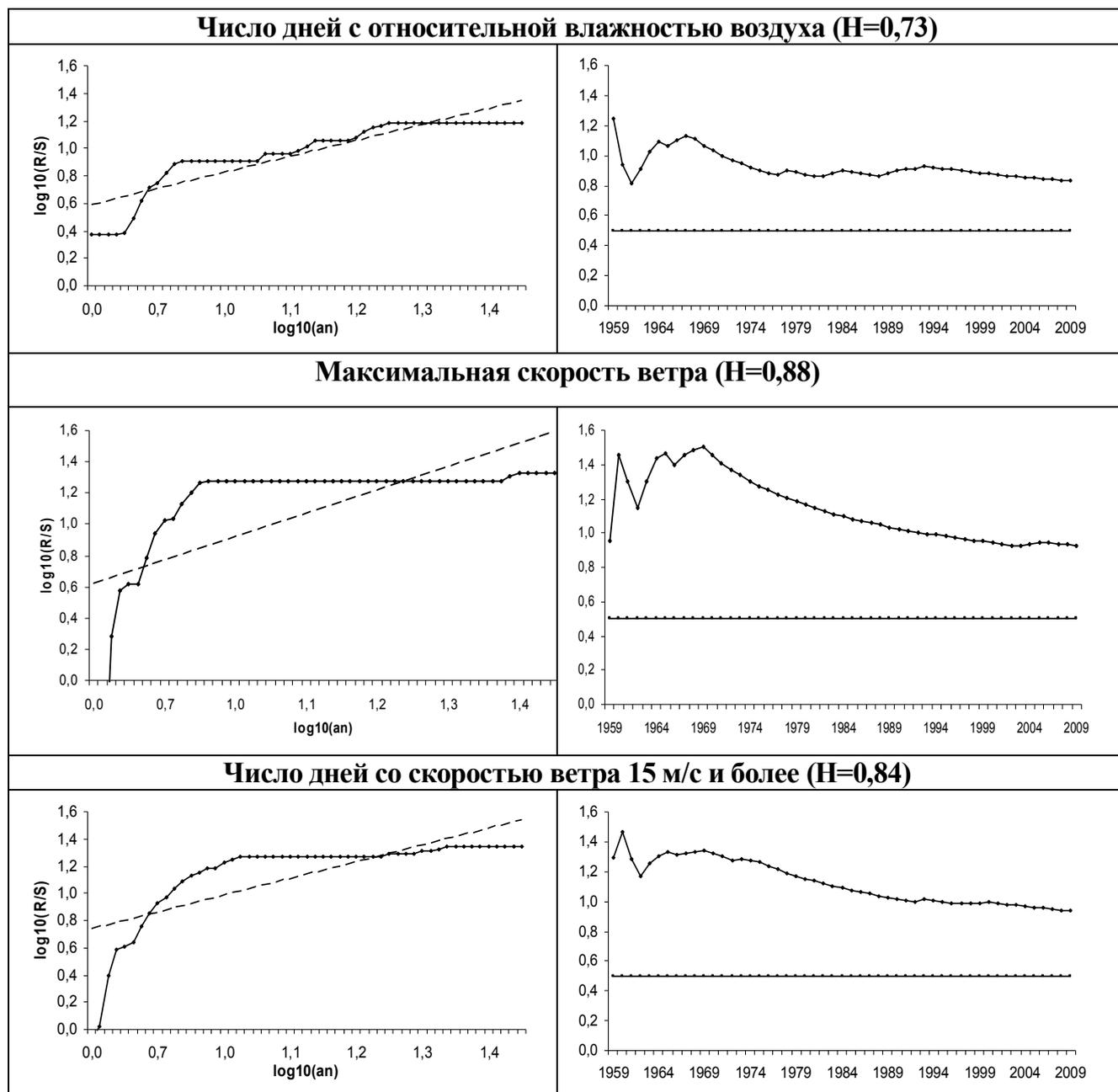


Рисунок 2.6 - Результаты R/S – анализа временных рядов в летний сезон

– число дней с осадками 5 мм и более с показателем Херста $H=0,70$ с 1960 года имеет свойство персистентности;

– для средней температуры воздуха динамика изменения соответствует нормальному распределению до 1990 года, где показатель Херста близок к 1, а затем ряд переходит в разряд стабильно устойчивого состояния; коэффициент Херста $H=0,83$ для всего ряда указывает на высокую степень персистентности;

– максимальная температура воздуха ($H=0,74$), в обоих графиках отмечены периоды неустойчивости, например, в левом графике процесс стабилизации не наступает в точке 1;

– средняя относительная влажность воздуха, средний дефицит относительной влажности воздуха и число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее по характеру меняются идентично, в первой точке существует неопределенность, а затем процесс стабилен и имеет свойство персистентности;

– минимальная температура на поверхности почвы меняется почти так же, как и средняя температура воздуха, только начиная с 1980 года процесс стабилизируется, а до этого момента о характере изменения метеопараметра трудно что-то сказать;

– для максимальной скорости ветра и числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более в левой части картины указано резкое увеличение R/S значений, что считается ненормальным; неустойчивость ряда на интервале 1992-2009 гг. является следствием резкого скачка вначале, и это указывает на то, что в дальнейшем процесс может быть непредсказуемым, а тенденция уменьшения значения метеопараметра в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем.

На рисунке 2.7 приведены результаты R/S – анализа метеопараметров в осенний сезон по данным МС Нальчик.

Результаты R/S – анализа показывают следующее:

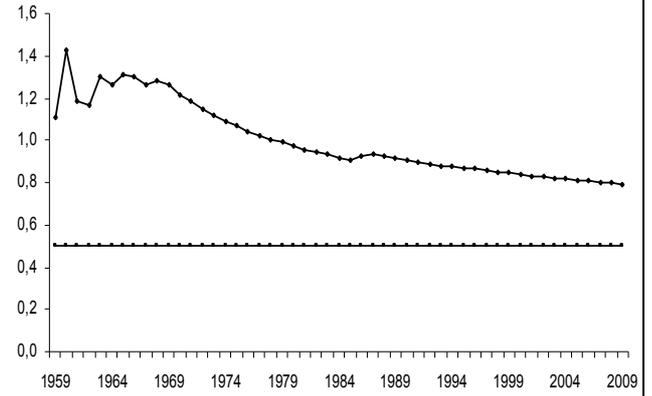
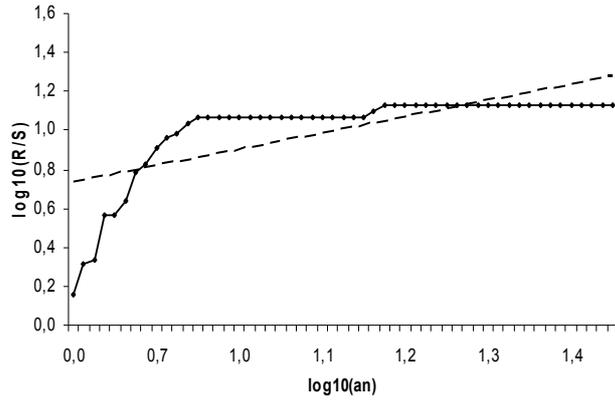
– динамика изменения суммарного количества осадков начиная с 1974 года соответствует броуновскому движению с положительной корреляцией (долгой памятью), ряд устойчив и является циклическим ($H=0,69$);

– для суточного максимума осадков неопределенность наблюдается до 1966 года и в дальнейшем процесс стабилизируется, а значение показателя Херста $H=0,62$ указывает на персистентность ряда;

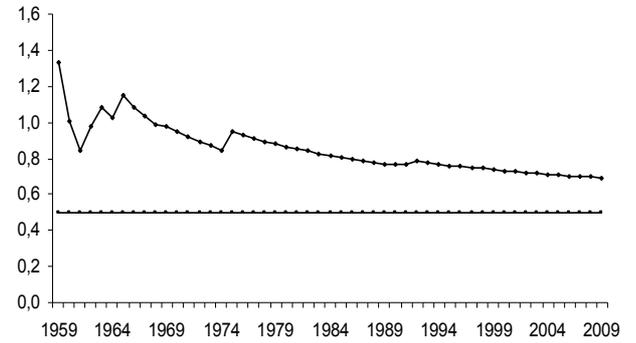
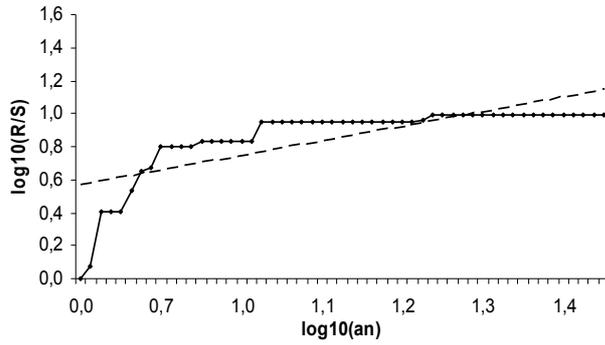
– временной ряд числа дней с осадками 5 мм и более ($H=0,81$) на всем интервале стабилен с частичными колебаниями;

– для средней температуры воздуха с 1966 года устойчивое состояние; показатель Херста $H=0,73$ для всего ряда указывает о высокой степени персистентности;

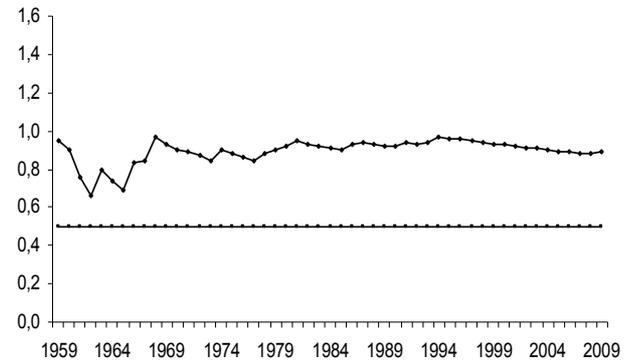
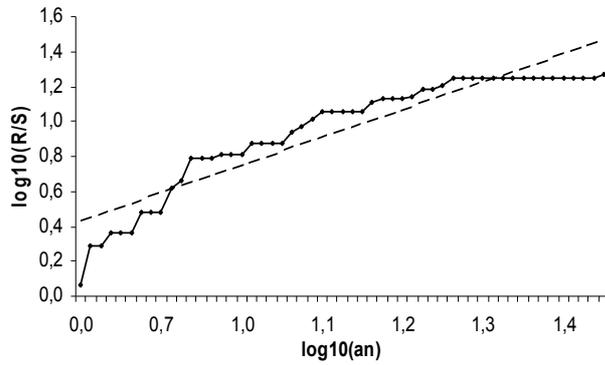
Суммарное количество осадков ($H=0,69$)



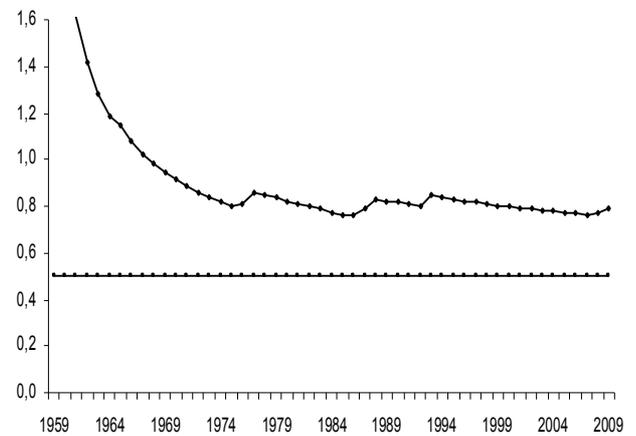
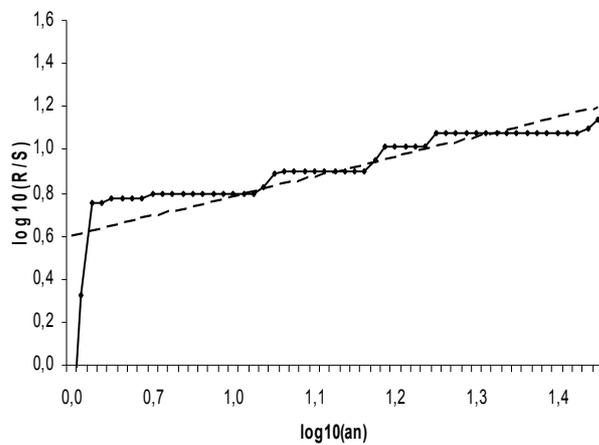
Суточный максимум осадков ($H=0,62$)



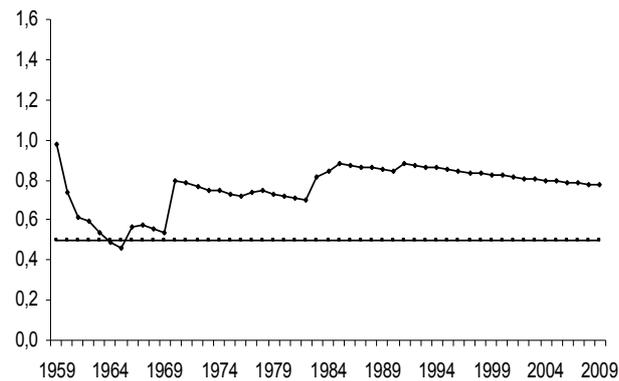
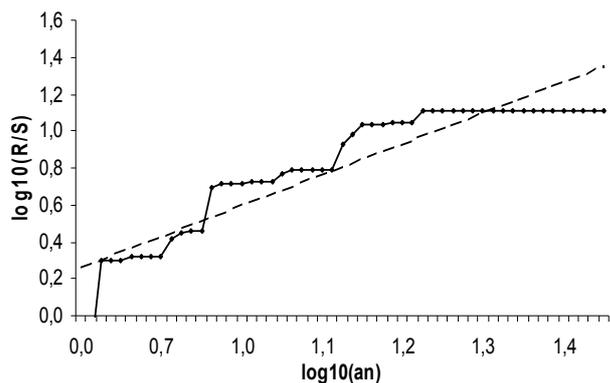
Число дней с осадками 5 мм и более ($H=0,81$)



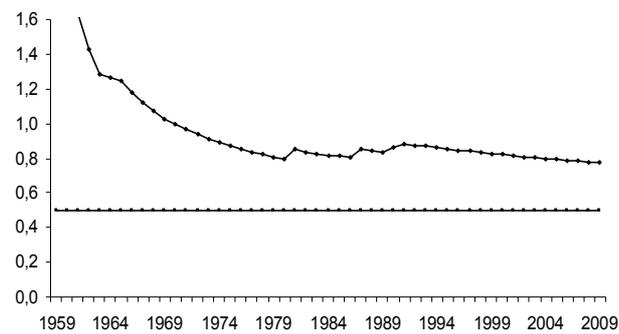
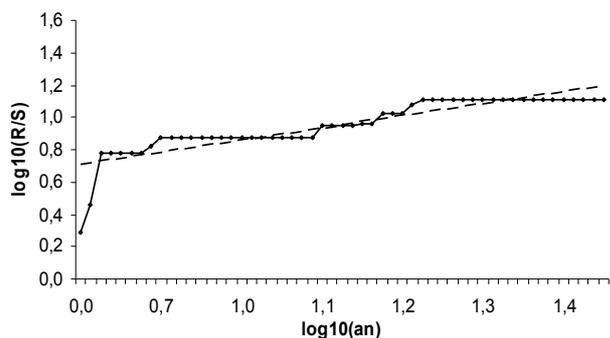
Средняя температура воздуха ($H=0,73$)



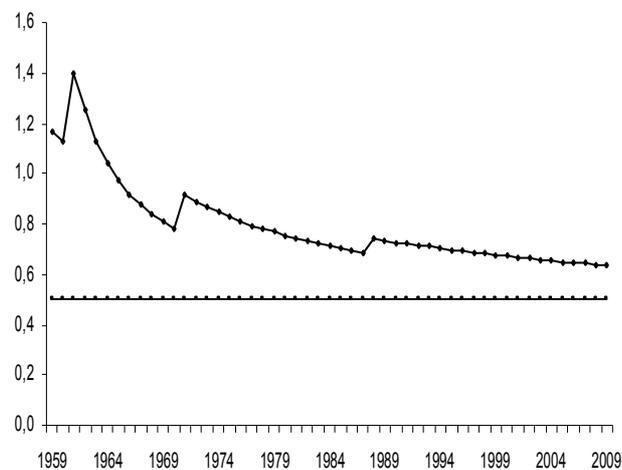
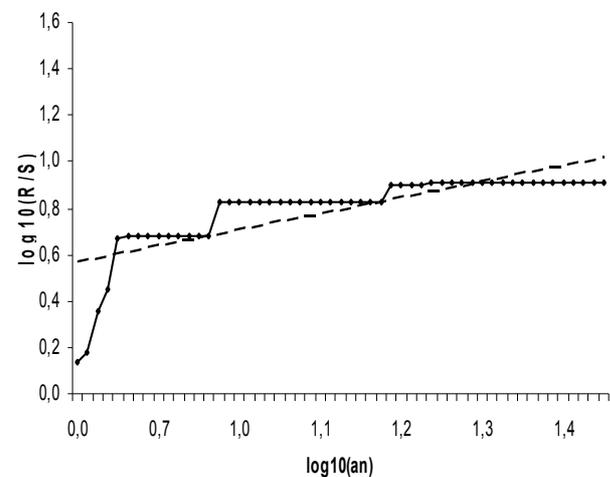
Максимальная температура воздуха (H=0,66)



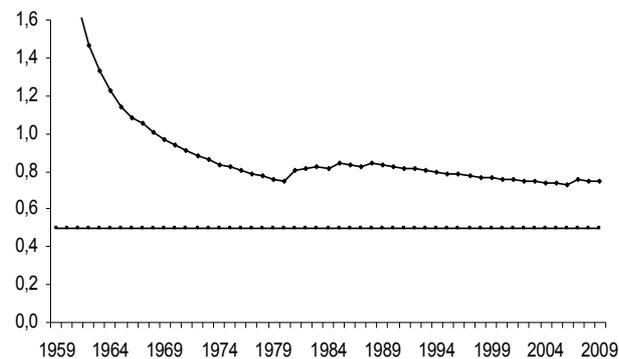
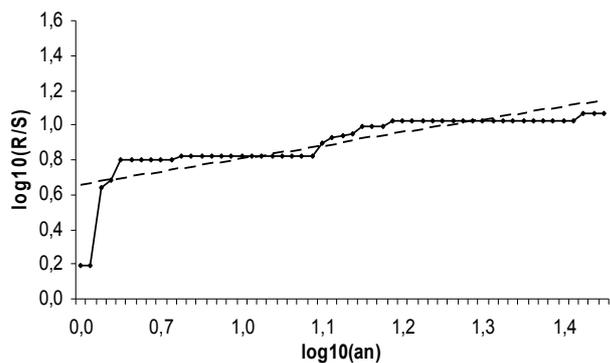
Минимальная температура на поверхности почвы (H=0,65)



Средняя относительная влажность воздуха (H=0,56)



Средний дефицит влажности воздуха (H=0,69)



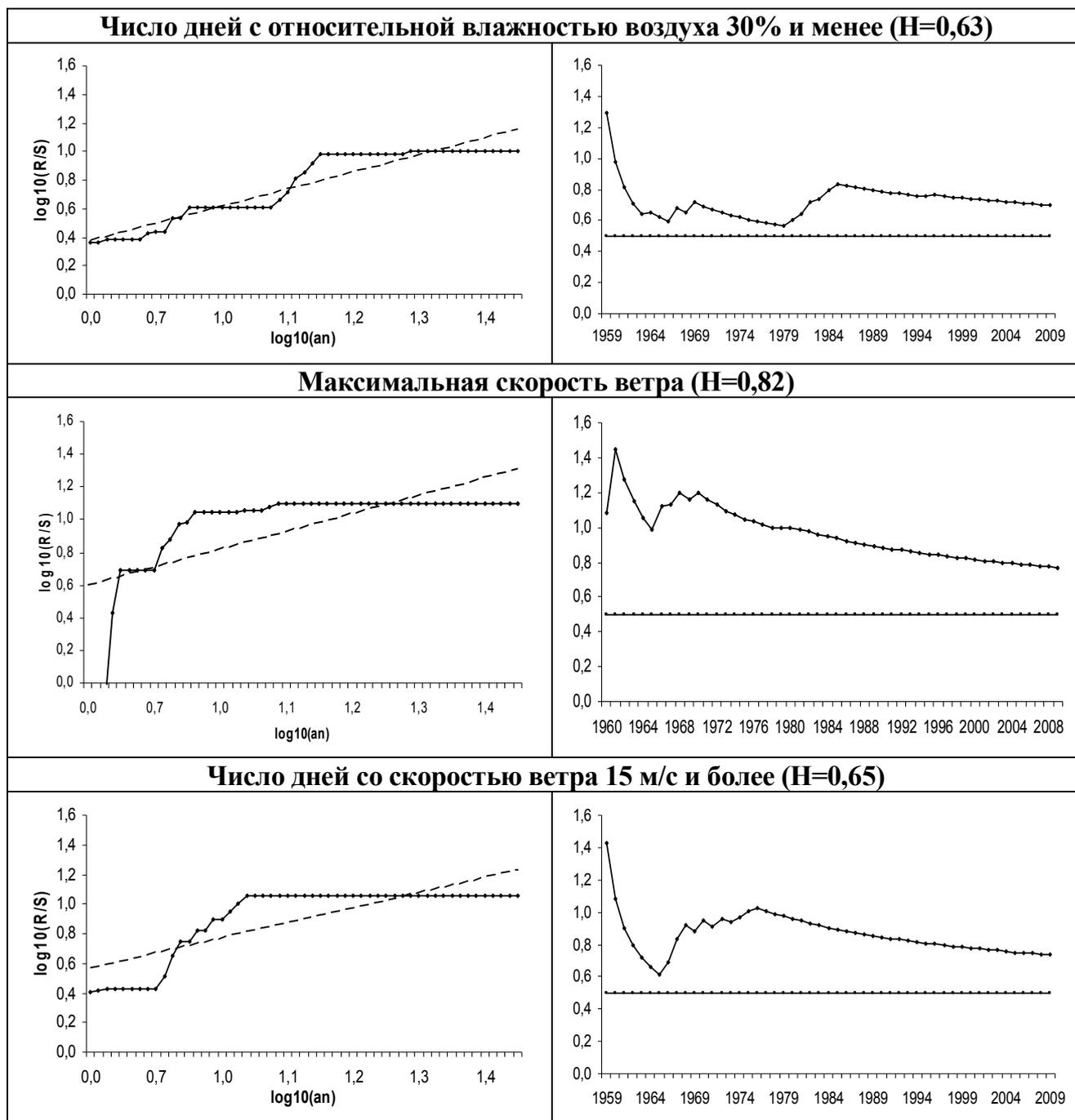


Рисунок 2.7 - Результаты R/S – анализа временных рядов в осенний сезон

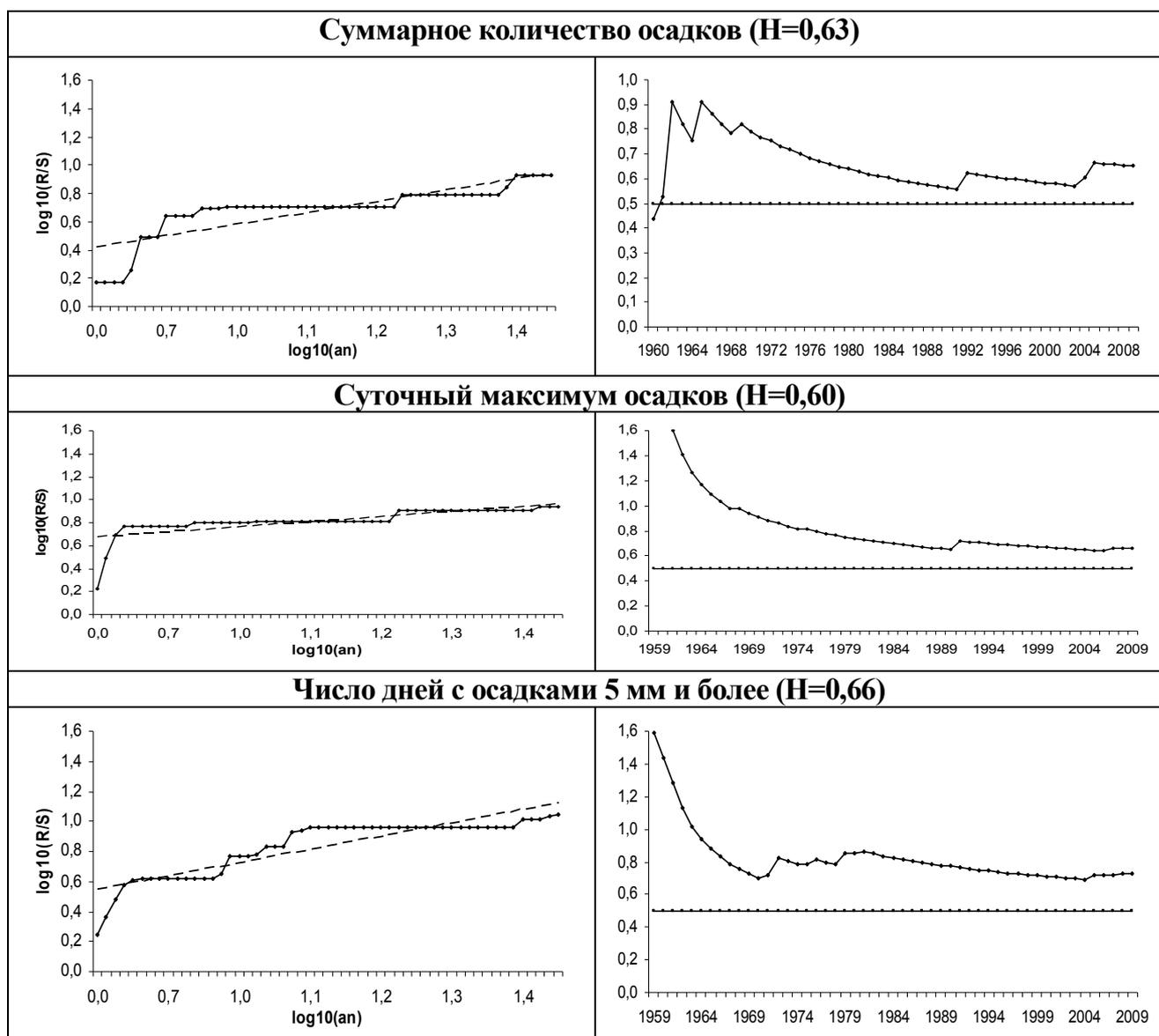
– максимальная температура воздуха в 1963-1969 годах ведет себя нестабильно, т.е. в этих точках коэффициент Херста меньше 0,50, что указывает на наличие шумов; в остальное время всего периода она соответствует фрактальному броуновскому движению;

– характер изменения минимальной температуры почвы схож со средней температурой воздуха, также в начале наблюдается неопределенность, но затем

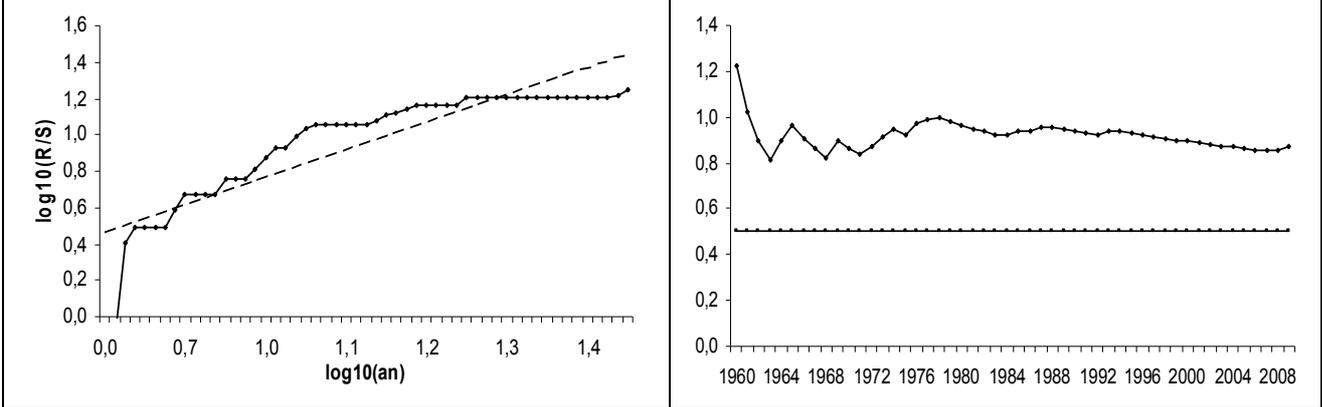
процесс стабилизируется, а показатель Херста $H=0,65$ указывает на персистентность ряда;

– фрактальная оценка изменения остальных метеопараметров указывает на то, что все они относительно стабильны на всем периоде и персистентны, подтверждая сохранение динамики;

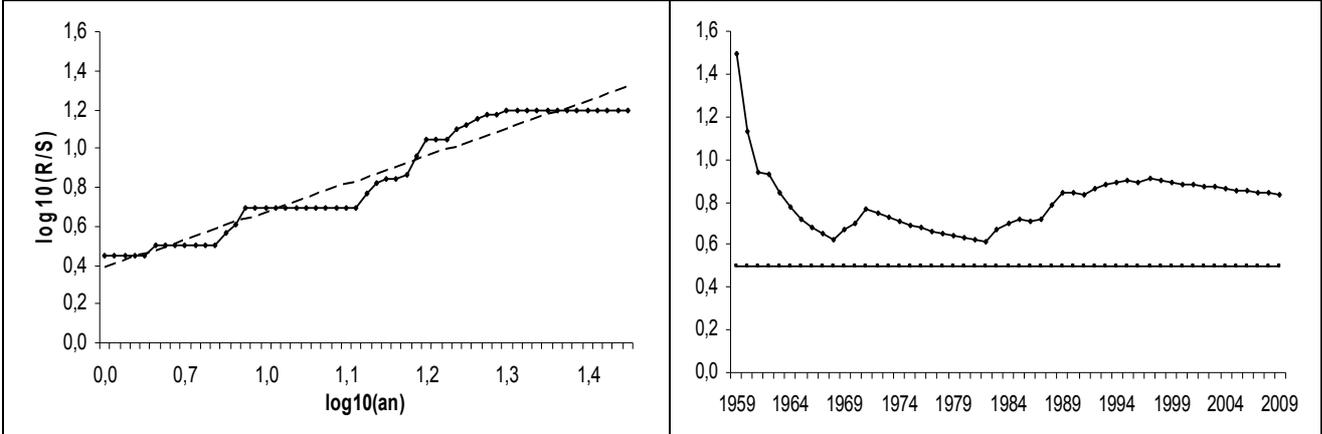
– в левой картине указано резкое увеличение R/S значений, что считается ненормальным; процесс стабилизируется с 1978 года и является следствием резкого скачка вначале, который указывает на то, что в дальнейшем процесс может быть непредсказуемым, а тенденция уменьшения значения числа дней со скоростью 15 м/с и более в прошлом означает тенденцию к увеличению в будущем.



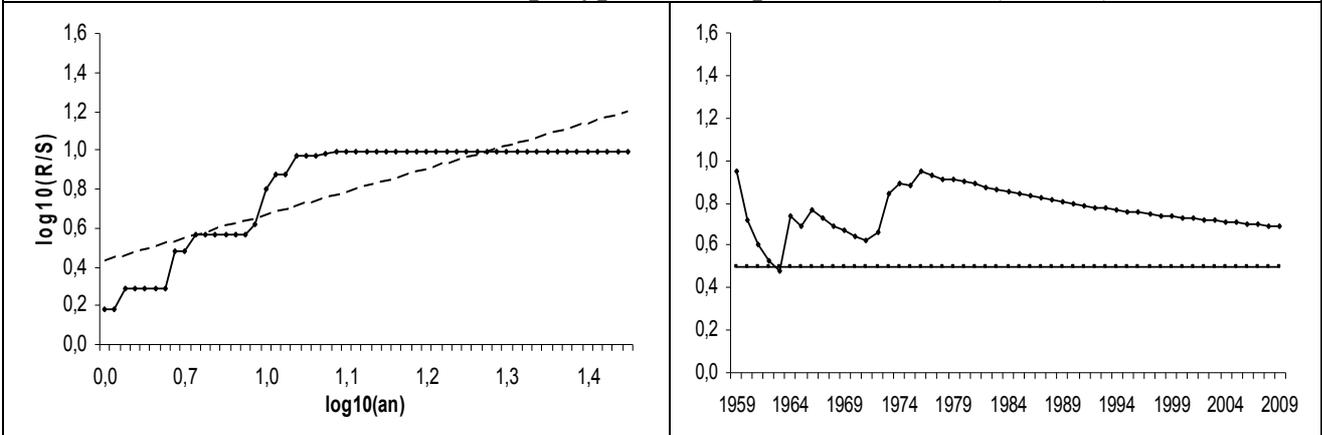
Средняя температура воздуха (H=0,83)



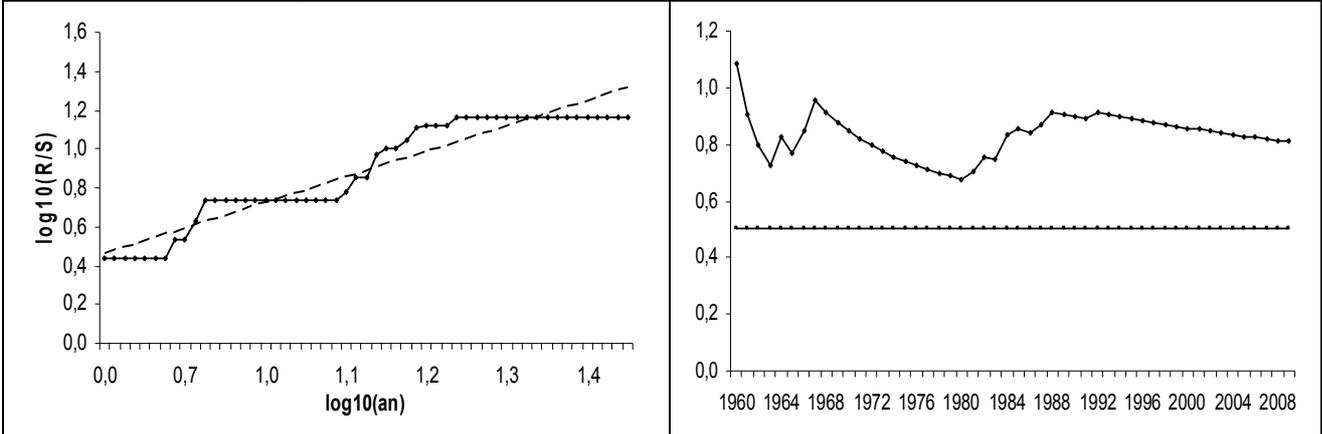
Максимальная температура воздуха (H=0,76)



Минимальная температура на поверхности почвы (H=0,61)



Средняя относительная влажность воздуха (H=0,76)



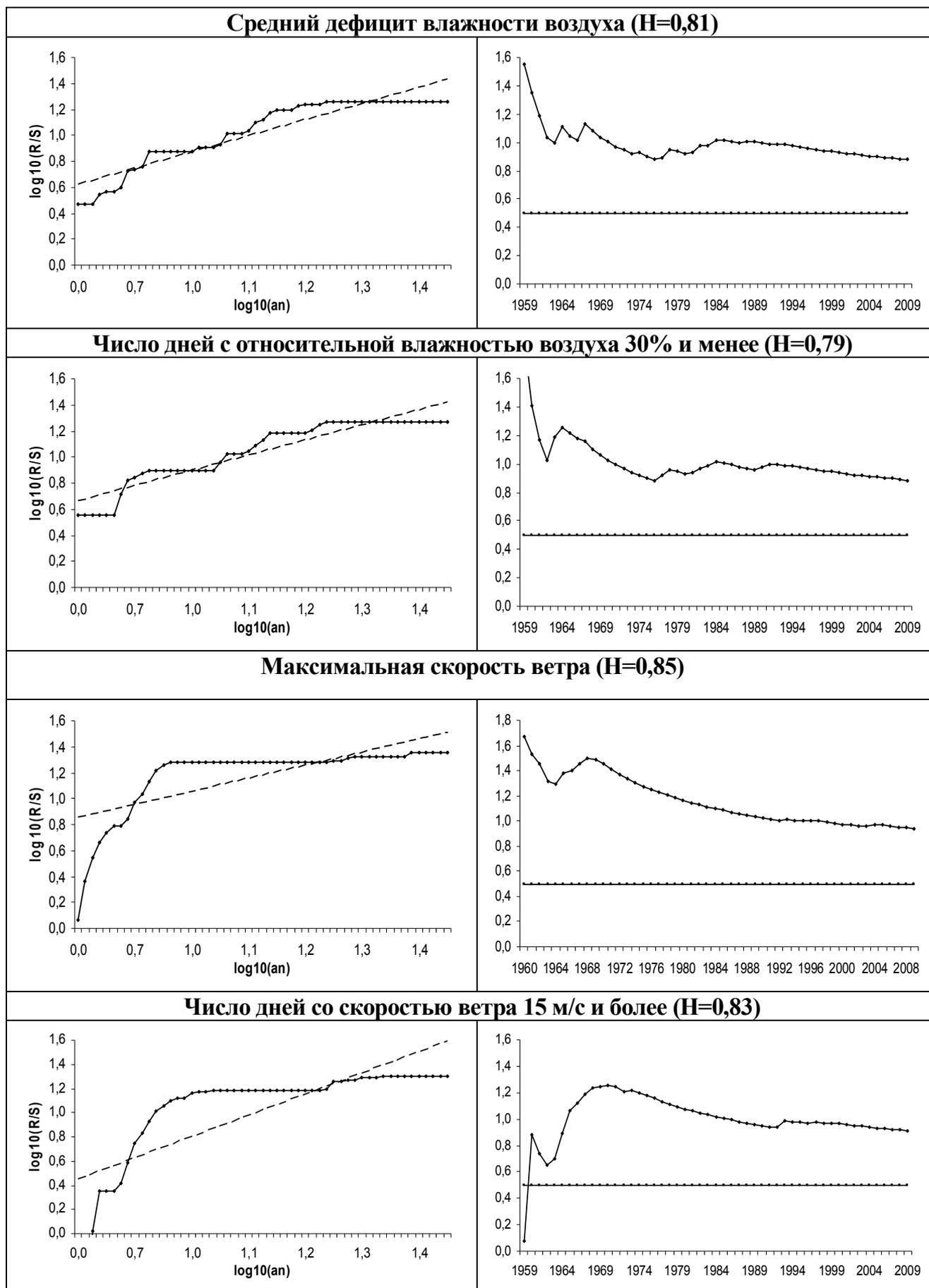


Рисунок 2.8 - Результаты R/S – анализа годовых временных рядов

На рисунке 2.8 приведены результаты R/S – анализа временных рядов годовых основных климатообразующих метеопараметров по данным МС Нальчик.

Результаты R/S-анализа значений годовых метеопараметров опишем следующим образом:

– для суммарного количества осадков с коэффициентом Херста $H=0,63$ в начальный период до 1961 года наблюдается антиперсистентность, затем процесс стабилизируется и характеризуется персистентностью;

– средняя температура воздуха ($H=0,83$) и средняя относительная влажность воздуха ($H=0,76$) абсолютно стабильны на всем периоде, и в каждой точке принимают во времени упреждения высокий показатель Херста;

– по характеру поведения одинаковы: суточный максимум осадков ($H=0,60$), число дней с осадками 5 мм и более ($H=0,66$) и максимальная температура воздуха ($H=0,76$), вначале до 1965 года наблюдается какая-то неопределенность, но затем они принимают свойство персистентности;

– средняя относительная влажность воздуха ($H=0,76$) довольно стабильно меняется на всем промежутке;

– средний дефицит относительной влажности воздуха и числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее по характеру меняются одинаково; примерно, до 1970 года происходят неопишуемые процессы, а затем всё нормализуется;

– максимальная скорость ветра неопределенно меняется до 1990 года, а число дней со скоростью ветра 15 м/с и более вначале характеризуется антиперсистентностью, затем на интервале 1965-1990 гг. возникает некоторая неопределенность и потом идет стабилизация.

2.2.3. Анализ динамики изменения метеопараметров методами отклонений от климатической нормы и скользящих средних

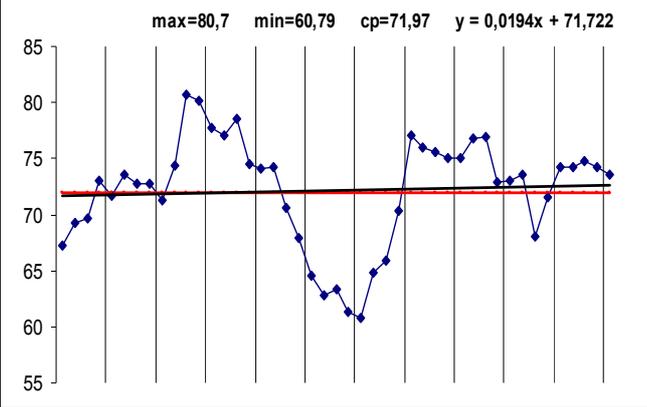
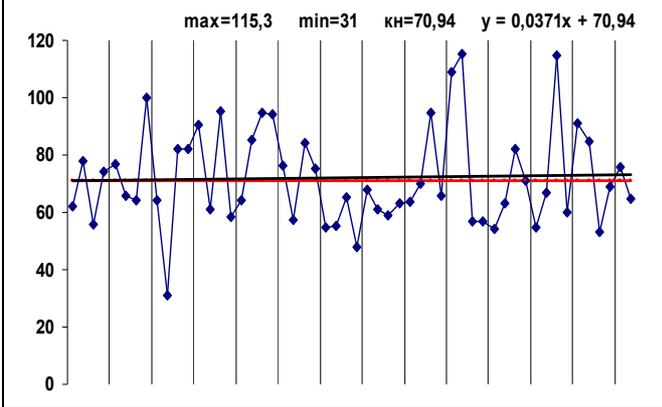
Проведем анализ динамики изменения основных климатообразующих метеопараметров, пользуясь графическим методом, который основан на оценке

отклонений значений метеопараметра от климатической нормы за весь рассматриваемый период времени, определении направлений изменений по тренду и на оценке отклонений скользящих средних с периодом $N=10$ от многолетних средних значений. Данный метод анализа необходим для более полного описания процесса и уточнение некоторых моментов.

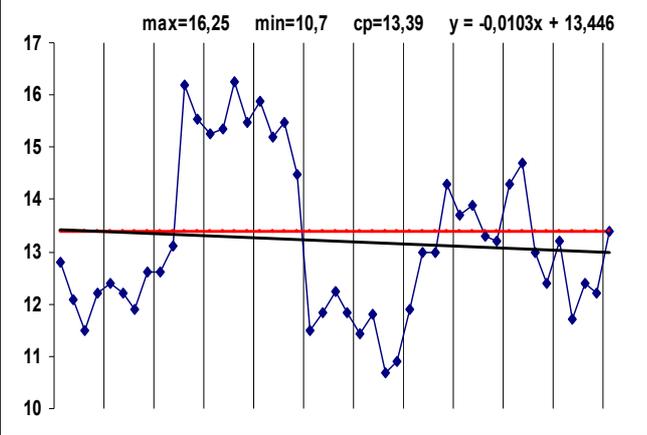
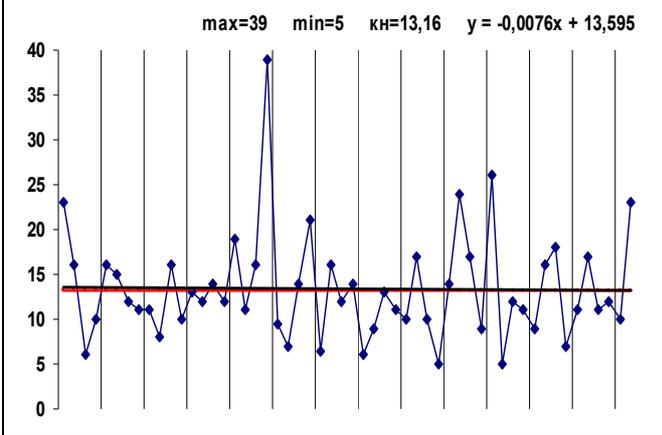
На рисунке 2.9 приводится графическое представление значений метеопараметров, тренда, климатической нормы и скользящих средних в зимний период. Результаты анализа суммарного количества осадков за весь период исследования в зимний сезон таковы, что наибольшие отклонения от климатической нормы, составляющей 70,9 мм наблюдаются: в 1965 году ниже на 39,9 мм, а в 1993 году выше на 44,4 мм. Подобное отклонение повторяется в 2002 году, которое составляет 44,1 мм.

На рисунке видно, что линии тренда ($y = 0,0371x + 70,94$) и климатической нормы почти сливаются, только начиная с 1978 года линия тренда выше линии климатической нормы, что указывает на незначительные увеличения осадков в последние годы. Нестабильность интервала 1956-1982 годов из таблицы 2.1 происходит за счет значений с 1972 по 1982 годы. Амплитуда колебаний изменения количества осадков в последнее десятилетие усиливается, а в последние годы его значение уменьшается. Если анализ провести по вышеприведенным трем интервалам, то можно отметить, что на интервале 1956-1973гг. метеопараметр достигает максимального значения в 1963 году и составляет 100 мм, что выше климатической нормы на 29,1 мм, а минимального в 1965 году, равного 31 мм, что меньше нормы на 39,9 мм, размах составляет 69 мм. В интервале 1974-1991 гг. резких скачков не наблюдается и меняется параболической линией от наибольшего значения 95 мм до минимального 48 мм, а затем снова увеличивается до наибольшего. Отклонения от климатической нормы в обоих случаях почти равны. В третьем интервале 1992-2009гг. наибольшее количество осадков равно 115,3 мм в 1993 году, что выше климатической нормы на 44,4 мм.

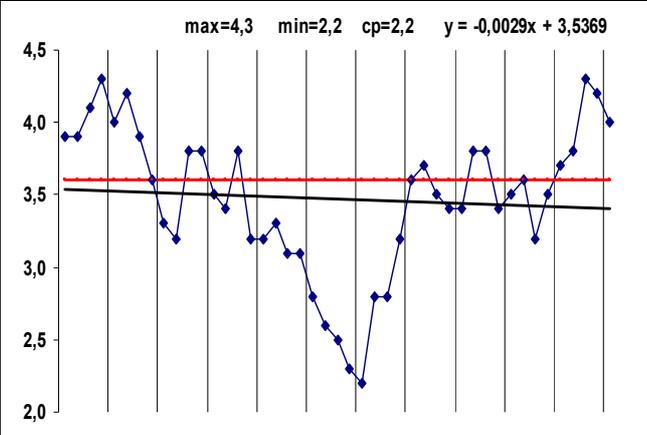
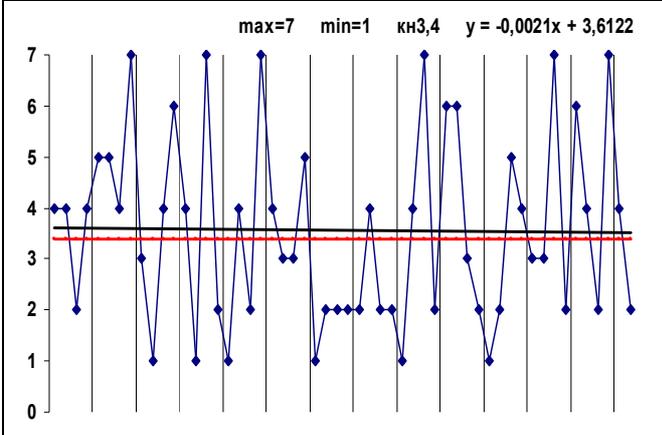
Суммарное количество осадков (мм)



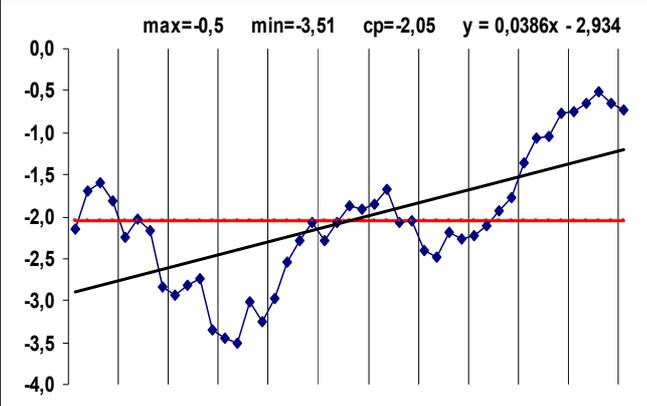
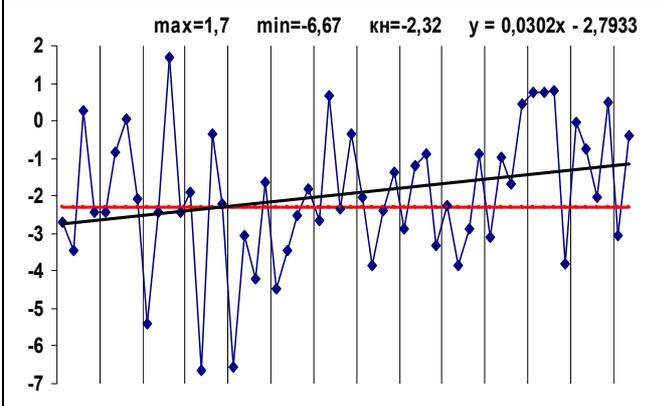
Суточный максимум осадков (мм)



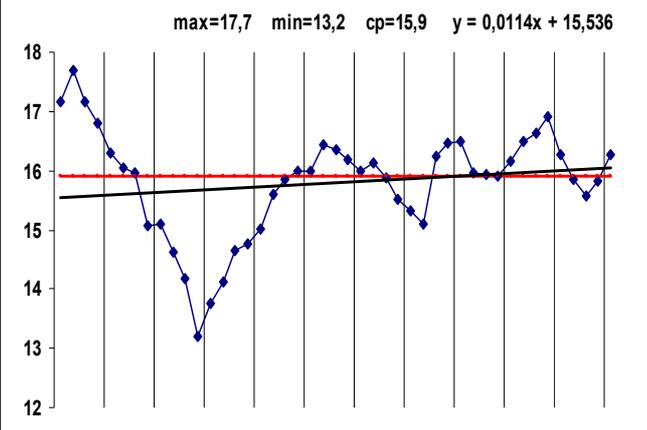
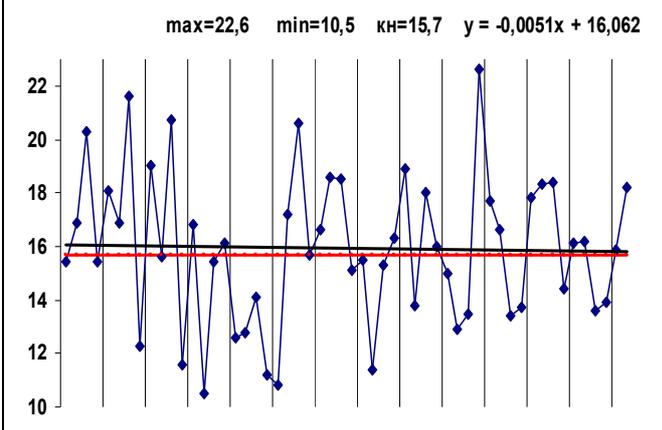
Число дней с осадками 5 мм и более (дн)



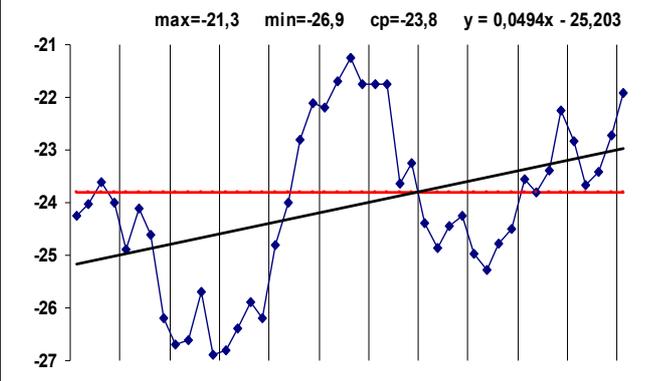
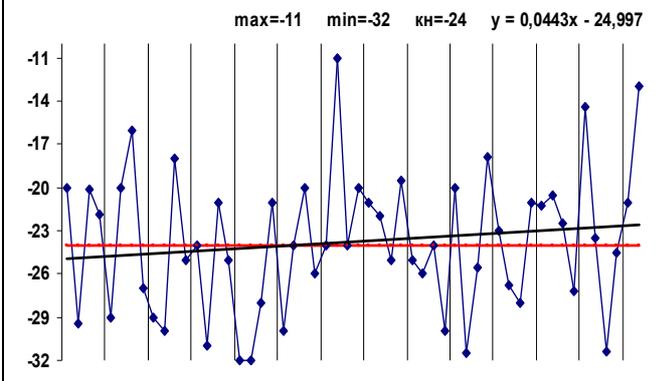
Средняя температура воздуха (°C)



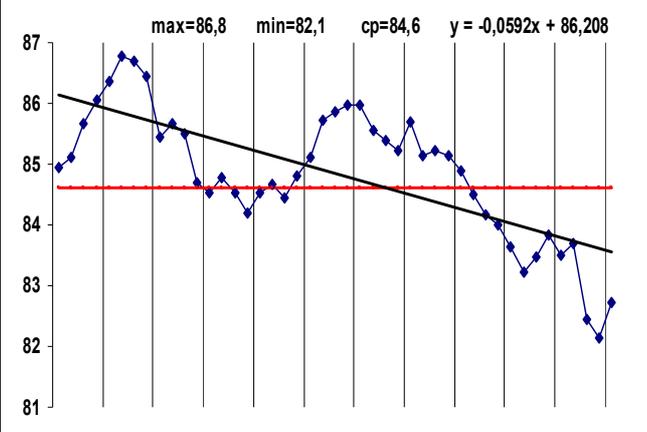
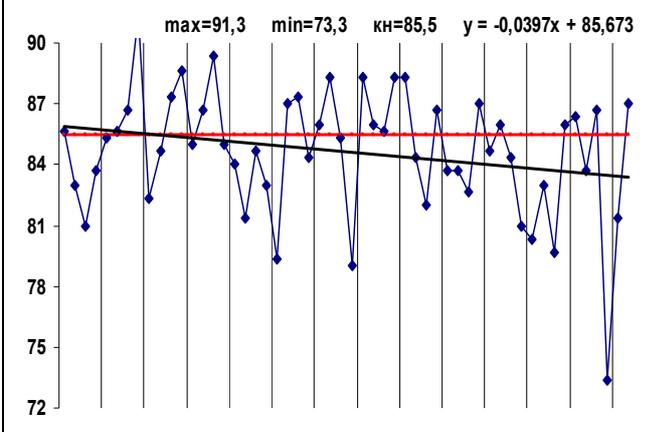
Максимальная температура воздуха (°C)



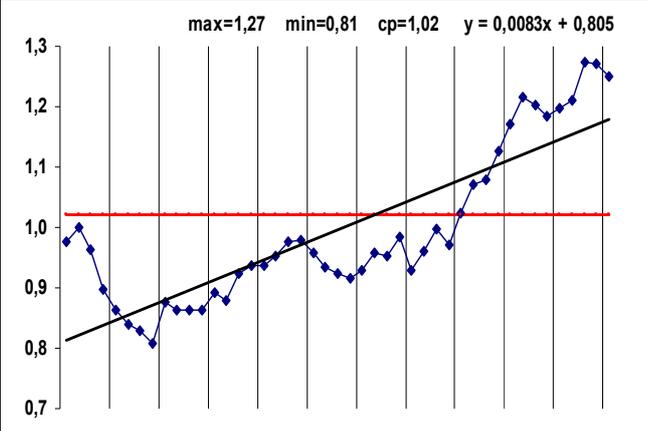
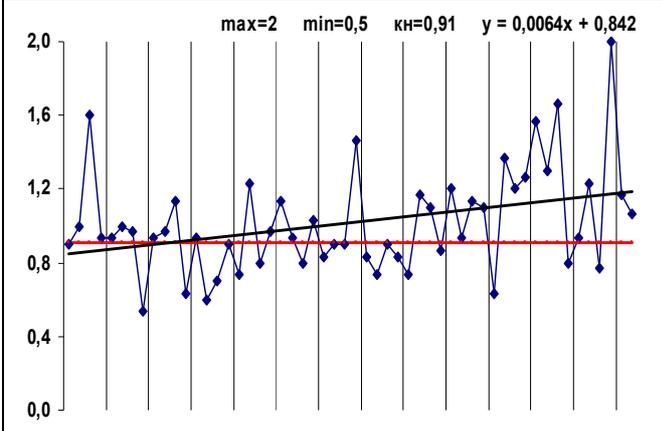
Минимальная температура на поверхности почвы (°C)



Средняя относительная влажность воздуха (%)



Средний дефицит влажности воздуха (мБ)



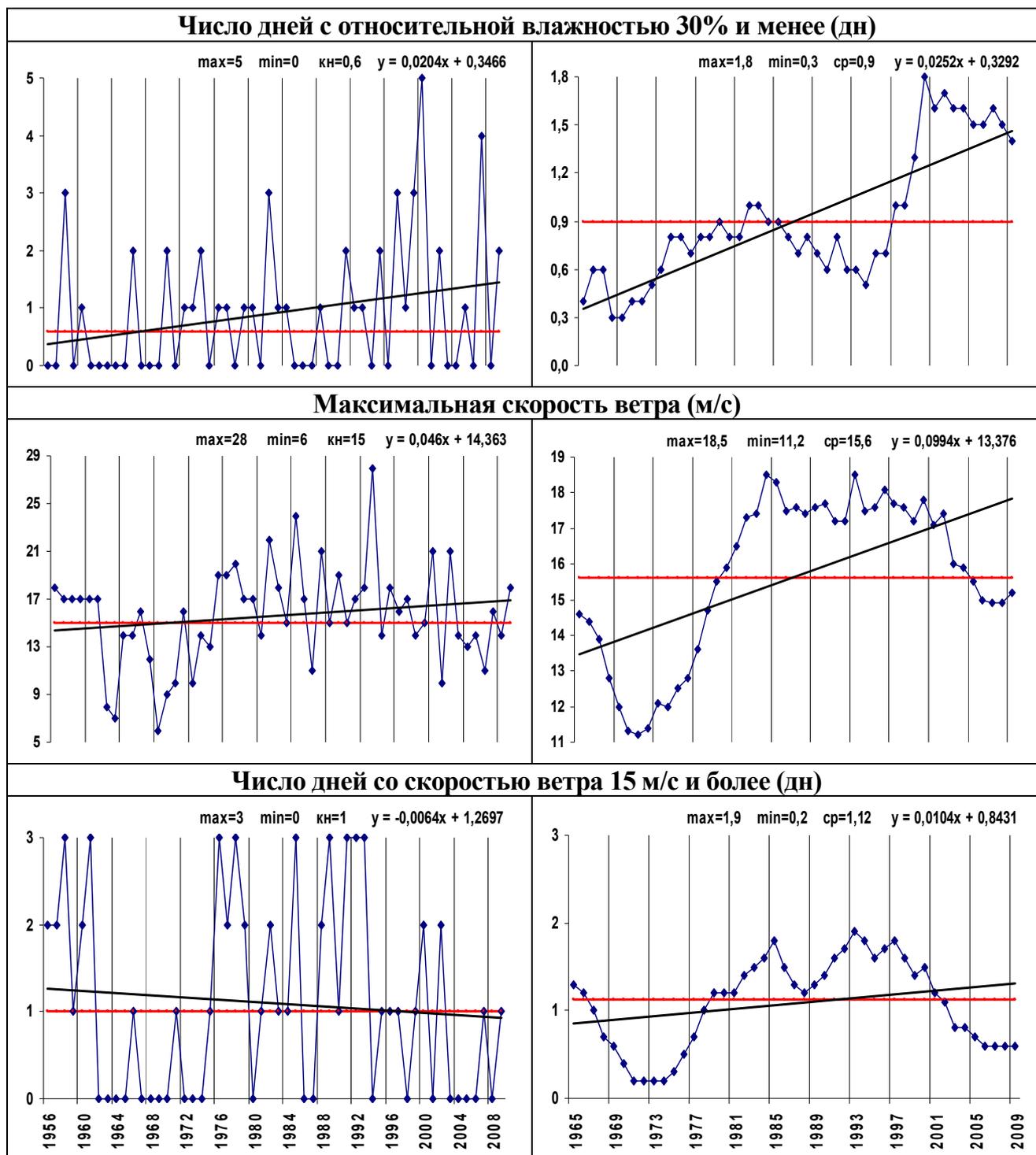


Рисунок 2.9 - Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние в зимний сезон

Результаты анализа динамики изменения суммарного количества осадков методом скользящих средних с периодом $N=10$ показывают, что суммарное количество осадков увеличивается в интервалах 1965-1976, 1989-1994 и 2004-2008 годов, а в остальные интервалы убывают; в интервалах 1965-1969, 1983-1993 и

2004-2005 годов сглаженные значения осадков меньше многолетнего среднего; наибольшие изменения наблюдаются на интервале 1974-1993 годов: от максимального 80,7 мм до минимального 60,8 мм в 1989 году и затем происходит повышение на 16,2 мм. Многолетнее среднее значение суммарного количества зимних осадков составляет 72 мм, а климатическая норма – 70,9 мм. Сумма отклонений от климатической нормы равна 46,3 мм, а сумма отклонений от среднего значения равна 2,3 мм. Значит, за весь период наблюдений больше преобладают повышенные осадки. Динамика изменения суточного максимума осадков, как видно из рисунка такова: - в зимний сезон наибольшее значение 39 мм достигнуто в 1975 году, что выше климатической нормы (13,2 мм) на 25,8 мм, а наименьшее значение 5 мм принимается в 1991 и 1997 годах; за исключением нескольких точек данные графика близки к линии климатической нормы или ниже, что подтверждается и линией тренда ($y = -0,0076x + 13,595$). Из анализа методом скользящих средних имеем, что суточный максимум осадков на интервалах 1967-1975 и 1991-2002 годов, который увеличивается соответственно на $4,7^{\circ}\text{C}$ и 4°C , а на интервале 1979-1985 годов уменьшается на $4,8^{\circ}\text{C}$; на всем периоде упреждения, за исключением интервалов 1974-1984 и 1996-2002 годов, сглаженные значения метеопараметра меньше многолетнего среднего $13,4^{\circ}\text{C}$; наибольшее значение $16,3^{\circ}\text{C}$ отмечено в 1979 году, а наименьшее $10,7^{\circ}\text{C}$ в 1991 году.

Число дней с осадками 5 мм и более в зимнее время за исследуемый период происходит динамично (синусоидально), что указывает на характер тренда. Линия тренда ($y = -0,0021x + 3,6122$) указывает на уменьшение число дней и стремление в среднем к климатической норме. Второй график показывает, что числа дней с осадками 5 мм и более меняются синусоидально: на интервале 1968-1989 годов уменьшается, а затем увеличивается, восстанавливая прежнее значение, на интервале 1989-2007 годов; наибольшие значения 4,3 дня отмечаются в 1968 и 2007 годах, а наименьшее 2,2 дня в 1989 году.

Для средней температуры воздуха климатическая норма в зимний сезон составляет $-2,32^{\circ}\text{C}$. Из рисунка 2.9 видно, что на всем интервале в большей части

значения метеопараметра выше климатической нормы. Сумма отклонений значений средней температуры воздуха и климатической нормы составляет $19,3^{\circ}\text{C}$, что указывает о повышении во времени упреждения. В 1966 году метеопараметр достигает максимального значения и равен $1,7^{\circ}\text{C}$, а в 1969 году – минимальное значение равно $-6,67^{\circ}\text{C}$. Среднезимняя температура воздуха принимает положительные значения в девяти точках, а в остальные годы ниже нуля. Резкие скачки наблюдались с 1962 по 1987 годы, а в другие годы изменения более-менее равномерны относительно климатической нормы. Проведя анализ по трем интервалам 1956-1973 гг., 1974-1991 гг. и 1992-2009 гг., получим следующее:

- первый интервал характеризуется активными скачкообразными изменениями из года в год, а разброс между максимальным и минимальным значениями составляет $8,37^{\circ}\text{C}$;

- во втором интервале с 1976 года происходит возрастание от $-4,47^{\circ}\text{C}$ до $0,67^{\circ}\text{C}$ (1981 г.), затем снижается на $4,5^{\circ}\text{C}$ (1985 г.), а потом опять увеличивается на $2,53^{\circ}\text{C}$;

- в третьем интервале возрастание и убывание происходят более быстрыми темпами, чем во втором;

- тенденция изменения температуры воздуха последние три года такова, что сначала уменьшается на $3,57^{\circ}\text{C}$, а затем увеличивается на $2,67^{\circ}\text{C}$;

- линия тренда описывается уравнением $y = 0,0302x - 2,7933$.

Скользящая средняя температура воздуха повышается на 3°C с 1978 года по 2007 год, еще наблюдается частичное повышение на интервале 1965-1967 гг.; на интервале 1986-1992 гг. график пересекает линию многолетней средней в трех точках, то есть повышается, убывает и затем увеличивается, отклоняясь от средней на $0,4^{\circ}\text{C}$ сверху и снизу. Сумма отклонений скользящих средних и многолетних средних составляет $0,2^{\circ}\text{C}$.

Анализируя значения зимней максимальной температуры воздуха, можно заключить следующее:

– наименьшее и наибольшее значения соответственно отмечены ($10,5^{\circ}\text{C}$) в 1969 году и ($22,6^{\circ}\text{C}$) в 1995 году;

– линия тренда ($y = -0,0051x + 16,062$) почти параллельна климатической норме ($15,7^{\circ}\text{C}$) и выше на $0,3^{\circ}\text{C}$ с незначительным убыванием;

– в первом интервале происходит наиболее интенсивное изменение, а в остальной части наблюдается равномерное изменение;

– скользящая средняя метеопараметра меняется почти так же, как и в случае средней температуры воздуха, вначале опускается с $17,7$ до $13,2^{\circ}\text{C}$ (1966-1976 гг.), затем повышается на $3,3^{\circ}\text{C}$ (1986 г.) и потом колеблется вокруг многолетней средней;

– сумма отклонений средней температуры воздуха и климатической нормы равна 12°C , а сумма отклонений скользящей средней и многолетней средней равна $-3,2^{\circ}\text{C}$.

Можно заметить, что в зимний сезон на всем промежутке минимальная температура почвы меняется в диапазоне от -32°C до -11°C , причем наибольшее значение (-11°C) отмечается в 1981 году, а наименьшее (-32°C) – в 1972 и 1973 годах. Линия тренда ($y = 0,0443x - 24,997$) указывает на возрастание температуры во времени относительно климатической нормы (-24°C): в начале ниже на 1°C , а в конце выше на 2°C . Скользящие средние минимальной температуры на поверхности почвы в зимний период меняются в промежутке $-32 \div -15^{\circ}\text{C}$ с некоторыми отклонениями в двух точках; разброс между минимальным и максимальным значениями составляет $5,6^{\circ}\text{C}$.

Результаты анализа средней относительной влажности воздуха в зимний период по графику на рисунке 2.9 указывают, что:

– максимальное значение метеопараметра было отмечено в 1963 году ($91,3\%$), а минимальное – в 2007 году ($73,3\%$);

– с течением времени значения уменьшаются и снижаются ниже климатической нормы ($85,5\%$), что подтверждает и линия тренда ($y = -0,0397x + 85,673$);

– среднее значение за все время упреждения равно 84,6%, оно меньше климатической нормы;

– тенденция убывания в прошлом делает вероятным убывание в будущем по коэффициенту Херста, который больше 0,50;

– проводя анализ по трем вышеописанным интервалам, получаем следующее:

– в первом интервале наименьшее значение 81% наблюдается в 1958 году, наибольшее 91,3% – в 1963 году, а в остальных точках они близки к значению климатической нормы;

– с 1981 по 1984 годы происходит резкое изменение значений, вначале достигается наибольшее значение, равное 88,3%, далее резко начинает уменьшаться и в 1983 году опускается до 79%, затем в следующем году фиксируется опять наибольшее значение, это же значение принимается в 1987-1988 гг.;

– в интервале 1992-2009 гг. наблюдается неравномерное изменение значений метеопараметра, и все они близки или меньше климатической нормы, особенности наблюдаются в последние четыре года – уменьшаются на 13,4% и настолько же увеличиваются;

– анализируя методом скользящих средних, получаем, что средняя относительная влажность воздуха возрастает в интервалах 1965-1970 и 1980-1989 годов, причем увеличение составляет соответственно на 2,2% и 1,8%, а в остальные интервалы убывает от 86,8% до 82,1%;

– сумма отклонений средней относительной влажности воздуха ниже климатической нормы на 49,7%, что указывает на снижение большими темпами, а сумма отклонений скользящей средней и многолетней средней составляет 10,7%.

На рисунке 2.9 можно заметить устойчивое повышение среднего дефицита влажности воздуха в зимний период, который подтверждается соответствующим трендом $y = 0,0064x + 0,842$. Наименьшее значение 0,5 мБ отмечается в 1963 году, а наибольшее 2 мБ в 2007 году, и в связи с уменьшением относительной влажности воздуха увеличивается ее дефицит. Линия тренда выше климатической нормы с 1964 года, что указывает на сухой период зимы. Скользящий средний

дефицит влажности воздуха меняется почти обратно средней относительной влажности воздуха, с 0,81 мБ в 1972 году повышается до 1,27 мБ в 2007 году с некоторыми колебаниями; с 1997 года значения выше многолетнего среднего 1,02, а в остальном ниже.

Эта тенденция подтверждается увеличением числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее. Значения метеопараметра почти на всем периоде исследования выше климатической нормы 0,6 дня. Отмечается наибольшее количество таких дней в 2000 и 2007 годах, соответственно 5 и 4. Уравнение тренда $y = 0,0204x + 0,3466$ указывает на увеличение числа дней с относительной влажностью воздуха во времени.

Тенденцию изменения максимальной скорости ветра по рисунку 2.9 можно оценить в следующем:

- в интервале 1956-1973 годов метеопараметр меняется параболически, причем минимум 5,7 м/с приходится на 1968 год;

- в следующем интервале повышается активность изменений и в большей части она выше климатической нормы; по шкале Бофорта максимальную скорость ветра можно оценить на 7 баллов с характеристикой “сильный ветер”;

- переход к третьему интервалу начинается с максимального значения в 1993 году (19 м/с), со следующего года она стабилизируется, а в последний год наблюдается увеличение;

- скользящие средние максимальной скорости ветра первые пять лет убывают на 2,1 м/с, затем увеличиваются до 1984 года на 5,8 м/с, следующие десять лет происходит некоторая стабилизация, а потом снова убывают до многолетних средних.

Характер изменения максимальной скорости ветра подтверждается синусоидальным изменением числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более, причем в последнее десятилетие отмечается уменьшении ветреных дней.

Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более наиболее активно меняется на интервале 1975-1993 гг., в семи точках достигается наибольшее значение, равное

3 дням, а в последние 15 лет значения близки к климатической норме. Линия тренда ($y = -0,0064x + 1,2697$) подтверждает уменьшение числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более. Скользящие средние метеопараметра на всем промежутке меняются синусоидально; наименьшее значение наблюдается в начале 70-х годов, с 1980-2000 гг. происходит некоторое колебание значений метеопараметра и затем отмечается уменьшение числа дней с ветром.

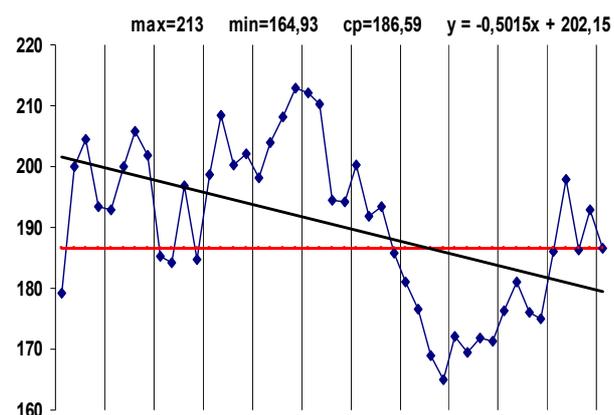
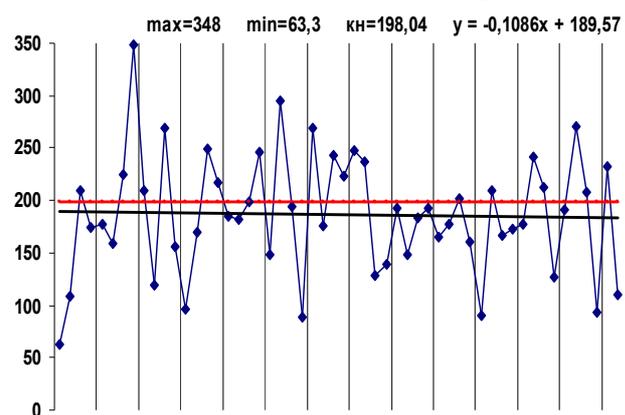
На рисунке 2.10 приводится динамика изменения метеопараметров, тренд и значение климатической нормы по данным МС «Нальчик» в весенний сезон.

Динамика изменения метеопараметров в весенний сезон из рисунка такова:

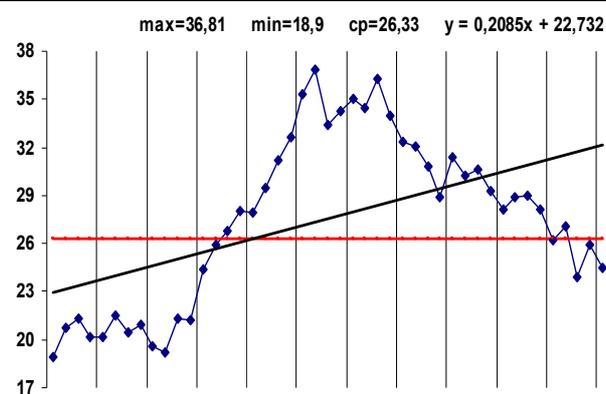
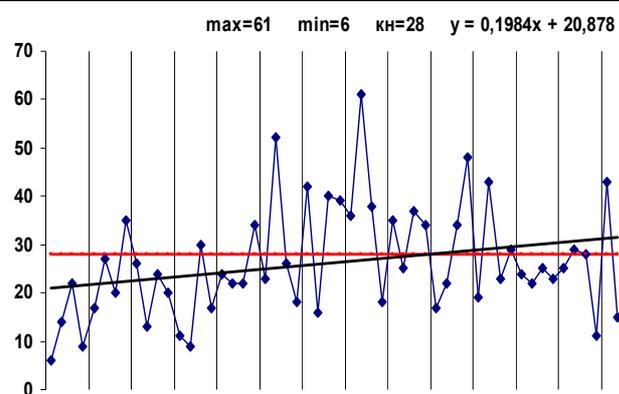
– наименьшее значение суммарного количества осадков 63,3 мм принимается в 1956 году, что ниже климатической нормы на 124,7 мм, а наибольшее значение 348 мм достигается в 1963 году, и это выше климатической нормы на 150 мм; в дальнейшем такие перепады повторяются с интервалом 1-2 года до 1980 года, затем до 2002 года происходит стабилизация, близкая к климатической норме, а в последние семь лет перепады значений повторяются с меньшей амплитудой; линия тренда ($y = -0,1086x + 189,57$) ниже климатической нормы указывает на некоторое уменьшение в будущем; результаты анализа суммарного количества осадков методом скользящих средних таковы, что до 1991 года, за исключением четырех лет оно выше многолетней средней, а наибольшее число осадков зафиксировано в 1983 году; в остальное время, за исключением 2005 и 2007 годов этот показатель ниже многолетней средней; на интервале 1983-1995 гг. осадки уменьшаются от наибольшего (213 мм) до наименьшего (164,9 мм) на 48,1 мм; в остальные годы меняются сложным образом с признаком возрастания;

суточный максимум осадков по диаграмме принимает наименьшее значение 6 мм в 1956 году, а наибольшее 61 мм в 1985 году; сумма отклонений от климатической нормы 28 мм составляет 10,1 мм; линия тренда ($y = 0,1984x + 20,878$) указывает на увеличение суточного максимума осадков во времени и пересекает линию климатической нормы в 1990 году; скользящие средние метеопараметра увеличиваются на интервале 1974-1986 гг. от 19,2 до 36,8 мм, а затем уменьшаются;

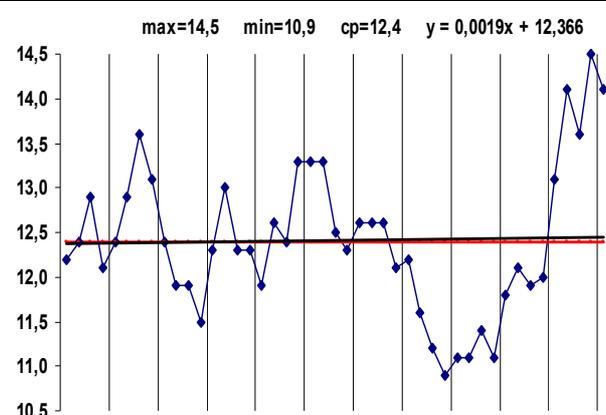
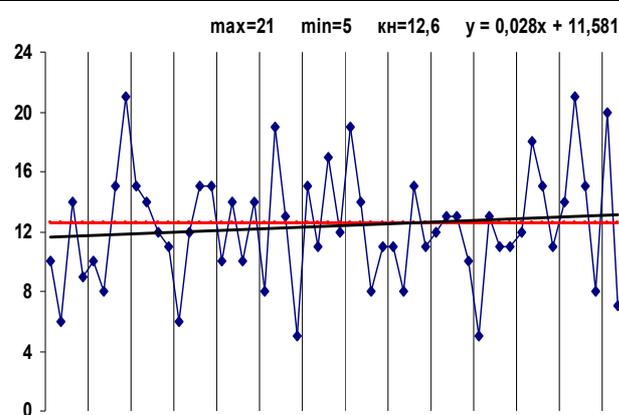
Суммарное количество осадков (мм)



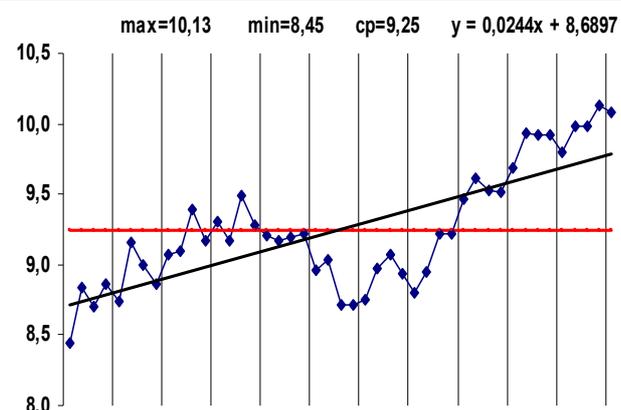
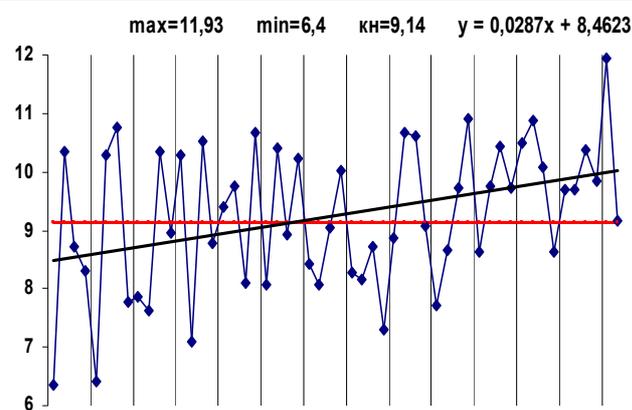
Суточный максимум осадков (мм)



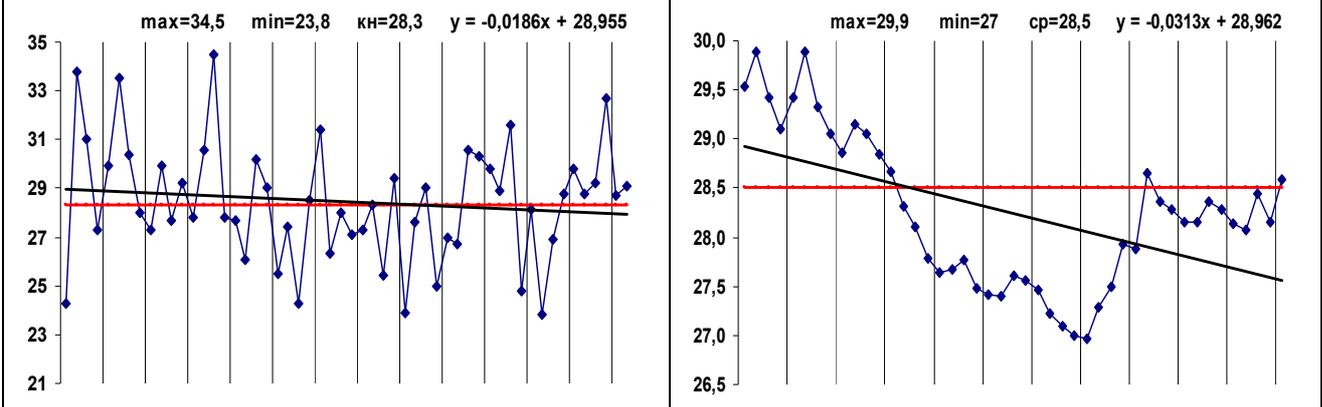
Число дней с осадками 5 мм и более (дн)



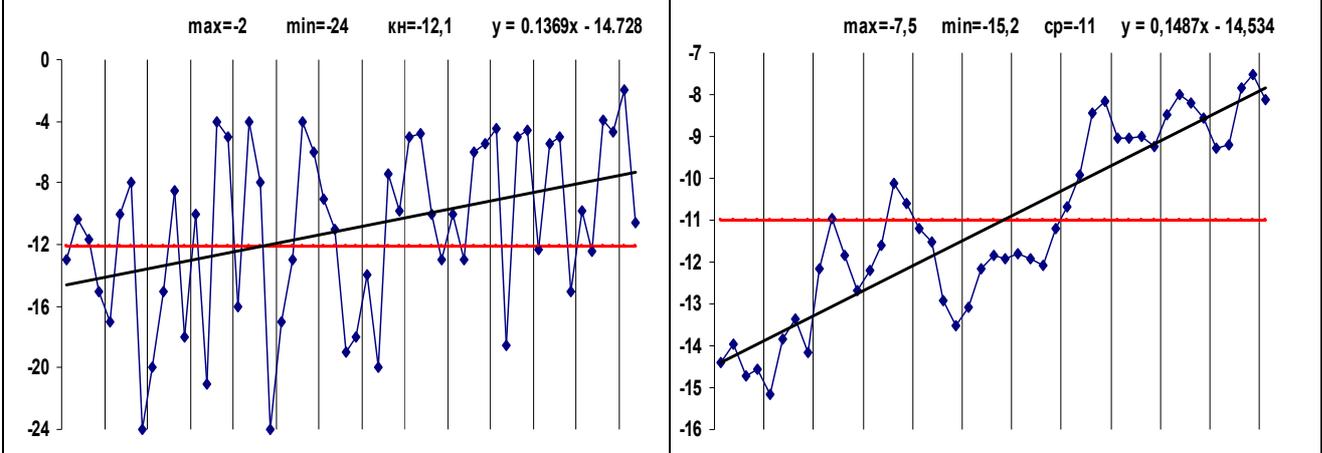
Средняя температура воздуха (°C)



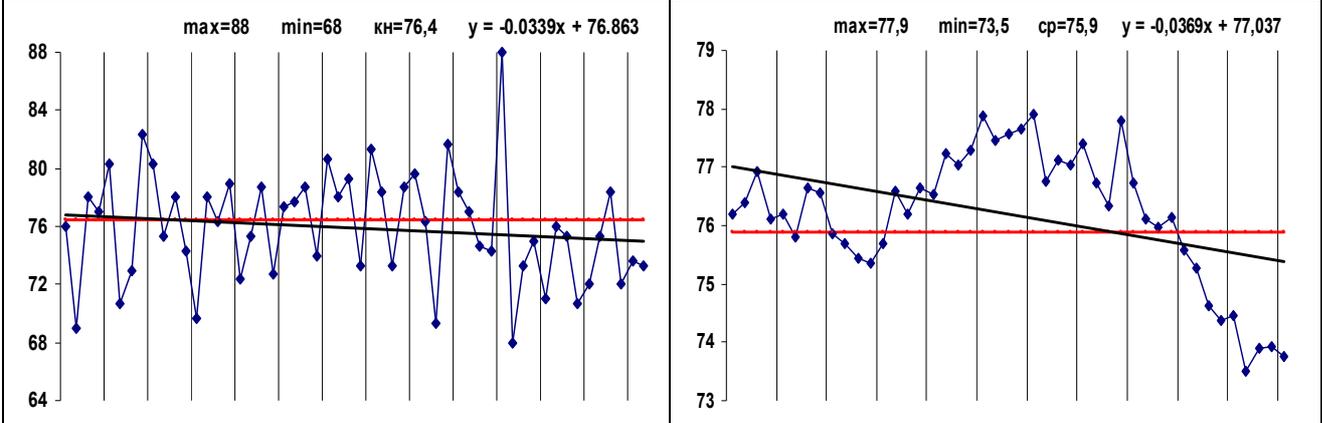
Максимальная температура воздуха (°C)



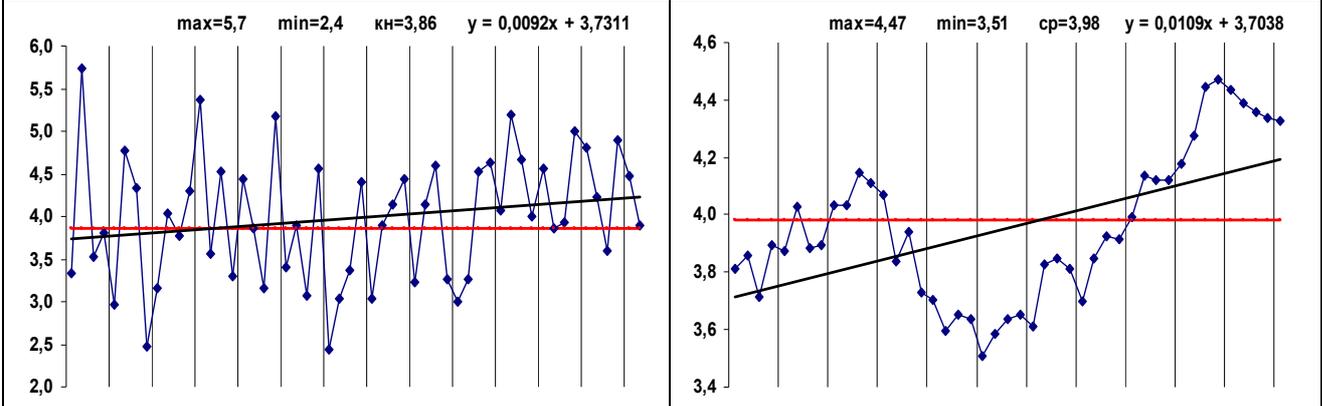
Минимальная температура на поверхности почвы (°C)



Средняя относительная влажность воздуха (%)



Средний дефицит влажности воздуха (мБ)



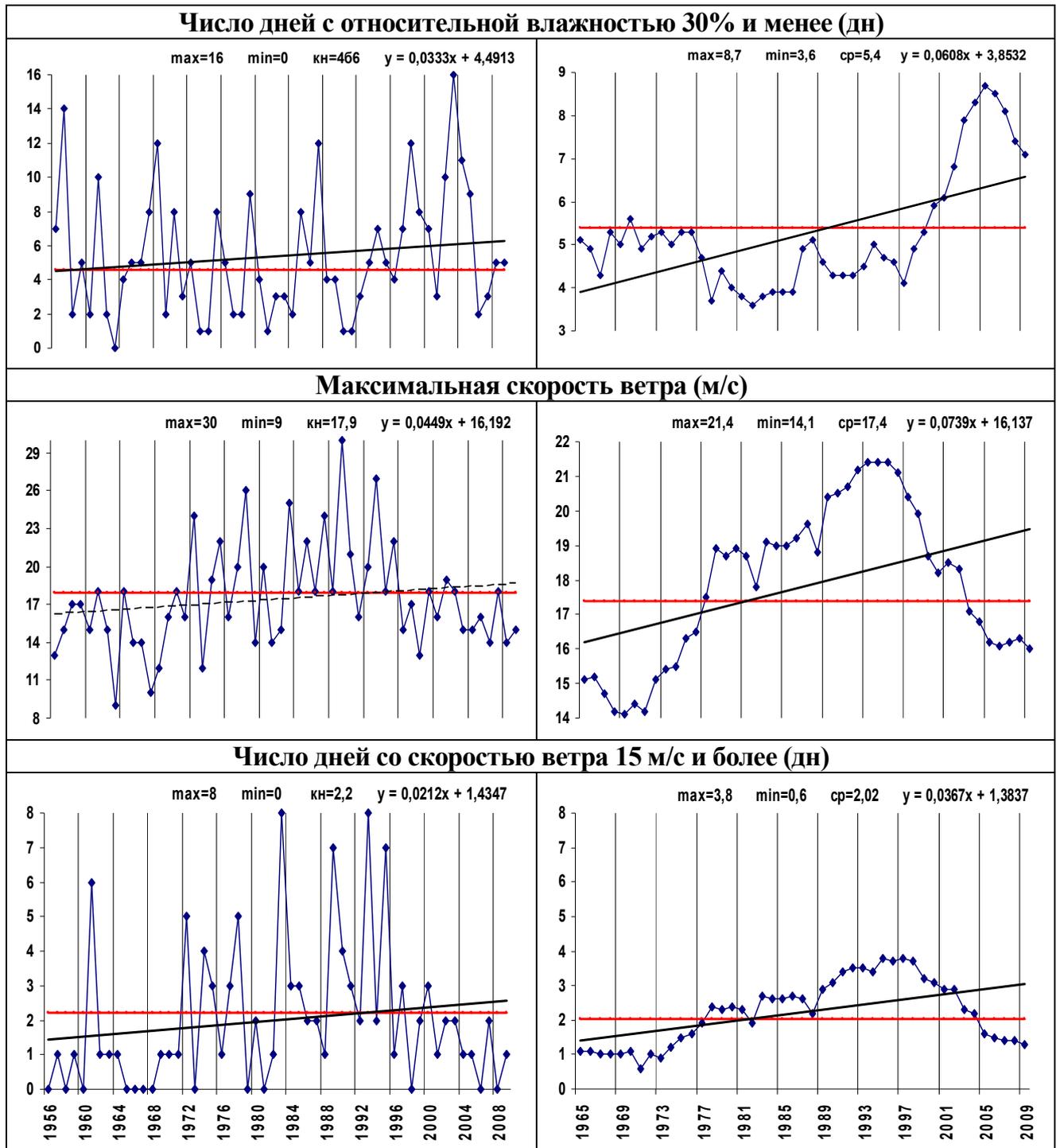


Рисунок 2.10 - Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние в весенний сезон

– динамика изменения числа дней с осадками 5 мм и более гармонична; линия тренда ($y = 0,028x + 11,581$) указывает на незначительное увеличение числа таких дней и выше климатической нормы (12,6 дней), начиная с 1989 года; наибольшее значение (21 день) отмечаются в 1963 и 2005 годах, а наименьшее (5

дней) в 1979 и 1996 годах; в 2007 и 2008 годах принимаются значения соответственно 8 и 20 дней, затем уменьшаются до 7 дней; скользящие средние с 1996 года увеличиваются, а максимальное (14,5 дней) и минимальное (10,9 дней) равно отстоят от многолетнего среднего значения (12,4 дней);

– в 1956 году была самая низкая весенняя температура воздуха $6,37^{\circ}\text{C}$, в следующем году она повышается на $3,96^{\circ}\text{C}$, спустя два года уменьшается на $3,93^{\circ}\text{C}$ и через год опять повышается до $10,77^{\circ}\text{C}$; такие же колебания наблюдаются и в дальнейшем с уменьшением амплитуды до 1985 года; дальше колебания продолжаются, но с большим интервалом во времени; наибольшее значение метеопараметра $11,93^{\circ}\text{C}$ встречается в 2008 году, а в следующем году она опустилась до климатической нормы; из рисунка 2.10 видно, что до 1977 года значения чаще ниже климатической нормы, и этот год является точкой перегиба, в дальнейшем температура воздуха близка к климатической норме или выше; хотя в последний год температура воздуха снизилась, персистентность ряда указывает на то, что и в дальнейшем она будет повышаться; скользящая средняя температура воздуха возрастает на интервалах 1956-1975 и 1987-2009 годов, причем до 1996 года, за исключением 1975, 1977 и 1979 годов, температура воздуха ниже многолетней средней, а дальше устойчиво возрастает и в 2009 году наблюдается незначительное снижение; наименьшее значение ($8,45^{\circ}\text{C}$) принимается в 1956 году, а наибольшее ($10,13^{\circ}\text{C}$) в 2008 году;

– максимальная температура воздуха достигает своего наибольшего значения $34,5^{\circ}\text{C}$ в 1970 году, а наименьшее $23,8^{\circ}\text{C}$ в 2001 году; можно отметить три интервала резких скачков значений: 1956-1957 годы ($24,3^{\circ}\text{C} \div 33,8^{\circ}\text{C}$), 1970-1971 годы ($34,5^{\circ}\text{C} \div 27,8^{\circ}\text{C}$) и 1998-1999 годы ($31,6^{\circ}\text{C} \div 24,8^{\circ}\text{C}$), где в первом происходит повышение, а в остальных интервалах – снижение; линия тренда ($y = -0,0186x + 28965$) указывает на снижение максимальной температуры воздуха во времени упреждения, а сумма отклонений значений метеопараметра от климатической нормы равна $10,1^{\circ}\text{C}$, это означает, что наибольшие отклонения выше

климатической нормы; метод скользящих средних показывает, что наибольшее значение $29,9^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1966 и 1977 годах, а наименьшее 27°C в 1993 году;

– с 1986 года и до 2009 года амплитуда колебаний изменения весенней минимальной температуры почвы уменьшилась за исключением интервала 1996-1998 гг.; анализируя по вышеприведенным трем интервалам, можно отметить, что наименьшее значение (-24°C) достигается в первых двух интервалах 1963 и 1975 годах, а наибольшее значение (-4°C) на этих интервалах отмечается в 1970, 1973 и 1978 годах; на третьем интервале минимальная температура почвы меняется более умеренно, наименьшее ($-18,5^{\circ}\text{C}$) и наибольшее (-2°C) наблюдаются соответственно в 1997 и 2008 годах; скользящие средние значения минимальной температуры почвы устойчиво увеличиваются с 1969 года ($-15,2^{\circ}\text{C}$) по 2008 год ($-7,5^{\circ}\text{C}$) с некоторыми колебаниями от наименьшего значения к наибольшему; в 1979, 1980, 1994-2009 годах значения метеопараметра больше, многолетнее среднее (-11°C); данное наблюдение подтверждает раннюю весну на интервале 1992-2009 гг.

– динамика изменения средней относительной влажности воздуха такая же, как и суммарное количество осадков: линия тренда ($y = -0,0339x + 76,863$) указывает на уменьшение значений метеопараметра во времени; в 1996-1997 годах произошли резкие перепады, т.е. 1996 год - самый влажный, влажность составляет 88%, а в следующем году самая низкая влажность воздуха (68%); метод скользящих средних указывает, что относительная влажность воздуха меняется прямо противоположно средней температуре воздуха, т.е. на интервалах 1956-1975 и 1987-2009 годов уменьшается, а на других увеличивается; разброс между наибольшим и наименьшим значениями составляет 4,4%;

– средний дефицит относительной влажности воздуха меняется зеркально обратно средней относительной влажности воздуха, линия тренда ($y = 0,0092x + 3,7311$) указывает на увеличения значения во времени упреждения; в начале интервала отмечаются наибольшее (1957 год) и наименьшее (1963 и 1980 годы) значения; на интервале 1956-1973 годов происходят наибольшие отклонения относительно климатической нормы (3,86 мБ), как например, с 1956 по 1957 годы

происходит увеличение на 2,4 мБ, затем уменьшение на 2,2 мБ; с 1994 года все значения выше климатической нормы; в случае скользящих средних на интервалах 1967-1975 гг. и 1985-2004 гг. происходит увеличение, а в остальном уменьшение; с 1997 года значения выше многолетней средней (3,98 мБ);

– число дней с относительной влажностью 30% и менее меняется на всем промежутке очень интенсивно, линия тренда ($y = 0,0333x + 4,4913$) всегда выше линии климатической нормы (4,6 дня) и указывает на увеличение во времени; наибольшее значение 16 дней отмечается в 2003 году; скользящие средние значения до 1999 года принимаются ниже многолетней средней (5,4 дней), а последние 10 лет выше, что указывает на увеличение количества дней с низкой влажностью воздуха;

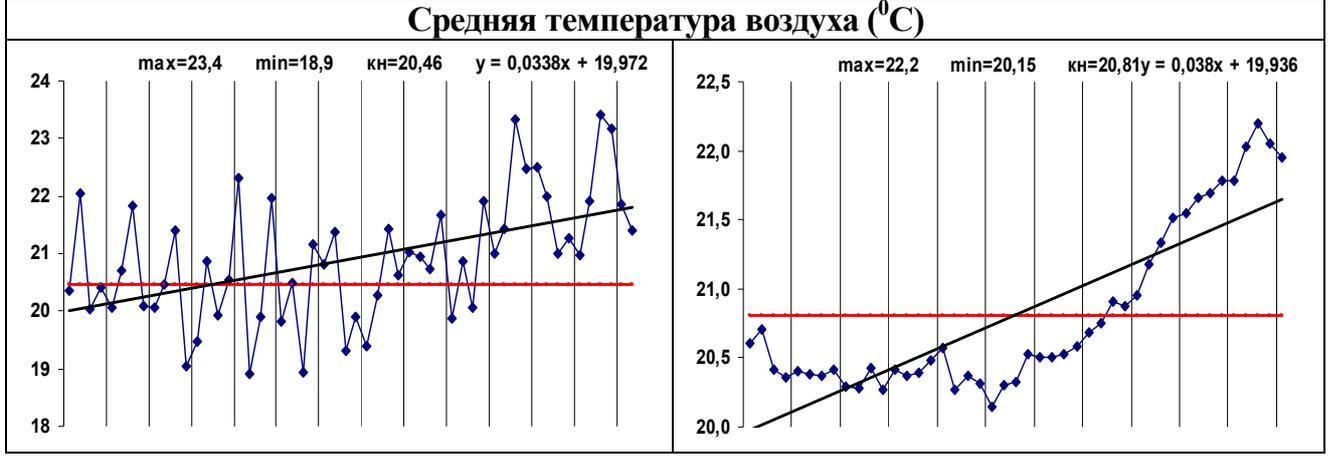
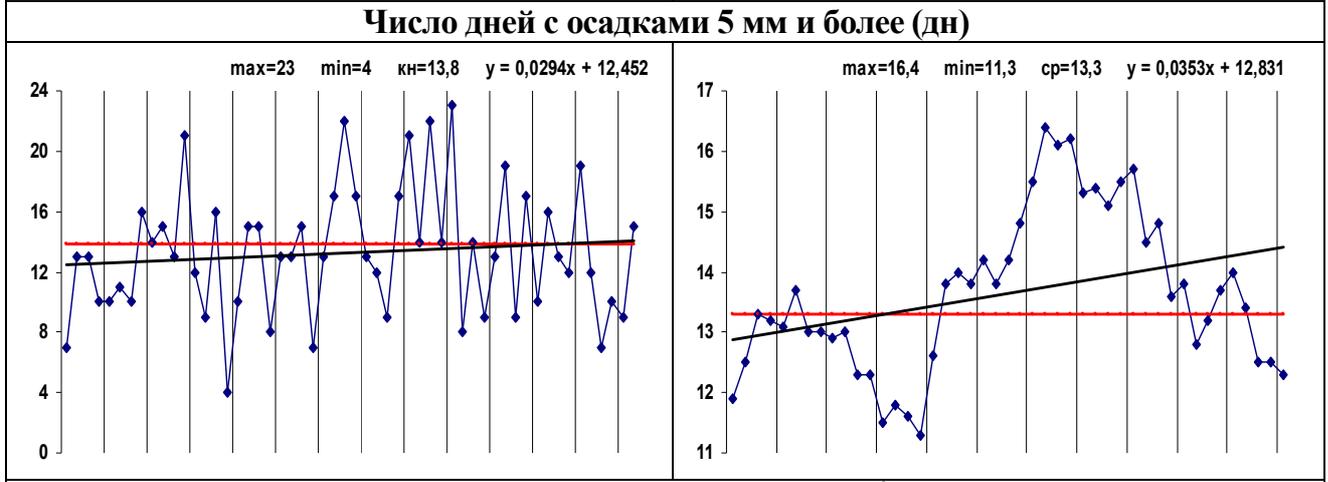
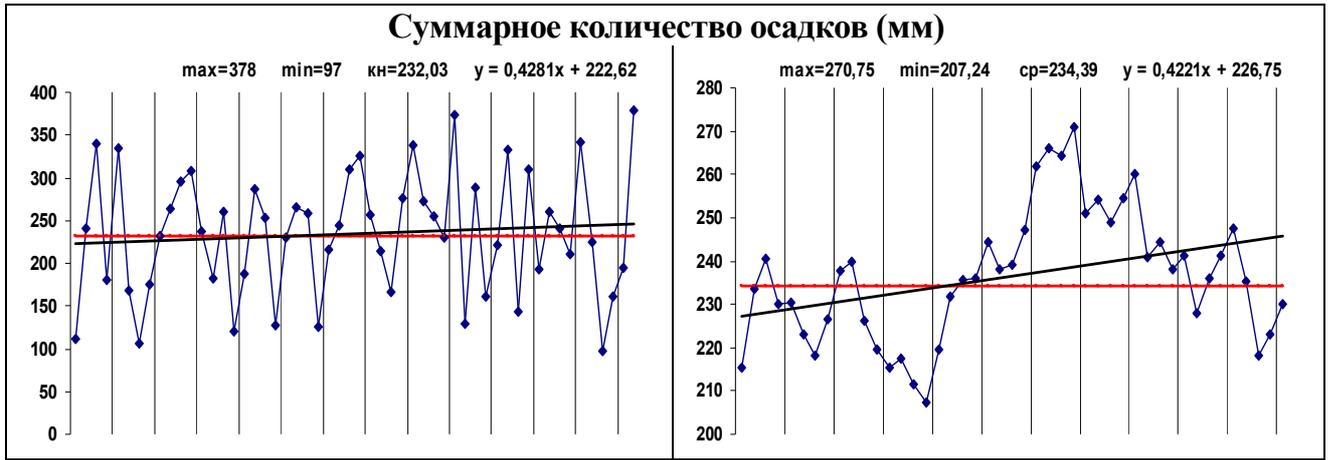
– результаты анализа максимальной скорости ветра таковы: на интервале 1972-1993 гг. значения метеопараметра близки или выше климатической нормы (17,9 м/с), а в остальное время ниже; линия тренда ($y = 0,0449x + 16,192$) и значение показателя Херста ($H=0,84$) указывает на возможное возрастание максимальной скорости ветра в будущем относительно прошлого; наименьшее значение 9 м/с было в 1963 году, а наибольшее значение 30 м/с в 1989 году; правый график рисунка показывает, что максимальная скорость ветра с 1969 по 1995 годы увеличивается от 14,1 м/с до 21,5 м/с, а в начале и в конце уменьшается; на интервале 1977-2003 годов принимаются значения выше средних многолетних (17,4 м/с);

– число дней со скоростью ветра 15 м/с и более меняется неоднозначно:

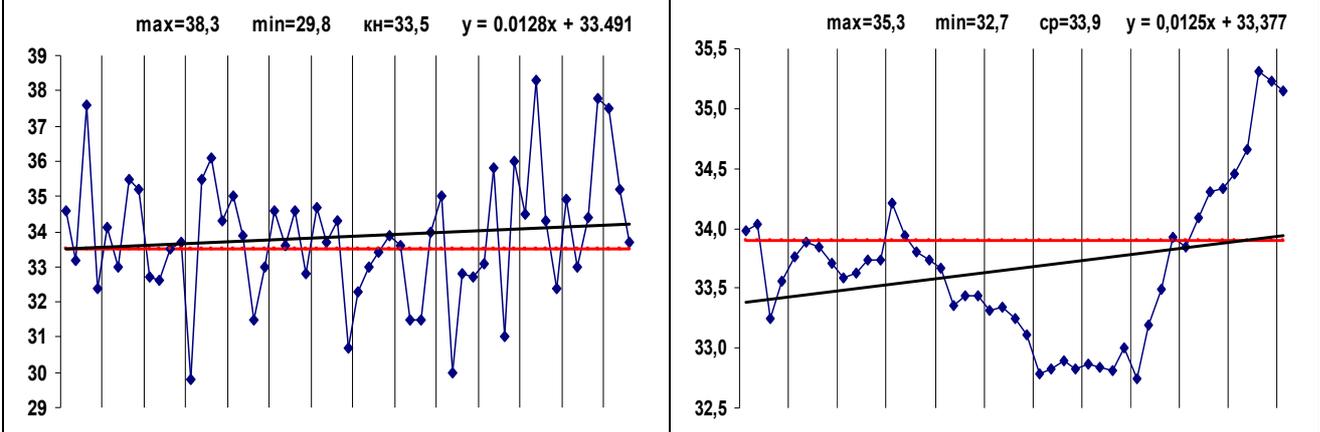
- на интервале 1956-1982 гг. отмечаются единичные всплески, а в основном принимает значение меньше климатической нормы - 2,2 дня;

- интервал 1982-1996 гг. является временем наибольших скачков и наибольшее значение 8 дней отмечается в 1983 и 1993 годах, а в дальнейшем процесс нормализуется и безветренно;

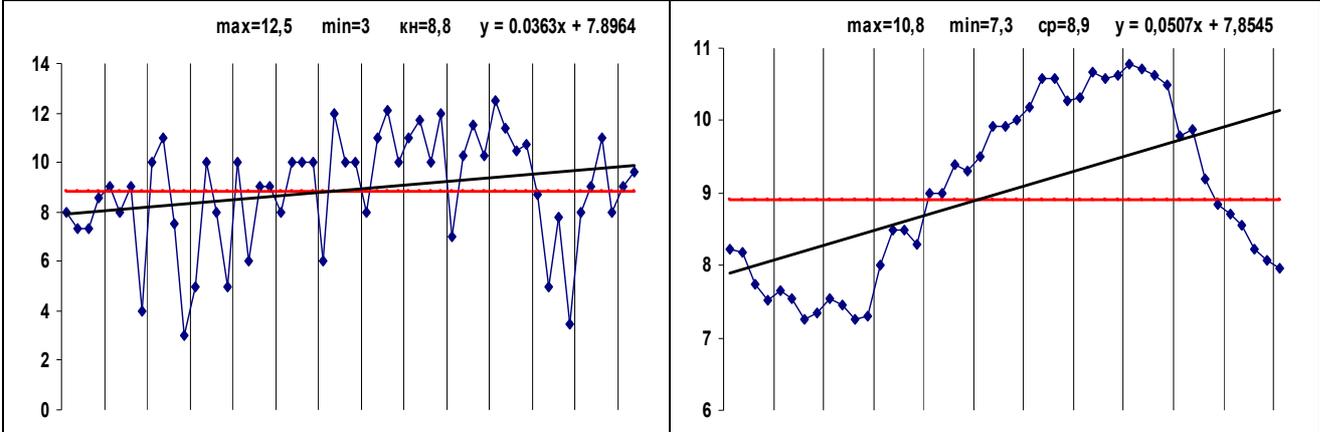
- относительно скользящих средних значений метеопараметра можно сказать следующее: до 1997 года число дней увеличивается, а затем уменьшается до 1,3 дня, что ниже многолетней 2,02 дня.



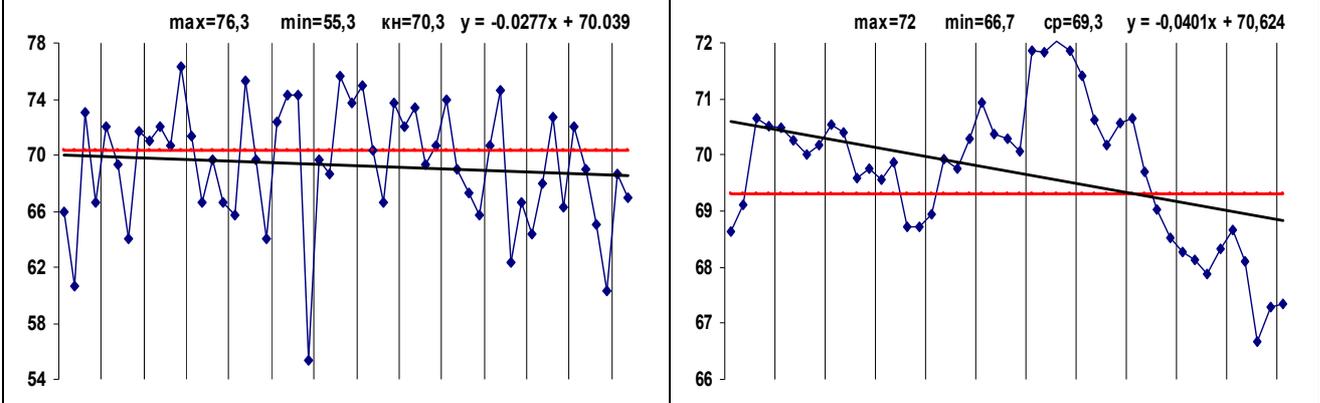
Максимальная температура воздуха (°C)



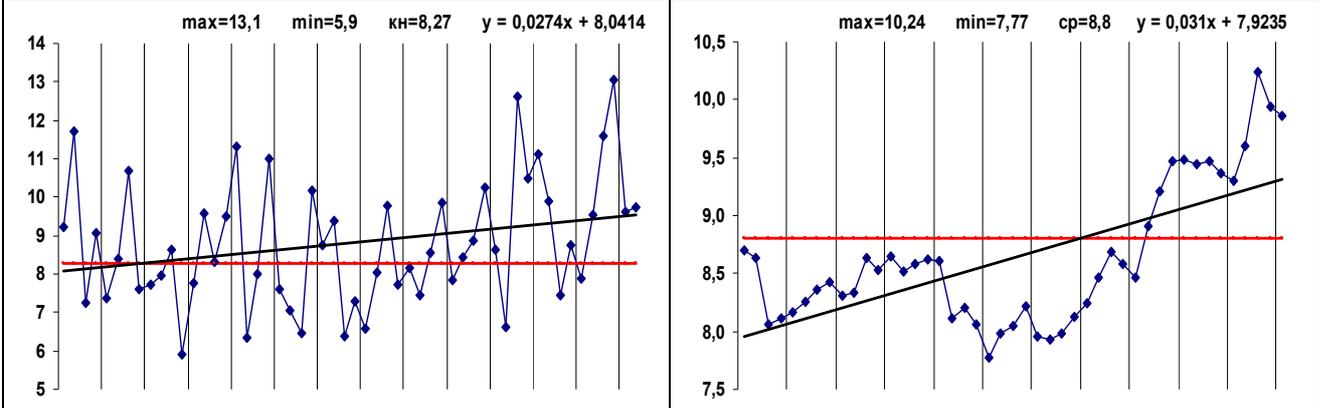
Минимальная температура на поверхности почвы (°C)



Средняя относительная влажность воздуха (%)



Средний дефицит влажности воздуха (мБ)



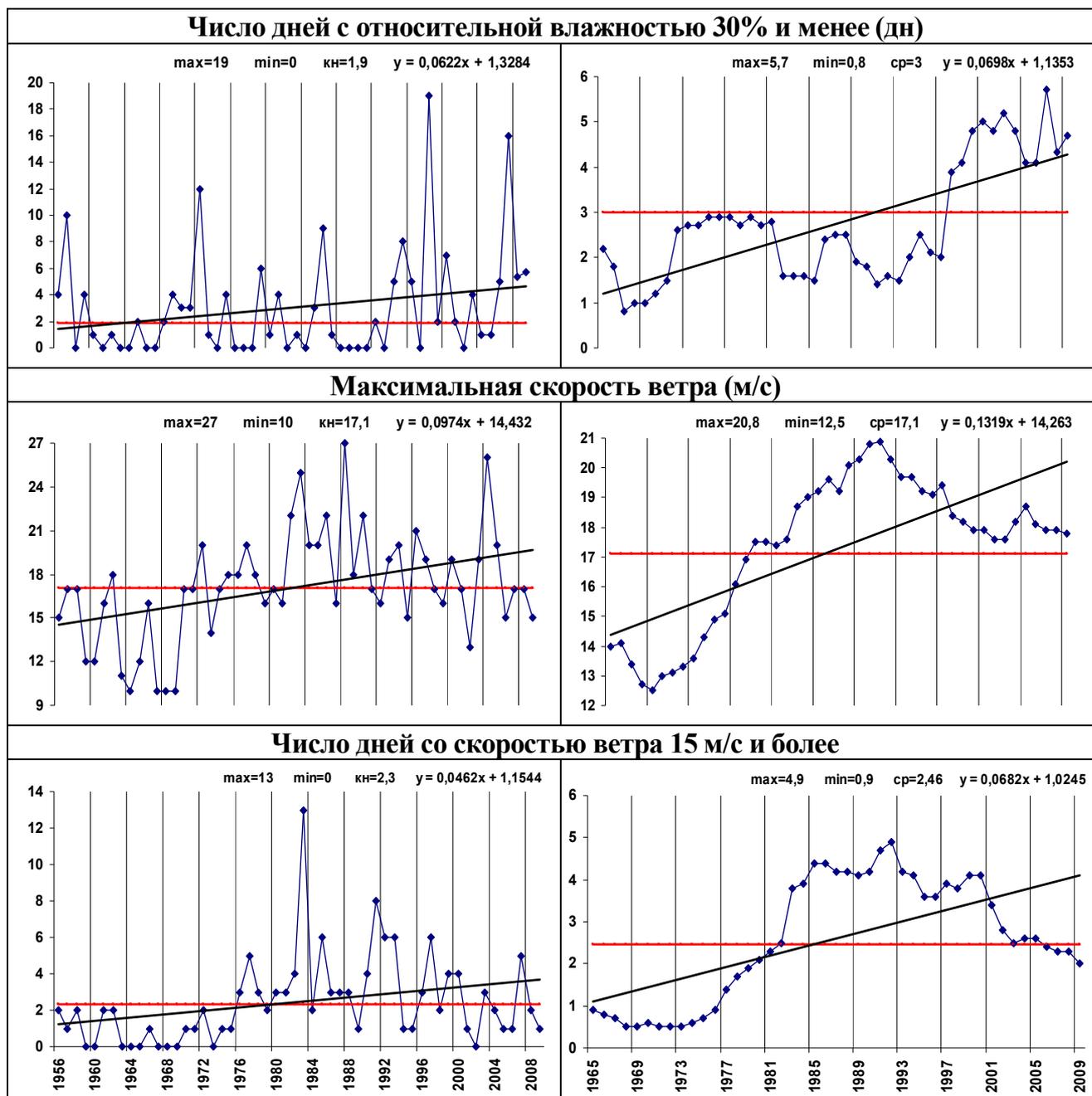


Рисунок 2.11 - Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние в летний сезон

На рисунке 2.11 приводится динамика изменения метеопараметров, линия тренда и значение климатической нормы по данным МС Нальчик в летний сезон.

Средняя амплитуда колебаний количества осадков в последнее десятилетие усиливается. Если анализ провести по вышеприведенным трем интервалам, то можно отметить, что за период 1956-1973 годов метеопараметр достигает максимального значения в 1963 году 100 мм (выше климатической нормы на 29,1

мм), а минимального значения в 1965 году 31 мм (меньше нормы на 39,9 мм), их размах составляет 69 мм.

Суммарное количество осадков меняется неравномерно, так за первые два года возросло на 228 мм, а через четыре года уменьшалось на 233 мм. Такая тенденция соблюдается и в последующем. Наименьшие осадки зарегистрированы в 2006 году и составляют 97 мм, а затем увеличились, достигнув наибольшего значения 378 мм в 2009 году.

Линия тренда ($y = 0,4281x + 222,62$) указывает на увеличения суммарного количества осадков во времени, которое ниже климатической нормы до 1979 года, а в дальнейшем выше. Сумма отклонений от климатической нормы на интервалах составляет:

| | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1956-1973 | 1974-1991 | 1991-2009 | 1956-1982 | 1983-2009 | 1956-2009 |
| -141,9 | 187,9 | 83,2 | -200,5 | 329,7 | 129,2 |

Данная таблица показывает характер изменения значений метеопараметра по интервалам и в целом в подтверждение коэффициента Херста и линии тренда; сглаженные значения суммарного количества осадков с 1980 по 1992 годы увеличились от минимума до максимума на 63,6 мм; на интервале 1985-2006 гг. их значения выше многолетней средней; последние два года осадки увеличиваются.

Суточный максимум осадков наибольшего значения 64 мм достигает в 1997 году, а наименьшего 18 мм в 2006 году. Сумма отклонения значений от климатической нормы 36,3 мм составляет 58,5 мм, хотя линия тренда ($y = -0,1339x + 41,066$) указывает на убывание процесса во времени упреждения. На интервалах 1956-1970 и 1992-2009 годов наблюдаются интенсивные колебания относительно климатической нормы. Линии тренда и климатической нормы пересекаются в 1990 году, а наибольшее отклонение составляет примерно 5 мм. Относительно скользящих средних можно отметить, что в начале и в конце периода анализа происходят резкие перепады. Остальная часть симметрична относительно многолетнего среднего 37,4 мм, на интервале 1967-1988 гг. значения меньше многолетнего среднего, а на интервале 1989-2004 гг. выше.

Наибольшие отклонения числа дней с осадками 5 мм и более относительно климатической нормы 13,8 дней наблюдаются на интервале 1966-2006 годов. Линия тренда ($y = 0,0294x + 12,452$) указывает на возрастание данного метеопараметра во времени. Наименьшее (4 дня) и наибольшее (23 дня) значения отмечаются соответственно в 1974 и 1992 годах. Сглаженные значения методом скользящих средних ведут себя следующим образом: на интервалах 1965-1969 гг., 1971-1981 гг., 2002 г., 2003 г., 2007-2009 гг. принимаются значения ниже многолетних средних, а в остальные годы выше.

Динамика изменения средней температуры воздуха такая же, как и в весенний сезон. Линия тренда указывает, что возрастание происходит более быстрыми темпами, нежели весной, хотя в последние годы произошли некоторые снижения. Наименьшее значение $18,9^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1973 году, а наибольшее $23,4^{\circ}\text{C}$ в 2006 году, разброс составляет $4,5^{\circ}\text{C}$. Анализируя по трем интервалам, получим, что в первом интервале наибольшее ($22,3^{\circ}\text{C}$) и наименьшее ($18,9^{\circ}\text{C}$) значения принимаются в конце соответственно 1972 и 1973 годах; во втором интервале в 1975 году температура повышается на $3,07^{\circ}\text{C}$ и до 1978 года опускается на столько же, эти точки и являются наибольшими и наименьшими. По методу скользящих средних температура воздуха до 1985 года меняется незначительно, а затем возрастает на $2,05^{\circ}\text{C}$ и с 2007 года идет на убывание; график пересекает линию многолетней средней в 1995 году.

Динамика изменения максимальной температуры воздуха такова, что по сравнению с предыдущим метеопараметром она повышается медленным темпом, и все значения чередуются вокруг климатической нормы ($33,5^{\circ}\text{C}$), что подтверждает и линия тренда ($y = 0.0128x + 33.491$), при этом почти на всем интервале значения выше климатической нормы. Сглаженные значения в большей степени ниже многолетней средней ($33,9^{\circ}\text{C}$), до 1997 года температура снижается до $32,7^{\circ}\text{C}$, а затем возрастает до $35,3^{\circ}\text{C}$.

Для минимальной температуры почвы в летний сезон климатическая норма составляет $8,8^{\circ}\text{C}$. Из рисунка 2.11 видно, что по характеру изменения значений на

всем интервале и линейному тренду ($y = 0,0363x + 7,8964$) можно утвердительно говорить о возрастании температуры. Наименьшее значение (3°C) принимается в 1967 году и в дальнейшем увеличивается, а через 35 лет наблюдается спад до $3,5^{\circ}\text{C}$ с последующим возрастанием. Наибольшее значение метеопараметра $12,5^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1996 году. Динамика изменения скользящих средних минимальной температуры почвы летом такова, что с $8,2^{\circ}\text{C}$ (1965 г.) убывает до $7,9^{\circ}\text{C}$ (1975 г.), а потом повышается до $10,8^{\circ}\text{C}$ (1997 г.), затем опять убывает до 8°C (2009 г.), т.е. изменение происходит синусоидально; на интервале 1981-2004 гг. значение метеопараметра больше либо равно многолетней средней ($8,9^{\circ}\text{C}$).

Средняя относительная влажность воздуха уменьшается во времени, а линия тренда ($y = -0,0277x + 70,039$) на всем интервале ниже климатической нормы. Динамика изменения метеопараметра довольно равномерная, за исключением трех точек, а именно, в 1957, 1979 и 2007 годах. Самая низкая влажность ($55,3\%$) наблюдалась в 1979 году, а самая высокая ($76,3\%$) в 1967 году. Из рисунка 2.11 видно, что большая часть точек находится ниже линии климатической нормы. Динамика изменения сглаженной средней относительной влажности воздуха такова: она уменьшается на интервалах 1967-1979 и 1991-2007 годов, а на остальных происходит увеличение; на интервале 1991-2007 годов значения метеопараметра уменьшились на $5,3\%$.

Средний дефицит влажности воздуха меняется прямо противоположно предыдущему метеопараметру. Линия тренда ($y = 0,0274x + 8,0414$) указывает на увеличение во времени упреждения, причем с 1962 года она выше климатической нормы ($8,27$ мБ). Наименьшее значение $5,9$ мБ отмечается в 1967 году, а наибольшее $13,1$ мБ в 2007 году. Скользящие средние значения до 1998 года ниже многолетней средней ($8,8$ мБ), а затем идут на повышение до 2007 года, принимая значение $10,24$ мБ.

Тенденция предыдущего метеопараметра сохраняется и у числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее. Линия тренда ($y = 0,0622x + 1,3284$) указывает на увеличение числа дней со временем. Некоторые годы отмечены отсутствием таких дней. Большинство значений

больше климатической нормы 1,9 дней, а в 1998 году отмечается 19 дней с относительной влажностью 30% и менее.

Тенденция изменения максимальной скорости ветра по рисунку 2.11 следующая:

- наименьшее значение (10 м/с) попадает на интервал 1956-1973 гг., причем в четырёх точках (1964, 1967, 1968 и 1969 годы);

- все точки первого интервала находятся ниже климатической нормы, а второго, наоборот, выше;

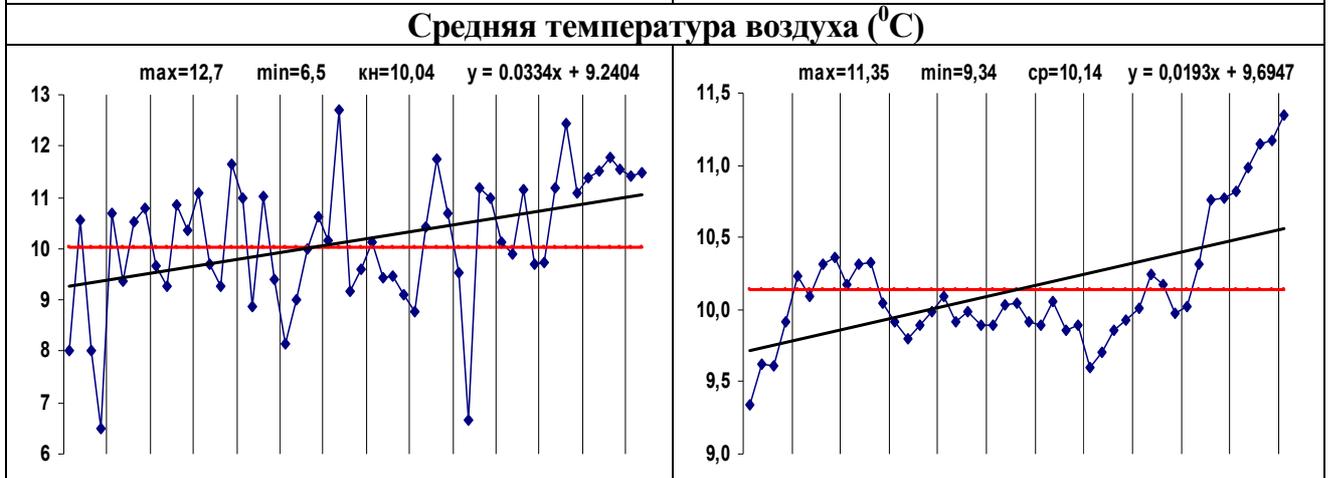
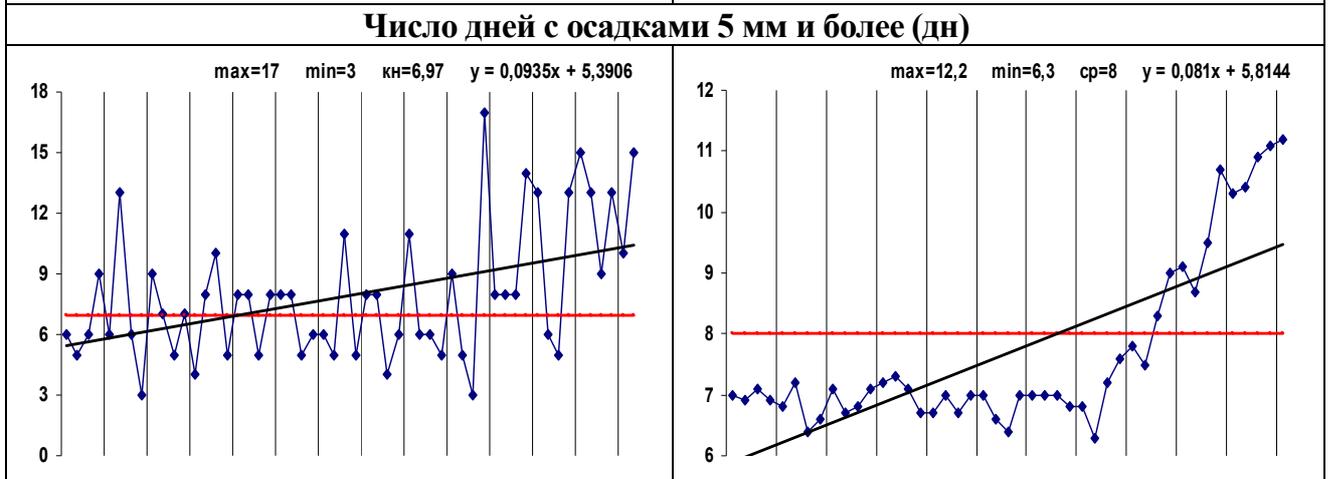
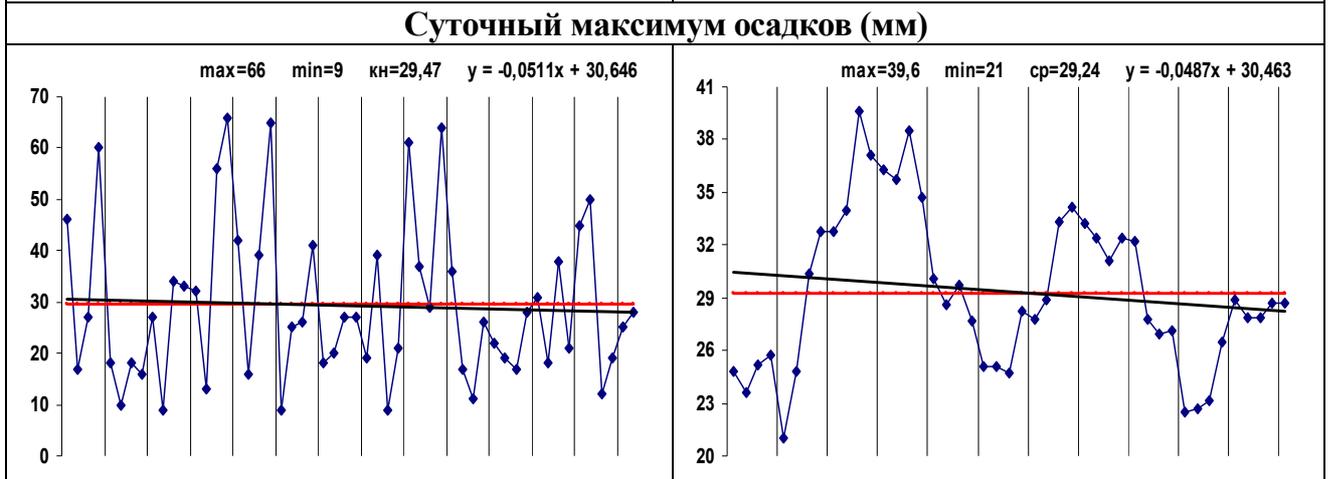
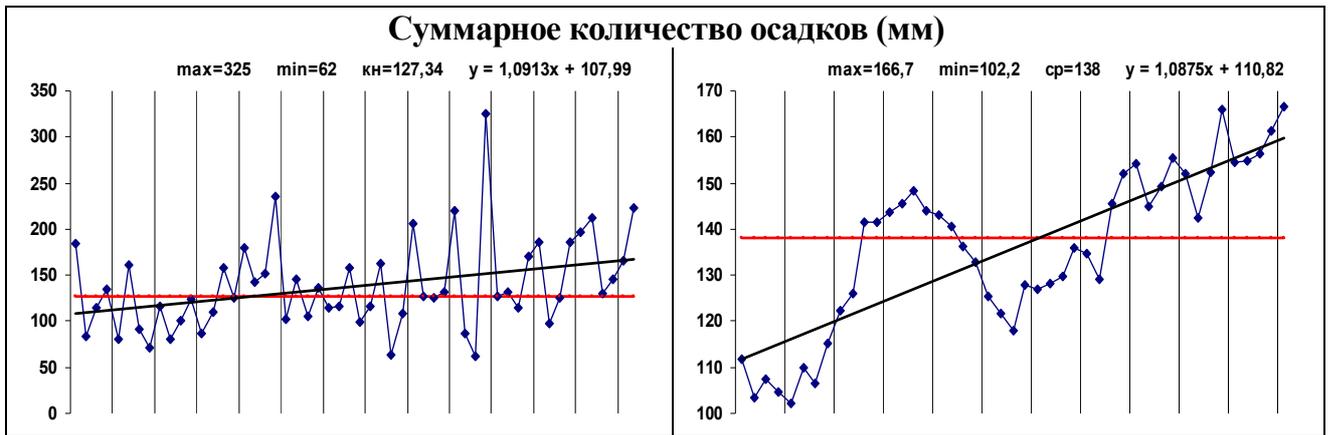
- наибольшая скорость ветра 27 м/с достигается в 1988 году, которая относительно 1987 года она повысилась на 11 м/с;

- последний интервал характеризуется колебательным процессом, например, в 2002 году максимальная скорость ветра составляет 13 м/с, а 2004 году уже увеличилась вдвое;

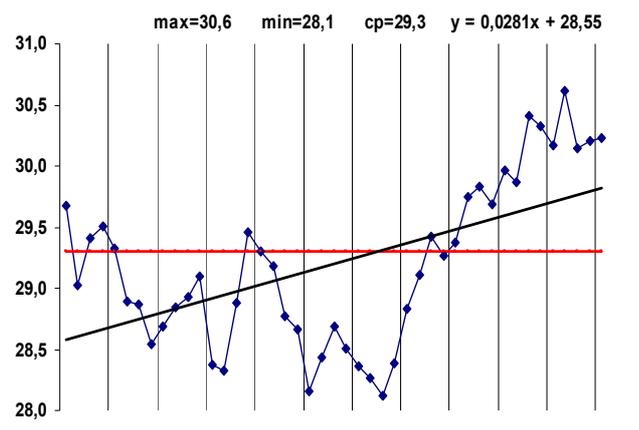
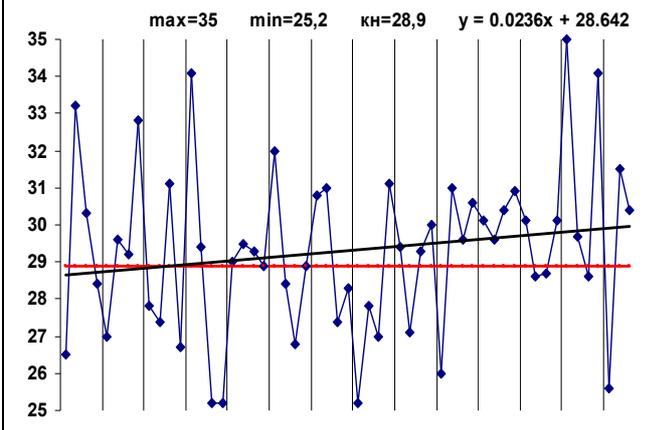
- линия тренда ($y = 0,0974x + 14,432$) описывает тенденцию на увеличение, а коэффициент Херста $H=0,45$ на интервале 1992-2009 гг. указывает на антиперсистентность, следовательно, в будущем, вероятно, максимальная скорость ветра будет уменьшаться;

- характер изменения сглаженных значений максимальной скорости ветра в летний и зимний совпадает, также первые пять лет убывает, затем увеличивается с 12,5 м/с до 20,9 м/с на интервале 1969-1991 гг. и следующие 12 лет происходит убывание на 3,3 м/с; с 1979 года значения метеопараметра превышают многолетние средние.

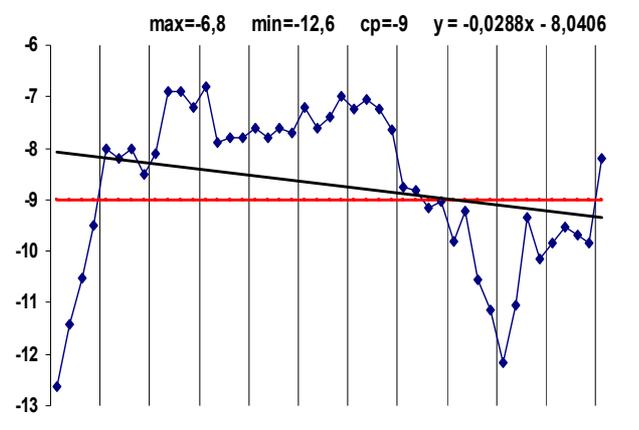
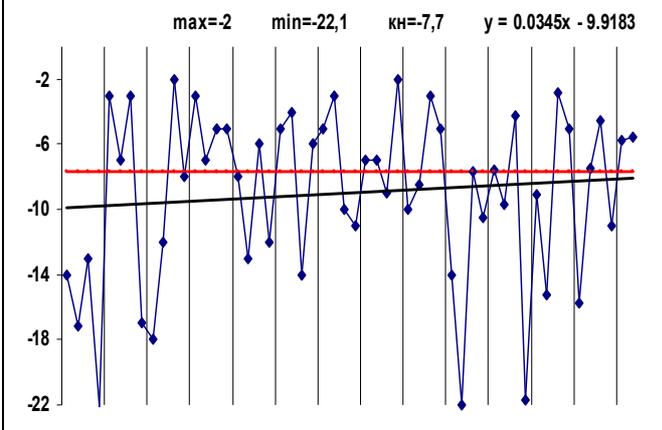
Тенденция числа дней со скоростью 15 м/с и более описывает линия тренда ($y = 0.0462x + 1.1544$), которая указывает на увеличение. Самые низкие значения задаются на интервале 1956-1976 гг., наибольшее значение 13 дней отмечается в 1983 году, а линия тренда пересекает линию климатической нормы (2,3 дней) в 1980 году. На счет скользящих средних в начале до 1982 года и последние три года принимаются значения ниже многолетних средних 2,46 дней, а наибольшее (4,9 дней) отмечается в 1992 году.



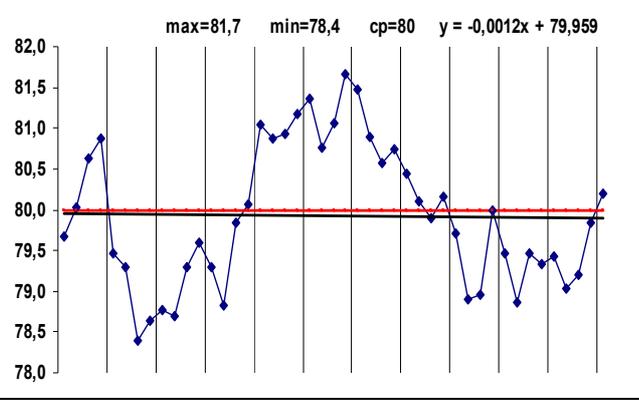
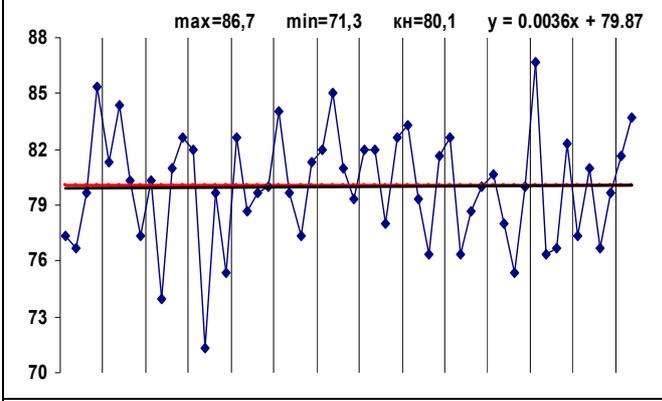
Максимальная температура воздуха (°C)



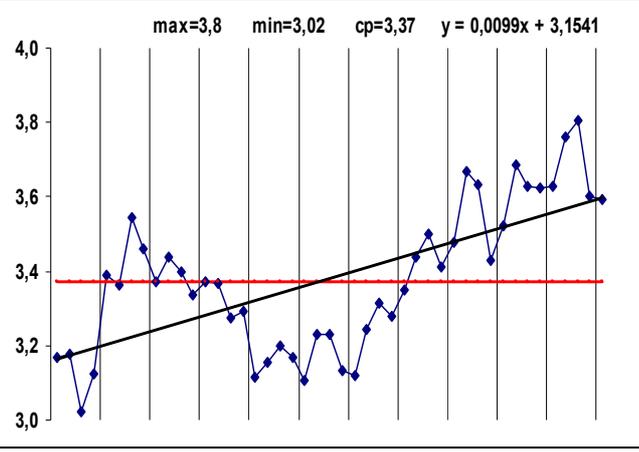
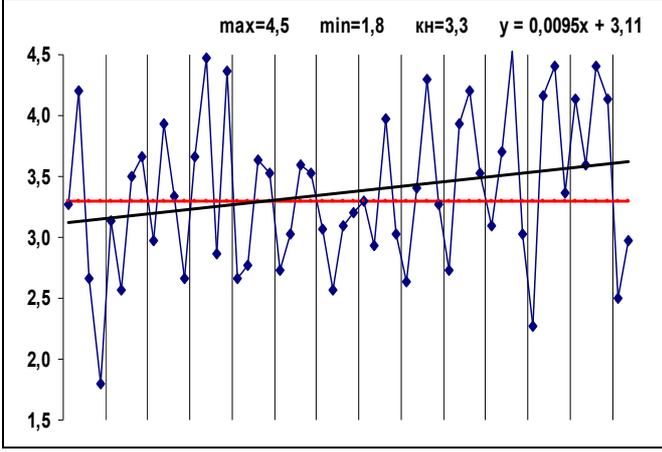
Минимальная температура на поверхности почвы (°C)



Средняя относительная влажность воздуха (%)



Средний дефицит влажности воздуха (мБ)



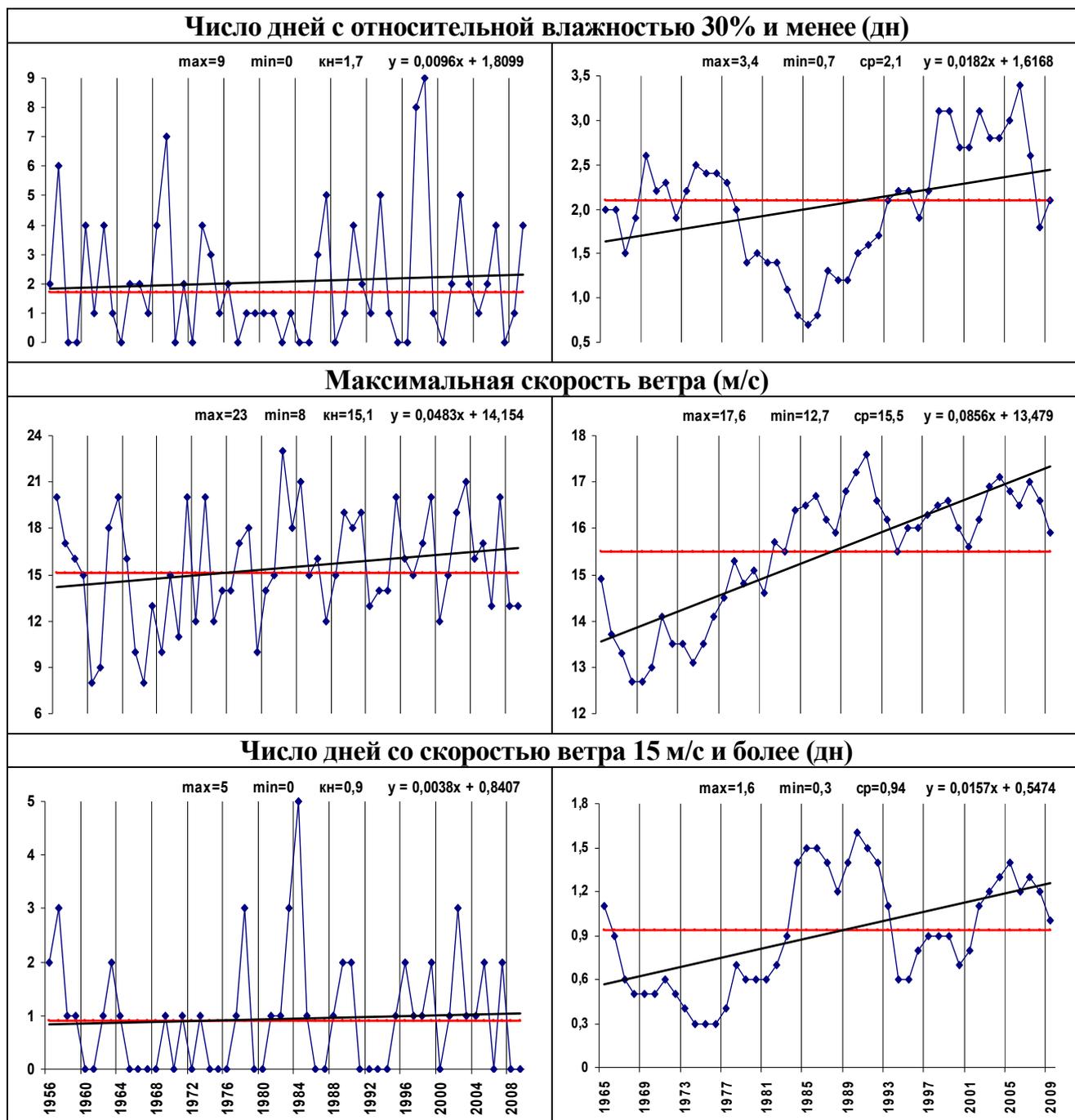


Рисунок 2.12. Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние в осенний сезон

На рисунке 2.12 приводится динамика изменения метеопараметров, линия тренда и значение климатической нормы по данным МС Нальчик в осенний сезон:

–наименьшее значение 62 мм принимается в 1994 году, что ниже климатической нормы на 65,3 мм, а наибольшее значение 325 мм достигается в 1995 году и это выше климатической нормы на 197,7 мм; до 1994 года и после 1995года наблюдаются колебания с меньшей амплитудой; линия тренда

($y = 1,0913x + 107,99$) указывает на увеличение осадков во времени; сглаженное суммарное количество осадков в интервалах 1969-1979 и 1987-2009 годов возрастают, при этом наименьшее значение 102,2 мм отмечается в 1969 году, а наибольшее 166,7 мм в 2009 году; на интервалах 1975-1983 и 1994-2009 годов сглаженные значения метеопараметра выше многолетних средних;

– суточный максимум осадков во времени упреждения частично уменьшается по линии тренда ($y = -0,0511x + 30,646$); наибольшее значение 66 мм отмечается в 1971 году, а наименьшее в 1965, 1976 и 1986 годах; анализируя по трем интервалам, имеем, что сумма отклонения значений от климатической нормы на интервале 1972-1991 годов составляет 45 мм, т.е. наибольшая часть значений меньше климатической нормы; скользящие средние значения меняются синусоидально с затуханием в конце относительно многолетней средней 29,2 мм;

– число дней с осадками 5 мм и более увеличивается с 3 до 17 дней, наименьшее значение принимается в 1963 и 1994 годах, а наибольшее в 1995 году, последние 7 лет оно выше климатической нормы (6,97 дней); линия тренда ($y = 0,0935x + 5,3906$) подтверждает возрастание ряда, а сумма отклонения от климатической нормы равна 53,6 дням; скользящие средние до 1999 года принимают значения ниже многолетней средней 8 дней, на интервале 1994-2009 годов ряд возрастает от наименьшего 6,3 до наибольшего 11,2 дней;

– в 1959 году самая низкая осенняя температура воздуха $6,5^{\circ}\text{C}$, а в 1981 году отмечается самая высокая температура воздуха $12,7^{\circ}\text{C}$, которая выше климатической нормы на $2,3^{\circ}\text{C}$; такой же скачок наблюдается в 1993 году ($6,67^{\circ}\text{C}$) и 2002 году ($12,43^{\circ}\text{C}$); в остальные годы значения метеопараметра близки к климатической норме; линия тренда ($y = 0,0334x + 9,2404$) указывает на повышение средней температуры воздуха во времени, до 1979 года она была ниже линии климатической нормы, а затем выше; персистентность ряда предполагает и дальнейшее повышение; метод скользящих средних показывает, что средняя температура воздуха с 1969 по 2002 год меняется равномерно, значения близки многолетней средней, причем до 1969 года и на интервале 1976-2001 годов значения метеопараметра ниже многолетней средней, а

с 2000 года наблюдается устойчивое возрастание; самая низкая температура воздуха $9,34^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1965 году, она меньше многолетней средней на $0,8^{\circ}\text{C}$, а самая высокая $11,35^{\circ}\text{C}$ в 2009 году, что выше многолетней средней на $1,21^{\circ}\text{C}$.

– линия тренда ($y = 0,0236x + 28,642$) указывает на возрастание максимальной температуры воздуха во времени упреждения, причем выше линии климатической нормы ($28,9^{\circ}\text{C}$) с 1964 года и сумма отклонений от неё равна $24,6^{\circ}\text{C}$; наименьшее значение $25,2^{\circ}\text{C}$ отмечаются в 1969, 1970 и 1983 годах, а наибольшее 35°C в 2003 году, анализируя последние несколько лет можно отметить следующее: в 2003 году температура относительно предыдущего и последующего годов выше на 5°C , в 2006 году значение выше предыдущего года на 5°C , затем снижается на $8,5^{\circ}\text{C}$ и в 2008 году опять происходит повышение на 6°C ; скользящие средние до 1997 года, за исключением 5 точек, ниже многолетней средней $29,3^{\circ}\text{C}$ и с 1991 года температура повышается до наибольшего значения $30,6^{\circ}\text{C}$;

– динамика изменения осенней минимальной температуры на поверхности почвы такова, что большая часть ниже климатической нормы $-7,7^{\circ}\text{C}$, линия тренда ($y = 0,0345x - 9,9183$) указывает на повышение температуры во времени, но вся она расположена ниже линии климатической нормы; наименьшее значение $-22,1^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1959 году, а наибольшее -2°C в 1966 и 1987 годах; на всем промежутке наблюдаются большие перепады, например, в 1959-1960 годах происходит повышение температуры от $-22,1^{\circ}\text{C}$ до -3°C , в 1991-1992 годах отмечается снижение с -5°C до -22°C ; что касается скользящих средних на интервале 1965-1977 годов происходит повышение температуры с $-12,6^{\circ}\text{C}$ до $-6,8^{\circ}\text{C}$, на интервале 1977-2001 годов значение метеопараметра снижается до $-12,2^{\circ}\text{C}$, а затем опять повышается до $-8,2^{\circ}\text{C}$; на интервале 1968-1995 годов значения выше многолетнего среднего -9°C ;

– динамика изменения средней относительной влажности воздуха равномерная, а линия равноудаленная от климатической нормы: линия тренда ($y = 0,0036x + 79,87$) почти сливается с линией климатической нормы, т.е. в начале немного ниже, а в конце происходит совпадение, но при этом указывает на увеличение влажности воздуха; отметим также, что в 1969 году самая низкая

влажность воздуха 71,3%, которая ниже климатической нормы на 10,8%, а 2000 году 86,7%, что выше на 6,6% нормы; скользящая средняя относительная влажность воздуха возрастает на интервале 1971-1988 годов, а также первые и последние четыре года; на интервалах 1969-1980 и 1994-2009 годов метеопараметр принимает значения меньше многолетней средней; самая низкая влажность (78,4%) наблюдается в 1971 году, а самая высокая (81,7%) в 1988 году.

–средний дефицит влажности воздуха относительно динамично меняется на всем интервале вокруг климатической нормы 3,3 мБ; в начале и в конце рассматриваемого периода отмечаются наименьшее значение метеопараметра ~2мБ и наибольшее ~ 4,5 мБ несколько раз внутри периода; линия тренда ($y = 0.0095x + 3.11$) указывает на незначительное возрастание ряда во времени упреждения;

–динамика изменения осенних значений числа дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее относительно стабильна, за исключением четырех отклонений во времени упреждения: 6 (1957), 7 (1969), 8 (1997) и 9 (1998) дней; большая часть значений больше климатической нормы 1,7 дней, что подтверждается суммой отклонений значений метеопараметра и климатической нормы, равной 20 дням, и линией тренда ($y = 0,0096x + 1,8099$); скользящее среднее наименьшее значение 0,7 дней в 1985 году увеличивается до наибольшего 3,4 дней в 2006 году;

–максимальная скорость ветра в начальном периоде меняется с большими перепадами, например, в 1956 году принимает значение равное 20 м/с, 1960 году – 8 м/с, 1963 году – 20 м/с, 1966 году – 8 м/с, 1971 году – 20 м/с и т.д.; наименьшее значение 8 м/с принимается в двух точках (1960 и 1966 годы), что меньше климатической нормы на 7,1 м/с, а наибольшее значение 23 м/с в 1982 году, которое выше климатической нормы на 7,9 м/с; результаты анализа по трем интервалам таковы: на первом интервале наименьшее значение 8 м/с принимается в 1960 и 1966 годах, а наибольшее 20 м/с принимается в четырех точках 1956, 1963, 1971 и 1973 годов; во втором интервале наименьшее значение 10 м/с в 1979 году, а наибольшее 23 м/с в 1982 году; на третьем интервале наименьшее 12 м/с в

2000 году, а наибольшее 21 м/с в 2003 году; линия тренда ($y = 0,0483x + 14,154$) и значение показателя Херста ($H=0,88$) указывают на возможное возрастание максимальной скорости ветра в будущем относительно прошлого; скользящая максимальная скорость ветра до 1982 года имеет значения меньше многолетней средней, в остальной части возрастает, затем убывает, график в трех точках приближается к линии многолетней средней, а последние три года процесс идет к убыванию, но не доходит до линии многолетней средней. Самое низкое значение максимальной скорости ветра (12,7 м/с) зафиксировано в 1968 году, а самое высокое (17,6 м/с) в 1991 году;

– число дней со скоростью ветра 15 м/с и более во все годы незначительное от 0 до 3 дней, и только в 1984 году оно составляет 5 дней; линия тренда ($y = 0,0038x + 0,8407$) указывает на незначительное увеличение и выше линии климатической нормы и равно 0,9 дням.

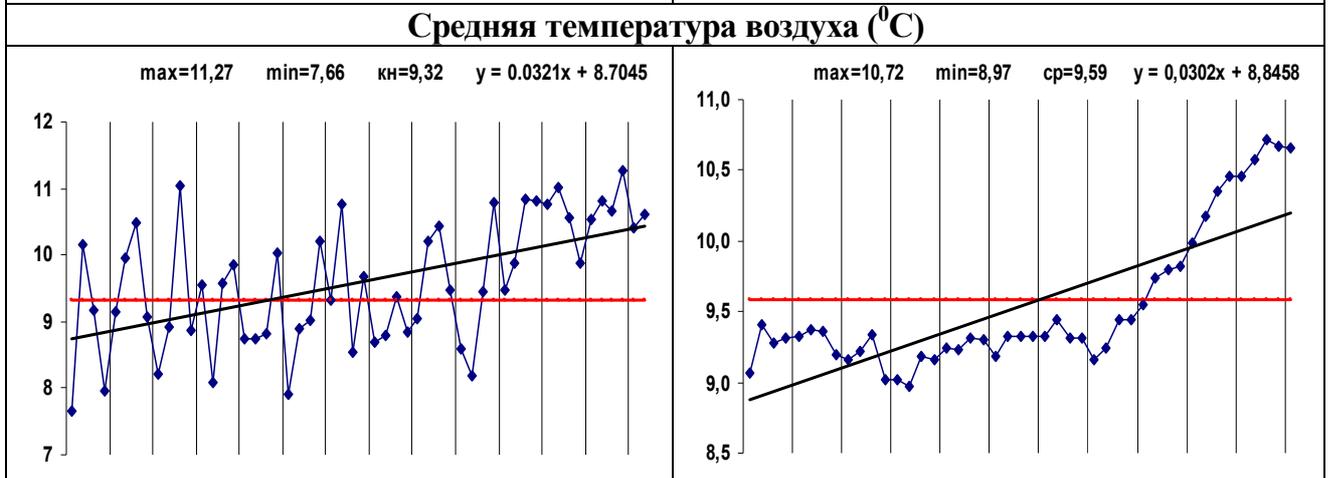
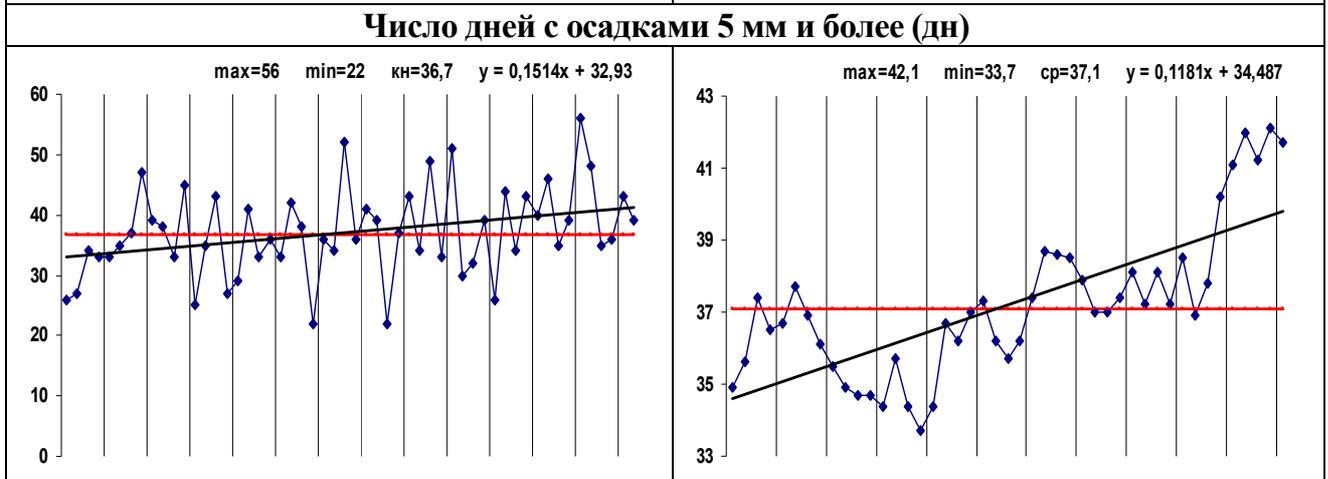
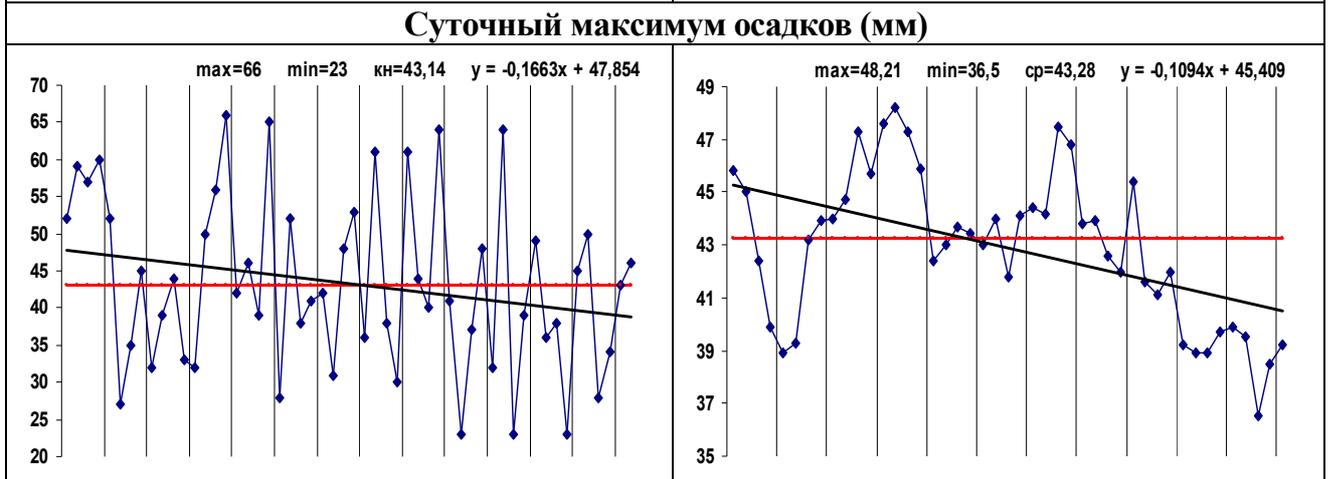
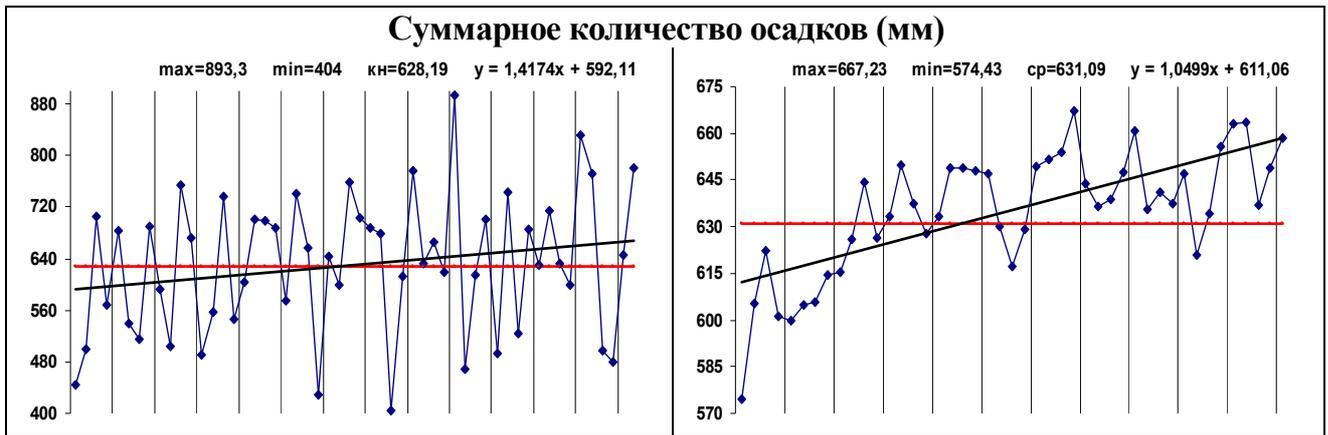
На рисунке 2.13 приводится динамика изменения метеопараметров, линия тренда и значение климатической нормы по данным МС Нальчик за год.

Динамика изменения суммарного количества осадков из рисунка такова:

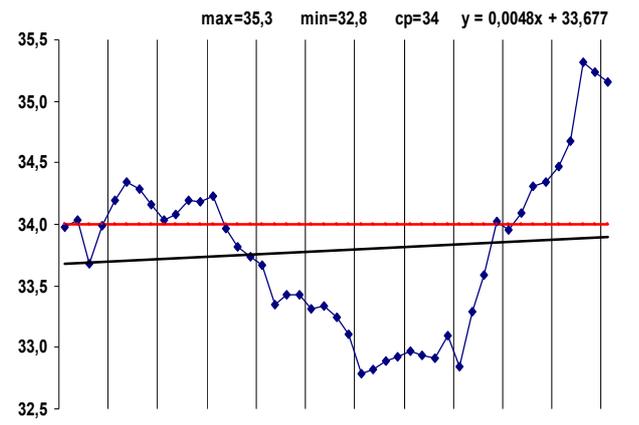
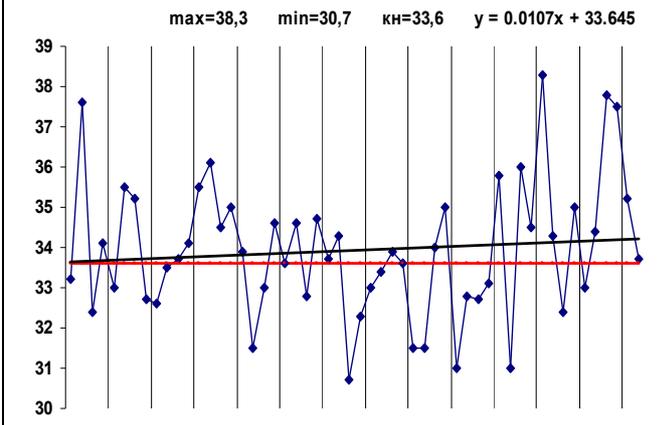
- климатическая норма равна 628,2 мм;
- наименьшее значение метеопараметра зарегистрировано в 1986 году 404 мм, а наибольшее (893,3 мм) в 1992 году;
- с 1977 года по 1994 год наблюдаются резкие перепады значений с большими отклонениями от климатической нормы, а последние 6 лет происходят большие изменения;

– сумма отклонений от климатической нормы по интервалам составляет: для первого интервала 505, для второго 258,9, а для третьего 402,1; линия тренда ($y = 1,4174x + 592,11$) указывает на увеличение среднего значения метеопараметра и пересекается с линией климатической нормы 1979 года;

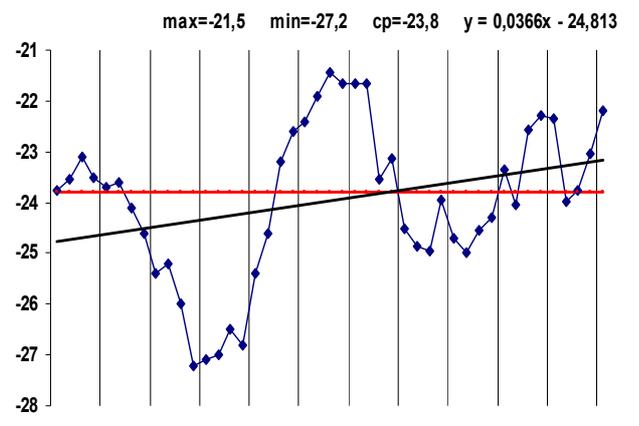
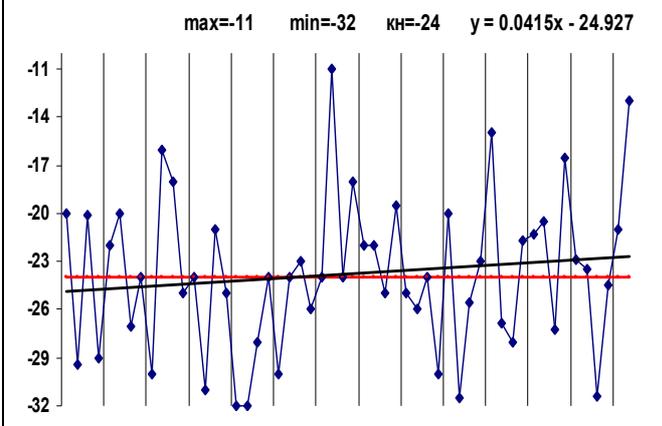
– можно считать, что сглаженное суммарное количество осадков возрастает до 1978 года на 75,6 мм, затем происходит некоторая стабилизация, но при этом все точки, кроме шести, выше многолетней средней (633,8 мм).



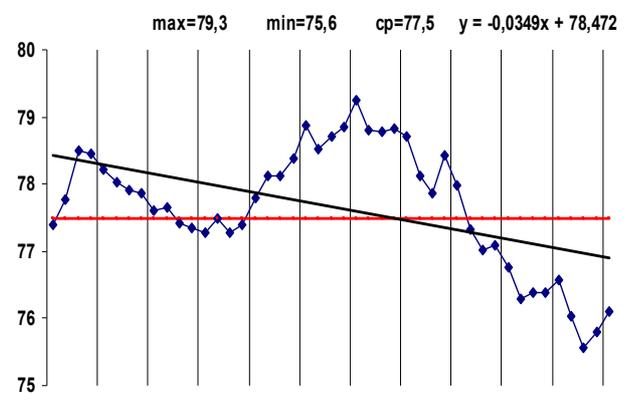
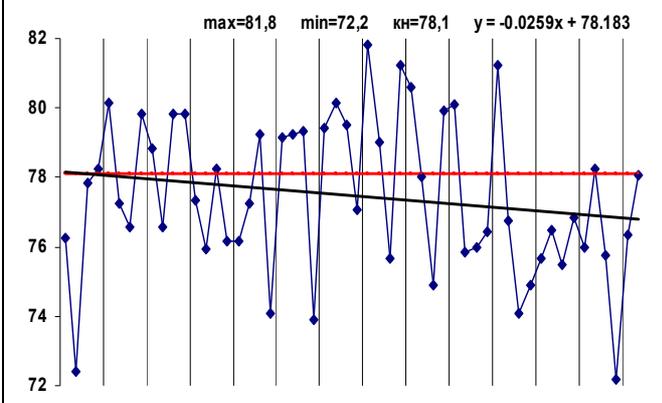
Максимальная температура воздуха (°C)



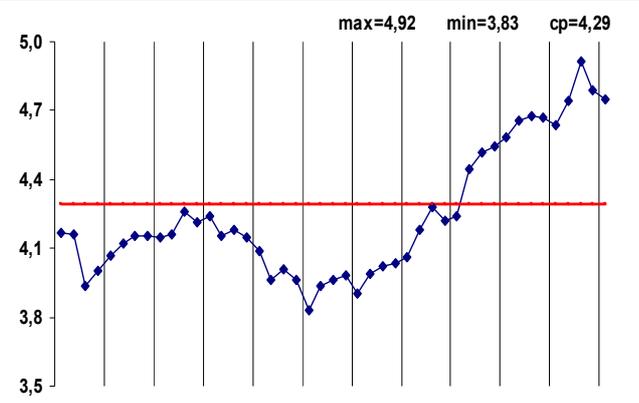
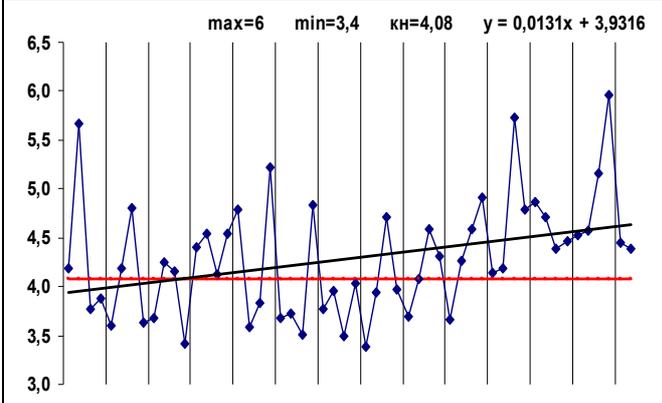
Минимальная температура на поверхности почвы (°C)



Средняя относительная влажность воздуха (%)



Средний дефицит влажности воздуха (мБ)



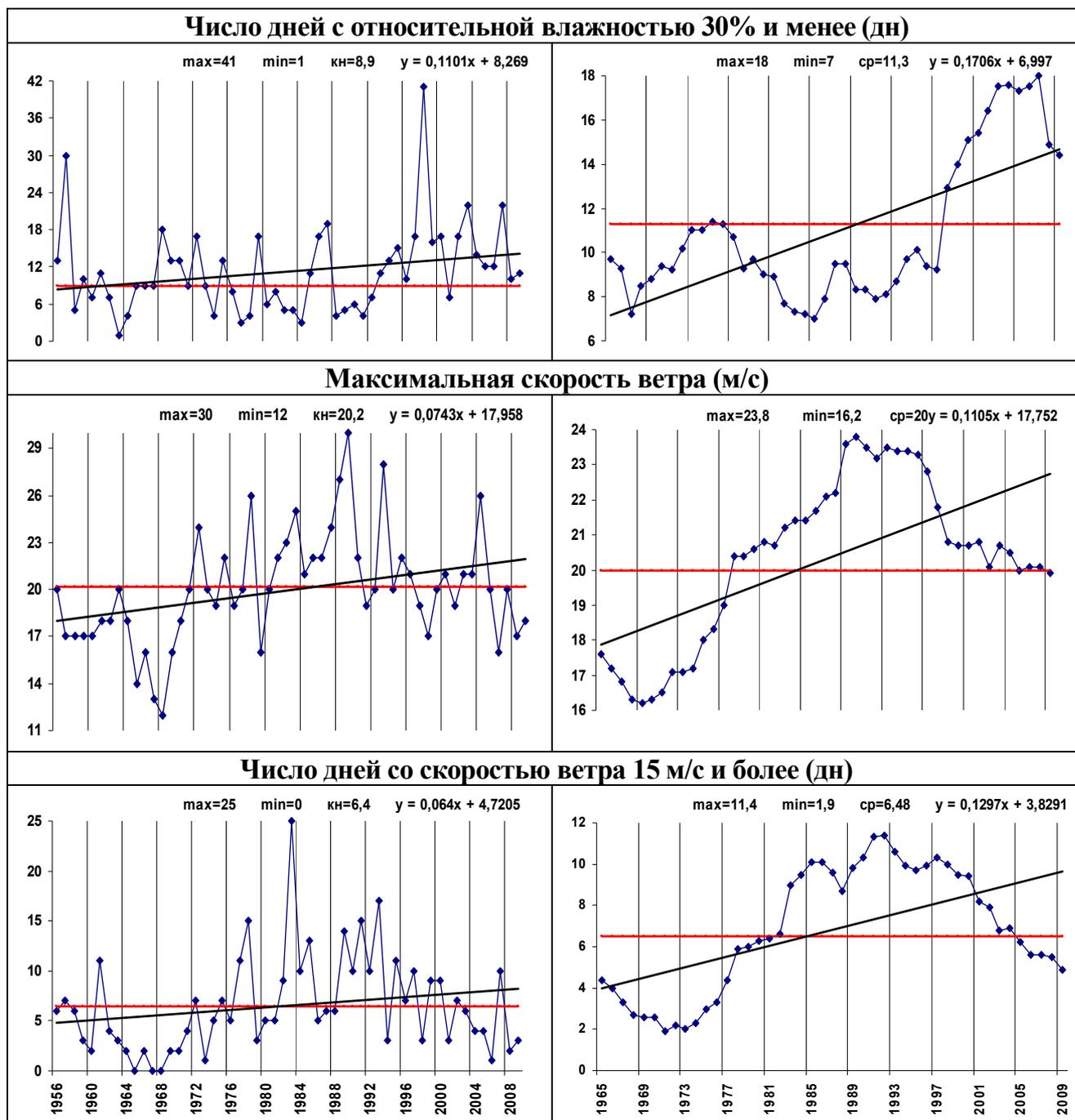


Рисунок 2.13. Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние за год

Для суточного максимума осадков линия тренда ($y = -0,1663x + 47,864$) указывает на уменьшение, хотя большая часть отклонений от климатической нормы 43,1 мм расположена выше и сумма этих отклонений равна 9,7 мм; наибольшее значение 66 мм отмечается в 1971 году, а наименьшее зафиксировано в 1993, 1998 и 2003 годах; имеются резкие спады, например, в 1975-1976 годах происходит

уменьшение с 65 мм до 28 мм, в 1997-1998 годах с 64 мм до 21 мм, но на всем промежутке резких всплесков не отмечено. Скользящие средние суточного максимума осадков первые пять лет уменьшаются, затем увеличиваются до наибольшего значения ряда 48,2 мм (1978 г.), с 1991 года уменьшаются до наименьшего значения 36,5 мм (2007 г.); до 1998 года скользящие средние значения метеопараметра в основном выше многолетнего среднего 43,3 мм.

Линия тренда ($y = 0,1514x + 32,93$) указывает, что число дней с осадками 5 мм и более увеличивается с течением времени, пересекая линию климатической нормы 36,7 в 1979 году. Наименьшее значение 22 дня отмечается в 1979 и 1986 годах, а наибольшее - 56 дней в 2004 году. Скользящие средние значения на интервале 1980-2008 гг. увеличиваются с 33,7 по 42,1 дней.

Анализируя характер изменения средней температуры воздуха по рисунку, можно заключить следующее:

– наименьшая температура воздуха ($7,66^{\circ}\text{C}$) зафиксирована в 1956 году, а наибольшая ($11,27^{\circ}\text{C}$) в 2007 году;

– начиная с 1994 года, значения метеопараметра выше климатической нормы ($9,32^{\circ}\text{C}$) и постепенно увеличиваются;

– линия тренда ($y = 0,0321x + 8,7045$) указывает на повышение температуры воздуха во времени;

– в первых двух интервалах происходит интенсивное колебание значений метеопараметра вокруг климатической нормы с поочередными всплесками и спадами, а третий интервал характеризуется устойчивым повышением температуры воздуха;

– средняя температура воздуха возрастает на всем интервале, за исключением некоторых перепадов. До 1997 года значения средней температуры воздуха ниже многолетней средней, а остальные значения стремительно возрастают и выше многолетней средней. Наименьшее ($8,97^{\circ}\text{C}$) и наибольшее ($10,72^{\circ}\text{C}$) значения соответственно принимаются в 1978 и 2007 годах.

Максимальная температура воздуха имеет тенденцию к повышению во времени упреждения, это подтверждается линией тренда ($y = 0.0107x + 33.645$),

которая на всем промежутке находится выше климатической нормы $33,6^{\circ}\text{C}$. Из года в год наблюдаются резкие перепады значений на всем периоде исследований, например, на интервале 1956-1958 годов значение с $33,2^{\circ}\text{C}$ повышается на $4,4^{\circ}\text{C}$, затем снижается на $5,2^{\circ}\text{C}$, а на интервале 1996-1998 годов, наоборот, сначала с $35,8^{\circ}\text{C}$ температура понижается до 31°C , а потом происходит увеличение на 5°C . Наименьшее значение $30,7^{\circ}\text{C}$ отмечается в 1982 году, а наибольшее $38,3^{\circ}\text{C}$ в 2000 году. Скользящие средние значения метеопараметра меняются параболически, вначале снижается до $32,8^{\circ}\text{C}$ и затем повышается на $2,5^{\circ}\text{C}$.

Минимальная температура на поверхности почвы по линии тренда ($y = 0.0415x - 24.927$) имеет тенденцию к увеличению, наибольшие отклонения от климатической нормы -24°C наблюдаются на интервалах 1964-1974, 1981, 1991-2004, 2006 и 2009 годов, а сумма отклонений составляет $11,6^{\circ}\text{C}$. Скользящие средние меняются синусоидально с затухающим периодом, до 1972 года и на интервале 1991-2009 гг. их значения близки к многолетней средней $23,8^{\circ}\text{C}$.

В отличие от предыдущих метеопараметров средняя относительная влажность воздуха уменьшается во времени. Как видно на рисунке, линия тренда ($y = -0,0259x + 78,183$) с самого начала опускается все ниже и ниже, отдаляясь от линии климатической нормы. Анализ изменения метеопараметра по трем вышеприведенным интервалам запишем в виде таблицы:

| 1956-1973 | | 1974-1991 | | 1992-2009 | |
|-----------|------|-----------|------|-----------|------|
| min | max | min | max | min | max |
| 1957 | 1960 | 1979 | 1984 | 2007 | 1996 |
| 72,4 | 80,2 | 73,9 | 81,8 | 72,2 | 81,3 |

Из этой таблицы видно, что в первом и в третьем интервалах средняя относительная влажность воздуха ниже, чем во втором интервале. Относительная влажность воздуха скользящих средних возрастает в интервалах 1965-1967 и 1979-1989 годов, причем увеличение составляет соответственно на 1,1 % и 2,0 %, а в интервалах 1967-1979 и 1989-2007 годов убывает соответственно на 1,2 % и 3,7 %. Наименьшее (75,6%) и наибольшее (79,3%) значения отличны от многолетней средней (77,5%) соответственно на 2 % и 1,8 %.

Линия тренда ($y = 0.0131x + 3.9316$) среднего дефицита относительной влажности воздуха указывает на увеличение по всему интервалу и выше линии климатической нормы 4,08 мБ с 1966 года, а с 1993 по 2009 годы все значения выше климатической нормы, что указывает на наступление засушливого периода. Наименьшее значение 3,4 мБ отмечается в 1967 и 1984 годах, а наибольшее 6 мБ в 2007 году. Скользящие средние значения метеопараметра до 1998 года ниже многолетнего среднего 4,29 мб, а на интервале 1985-2007 годов наблюдается повышение от наименьшего значения 3,83 мб до наибольшего 6 мб.

Максимальное число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее отмечается в 1998 году и равно 41 дню. Линия тренда ($y = 0,1101x + 8,269$) указывает на активное увеличение числа соответствующих дней во времени, и это подтверждается тем, что сумма отклонения значений от климатической нормы 8,9 дней равна 129,4 дням. Скользящие средние метеопараметра до 1998 года принимают значения ниже многолетнего среднего 11,3 дней и на интервале 1997-2007 годов наблюдается увеличение до наибольшего значения 18 дней.

Максимальная скорость ветра также, как суммарное количество осадков и средняя температура воздуха, увеличивается во времени, на что указывает и линия тренда ($y = 0,0743x + 17,958$). Как видно из рисунка, кроме 1965, 1967 и 1968 годов, максимальная скорость ветра во все годы выше 15 м/с, причем наибольшее значение (30 м/с) зафиксировано в 1989 году и соответствует 12 баллам Бофорты. Что касается скользящих средних, максимальная скорость ветра первые пять лет убывает на 1,4 м/с, затем увеличивается до 1990 года на 7,6 м/с, а следующие девять лет происходит убывание до многолетнего среднего (20 м/с).

Динамика изменения числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более примерно такова, как и у предыдущего метеопараметра в обоих вариантах исследования. Климатическая норма, многолетние средние, наименьшее и наибольшее значения соответственно равны: 6,4; 6,48; 0 и 25 дням.

Выводы к главе 2

Таким образом, по результатам комплексного исследования динамики изменения основных климатообразующих метеопараметров предгорной зоны КБР по данным МС Нальчик и Баксан можно заключить следующее:

1. По данным статистического метода:

1.1. Результаты исследования метеорологических параметров в зимний период таковы, что суммарное количество осадков и максимальная температура воздуха уменьшаются, затем происходит увеличение, а в случае двух интервалов уменьшение; суточный максимум осадков в случае трех интервалов увеличивается непрерывно, а в случае двух уменьшается; число дней с осадками 5 мм и более, средняя температура воздуха, минимальная температура на поверхности почвы, средний дефицит влажности воздуха и число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее увеличиваются от интервала к интервалу; средняя относительная влажность воздуха уменьшается, а максимальная скорость ветра и число дней со скоростью ветра 15 м/с и более наибольшие значения принимаются во втором интервале, а в случае двух интервалов увеличиваются.

1.2. Результаты исследования весенних значений метеорологических параметров таковы, что суммарное количество осадков, максимальная температура воздуха, минимальная температура на поверхности почвы и средняя относительная влажность воздуха уменьшаются во времени упреждения, а остальные метеопараметры, наоборот, увеличиваются.

1.3. В летний, осенний периоды и за год все метеопараметры, за исключением суточного максимума осадков и средней относительной влажности воздуха, увеличиваются во времени.

2. По методу нормированного размаха или методу R/S-анализа, получим:

2.1. В зимний период суточный максимум осадков на интервале 1992-2009 годов и максимальная скорость ветра на интервале 1974-1991 годов характеризуются белым гауссовским шумом, а в остальном все метеопараметры имеют свойство персистентности; суммарное количество осадков, число дней с

осадками 5 мм и более, минимальная температура почвы и максимальная скорость ветра в начальный период (несколько лет) нестабильны в своих изменениях.

2.2. Весенние значения средней температуры воздуха и числа дней со скоростью ветра 15 м/с и более на интервале 1956-1973 годов имеют характер белого гауссовского шума, что подтверждается и графиком; средняя относительная влажность воздуха на интервале 1974-1991 годов характеризуется антиперсистентностью, а в других случаях все метеопараметры обладают свойством персистентности; минимальная температура почвы и максимальная скорость ветра до 1960 года неустойчивы.

2.3. В летний сезон суммарное количество осадков и средний дефицит влажности воздуха на интервале 1956-1982 годов, средняя температура воздуха на интервале 1956-1973 годов, максимальная скорость ветра на интервале 1992-2009 годов характеризуются антиперсистентностью, а в других случаях все метеопараметры обладают свойством персистентности.

2.4. В осенний сезон число дней с осадками 5 мм и более на интервале 1956-1982 годов и максимальная скорость ветра на интервале 1983-2009 годов характеризуются антиперсистентностью, а в других случаях все метеопараметры обладают свойством персистентности.

2.5. Годовые значения метеопараметров таковы, что суммарное количество осадков имеет во всех промежуточных интервалах низкую степень персистентности, хотя для всего интервала показатель Херста $H=0,63$, что указывает на устойчивость временного ряда; суточный максимум осадков на интервале 1992-2009 годов, средняя относительная влажность воздуха и средний дефицит влажности воздуха на интервале 1956-1982 годов антиперсистентны и близки к белому гауссовскому шуму, т.е. много случайностей, а в других случаях наблюдается устойчивая стабильность.

3. По методу анализа отклонений от климатической нормы и скользящих средних.

Анализ представим в виде таблицы, в которой будут указаны: максимальная и минимальная значения, климатическая норма, среднее отклонение значений от климатической нормы и уравнение линии тренда для всех метеопараметров.

| Наименование | max | min | кн | сред откл | тренд |
|--|-------|-------|-------|--------------|-------------------------|
| Зима | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 115,3 | 31 | 70,9 | 1,1 | $y = 0,0371x + 70,94$ |
| Суточный максимум осадков | 39 | 5 | 13,2 | 0,2 | $y = -0,0076x + 13,595$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 7 | 1 | 3,4 | 0,2 | $y = -0,0021x + 3,6122$ |
| Средняя температура воздуха | 1,7 | -6,67 | -2,32 | 0,36 | $y = 0,0302x + 2,7933$ |
| Максимальная температура воздуха | 22,6 | 10,5 | 15,7 | 0,2 | $y = -0,0051x + 16,062$ |
| Минимальная температура почвы | -11 | -32 | -24 | 0,2 | $y = 0,0443x - 24,997$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 92,3 | 81 | 87,5 | -0,9 | $y = -0,0719x + 89,453$ |
| Средний дефицит влажности воздуха | 2 | 0,5 | 0,91 | 0,11 | $y = 0,0064x + 0,842$ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | 5 | 0 | 0,6 | 0,3 | $y = 0,020x + 0,3466$ |
| Максимальная скорость ветра | 28 | 6 | 15 | 0,6 | $y = 0,046x + 14,363$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 3 | 0 | 1 | 0,1 | $y = 0,0064x + 1,2697$ |
| Весна | | | | | |
| Суммарное количество осадков, мм | 348 | 63,3 | 198 | -0,4 | $y = 0,1086x + 189,57$ |
| Суточный максимум осадков, мм | 61 | 6 | 28 | -1,7 | $y = 0,1984x + 20,878$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 21 | 5 | 12,6 | -0,2 | $y = 0,028x + 11,581$ |
| Средняя температура воздуха, °С | 11,93 | 6,4 | 9,14 | 0,11 | $y = 0,0287x + 8,4623$ |
| Максимальная температура воздуха | 34,5 | 23,8 | 28,3 | 0,1 | $y = -0,0186x + 28,955$ |
| Минимальная температура почвы | -2 | -24 | -12,1 | 1,1 | $y = 0,1369x - 14,728$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 88 | 68 | 76,4 | -0,5 | $y = -0,0339x + 76,863$ |
| Средний дефицит влажности воздуха | 5,7 | 2,4 | 3,86 | 0,12 | $y = 0,0092x + 3,7311$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 16 | 0 | 4,6 | 0,8 | $y = 0,0333x + 4,4913$ |
| Максимальная скорость ветра | 30 | 9 | 17,9 | -0,5 | $y = 0,0449x + 16,192$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 8 | 0 | 2,2 | -0,2 | $y = 0,0212x + 1,4347$ |
| Лето | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 378 | 97 | 232 | 2,4 | $y = 0,4281x + 222,62$ |
| Суточный максимум осадков | 64 | 18 | 36,3 | 1,1 | $y = -0,1339x + 41,066$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 23 | 4 | 13,8 | -0,5 | $y = 0,0294x + 12,452$ |
| Средняя температура воздуха | 23,4 | 18,9 | 20,46 | 0,01 | $y = 0,0338x + 19,972$ |
| Максимальная температура воздуха | 38,3 | 29,8 | 33,5 | 0,3 | $y = 0,0128x + 33,491$ |
| Минимальная температура почвы | 12,5 | 3 | 8,8 | 0,1 | $y = 0,0363x + 7,8964$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 76,3 | 55,3 | 70,3 | -1,0 | $y = -0,0277x + 70,039$ |
| Средний дефицит влажности воздуха | 13,1 | 5,9 | 8,27 | 0,53 | $y = 0,0274x + 8,0414$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 19 | 0 | 1,9 | 1,1 | $y = 0,0622x + 1,3284$ |
| Максимальная скорость ветра | 27 | 10 | 17,1 | 0,01 | $y = 0,0974x + 14,432$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 13 | 0 | 2,3 | 0,13 | $y = 0,0462x + 1,1544$ |
| Осень | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 325 | 62 | 127,3 | 10,7 | $y = 1,0913x + 107,99$ |
| Суточный максимум осадков | 66 | 9 | 29,5 | -0,3 | $y = -0,0511x + 30,646$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 17 | 3 | 6,97 | 1,0 | $y = 0,0935x + 5,3906$ |
| Средняя температура воздуха | 12,7 | 6,5 | 10,04 | 0,12 | $y = 0,0334x + 9,2404$ |
| Максимальная температура воздуха | 35 | 25,2 | 28,9 | 0,5 | $y = 0,0236x + 28,642$ |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|------|-------------------------|
| Минимальная температура почвы | -2 | -22,1 | -7,7 | -1,3 | $y = 0,0345x + 9,9183$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 86,7 | 71,3 | 80,1 | -0,1 | $y = 0,0036x + 79,87$ |
| Средний дефицит влажности воздуха | 4,5 | 1,8 | 3,3 | 0,07 | $y = 0,0095x + 3,11$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 9 | 0 | 1,7 | 0,4 | $y = 0,0096x + 1,8099$ |
| Максимальная скорость ветра | 27 | 10 | 17,1 | 0,4 | $y = 0,0974x + 14,432$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 5 | 0 | 0,9 | 0,04 | $y = 0,0038x + 0,8407$ |
| Год | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 893,3 | 404 | 628,2 | 2,5 | $y = 1,417x + 592,11$ |
| Суточный максимум осадков | 66 | 23 | 43,1 | 0,2 | $y = -0,1663x + 47,854$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 56 | 22 | 36,7 | 0,4 | $y = 0,1514x + 32,93$ |
| Средняя температура воздуха | 11,27 | 7,66 | 9,32 | 0,27 | $y = 0,0321x + 8,7045$ |
| Максимальная температура воздуха | 38,3 | 30,7 | 33,6 | 0,3 | $y = 0,0107x + 33,645$ |
| Минимальная температура почвы | -11 | -32 | -24 | 0,2 | $y = 0,0415x - 24,927$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 81,8 | 72,2 | 78,1 | -0,6 | $y = -0,0259x + 78,183$ |
| Средний дефицит влажности воздуха | 6 | 3,4 | 4,08 | 0,21 | $y = 0,0131x + 3,9316$ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | 41 | 1 | 8,9 | 2,4 | $y = 0,1101x + 8,269$ |
| Максимальная скорость ветра | 30 | 12 | 20,2 | -0,2 | $y = 0,0743x + 17,958$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 25 | 0 | 6,4 | 0,08 | $y = 0,064x + 4,7205$ |

Результаты анализа данной таблице подтверждают исследования, проведенные другими способами. А метод скользящих средних позволяет определить сглаженные краткосрочные колебания и выделить циклы для дальнейшего прогнозирования.

Подобные исследования проведены и по данным степной зоны МС Прохладный и Терек. Результаты анализа динамики изменения вышеприведенных метеопараметров за период 1956-2009гг. задаются в виде таблиц и графиков (см. Приложение 1), которые показывают следующее:

Результаты исследования комплексного анализа основных климатообразующих метеопараметров по данным предгорной зоны МС Прохладный и Терек (см. Приложение 1-3) можно представить в виде:

1. По данным статистического метода:

1.1. В зимний период суммарное количество осадков, средняя температура воздуха и минимальная температура почвы увеличиваются в случаях двух и трех интервалов; суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и более, максимальная температура воздуха и число дней с относительной влажностью

30% и менее сперва уменьшаются, затем увеличиваются большими темпами, а во втором варианте они все увеличиваются; средняя относительная влажность воздуха и число дней со скоростью ветра 15 м/с и более в обоих вариантах уменьшаются от интервала к интервалу; максимальная скорость ветра от первого ко второму интервалу увеличивается на 1,5 м/с, а затем уменьшается на 3,62 м/с.

1.2. Весенние значения таковы, что суммарное количество осадков, суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и более в первом варианте от первого интервала ко второму уменьшаются, а во втором увеличиваются большими темпами, и в случае двух интервалов также увеличиваются; средняя температура воздуха и минимальная температура почвы увеличиваются в обоих вариантах от интервала к интервалу; остальные метеопараметры убывают во времени.

1.3. В летний период суммарное количество осадков, суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и более, максимальная скорость ветра и число дней со скоростью ветра 15 м/с и более уменьшаются во времени; средняя температура воздуха и минимальная температура почвы в обоих вариантах увеличиваются от интервала к интервалу; максимальная температура воздуха, средняя относительная влажность воздуха и число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее меняются одинаково, вначале уменьшаются, затем увеличиваются усиленными темпами, и поэтому в случае двух интервалов увеличиваются.

1.4. В осенний период суммарное количество осадков, суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и более, средняя температура и средняя относительная влажность воздуха увеличиваются от интервала к интервалу в обоих вариантах; максимальная температура воздуха, максимальная скорость ветра и минимальная температура почвы ведут себя одинаково, сперва уменьшаются, затем увеличиваются усиленными темпами, а в случае двух интервалов увеличиваются; количество дней с низкой влажностью воздуха и с высокой скоростью ветра со временем уменьшается.

1.5. Годовые значения метеопараметров таковы, что суммарное количество осадков, суточный максимум осадков, число дней с осадками 5 мм и более, средняя температура воздуха, максимальная температура воздуха и минимальная температура почвы увеличиваются во времени упреждения, а средняя относительная влажность воздуха, число дней с относительной влажностью воздуха, максимальная скорость ветра и число дней со скоростью ветра 15 м/с и более уменьшаются во времени.

2. По методу нормированного размаха или метод R/S-анализа:

2.1. В зимний период суммарное количество осадков, средняя температура воздуха, максимальная температура воздуха, минимальная температура почвы, средняя относительная влажность воздуха, число дней с относительной влажностью воздуха 30% и менее и максимальная скорость ветра во всех интервалах исследования имеют свойство персистентности; суточный максимум осадков на интервале 1956-2009 годов из-за нестабильности в 1962-1968 годах характеризуется белым гауссовским шумом, и показатель Херста $H=0,49$; число дней с осадками 5 мм и более на интервалах 1974-1991 и 1983-2009 годов нестабильны, что характеризует значения показателя Херста, соответственно равные 0,45 и 0,48, а это указывает на близость процесса на интервале 1983-1991 годов к белому гауссовскому шуму; число дней со скоростью ветра 15 м/с и более на интервале 1974-1991 годов имеет показатель Херста $H=0,47$, что свидетельствует об антиперсистентности процесса.

2.2. Весенние значения суммарного количества осадков нестабильны на интервале 1956-1982 годов, показатель Херста равен $H=0,48$, на других интервалах процесс персистентен, хотя близок к белому гауссовскому шуму; все остальные метеопараметры обладают свойством персистентности, т.е. стабильны на любом участке, хотя на некоторых интервалах наблюдаются процессы, близкие к белому гауссовскому шуму.

2.3. В летний сезон суммарное количество осадков на интервале 1956-1982 годов, средняя температура воздуха на интервале 1956-1973 годов, максимальная скорость ветра на интервале 1992-2009 годов характеризуются

антиперсистентностью, а в других случаях все метеопараметры обладают свойством персистентности.

2.4. В осенний сезон число дней с осадками 5 мм и более на интервале 1956-1982 годов и максимальная скорость ветра на интервале 1983-2009 годов характеризуются антиперсистентностью, а в других случаях все метеопараметры обладают свойством персистентности.

2.5. Годовые значения метеопараметров таковы, что суммарное количество осадков имеет во всех промежуточных интервалах низкую степень персистентности, хотя для всего интервала показатель Херста $H=0,63$, что указывает на устойчивость временного ряда; суточный максимум осадков на интервале 1992-2009 годов, средняя относительная влажность воздуха на интервале 1956-1982 годов антиперсистентна и близка к белому гауссовскому шуму, т.е. много случайностей, а в других случаях наблюдается устойчивая стабильность.

3. По методу анализа отклонений от климатической нормы и скользящих средних.

Анализ представим в виде таблицы, в которой будут указаны: максимальное и минимальное значения, климатическая норма, среднее отклонение значений от климатической нормы и уравнение линии тренда для всех метеопараметров.

| Наименование | max | min | кн | сред откл | тренд |
|--|-------|------|-------|-----------|-------------------------|
| Зима | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 117,2 | 39 | 65,4 | 2,1 | $y = 0,2473x + 60,727$ |
| Суточный максимум осадков | 20 | 4 | 10 | 0,4 | $y = 0,02x + 9,8581$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 8 | 0 | 2,9 | 0,3 | $y = 0,0039x + 3,0587$ |
| Средняя температура воздуха | 1,4 | -6,7 | -2,2 | 0,3 | $y = 0,0265x - 2,6257$ |
| Максимальная температура воздуха | 22,5 | 7 | 13,5 | 0,8 | $y = 0,0305x + 13,417$ |
| Минимальная температура почвы | -9 | -31 | -21,9 | -0,01 | $y = 0,0183x - 22,418$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 92,3 | 81 | 87,5 | -0,02 | $y = -0,0719x + 89,453$ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | 2 | 0 | 0,2 | 0,1 | $y = 0,0037x + 0,1586$ |
| Максимальная скорость ветра | 34 | 7 | 17,9 | | $y = -0,0665x + 18,68$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 7 | 0 | 1,6 | | $y = -0,0375x + 2,624$ |
| Весна | | | | | |
| Суммарное количество осадков, мм | 246,5 | 55,4 | 132,3 | 2,4 | $y = 0,3138x + 126,03$ |
| Суточный максимум осадков, мм | 78 | 10 | 26,9 | 0,3 | $y = 0,0383x + 26,17$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 17 | 3 | 7,8 | 0,3 | $y = 0,0001x + 8,1265$ |
| Средняя температура воздуха, °С | 12,4 | 7,6 | 10,1 | 0,03 | $y = 0,025x + 9,4418$ |

| | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
| Максимальная температура воздуха | 36,3 | 25 | 30 | 0,3 | $y = -0,0047x + 30,433$ |
| Минимальная температура почвы | -2,9 | -20 | -10,4 | 0,6 | $y = 0,1089x - 12,745$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 81,7 | 67 | 75,1 | -0,03 | $y = -0,0164x + 75,525$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 22 | 0 | 7,6 | -0,2 | $y = -0,0302x + 8,181$ |
| Максимальная скорость ветра | 30 | 9 | 17,9 | -0,5 | $y = 0,0449x + 16,192$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 8 | 0 | 2,2 | -0,2 | $y = 0,0212x + 1,4347$ |
| Лето | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 329 | 32 | 189,6 | -15,3 | $y = -0,5263x + 188,79$ |
| Суточный максимум осадков | 88 | 11 | 33,5 | 0,04 | $y = -0,0616x + 35,232$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 21 | 1 | 10,7 | -0,8 | $y = -0,031x + 10,779$ |
| Средняя температура воздуха | 26,3 | 20,4 | 21,9 | 0,4 | $y = 0,0377x + 21,289$ |
| Максимальная температура воздуха | 40,9 | 32 | 36,2 | 0,4 | $y = 0,0154x + 36,219$ |
| Минимальная температура почвы | 11,5 | 4 | 8,2 | -0,1 | $y = 0,0132x + 7,7737$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 75 | 60 | 68,2 | 0,02 | $y = -0,0171x + 68,693$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 36 | 0 | 8,5 | 1,28 | $y = 0,1092x + 6,7757$ |
| Максимальная скорость ветра | 27 | 10 | 17,1 | 0,01 | $y = 0,0974x + 14,432$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 13 | 0 | 2,3 | 0,13 | $y = 0,0462x + 1,1544$ |
| Осень | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 225 | 38 | 83,5 | 11,5 | $y = 0,945x + 68,997$ |
| Суточный максимум осадков | 70 | 5 | 20,1 | 1,8 | $y = 0,2105x + 16,138$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 12 | 0 | 4,7 | 0,8 | $y = 0,0646x + 3,7058$ |
| Средняя температура воздуха | 13,9 | 6,8 | 10,6 | 0,08 | $y = 0,0314x + 9,8155$ |
| Максимальная температура воздуха | 37,7 | 25,8 | 30,9 | 0,6 | $y = 0,0372x + 30,483$ |
| Минимальная температура почвы | -2 | -17 | -7 | -0,6 | $y = 0,0454x - 8,8356$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 87,7 | 75 | 81,5 | -0,02 | $y = 0,0369x + 80,468$ |
| Число дней с влажностью 30 % и менее | 9 | 0 | 1,9 | 0,1 | $y = -0,0059x + 2,1985$ |
| Максимальная скорость ветра | 27 | 10 | 17,1 | 0,4 | $y = 0,0974x + 14,432$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 5 | 0 | 0,9 | 0,04 | $y = 0,0038x + 0,8407$ |
| Год | | | | | |
| Суммарное количество осадков | 654 | 251,5 | 470,9 | -2,1 | $y = 0,9311x + 445,89$ |
| Суточный максимум осадков | 88 | 14 | 37,9 | 1,7 | $y = 0,12x + 36,349$ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | 39 | 14 | 26 | 0,7 | $y = 0,0379x + 25,679$ |
| Средняя температура воздуха | 11,9 | 8 | 10,1 | 0,21 | $y = 0,0313x + 9,4453$ |
| Максимальная температура воздуха | 40,9 | 32,6 | 36,2 | 0,5 | $y = 0,0161x + 36,217$ |
| Минимальная температура почвы | -11 | -31 | -22,3 | 0,1 | $y = 0,0377x - 23,218$ |
| Средняя относительная влажность воздуха | 81,75 | 73 | 78,2 | -0,1 | $y = -0,0169x + 78,534$ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | 48 | 0 | 18,2 | 1,23 | $y = 0,0767x + 17,318$ |
| Максимальная скорость ветра | 30 | 12 | 20,2 | -0,2 | $y = 0,0743x + 17,958$ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | 25 | 0 | 6,4 | 0,08 | $y = 0,064x + 4,7205$ |

Учитывая сделанные выводы, можно заполнить следующие таблицы, если отметить результаты исследования метеопараметров (по данным МС Нальчик) по

методам увеличения знаком (+), а уменьшение или неустойчивость характеристики знаком (-):

| Наименования метеопараметров | Зима | | | Весна | | | Лето | | | Осень | | |
|--|------|---|-----|-------|---|-----|------|---|-----|-------|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Суммарное количество осадков | - | + | ++ | - | + | -+ | + | - | ++ | + | + | ++ |
| Суточный максимум осадков | + | - | + - | + | + | -+ | - | + | + - | - | + | -- |
| Число дней с осадками 5 мм и более | + | + | + - | + | + | -+ | + | + | -+ | + | - | ++ |
| Средняя температура воздуха | + | + | ++ | + | - | ++ | + | - | ++ | + | + | ++ |
| Максимальная температура воздуха | - | + | + - | - | + | + - | + | + | ++ | + | + | ++ |
| Минимальная температура почвы | + | + | ++ | - | - | ++ | + | + | ++ | + | + | -+ |
| Средняя относительная влажность воздуха | - | + | -- | - | - | -- | - | + | -- | - | + | -+ |
| Средний дефицит влажности воздуха | + | + | ++ | + | + | ++ | - | + | ++ | + | + | ++ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | + | + | ++ | + | + | -- | + | + | ++ | + | + | ++ |
| Максимальная скорость ветра | + | - | ++ | + | - | -+ | + | - | ++ | + | - | ++ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | + | + | ++ | + | - | -+ | + | + | ++ | + | + | ++ |

Из этой таблицы видно, что за исключением суточного максимума осадков и средней относительной влажности воздуха, все метеорологические параметры в основном увеличиваются во всех сезонах. Это указывает на наличие признаков глобального потепления на территории предгорной зоны КБР, а увеличение дефицита влажности воздуха - на необходимость в будущем принятии мер в сельском хозяйстве по орошению сельскохозяйственных культур в период вегетации для сохранения урожая.

По степной зоне КБР по данным МС Прохладный и Терек имеем:

| Наименования метеопараметров | Зима | | | Весна | | | Лето | | | Осень | | |
|--|------|---|----|-------|---|-----|------|---|-----|-------|---|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Суммарное количество осадков | + | + | ++ | + | - | ++ | - | - | -+ | + | + | ++ |
| Суточный максимум осадков | + | - | ++ | + | + | ++ | - | + | + - | + | + | ++ |
| Число дней с осадками 5 мм и более | + | - | ++ | + | + | ++ | - | + | -- | + | - | ++ |
| Средняя температура воздуха | + | + | ++ | + | + | ++ | + | - | ++ | + | + | ++ |
| Максимальная температура воздуха | + | + | ++ | - | + | + - | + | + | ++ | + | + | ++ |
| Минимальная температура почвы | + | + | -+ | + | + | ++ | + | + | -+ | + | + | -+ |
| Средняя относительная влажность воздуха | - | + | -- | - | + | -- | + | + | + - | - | + | -+ |
| Число дней с влажностью 30% и менее | + | + | ++ | - | + | -- | + | + | ++ | + | + | + - |
| Максимальная скорость ветра | + | + | ++ | - | + | -+ | - | - | ++ | - | - | ++ |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более | - | - | -- | - | + | -+ | - | + | ++ | + | + | ++ |

Из таблицы видно, что в зимний сезон осадки увеличиваются незначительно, а температура воздуха и почвы повышаются значительно, за счет чего понижается средняя относительная влажность воздуха; максимальная

скорость ветра также увеличивается, но не больше 15 м/с. Весной влажность воздуха понижается, а все остальные метеопараметры увеличиваются. Летом осадки уменьшаются, а температура воздуха и почвы повышается и становится более ветрено. В осенний период ветры утихают, а все другие метеорологические характеристики увеличиваются.

Таким образом, можно заключить следующее:

– в зимний период предгорной зоне повышение средней температуры и дефицита влажности воздуха указывает на незначительное увеличение суммарного количества осадков, что возможно неблагоприятно будет отражаться на озимых сельскохозяйственных культурах; в степной же зоне таких опасений нет;

– ранее наступление весны указывает на корректировку календарных планов сельхозпроизводства, но при этом не исключена возможность весенних заморозков, когда вначале наступают слишком теплые дни для данного периода, а за ними может последовать резкое похолодание с увеличением влажности воздуха; такие скачки очень пагубно отражаются на косточковых культурах, таких как абрикосы;

– летом в предгорной зоне осадки увеличиваются, а в степной уменьшается; температура воздуха и почвы в обеих климатических зонах повышается, но относительная влажность с увеличением осадков повышается в предгорной зоне; скорость ветра в степной зоне уменьшается, а в предгорной, наоборот, повышается;

– в осенний период все метеопараметры в климатических зонах меняются идентично, осадки и температура повышаются, влажность воздуха уменьшается, а число дней с максимальной скоростью ветра 15 м/с и более увеличивается.

Результаты исследований по данным других 5 метеостанций приведены в Приложениях 1 и 2.

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ

Все метеорологические характеристики, рассмотренные во второй главе, играют определенную роль в развитии сельскохозяйственного производства, а комплексное использование результатов исследования даст больше эффекта. В следующей главе будем рассматривать вопрос зависимости урожайности сельскохозяйственной культуры от динамики изменения климатических характеристик по декадам, месяцам или сезонам в соответствии с вегетационным периодом по данным МС Нальчик, Баксан, Прохладный и Терек на территории КБР. Разработанная модель используется при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур.

3.1. Методологическая основа прогнозирования изменения климата.

Временной ряд метеорологических условий представляет собой совокупность измерений какой-либо одной характеристики подобного рода в течение некоторого периода времени, например, суммарное количество осадков, средняя температура воздуха и почвы, влажность воздуха и скорость ветра, фиксируемые четырьмя метеорологическими станциями, расположенными в предгорной и степной зонах на территории КБР.

Современные подходы к прогнозированию погоды определяются динамическими и физическими процессами, протекающими в атмосфере, а также взаимодействием с подстилающей поверхностью.

Эти процессы, в свою очередь, могут быть описаны уравнениями гидротермодинамики воздушной среды и примыкающих к ней жидкой и твердой оболочек, а прогнозирование их развития во времени осуществлено путем численного решения соответствующей системы уравнений как задачи с начальными условиями.

Прогнозирование климата – это описание будущего климата с учётом влияния естественных, случайных и антропогенных факторов. Основными прогностическими переменными изменения климата являются температура почвы, температура воздуха, его влажность, осадки, скорость ветра.

Одной из важнейших задач адаптации сельского хозяйства регионов к изменениям климата, как было отмечено, является прогноз изменений их природно-климатических характеристик. Основной информацией, используемой для решения этой задачи, являются временные ряды метеорологических параметров, которые в большей степени определяют развитие сельскохозяйственных культур. К ним относятся параметры, рассмотренные выше и характеризующие режимы осадков и температуры воздуха и почвы.

Прежде всего, отметим, что под методом прогнозирования обычно имеют в виду способ теоретического и практического действия, направленного на разработку прогнозов [84]. Такое определение носит достаточно общий характер и позволяет понимать термин "метод прогнозирования" весьма широко: от простейших экстраполяционных расчетов до сложных процедур многошаговых опросов.

Цели изучения временных рядов:

- предсказание будущего на основании знания прошлого;
- управление процессом, порождающим ряд;
- описание характерных особенностей ряда.

В настоящее время считается установленным, что изменения климата обусловлены природными, природно-антропогенными и природно-случайными процессами [57, 58, 75, 84]. Учитывая, что многие природные процессы носят циклический характер, а антропогенные и случайные не являются таковыми, можно предположить, что при построении модели, описывающей динамику изменения природно-климатических характеристик регионов, необходимо учитывать эти особенности и влияющие на них факторы:

$$y = y_{na} + y_n + y_{nc}, \quad (3.1)$$

где $y_{na} = \alpha_0 + \beta_0 t$ - природно-антропогенные процессы;

$$y_n = \sum_{i=1}^N \left[\alpha_i \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{T_i}\right) + \beta_i \cdot \sin\left(\frac{2\pi t}{T_i}\right) \right] - \text{природные процессы};$$

$$y_{nc} = (-1)^N \sum_{i=1}^N (\alpha_i^2 + \beta_i^2);$$

$\alpha_0, \beta_0, \alpha_j, \beta_j$ - коэффициенты модели;

T_j - периодичности рассматриваемого природного процесса

Основной информацией для решения задачи прогнозирования изменений природно-климатических характеристик, как известно, являются временные ряды. Методам анализа и прогноза временных рядов посвящена достаточно обширная литература [8, 17, 28, 35, 49, 77, 86, 88]. В этих рядах и заключена практически вся информация о характере влияния на климат различных факторов. В связи с этим одним из этапов построения модели прогнозирования, на наш взгляд, должен быть анализ имеющихся временных рядов с целью определения частотных характеристик формирующих их факторов.

Для построения модели прогнозирования изменений природно-климатических характеристик предгорной и степной зон КБР будем пользоваться подходом, изложенным в [107], т.е. методом сингулярных разложений («Гусеница»-SSA).

На рисунках 2.9-2.13 можно заметить, что изменения средних значений метеорологических характеристик подчиняются линейному закону, а о том, что природные процессы, обуславливающие изменение климата, меняются во времени циклически, свидетельствуют многочисленные исследования [18, 27, 51, 75, 79].

Рассмотрим множество отрезков временного ряда с длиной $L=28$ сначала со сдвигом на единицу. Мы получаем отрезки векторов L -вложения, которые будут наследовать свойства ряда, т.е. если исходный ряд содержит тренд или периодическую составляющую, то такими же будут и вектора вложения. Составим из векторов вложения траекторную матрицу размерности 28×29 :

$$X = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_{29} \\ x_2 & x_3 & \dots & x_{30} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{28} & x_{29} & \dots & x_{56} \end{pmatrix} = [X_1, \dots, X_{29}], \quad X_j = \begin{pmatrix} x_j \\ \vdots \\ x_{j+27} \end{pmatrix}.$$

Природно-климатические процессы можно разбить на множества линейных, циклических и случайных процессов, объединяя их в соответствующие семейства. Для описания сути предлагаемого метода рассмотрим следующее. Первым шагом для анализа временных рядов выбирается целый параметр L и на основе ряда строится траекторная матрица, столбцами которой являются скользящие отрезки ряда длины L : с первой точки по L -ю, со второй по $(L+1)$ -ю и т.д. [105].

Для прогнозирования методом «Гусеница»-SSA временному ряду $F_N = (f_0, \dots, f_{N-1})$ ставится в соответствие набор векторов, составленных из скользящих отрезков ряда выбранной длины L , называемой траекторной матрицей:

$$\begin{pmatrix} f_0 & f_1 & f_2 & \dots & \dots & f_{K-1} \\ f_1 & f_2 & f_3 & \dots & \dots & f_K \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{L-1} & f_L & f_{L+1} & \dots & \dots & f_{N-1} \end{pmatrix},$$

где L – некоторое целое число, $0 < L < N$.

Процедура вложения переводит исходный ряд в последовательность многомерных $K=N-L+1$ векторов:

$$X_i = (f_{i-1}, \dots, f_{i+L-2})^T, 1 \leq i \leq K,$$

с размерностью L , где L -траекторная матрица ряда F

$$X = (x_{ij})_{i,j=1}^{L,K} = [X_1 : \dots : X_K],$$

состоящая из векторов вложения как столбцов.

Пусть $S = XX^T$, $\lambda_1 \geq \dots \geq \lambda_L \geq 0$ – собственные числа матрицы S и U_1, \dots, U_L – ортонормированная система собственных векторов матрицы S ,

$d = \max \{i, \div \hat{\lambda}_i > 0\}$, тогда следующим шагом производится сингулярное разложение матрицы X в виде:

$$X = X_1 + \dots + X_d, \quad (3.5)$$

где $X_i = \sqrt{\lambda_i} U_i V_i^T$, $V_i = X^T U_i / \sqrt{\lambda_i}$, $i = 1, \dots, d$.

Следующий этап восстановления состоит из двух шагов: группировка и диагональное усреднение.

На основе разложения (3.5) процедура группировки делит все множество индексов $\{1, \dots, d\}$ на m непересекающихся подмножеств I_1, \dots, I_m , тем самым разложение запишется в сгруппированном виде:

$$X = X_{I_1} + \dots + X_{I_m}, \quad (3.6)$$

где $X_I = X_{i_1} + \dots + X_{i_p}$, $I = \{i_1, \dots, i_p\}$

Следующим шагом, группируя элементарные матрицы по виду собственных чисел, собственных и факторных векторов, суммируем элементарные матрицы внутри каждого набора. Переходя от результирующих матриц к ряду, мы получаем разложение ряда на аддитивные слагаемые тренда, периодики и шума.

Положим $L^* = \min(L, K)$, $K^* = \max(L, K)$, $x_{ij}^* = x_{ij}$ при $L < K$ и $x_{ij}^* = x_{ji}$ иначе, тогда матрицу X переводим в ряд g_0, \dots, g_{N-1} по формуле:

$$g_k = \begin{cases} \frac{1}{k+1} \sum_{m=1}^{k+1} x_{m,k-m+2}^* & \text{для } 0 \leq k < L^* - 1, \\ \frac{1}{L^*} \sum_{m=1}^{L^*} x_{m,k-m+2}^* & \text{для } L^* - 1 \leq k < K^*, \\ \frac{1}{N-k} \sum_{m=k-K^*+2}^{N-K^*+1} x_{m,k-m+2}^* & \text{для } K^* \leq k < N. \end{cases} \quad (3.7)$$

Построенный таким способом временной ряд и будет восстановленным.

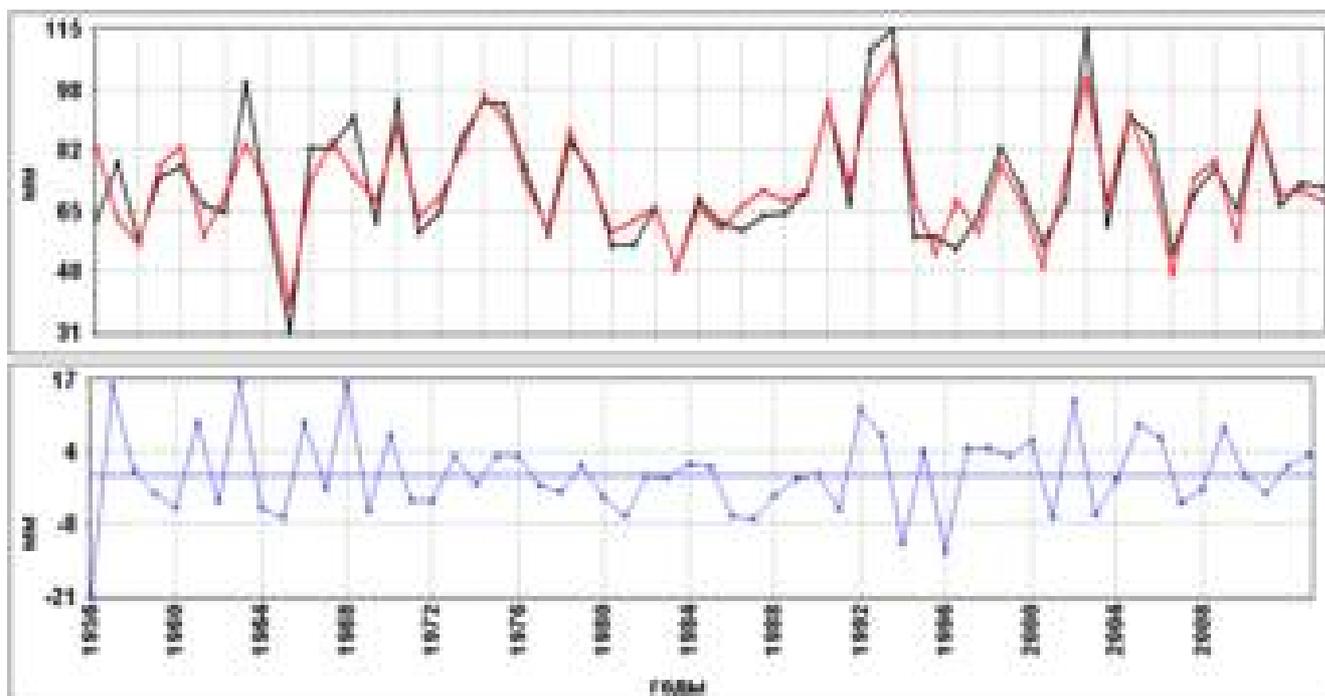


Рисунок 3.1 - Исходный (черная линия) и восстановленный (красная линия) ряды и разность остатков (синяя линия) зимних осадков по данным МС Нальчик

В первом графике рисунка 3.1 приводятся динамика исходного и восстановленного рядов, а внизу отклонения в каждой точке. По ряду разности остатков можно судить о качестве и надежности построенной модели. Ниже приведем сравнительный анализ с результатами моделей, построенных другим способом.

3.2. Оценка надежности климатических моделей

Расчеты, приведенные в главе 2, указывают на то, что в предстоящие годы произойдут увеличение осадков и существенное потепление земной атмосферы. Климат Земли в течение тысячелетий подвергается циклическим изменениям: период потепления следует за периодом похолодания, а на эти процессы влияет деятельность человека. Для того чтобы спрогнозировать климат будущего, необходимо собрать колоссальные массивы данных всевозможных природных и антропогенных факторов, точнее описать сложную систему планеты Земля математическими методами и обработать их с помощью специальных

климатических моделей. Существует множество, более 20, глобальных климатических моделей. Надежность модели можно проверить, сопоставляя расчетные данные с исходными значениями метеоданных за одинаковый период. Если отклонения слишком существенны, то формулу модели необходимо пересмотреть и скорректировать. А если эти отклонения незначительны, тогда модель дает приближенные к действительности результаты, и можно получить возможные значения метеопараметра в будущем.

Климатические модели дают возможность лишь приблизительно оценить влияние, например, на будущую температуру планеты антропогенных факторов, таких как уменьшение техногенных выбросов CO_2 , метана и других парниковых газов. В связи с этим нельзя делать окончательных выводов по поводу достоверности перспективной оценки климата, сделанной на основе расчетов конкретной модели, т.к. каждая из моделей в равной степени зависит от ряда принятых в том или ином сценарии допущений и каждая из них имеет право на существование, другое дело, насколько близко к реальности они описывают процесс. Дополнительными исследованиями можно улучшить эти модели путем добавления поправочных территориальных коэффициентов, которые для каждой местности определяются в зависимости от разных факторов.

Для исследования изменения атмосферных осадков в предгорной и степной зонах КБР в предстоящие годы, на основе изложенных выше методов, будут проводиться аппроксимации динамики различных его характеристик и по ним анализироваться фрактальные свойства. Результатом этих анализов является установление их трендоустойчивости (персистентности).

С помощью описанных моделей строятся восстановленные ряды метеорологических характеристик.

Природные процессы настолько сложны, что описать их точно какими-то моделями невозможно, т.к. слишком много факторов влияет на эти явления. Другое дело, строить отклонения восстановленного ряда от исходного и изучать эту разность во времени упреждения. В тех точках, где отмечаются наибольшие отклонения, можно предположить присутствие критических точек, требующих

дополнительного анализа. Качество этих моделей можно оценить с помощью ошибки абсолютной аппроксимации:

$$A = \frac{100\%}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$$

3.2.1. Оценка погрешности изменений осадков

Остановимся далее на результатах аппроксимации динамики характеристик режима осадков. При регистрации отклонений значения восстановленного ряда в некоторых случаях бывает больше исходных данных, а в некоторых меньше, и в ряде остатков они отмечаются положительными и отрицательными значениями.

По рисунку 3.1 можно провести анализ по тем точкам, где отмечаются наибольшие отклонения восстановленных значений относительно исходных. В динамике восстановленный ряд повторяет исходный, и для объективности сравнения оценок построим ряды остатков. Соотношение исходного и восстановленного рядов отражает ряд остатков, который дает оценку погрешности построенной модели. Наблюдая за графиками исходного и восстановленного рядов и рядом остатков можно заметить, что размах ряда остатков относительно незначительный по сравнению с результатами, полученными вышеприведенными авторами. По годам, отмеченным наибольшими отклонениями, необходимо проводить отдельные исследования с меньшими интервалами, например, либо по декадам, либо по дням, для выявления критических отклонений, которые могут слишком пагубно влиять на урожайность сельскохозяйственной культуры.

Так, например, последствием значений зимних осадков в 2002 году была низкая урожайность озимых пшеницы, хотя по ряду исходных данных отмечены и другие годы с достаточно высокими зимними осадками. После оценки средней температуры

воздуха в зимний период можно получить более полную ясность в этих обстоятельствах.

Средняя ошибка аппроксимации, т.е. отклонение восстановленных и исходных значений, по первому методу составляет 8,86 %.

Перейдем к оценке погрешности значений отклонения исходного и восстановленного рядов суммарного количества осадков по данным МС Нальчик в весенний период (см. рис. 3.2).

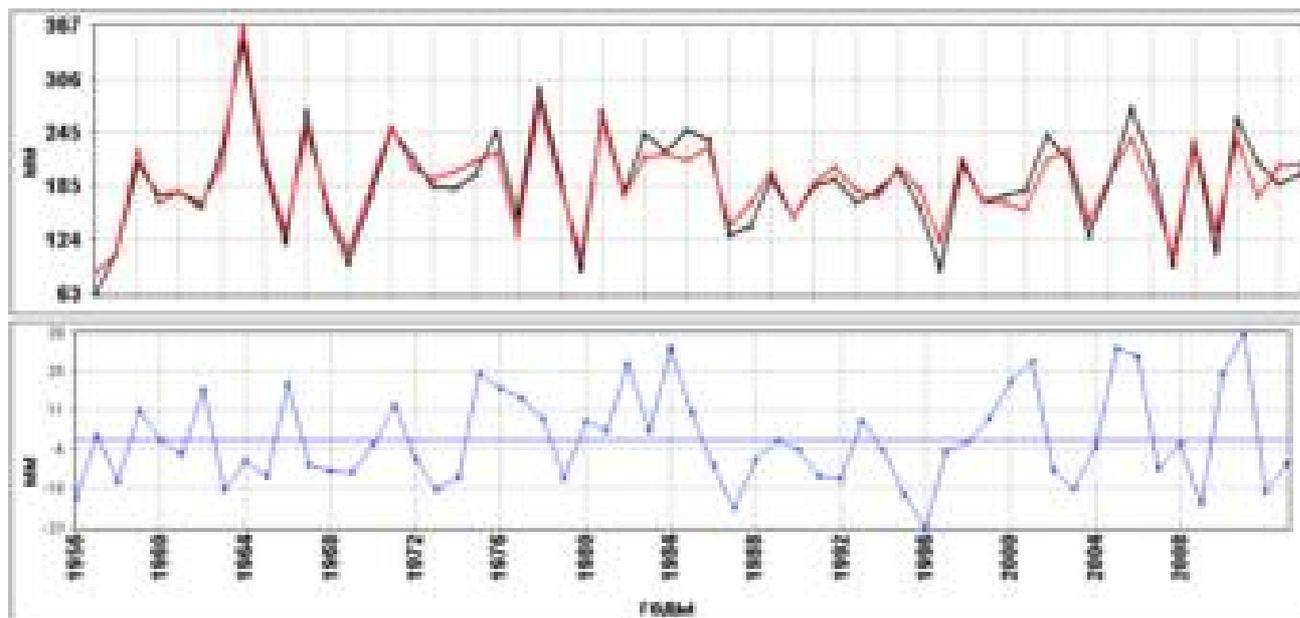


Рисунок 3.2 - Исходный (черная линия) и восстановленный (красная линия) ряд и разность остатков (синяя линия) весенних осадков по данным МС Нальчик

В первом части рисунка видно, что восстановленный ряд в динамике с отклонениями повторяет исходный. Наибольшие отклонения наблюдаются в 1977 (126,9 мм) и 2008 (121,7 мм) годах в положительную сторону, а в 1965 (76,5 мм), 1968 (74,5 мм), 1979 (75 мм), 1996 (82,4 мм) и 2003 (96,7 мм) годах в отрицательную сторону. Размах отклонений составляет 223,6 мм, когда разброс исходного ряда между максимальным и минимальным значениями составляет 284,7 мм. Здесь можно отметить также средние отклонения восстановленного ряда от исходного, как в положительную сторону, так и в отрицательную, соответственно они составляют 36,98 мм, 41, 2 мм и 33,3 мм. Коэффициент

отклонений $k = \sum(w_1 - w_2) / 54$ равен 1,198, что можно считать достаточно высокой погрешностью.

По второй части рисунка, построенного методом «Гусеница»-SSA, можно сделать следующие выводы:

– восстановленный ряд достаточно близко повторяет траекторию исходного ряда;

– восстановленный ряд опускается ниже исходного от 0 до 40 мм и выше от 0 до 50 мм, а наибольшие отклонения отмечаются соответственно в 1996 и 2006 годах; в этих случаях линии разводятся в разные стороны и разброс составляет 90 мм, что намного меньше, чем в первом случае;

– в основном линии восстановленного ряда обоих вариантов описывают по направлениям одинаково, но они разные в отклонениях, кроме некоторых точек;

– точки, в которых эти направления расходятся, требуют дополнительного анализа, это 1963 и 2002 годы, возможно, здесь существуют особенности.

Средняя ошибка аппроксимаций составляет 9,55 %.

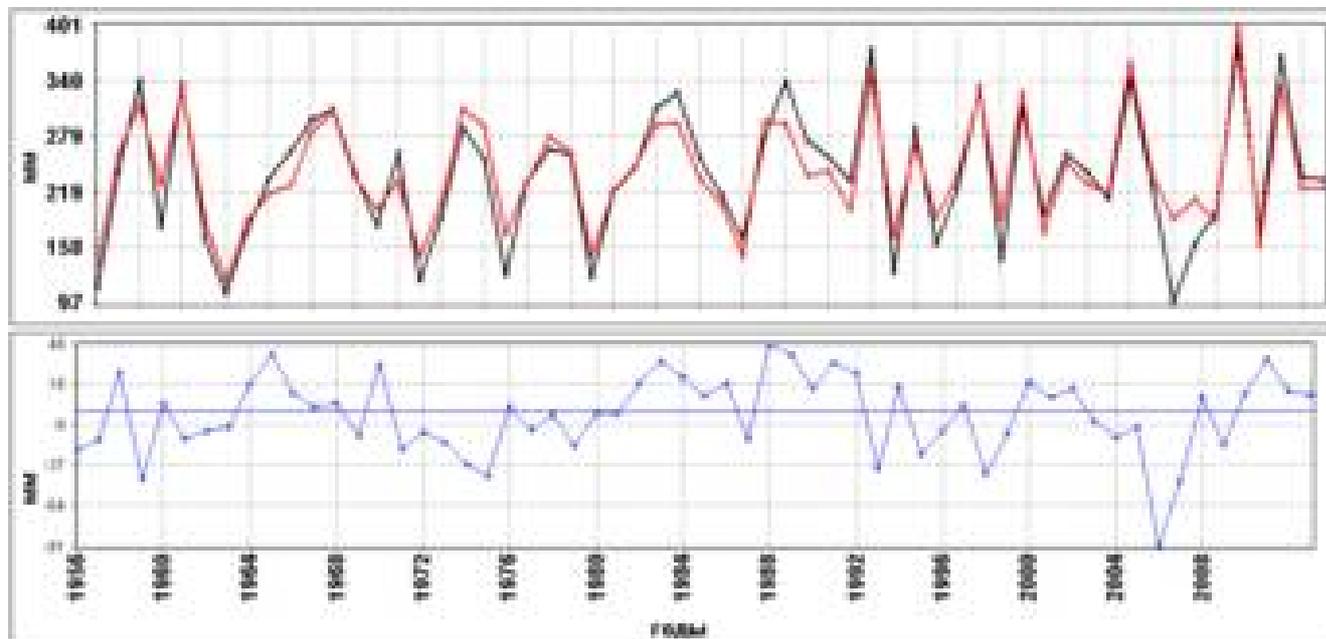


Рисунок 3.3 - Исходный (черная линия) и восстановленный (красная линия) ряд и разность остатков (синяя линия) суммарного количества летних осадков по данным МС «Нальчик»

Если отклонения по моделям происходят в одну сторону, то это можно отнести к надежности соответствующих моделей, а в случаях отклонения в разные стороны приходим к мысли, что в эти годы возможно наличие аномальных явлений, и это требуют дополнительных исследований. Можно перейти к изучению среднедекатных значений весенних осадков в 1997, 1999, 2000, 2004 и 2009 годах. В весенних осадках отмечены наибольшие и наименьшие значения в 1992 и 2006 годах, а по отклонениям в эти годы также отмечены аналогичные показатели.

Результаты анализа рядов остатков летних осадков следующие:

- а. динамики изменения двух рядов идентичны с незначительными отклонениями;
- б. в 1988 и 2006 годах отмечены наиболее существенные отклонения и составляют соответственно 45 мм и -80 мм;
- с. средняя ошибка аппроксимации равна 9,98 %, что считается удовлетворительной.

Перейдем к анализу отклонений осенних осадков по восстановленному и исходному рядам (см. рис. 3.4).

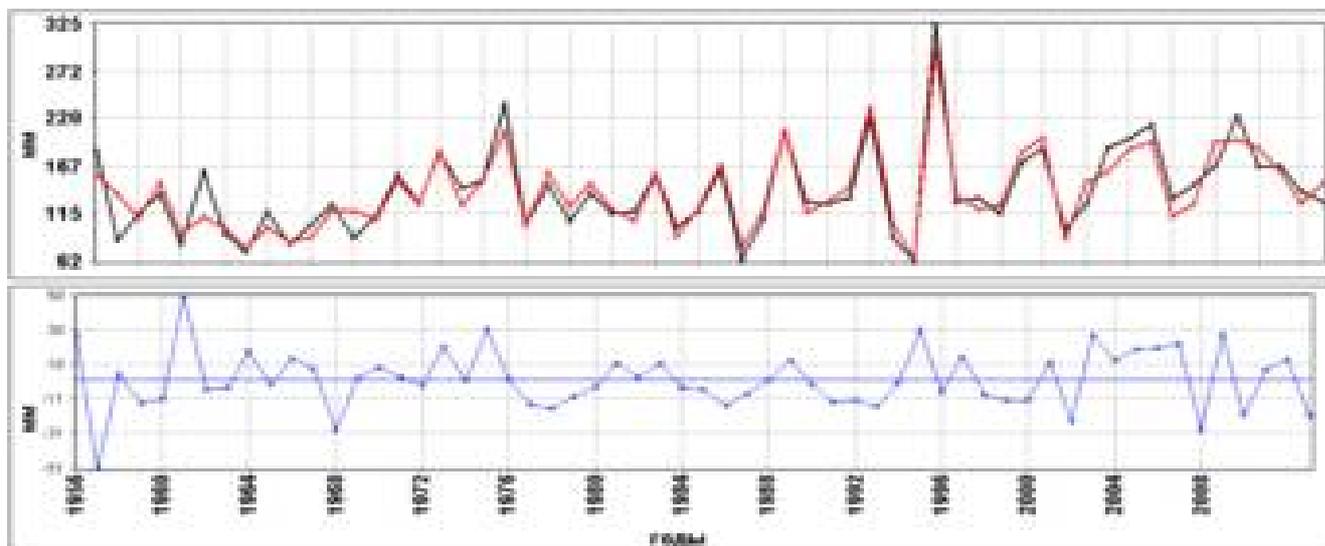


Рисунок 3.4 - Исходный (черная линия) и восстановленный (красная линия) ряд и разность остатков (синяя линия) суммарного количества осенних осадков по данным МС «Нальчик»

Результаты анализа рядов остатков осенних осадков следующие:

а. динамика изменения двух рядов идентична с незначительными отклонениями;

б. в 1957 и 1961 годах отмечены наиболее существенные отклонения и составляют соответственно 46 мм и 44 мм;

с. средняя ошибка аппроксимации равна 9,76 %, что считается удовлетворительной.

3.2.2. Оценка погрешности изменений средней температуры воздуха

Разработка моделей для изучения изменения средней температуры воздуха является весьма важной, т.к. она является одной из самых важных природных характеристик, от которой зависит и изменение других факторов. Резкие изменения природно-климатических факторов может отрицательно повлиять на состояния растительного и животного мира, а также на здоровье человека.

Рассмотрим анализ оценки аппроксимации по двум методам зимней средней температуры воздуха, а графические представления заданы на рис. 3.5.

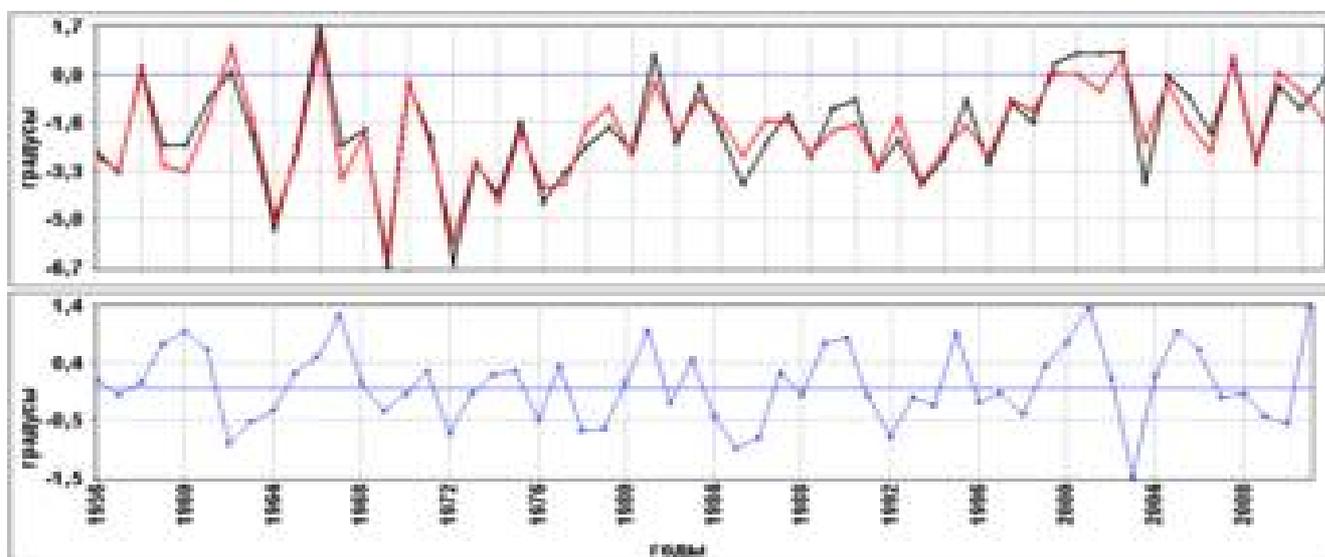


Рис. 3.5 - Исходный и восстановленный ряды и ряд остатков средней температуры воздуха в зимний период по данным МС «Нальчик»

Результаты анализа рядов остатков средней температуры воздуха в зимний сезон следующие:

а. восстановленный ряд достаточно хорошо синусоидально повторяет динамику исходного ряда;

б. на всем времени упреждения отклонение составляет менее $1,1^{\circ}\text{C}$ в положительном или отрицательном направлениях, за исключением значений в 1965, 2001 и 2003 годах равных соответственно $1,3^{\circ}\text{C}$, $1,5^{\circ}\text{C}$ и $-1,5^{\circ}\text{C}$.

Перейдем к анализу рядов остатков отклонения весенних значений средней температуры воздуха по данным МС Нальчик.

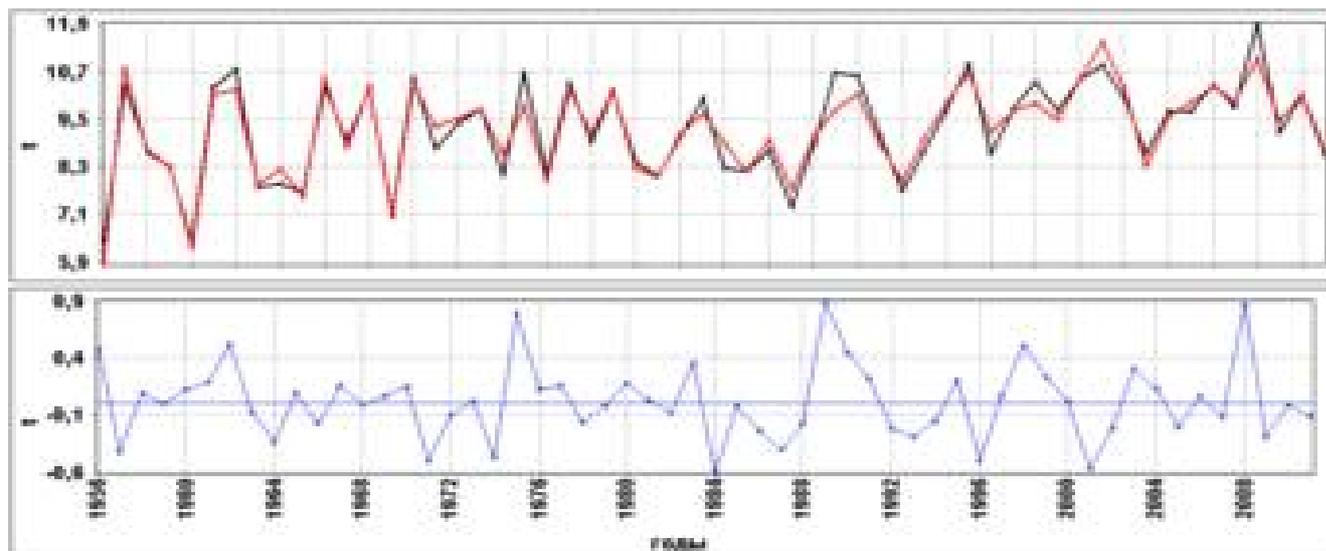


Рисунок 3.6 - Исходный и восстановленный ряды и ряд остатков средней температуры воздуха в весенний период по данным МС «Нальчик»

Из рисунка 3.6 можно заключить следующее:

а. по всему ряду отклонения менее 1°C , за исключением 1989 и 2008 годов равны соответственно $1,09^{\circ}\text{C}$ и $1,24^{\circ}\text{C}$;

б. среднее значение отклонения равно $0,023^{\circ}\text{C}$, а оценка ошибки аппроксимации равна $3,24\%$;

с. направление линий, построенных по восстановленному и исходному рядам, совпадают с незначительным отклонением;

д. в точках с наибольшими отклонениями необходимо провести дополнительные исследования, например, изучить изменение среднемесячных или среднедекадных значений.

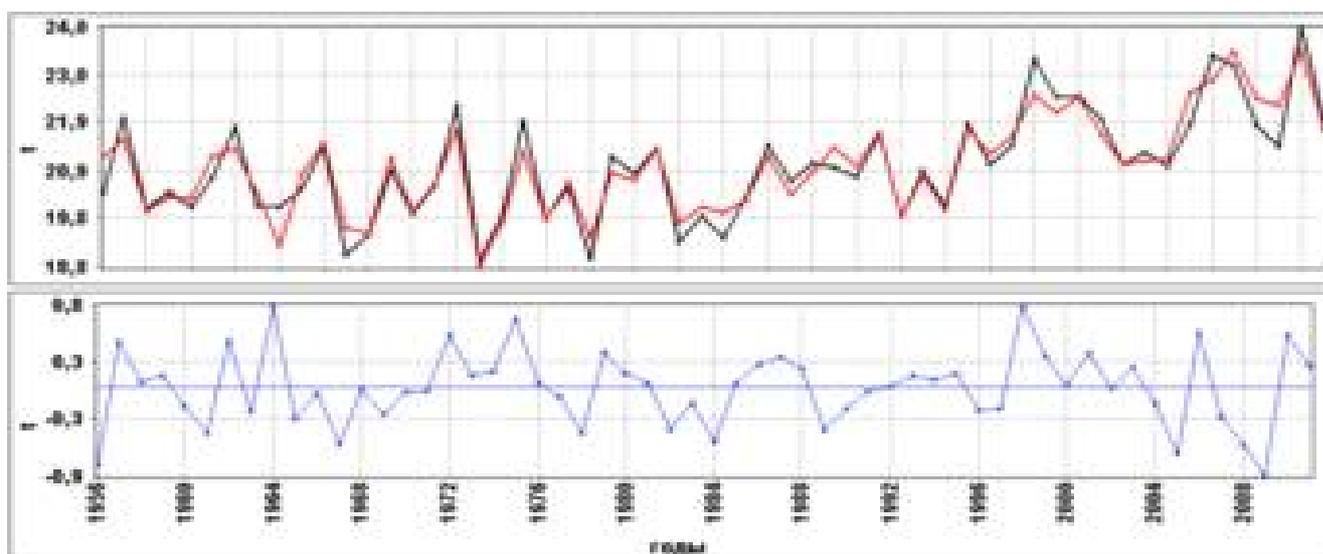


Рисунок 3.7 - Исходный и восстановленный ряды и ряд остатков средней температуры воздуха в летний период по данным МС «Нальчик»

Уровень изменений данных по восстановленному и исходному рядам средней температуры воздуха в летний сезон (см. рис. 3.7) заключается в следующем:

- a. по всему ряду отклонения менее 1°C ;
- b. среднее значение отклонения равно $-0,03^{\circ}\text{C}$, а оценка ошибки аппроксимации равна 1,53%;
- c. направления линий, построенных по восстановленному и исходному рядам, совпадают с незначительным отклонением.

Рассмотрим динамику изменения рядов остатков осенних значений на рисунке 3.8.

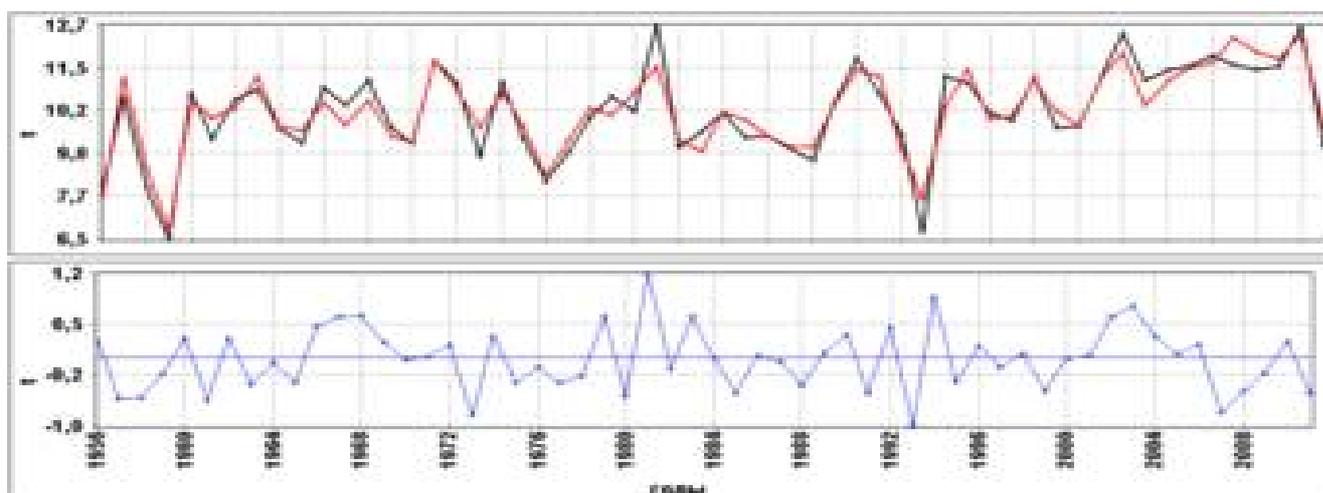


Рисунок 3.8 - Исходный и восстановленный ряды и ряд остатков средней температуры воздуха в осенний период по данным МС «Нальчик»

Результаты анализа рядов остатков средней температуры воздуха в осенний сезон следующие:

- а. отклонения сглаженных и фактических значений меняются от $-1,02^{\circ}\text{C}$ до $1,19^{\circ}\text{C}$;
- б. среднее значение отклонения составляет $-0,03^{\circ}\text{C}$, а оценка аппроксимации равна 3,9%.

3.3. Результаты прогнозирования динамики атмосферных осадков.

В данном разделе рассмотрим результаты прогнозирования динамики атмосферных осадков на предстоящие годы до 2025 по данным МС Нальчик, пользуясь вышеприведенными двумя методами. По методу «Гусеница»-SSA в 2013 и 2016 годах предполагается наибольшее увеличение суммарного количества осадков, соответственно 109,1 мм и 110 мм.

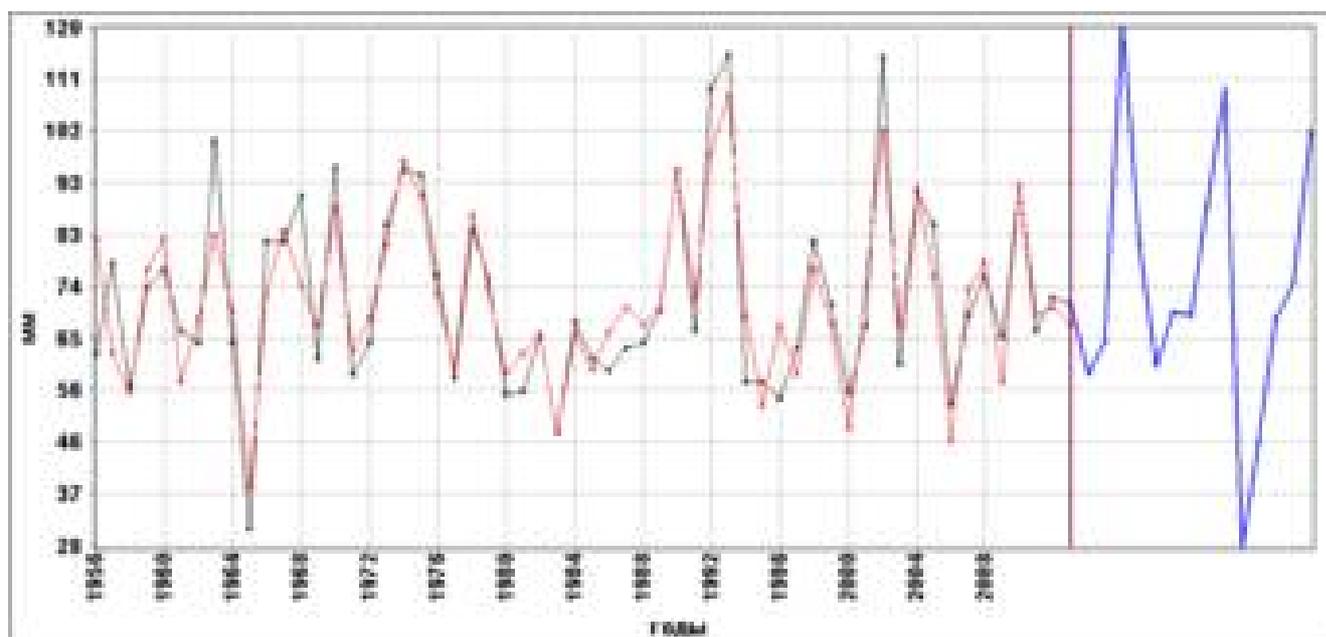


Рис. 3.9. Исходные, восстановленные и прогнозные значения суммарного количества зимних осадков

Как можно заметить на рисунке 3.9, тренд временного ряда данного метеопараметра (значения соответствующей функции (3.3)) меняется во времени сложным образом, и характер его изменения существенно отличается от

линейного закона. Такой же сложный характер имеет изменение во времени прогнозных значений метеопараметра.

Анализ полученных результатов показывает, что в динамике суммарного количества зимних осадков, видимо, наметилась тенденция к постепенному увеличению. На наличие такой тенденции указывают результаты анализа исходного временного ряда метеопараметра, полученные в предыдущей главе, и тренд прогнозных значений. Отметим, что такая тенденция в динамике суммарного количества зимних осадков может благоприятно отразиться на производстве озимых сельскохозяйственных культур.

Остановимся далее на результатах экстраполяции изменений количества весенних осадков. На рис. 3.10 сплошной линией изображены фактические значения данного метеопараметра и пунктирной линией сглаженные (до 54 точки) и прогнозные (55-62 точки) значения.

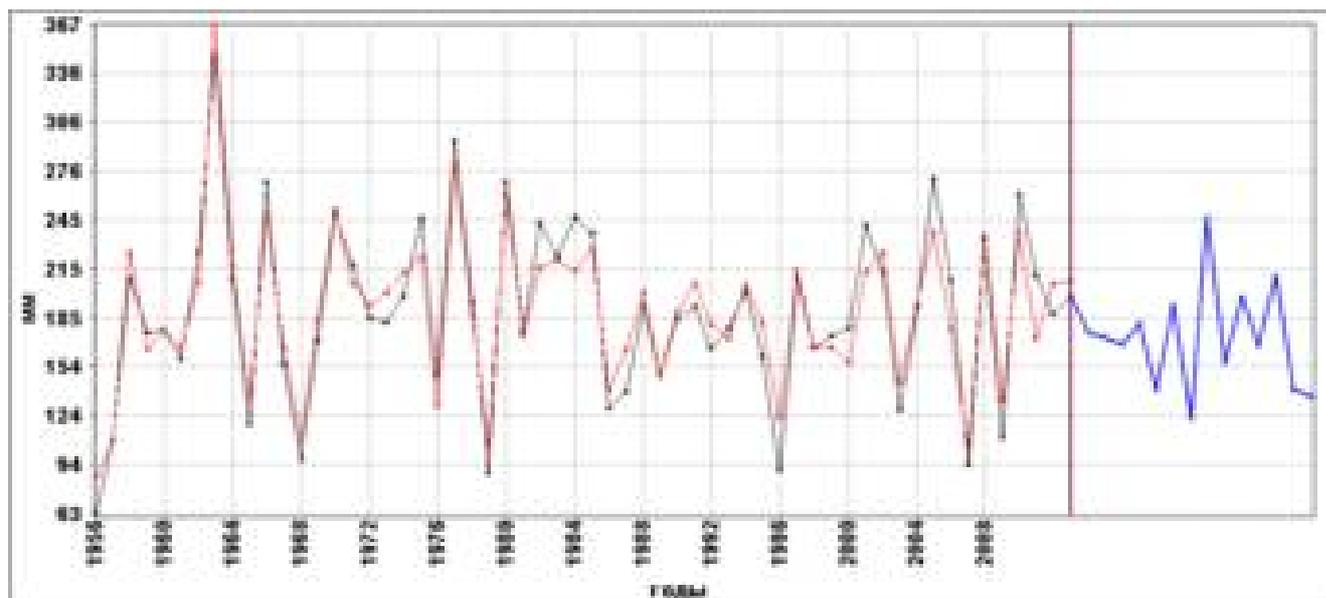


Рисунок 3.10 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения суммарного количества весенних осадков

Отметим, что, исходя из приведенных на этом рисунке результатов, делать однозначные выводы об уменьшении или увеличении количества весенних осадков с течением времени не представляется возможным. Но, как можно заметить, минимальное значение метеопараметра на интервале упреждения хотя и

не очень существенно, но меньше чем его значение в предыдущие годы. Максимальное значение на этом интервале также уменьшилось по сравнению с его значением на исходном интервале.

Как можно заметить на рисунке, примерно до 2013 года количество весенних осадков будет больше среднего его значения за предыдущие годы.

Затем примерно три года подряд оно заметно уменьшается, после чего до конца периода упреждения будет иметь место заметное его увеличение. Тренд метеопараметра на интервале 2010-2025 годов указывает на увеличения прогнозных осадков и в будущем.

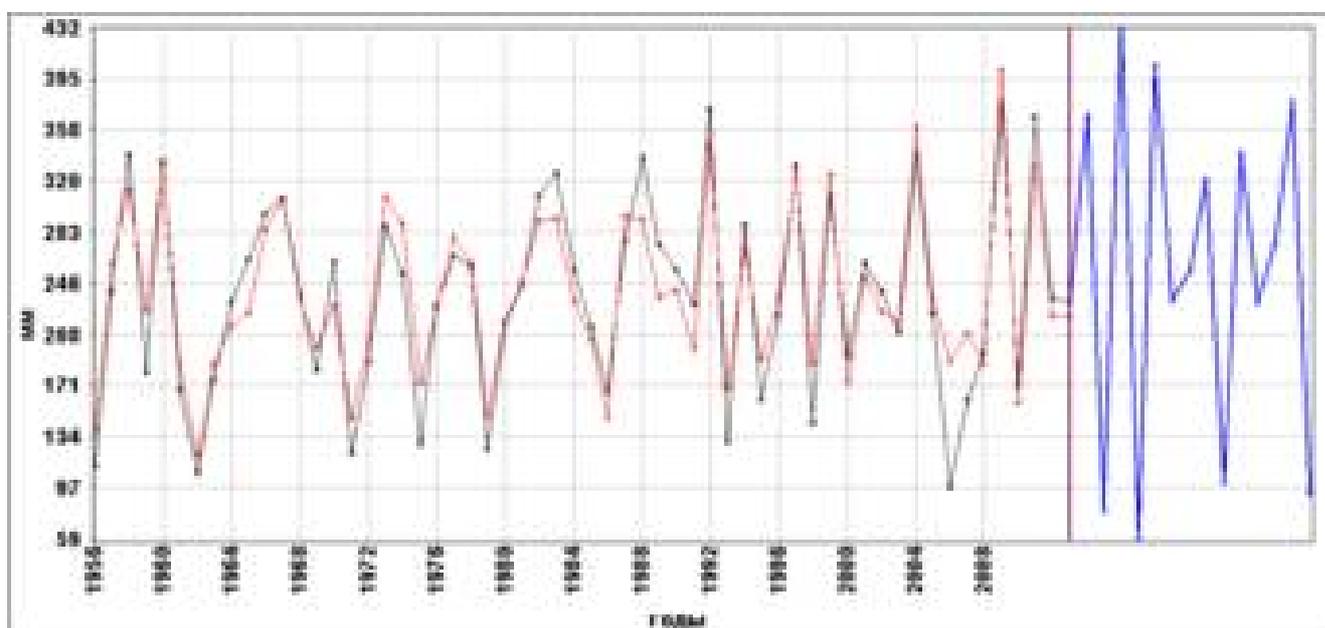


Рисунок 3.11 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения суммарного количества летних осадков

На рисунке 3.11 приведены фактические значения количества летних осадков (сплошная линия), а также найденные с помощью выражения (3.3) сглаженные и прогнозные (пунктирная линия) его значения.

Как можно заметить, метеопараметр меняется с течением времени сложным образом. Таким же образом меняются и прогнозные значения, но тренд по первому методу указывает на увеличение и в будущем. Можно заметить, что максимальные значения количества летних осадков на интервале упреждения заметно будут превышать такие значения на исходном временном интервале.

Кроме этого прогнозные минимальные его значения больше минимальных значений исходного временного ряда метеопараметра. В обоих методах отмечают, что в 2014 году осадки будут максимальными.

Самое большое количество осадков за весь период исследования ожидается в 2014 году, и оно будет равно 361,4 мм.

В целом по результатам расчетов, в будущем следует ожидать увеличение количества летних осадков в предгорной зоне республики. Это совпадает с полученной в предыдущей главе тенденцией в динамике летних осадков, заключающейся в увеличении с течением времени значения данного метеопараметра. Такое изменение значения метеопараметра в целом может оказать благоприятное влияние на сельское хозяйство в предгорной зоне республики.

Остановимся далее на результатах экстраполяции количества осенних осадков (см. рис. 3.12). Как можно заметить на этом рисунке, значение данного метеопараметра в будущем будет увеличиваться. Об этом свидетельствует тот факт, что максимальные и минимальные его значения в среднем на интервале упреждения выше, чем на исходном временном интервале.

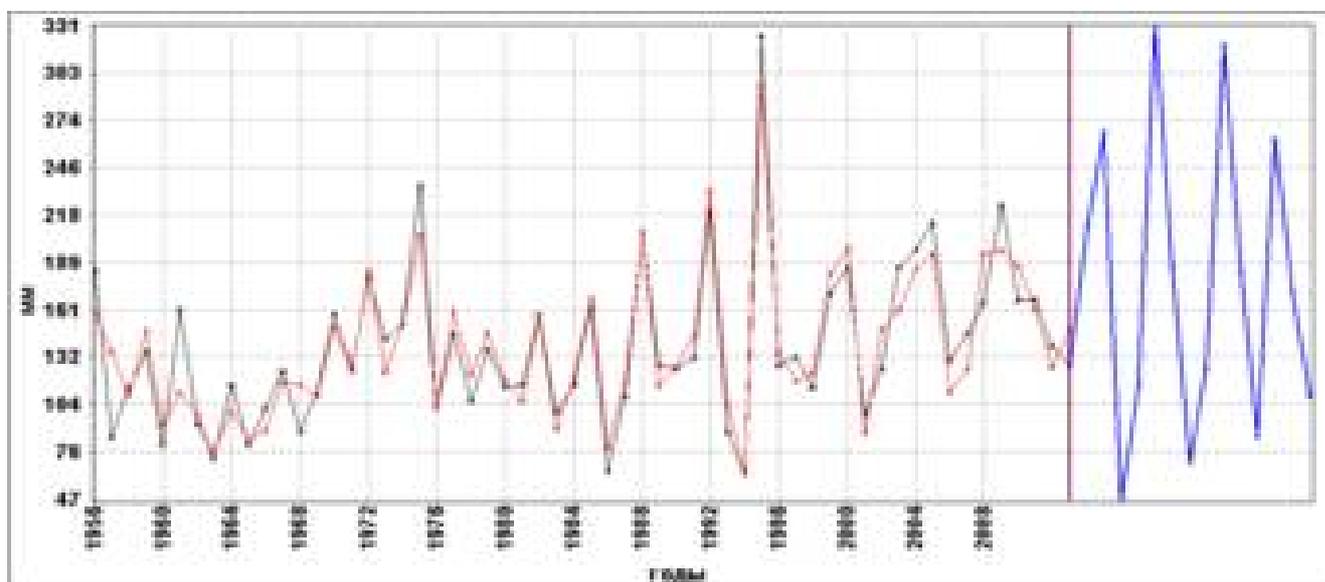


Рисунок 3.12 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения суммарного количества осенних осадков

На наличие такой тенденции в динамике данного метеопараметра указывали и результаты математико-статистического анализа временного ряда параметра предыдущей главы.

Что касается возможного влияния такой тенденции в динамике количества осенних осадков на сельское хозяйство предгорной зоны, то оно можно сказать, является благоприятным для растениеводческой отрасли сельского хозяйства за счет увеличения влагосодержания в почве. С другой стороны, оно может быть отрицательным из-за определенных трудностей в проведении уборочных и других работ, связанных с увеличением количества осенних осадков. Такие же расчеты по экстраполяции количества осадков в различные сезоны года были проведены и с использованием данных метеостанции в г. Прохладный. Не останавливаясь подробно на результатах расчетов, отметим, что и в этом случае наблюдаются такие же тенденции в динамике суммарного количества осадков.

Таким образом, в предгорной зоне республики в будущем будет иметь место увеличение количества осадков, что в целом благоприятствует производству сельскохозяйственной продукции.

3.4. Результаты прогнозирования изменений средней температуры воздуха

Как показал анализ, проведенный в предыдущей главе работы, в динамике температурного режима атмосферного воздуха в последние несколько десятилетий происходили заметные изменения. Вместе с тем, температурный режим воздуха и почвы относится к важнейшим факторам, влияющим на производство растениеводческой продукции в сельском хозяйстве.

В связи с этим для принятия научно обоснованных решений по адаптации сельского хозяйства и в целом экономического развития данной климатической зоны республики к изменяющимся природно-климатическим условиям представляет большой интерес прогноз поведения средней температуры воздуха на предстоящие годы по сезонам.

Как и выше, для исследования возможности экстраполяции динамики был проведен анализ фрактальных свойств их временных рядов. При этом было получено, что и временные ряды данного метеопараметра в предгорной зоне республики являются трендоустойчивыми: показатель Херста принимал значение в окрестности точек 0,9; 1,0. Это означает, что динамику этих метеопараметров можно прогнозировать достаточно надежно.

Ниже остановимся на некоторых результатах, полученных в этом направлении. Для решения этой задачи был сделан прогноз динамики средней температуры воздуха в различные сезоны года на предстоящие 14 лет. При этом ограничились данными метеостанции, расположенной в городе Нальчике.

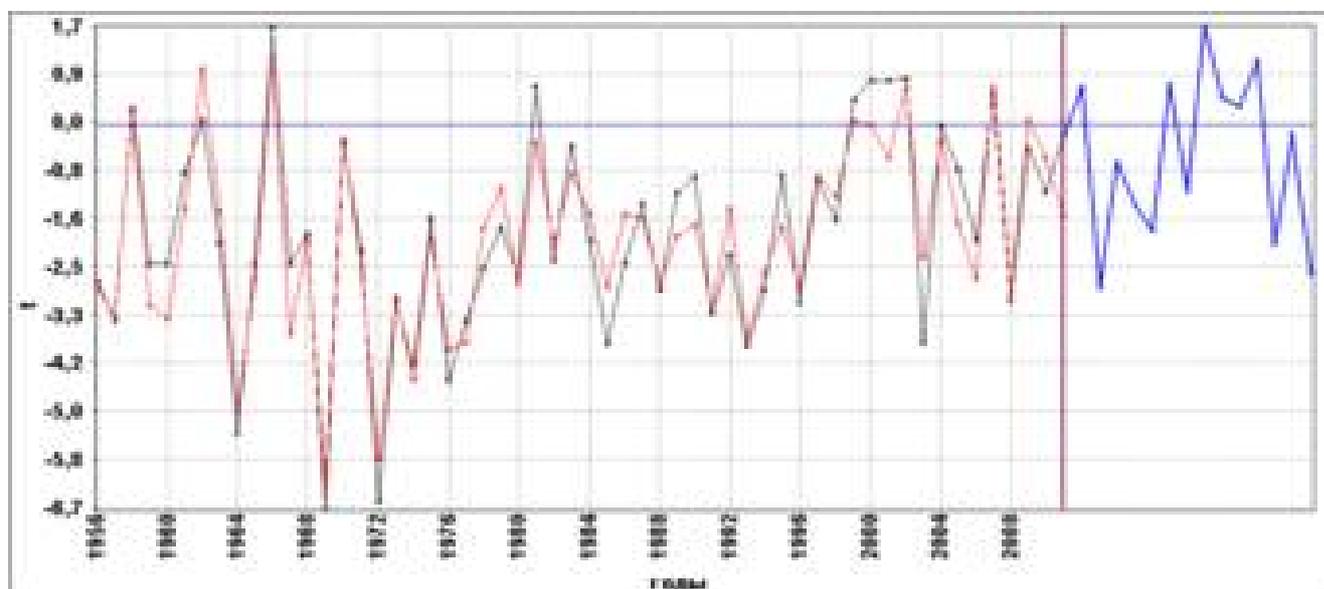


Рисунок 3.13 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха в зимний период

На рисунке 3.13 приведены результаты расчетов экстраполяции средней зимней температуры. Как можно заметить, по результатам расчетов ожидается заметное повышение средней температуры воздуха в предстоящие годы. Значения данного метеопараметра практически во всех точках интервала упреждения оказались в области положительных температур со средним значением, равным примерно 1°C . Эти результаты качественно согласуются с результатами, полученными в предыдущей главе.

В ней показано, что средняя температура воздуха в данной климатической зоне увеличивается достаточно быстрыми темпами. Причем такое повышение в основном было связано с ростом минимального значения данного метеопараметра. Например, его значение на временном интервале 1979-2002 годов увеличилось почти в два раза по сравнению со значением на интервале 1955-1978 годов и составляет $-3,9^{\circ}\text{C}$. Кроме этого, характер изменения коэффициента асимметрии с течением времени указывал на наличие в динамике средней температуры воздуха тенденции к повышению.

На рисунке 3.14 приведены результаты расчетов экстраполяции динамики средней весенней температуры воздуха. Сплошной линией изображены фактические значения метеопараметра на исходном временном интервале 1955-2002 годов, а пунктирной линией – значения на этом же временном интервале и интервале упреждения (8 лет), найденные с помощью построенной по фактическим значениям функции (3.1).

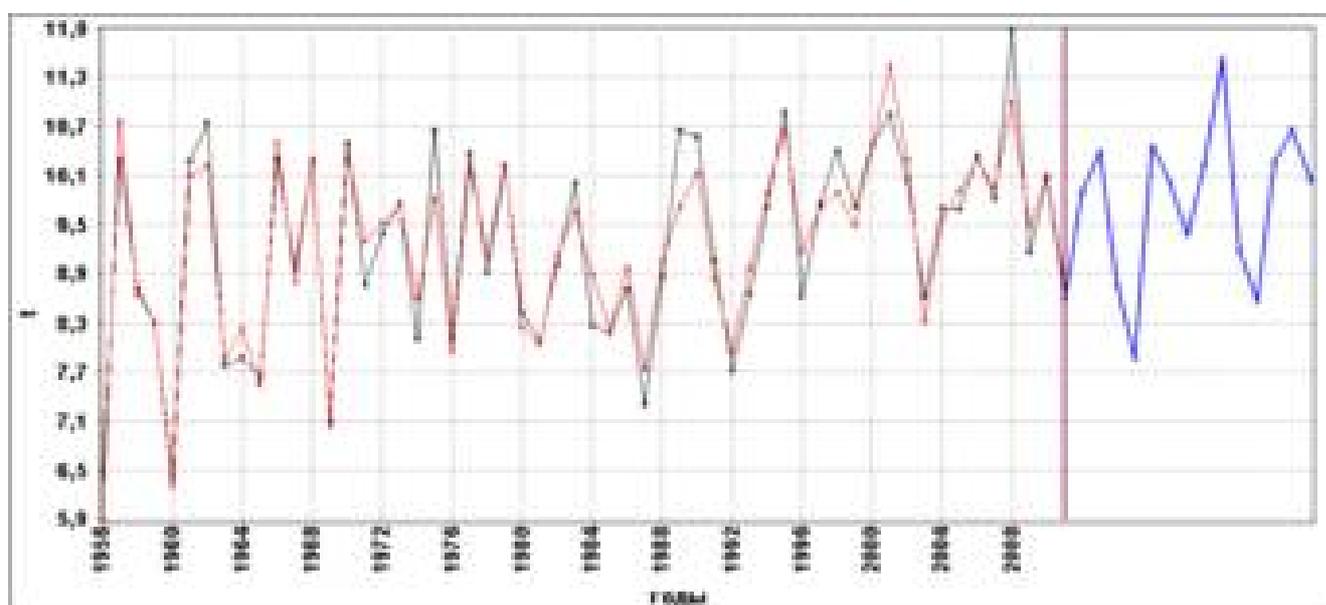


Рисунок 3.14 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха в весенний период

Как можно заметить существенных изменений в динамике метеопараметра в будущем нет. Это также согласуется с полученными выше результатами анализа динамики данного метеопараметра. Средняя весенняя температура воздуха, хотя

имеет место ее повышение с течением времени, но растет медленнее, чем зимняя температура воздуха. При этом такое повышение было обусловлено ростом минимального его значения.

В целом изменение с течением времени средней температуры воздуха в весенние сезоны может оказать положительное влияние на рост растений и на проведение весенне-полевых работ.

На рисунок 3.15 приведены значения средней температуры воздуха в летние сезоны на интервале 1956-2009 годов, сглаженные ее значения на этом же интервале, а прогнозные значения на интервале 2010-2025 годов.

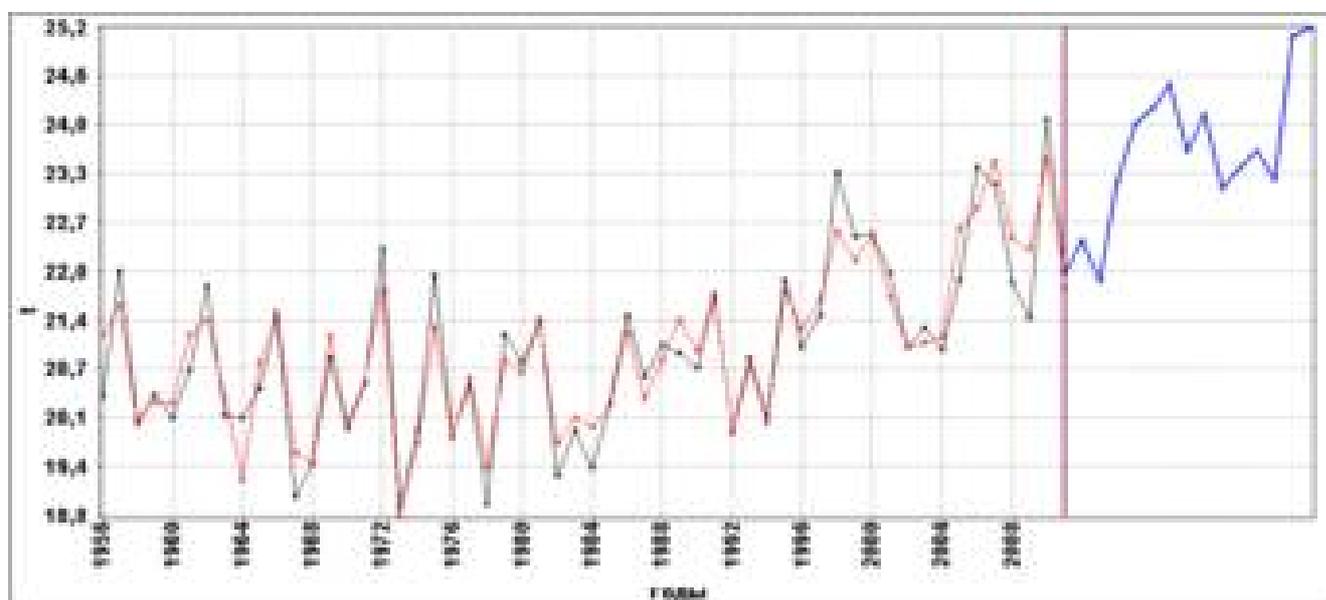


Рисунок 3.15 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха в летний период

Прогнозные значения указывают на то, что в среднем имеет место повышение значений метеопараметра. Выше, в ходе анализа динамики данного метеопараметра были получены такие же результаты: на интервале 1956-2009 годов имело место повышение небольшими темпами средней летней температуры воздуха. Причем, как и в зимние и весенние сезоны, оно было связано с повышением минимального значения средней температуры воздуха.

С учетом, что слишком высокие температуры воздуха влияют на растения угнетающе, можно заключить, что характер изменения средней температуры

воздуха в предгорной зоне республики пока еще оказывает благоприятное влияние на производство растениеводческой продукции.

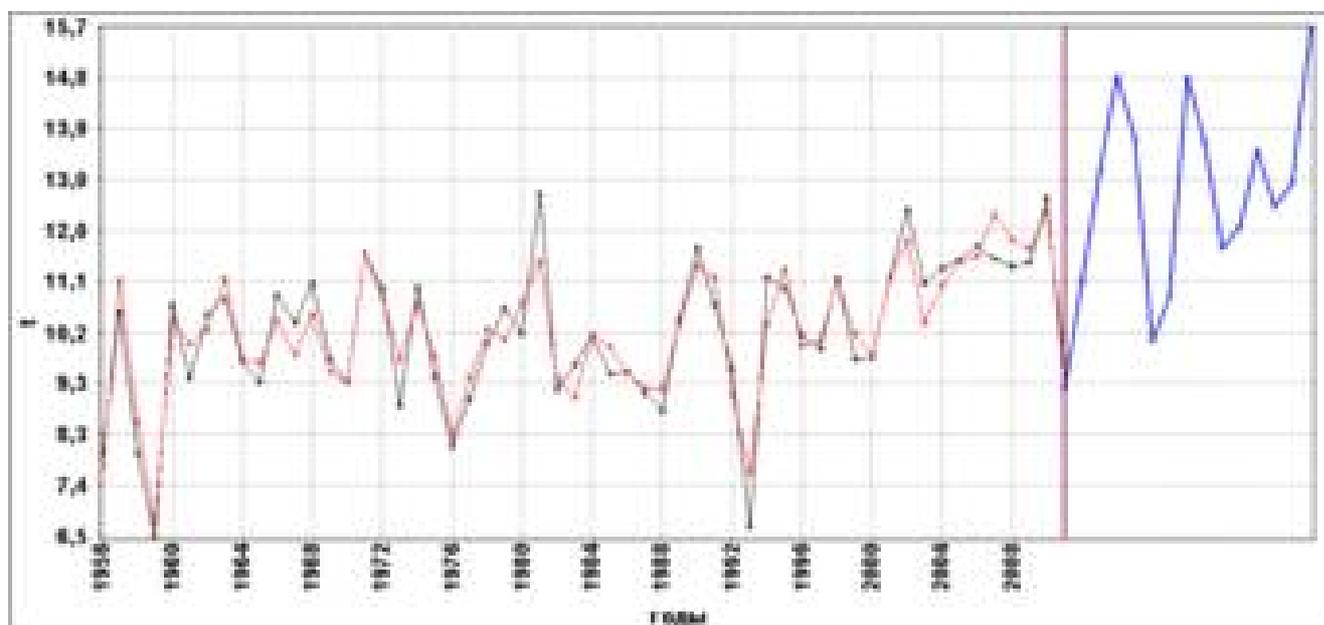


Рисунок 3.16 - Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха в осенний период

На рисунке 3.16 приведены результаты расчетов экстраполяции значений средней осенней температуры воздуха.

Сплошной линией обозначены фактические значения метеопараметра на интервале 1956-2009 годов, пунктирной линией – сглаженные значения на этом же интервале времени и прогнозные до 2025 года.

Как показывают расчеты, тенденция повышения средней осенней температуры воздуха в предгорной зоне республики, полученная в результате анализа данных в предыдущей главе, видимо, будет иметь место и в будущем.

Что касается влияния изменения режима температуры воздуха на сельское хозяйство, то оно, видимо, будет положительным, создавая более благоприятные условия для проведения осенне-полевых работ.

В целом изменение данной характеристики температурного режима воздуха не будет оказывать отрицательного влияния на сельское хозяйство в предгорной зоне республики.

Выводы к главе 3

1. Приведены описания для аппроксимации на интервале 1956-2009 годов и дальнейшего прогнозирования до 2025 года исходных значений суммарного количества осадков и средней температуры воздуха по данным МС Нальчик.

2. Получены оценки аппроксимации исходного ряда и результаты таковы:

а. Средняя ошибка аппроксимации осадков по сезонам (зима, весна, лето, осень), т.е. отклонение восстановленных и исходных значений: 8,86, 9,55, 9,98, 9,76 процентов. Отсюда следует, что по второму методу аппроксимация происходит точнее почти в два раза.

б. Средние ошибки аппроксимации температуры воздуха по сезонам составляют 12; 3,24; 1,53; 3,9 процентов.

3. Проведены исследования по прогнозированию динамики атмосферных осадков и средней температуры воздуха по сезонам до 2017 года по данным МС Нальчик:

а. По методу «Гусеница»-SSA весенние и летние осадки будут уменьшаться;

б. Средняя температура воздуха в зимнее время немного уменьшится, в остальные сезоны будет иметь тенденцию к повышению, особенно в 2015 и 2016 годах лето будет очень жарким, а зима холодной. Самая низкая зимняя температура ожидается в 2013 году, что совпадает с прогнозом Гидрометцентра РФ.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ КБР

Агроклиматические ресурсы - это свойства климата, обеспечивающие возможности сельскохозяйственного производства. Они характеризуются: продолжительностью периода со среднесуточной температурой выше $+10^{\circ}\text{C}$; суммой температур за этот период; соотношением тепла и влаги (коэффициент увлажнения); запасами влаги, создаваемыми в зимний период снежным покровом.

Анализ влияния природно-климатических характеристик на урожайность сельскохозяйственных культур представляет значительный интерес для мониторинга экономического развития сельских территорий и прогноза урожайности.

Разные части страны обладают разными агроклиматическими ресурсами. На Крайнем Севере, где увлажнение избыточное, а тепла мало, возможно лишь очаговое земледелие и парниково-тепличное хозяйство. В пределах таежного севера Русской равнины и большей части сибирской и дальневосточной тайги теплее — сумма активных температур $1000\text{—}1600^{\circ}$, здесь можно выращивать рожь, ячмень, лен, овощи. В зоне степей и лесостепей Центральной России, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока увлажнение достаточное, а сумма температур от 1600 до 2200° , здесь можно выращивать рожь, пшеницу, овес, гречиху, разные овощи, сахарную свеклу, кормовые культуры для нужд животноводства.

На Северном Кавказе наиболее благоприятные агроклиматические ресурсы. Здесь сумма активных температур $2200\text{—}3400^{\circ}$, можно выращивать озимую пшеницу, кукурузу, рис, сахарную свеклу, подсолнечник, теплолюбивые овощи и фрукты.

Использование земельных ресурсов в сельском, водном, рекреационном хозяйствах, условия работы всех отраслей экономики, деятельности и отдыха людей зависят от климата на той или иной территории. В последние десятилетия

климатические условия все чаще оцениваются как природные ресурсы — прежде всего агроклиматические, а также ресурсы солнечной и ветровой энергии.

Термический режим воздуха и почвы в совокупности с количеством атмосферных осадков и запасами влаги в почве составляют агроклиматические ресурсы территории. Так, сумма активных температур в период, когда среднесуточная температура выше 10 °С, уменьшается от 3600° на Южном берегу Крыма до 2400° на севере Украины и до 1600° на вершинах Карпат. В целом этого достаточно для выращивания большинства культур умеренного пояса, но для полного созревания средне- и позднеспелых сортов подсолнечника и кукурузы, абрикосов, персиков, винограда пригодны только южные области Украины и низменности Закарпатья.



Рис. 4.1. Последствия жаркого лета

Увлажненность территории уменьшается с северо-запада на юго-восток: в Карпатах и западном полесье она чрезмерна, на остальной территории полесья и северной лесостепи — достаточна, на юге и востоке лесостепи и в степной зоне — недостаточна, а на побережье Черного моря и в степном Крыму — скудная. Поэтому выращивание влаголюбивых культур (льна, картофеля, сахарной свеклы и др.) наиболее целесообразно на полесье и в лесостепной зоне, а на юге Украины для

гарантированного земледелия необходимо орошение, особенно учитывая то, что здесь каждые 2—3 года могут повторяться засухи. Последние засухи в июне—августе 1992 и 1994 годов охватили почти всю территорию Украины, нанеся значительный урон сельскому хозяйству.

Также резко снижают эффективность использования агроклиматических ресурсов также заморозки, ураганные ветры с грозами при прохождении циклонов, суховеи, град. Частота и сила этих отрицательных климатических явлений в последние годы намного возросли, что, возможно, связано со значительной антропогенной нагрузкой на атмосферу.

Заморозки особенно опасны в конце мая и начале июня, в период активной вегетации растений, а также в сентябре, когда значительная часть урожая, особенно овощей, еще остается на полях. Ветры ураганной силы и смерчи так же, как и суховеи, значительный вред наносят земледелию в период созревания сельскохозяйственных культур. Град, который на большей части Украины бывает только 1—2 дня в году, очень опасен в Крыму (иногда до 10 и более дней).

Агроклиматические ресурсы России создают возможность для разностороннего развития сельского хозяйства.

В пределах северной половины умеренного пояса, в подзоне тайги климат теплее. Сумма активных температур 1000-1600°, что позволяет выращивать рожь, ячмень, бобовые, лен, картофель.

В пределах южной половины умеренного пояса в подзоне смешанных лесов и зоне лесостепи сумма активных температур составляет 1600-2000°, что позволяет выращивать здесь пшеницу, рожь, овес, лен, коноплю, гречиху, картофель, сахарную свеклу, кормовые культуры для животноводства.

В степных районах юго-востока Русской равнины, Юга Западной Сибири и Предкавказья агроклиматические ресурсы наиболее благоприятны, здесь сумма активных температур равна 2200-3400°, что позволяет выращивать озимую пшеницу, кукурузу, рис, сахарную свеклу, подсолнечник, теплолюбивые овощи и фрукты.

Тепло и влага, наряду с элементами питания, являются важнейшими факторами жизни растений, поэтому изучение ресурсов тепла и влаги конкретных территорий позволяет более эффективно использовать их земельные ресурсы.

Рост и развитие сельскохозяйственных культур связаны с термическими условиями вегетационного периода. Основным показателем при оценке тепловых ресурсов вегетационного периода и периода активной вегетации являются суммы средних суточных температур воздуха с температурой соответственно выше $+5^{\circ}\text{C}$ и $+10^{\circ}\text{C}$. От продолжительности периодов с данными температурами и обеспеченности их теплом зависят вегетация культур, степень их вызревания, урожайность.

Сев яровых зерновых культур на Северном Кавказе начинается с середины марта и заканчивается в конце апреля. Созревание и уборка приходятся на август-сентябрь. Влияние погодных факторов на критические фазы развития растений по-разному формируют связь между листовым покрытием культуры и ее урожайностью.

Весной с повышением средней суточной температуры воздуха выше 5°C , наблюдающемся на территории района с 28 апреля, растения вегетируют. С этого времени начинается отрастание зимующих культур, луговых трав, распускание почек большинства деревьев и кустарников. С 30 сентября вегетация растений прекращается из-за понижения средней суточной температуры воздуха ниже 5°C .

Активная вегетация большинства сельскохозяйственных культур проходит в период со средними суточными температурами воздуха выше 10°C . Продолжительность вегетационного периода, периода активной вегетации и жаркого периода лета (выше 15°C), а также сумма температур за эти периоды дают представление о термических ресурсах, которыми располагают растения в период вегетации. Различия этих характеристик по всей территории района сравнительно невелики и определяются, прежде всего, широтным положением.

Можно привести примерный вегетационный период основных сельскохозяйственных культур, высеваемых на территории предгорной и степной зон КБР в виде таблицы с указанием примерных дат посева и уборки.

Эти данные можно использовать при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур на предстоящие годы.

Таблица 4.1 – Даты посева и уборки сельскохозяйственных культур в двух климатических зонах КБР

| Культуры | Предгорная зона | | Степная зона | |
|--------------------|-----------------|--------|--------------|--------|
| | посев | уборка | посев | уборка |
| Озимая пшеница | 10.10 | 25.07 | 15.10 | 20.07 |
| Кукуруза на зерно | 25.04 | 05.09 | 20.04 | 05.09 |
| Подсолнечник | 15.04 | 10.09 | 15.04 | 10.09 |
| Овес | 10.03 | 10.08 | 05.03 | 05.08 |
| Проса | 25.04 | 20.07 | 25.04 | 25.07 |
| Гречиха | 20.04 | 25.06 | - | - |
| Картофель | 05.04 | 10.08 | 28.03 | 20.07 |
| Ячмень озимый | 10.10 | 10.07 | 05.10 | 01.07 |
| Ячмень яровой | - | - | 25.04 | 25.07 |
| Рапс озимый | - | - | 15.10 | 01.07 |
| Рапс яровой | - | - | 25.04 | 25.07 |
| Горчица сарептская | - | - | 25.04 | 25.07 |
| Лён кудряш | - | - | 03.04 | 10.06 |

Принятые в Российской Федерации меры по перестройке управления и совершенствованию хозяйственного механизма в АПК поставили перед экономической наукой ряд сложных проблем, связанных с оценкой последствий принимаемых решений, анализом и прогнозом функционирования АПК в новых условиях.

Поиск решений этих проблем в современных условиях совпал с периодом заметного изменения природно-климатических условий производства сельскохозяйственной продукции и связанной с ним необходимостью определения научно обоснованных путей адаптации сельского хозяйства к изменениям климата.

Таким образом, возникает необходимость проведения реформенных преобразований АПК страны и регионов на фоне серьезных для всего человечества изменений природно-климатических условий. Следует отметить, что возможные последствия изменения климата для экономики страны и ее

регионов и, в частности, для сельского хозяйства полностью игнорируются в принятых до настоящего времени решениях по их реформе.

При этом решение проблемы определения влияния изменения климата на сельское хозяйство встречает трудности, связанные с необходимостью проведения детального анализа изменений природно-климатических характеристик в масштабах региона и их прогноза из-за отсутствия конкретной региональной климатической информации.

Поэтому важно разработать стратегию действий для различных пространственных масштабов, которая по возможности и учитывала бы все возможные варианты изменения условий производства сельскохозяйственной продукции. Для российских условий – это региональные и общегосударственные масштабы.

Проблемы определения основных направлений развития сельского хозяйства регионов и оптимальной организации производства сельскохозяйственной продукции в изменяющихся природных условиях в настоящее время приняли достаточно актуальный характер.

Приводятся некоторые результаты решения этих задач для степной и предгорной зон территории республики.

Производство продуктов питания в современном обществе до настоящего времени остается главным элементом его существования. При этом в силу объективных причин основной удельный вес в производстве продовольствия пока еще приходится на наземную экосистему. В связи с тем, что производительность экосистемы конкретного региона в существенной степени обуславливается его природно-климатическими характеристиками, то изменение последних может отразиться на производстве сельскохозяйственной продукции.

Влияние изменений климата на сельское хозяйство многообразно. Это может быть, например, замедление или ускорение развития растений, изменение устойчивости урожаев, расширение или сокращение почвенных площадей, изменение набора культуры в конкретном регионе и, как следствие, его сельскохозяйственного направления или специализации.

Решение конкретных задач проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата требует разного подхода к учету климатических факторов. В работе [59], например, указывается, что при изучении взаимодействий в системе климат – общество возникает необходимость рассмотрения климата как «ресурс» и как «риск».

Остановимся в краткой форме на причинах возникновения проблемы адаптации сельского хозяйства к изменениям климата и на качественной постановке задачи в случае «медленных изменений» климата.

По мнению автора работы [47], ни один вид хозяйственной деятельности не подвержен влиянию климата как сельское хозяйство. При этом эта зависимость будет усиливаться с течением времени. В тоже время по мере развития сельского хозяйства, что является острой необходимостью для человека, будет возрастать и обратное воздействие сельскохозяйственного производства на климат.

Как уже отмечалось, основные факторы, под влиянием которых функционирует сельское хозяйство, объединяются в следующие группы [53]:

- производственно-агротехнические;
- почвенные;
- агрометеорологические.

Из этих групп последняя является наиболее изменчивой и, в конечном итоге, в существенной степени определяет урожайность сельскохозяйственных культур, качество и стоимость продукции, производительность труда и т.д. Это связано с тем, что сельскохозяйственная продукция создается непосредственно в природных условиях под влиянием множества природно-климатических факторов. Очевидно, что от изменения этих условий или факторов будет зависеть формирование урожая сельскохозяйственных растений и, таким образом, все сельскохозяйственное производство.

Как известно, развитие производства сельскохозяйственной продукции потенциально может быть осуществлено двумя путями: за счет освоения и расширения пахотных земель, а также за счет интенсификации производства

сельскохозяйственной продукции. Однако в глобальном масштабе обеспечение роста продовольственной базы будет сталкиваться, с одной стороны, с зависимостью урожайности и общего производства продукции от климата, с другой – с воздействием хозяйственной деятельности, процессом освоения новых земель и расширением производства продукции на окружающую среду и климат.

Отметим, что эти утверждения справедливы в случае «медленных» изменений природно-климатических характеристик региона.

Основные направления исследований для решения задачи адаптации сельского хозяйства к изменениям климата в этом случае сформулированы достаточно подробно, к ним можно отнести следующие:

- определение влияния среднегодовой температуры воздуха и изменения других факторов на урожайность сельскохозяйственных культур;
- установление изменений границ основных сельскохозяйственных зон;
- установление последствий «медленных изменений» климата для сельского хозяйства и разработка способов приспособления к этим изменениям производства сельскохозяйственной продукции.

Что касается концепции «сдвига риска», то она заключается в установлении влияния на сельское хозяйство засух, заморозков, переувлажнений и опасных явлений погоды, которыми сопровождаются «медленные изменения» климата.

В настоящее время считается, что роль долговременных изменений природно-климатических характеристик относительно в целом понятна. Гораздо более сложным является определение риска, связанного относительно редкими явлениями погоды [61].

Следует отметить, что в условиях нашей республики и, в частности, степной зоны ее территории, первый из отмеченных путей повышения производства сельскохозяйственной продукции за счет расширения пахотных земель, не имеет перспектив. Это связано с тем, что практически все земли, пригодные для производства сельскохозяйственной продукции, в республике используются давно. Поэтому в условиях предгорной и степной зон республики речь о повышении урожайности сельскохозяйственных культур можно вести только с учетом

изменяющихся условий их производства. Таким образом, чтобы ответить на вопрос, какой объем сельскохозяйственной продукции можно производить и насколько его можно повысить в будущем для обеспечения населения продуктами питания, необходимо знать, как должна быть усовершенствована система производства сельскохозяйственной продукции для обеспечения необходимой урожайности сельскохозяйственных культур.

Очевидно, что данная проблема является достаточно сложной и зависит от многих факторов, среди которых важную роль будет играть организация производства сельскохозяйственной продукции с учетом информации о динамике природно-климатических характеристик регионов.

Поэтому некоторые специалисты считают, что в будущем научно-технический «взрыв» в сельском хозяйстве произойдет не в области биологии, а в области совершенствования путей получения и эффективного использования информации о климате, т.е. в области культуры земледелия, основанной на оптимальном использовании климатической информации [24].

Остановимся далее на проблеме организации производства сельскохозяйственной продукции в предгорной и степной зонах республики с учетом полученных результатов изменения динамики природно-климатических характеристик.

Отметим, что степная зона территории республики находится в зоне рискованного земледелия из-за существенного недостатка количества атмосферных осадков.

Как можно было заметить из предыдущей главы, изменение количества осадков и средней температуры воздуха в северной части степной зоны в целом оказались более благоприятными для растениеводческой отрасли сельского хозяйства. Количество осадков, хотя и небольшими темпами, в этой части имеет тенденцию к увеличению.

Несмотря на такую тенденцию в динамике количества осадков в данной части степной зоны республики, она, тем не менее, будет находиться в зоне рискованного земледелия.

Что касается южной части степной зоны территории республики, то полученная тенденция изменения количества осадков в различные сезоны года окажет крайне неблагоприятное влияние на сельское хозяйство. И это без учета увеличения частоты засух и других неблагоприятных явлений погоды.

Отсюда ясно, что учет изменений природно-климатических характеристик является необходимым элементом в стратегии развития сельского хозяйства степной зоны КБР и ее экономики в целом.

При этом при определении стратегии развития сельского хозяйства необходимо иметь в виду и то, что помимо уменьшения количества осадков и изменения режима температуры воздуха и почвы будет иметь место увеличение частоты и мощности неблагоприятных природных явлений (засуха, заморозки, сильные ветры, ливни и град и другие); появление новых болезней сельскохозяйственных культур, не характерных в данной зоне; появление новых видов вредителей растений и другие факторы, оказывающие негативное влияние на производство сельскохозяйственной продукции.

Исходя из этого, для повышения производства сельскохозяйственной продукции в степной зоне республики серьезное внимание необходимо уделить таким проблемам, как восстановление и расширение оросительной системы, выведение новых сортов сельскохозяйственных культур, устойчивых к засухам и болезням; разработка более эффективных методов борьбы с болезнями и вредителями растений и т.д.

Одновременно необходимо вести исследования по поиску новых форм организации производства сельскохозяйственной продукции, основанных на оптимизации всех основных этапов от весенне-полевых работ до уборочных и переработки продукции.

Очевидно, что решение отмеченных проблем требует немалых финансовых затрат, а экономическое состояние республики и страны в целом в настоящее время не способствует этому.

В настоящей главе затронуты основные проблемы, возникающие при организации производства сельскохозяйственной продукции с учетом

«медленных изменений» климата в предгорной и степной зонах КБР, т.е. с учетом изменений температурного режима атмосферы и почвы, влажности воздуха, скорости ветра и режима осадков.

4.1. Изменения климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в КБР

В дополнение к изложенным выше результатам исследования проведем анализ среднемесячных температур воздуха.

Графическое изменение распределения средней температуры воздуха по месяцам для трех интервалов времени, полученное по данным метеостанции г. Нальчик, приведено на рисунке 4.2.

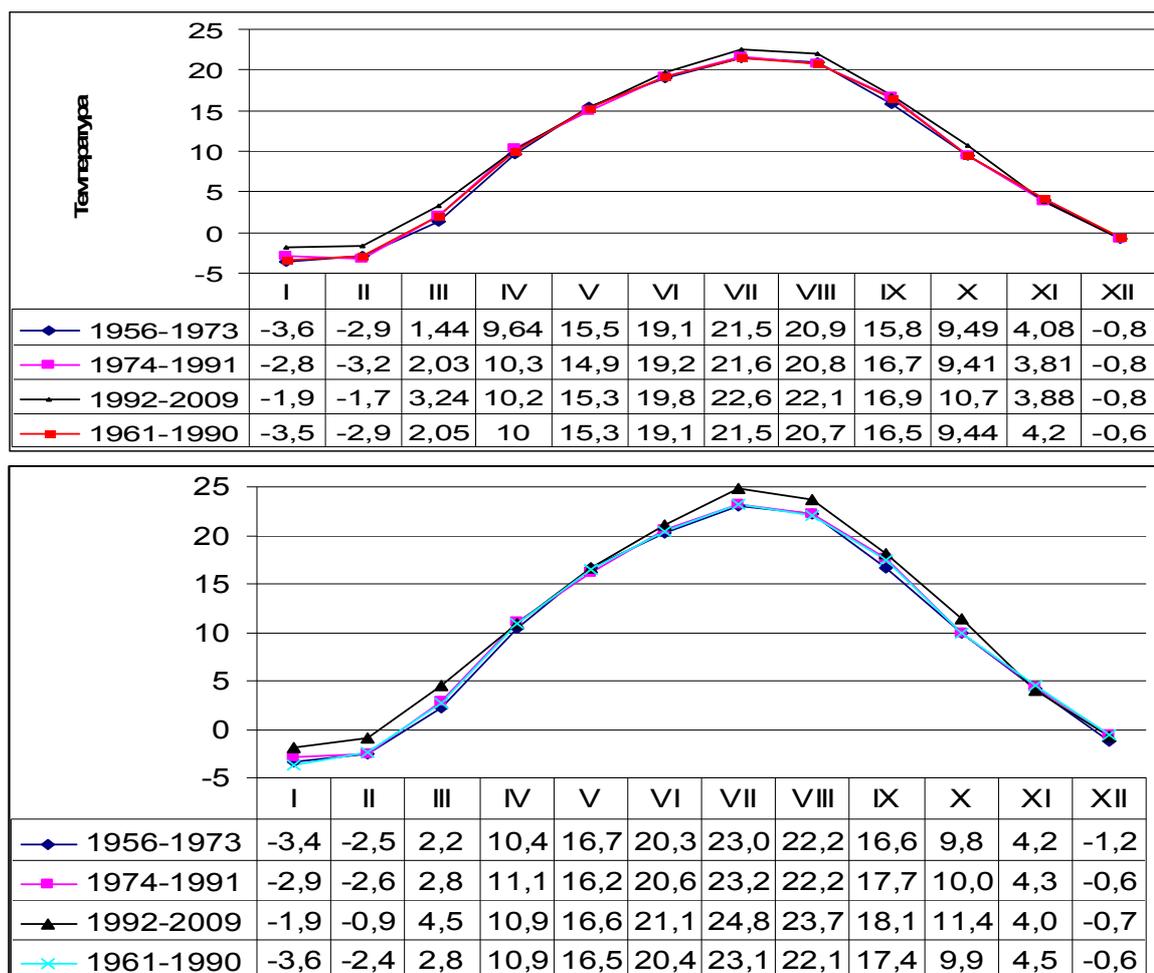


Рисунок 4.2 - Распределение среднемесячной температуры воздуха по данным МС Нальчик и Прохладный

Повышение средних температур воздуха наблюдаются в первые семь месяцев (январь-июль), во второй половине июля и августе температура воздуха стабилизируется, а затем уровень температуры начинает понижаться. Переход средней температуры воздуха через 0°C в последние годы осуществляется в третьей декаде февраля, а через 5°C в конце марта и в первой декаде ноября. На последнем интервале этот переход происходит раньше, чем в предыдущие интервалы, хотя осенний переход осуществляется одновременно.

Если в первых двух интервалах этот переход происходил в марте месяце, то в последнем он произошел в феврале, т.е. примерно на 15-20 дней раньше. Это свидетельствует о том, что может иметь место увеличение вегетационного периода в предгорной зоне республики. Во второй половине года дата перехода через эту температуру практически не изменилась. Весенний переход через 10°C и 15°C происходит одновременно на всех интервалах соответственно в апреле и мае, а осенний переход происходит с незначительным сдвигом. Анализ дат перехода через 0°C , 5°C , 10°C и 15°C показывает, что в последние годы количество теплых дней становится больше.

Результаты исследований указывают, что в предгорной зоне территории КБР в последние десятилетия весна наступает на 2-3 недели раньше, а это влияет на смещение вегетационного периода всех сельскохозяйственных культур и выращивание новых сортов.

Спецификой развития сельскохозяйственного производства является тесная связь с погодой и климатом. В связи с наблюдающимися изменениями климата оценка воздействия климата на сельское хозяйство весьма актуальна и используется при принятии мер по продовольственной безопасности страны.

Рассмотрим динамику изменения отклонений среднегодовой температуры воздуха от климатической нормы в предгорной и степной зонах КБР (метеостанции Нальчик и Прохладный).

Из рисунка 4.3 видно, что в КБР по характеру отклонения среднегодовой температуры воздуха от климатической нормы на всем периоде исследования в обеих климатических зонах идентичны, за исключением незначительных отличий.

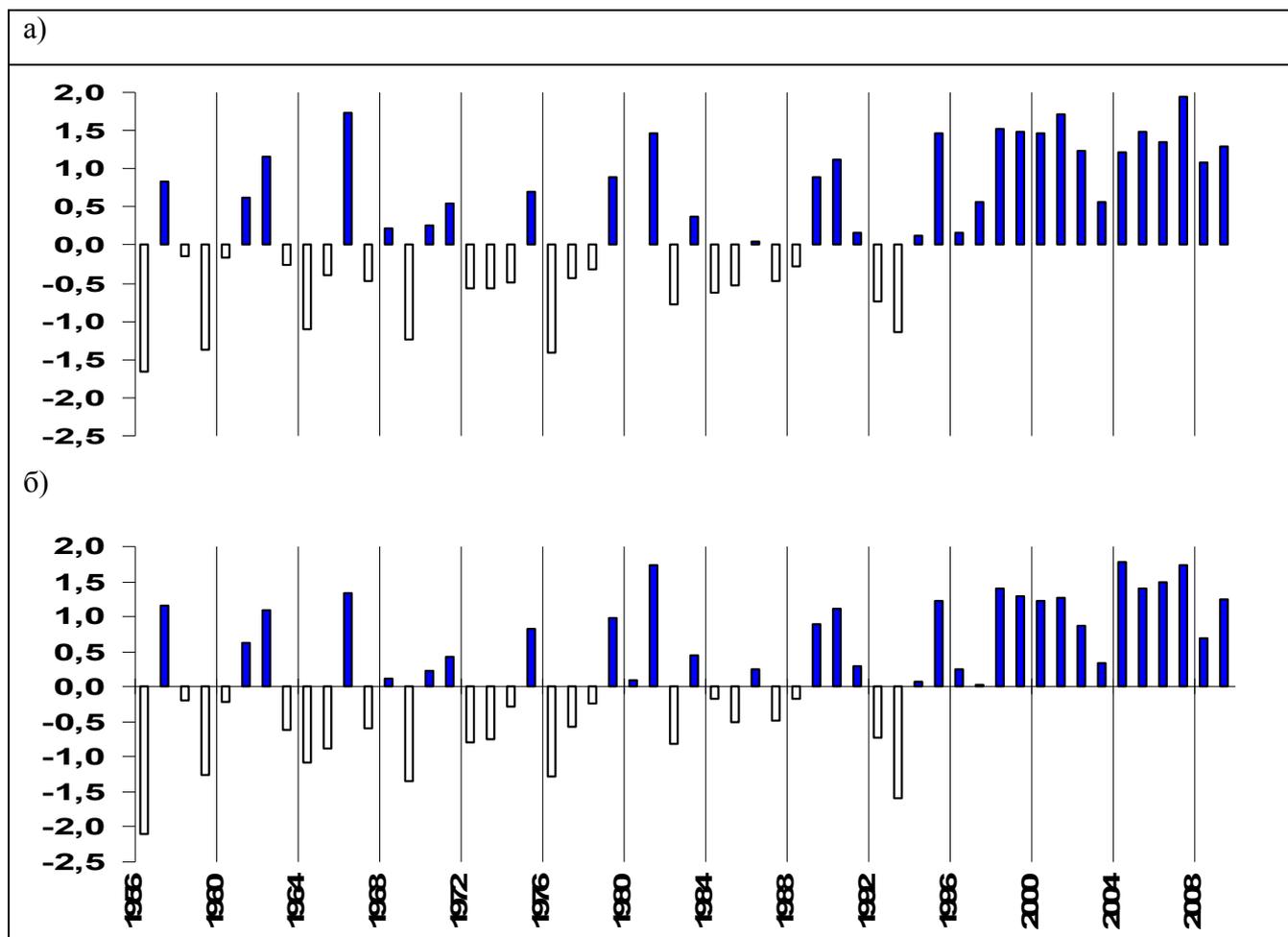


Рисунок 4.3 - Отклонение от климатической нормы ($9,32^{\circ}\text{C}$ и $10,1^{\circ}\text{C}$) среднегодовой температуры воздуха в предгорной и степной зонах территории КБР (а) МС Нальчик и б) МС Прохладный)

Можно отметить, что на конец XX (1994 год) и начало XXI века пришелся самый продолжительный период потепления за время инструментальных наблюдений на протяжении 54 лет, начиная с 1994 года отрицательных отклонений от климатической нормы не отмечено. Особенность потепления не только в продолжительности, но и в более высокой температуре воздуха, наибольшее отклонение составляет 20°C , а за последние 15 лет (1994-2009 гг.) превысило климатическую норму ($9,32^{\circ}\text{C}$ и $10,10^{\circ}\text{C}$) на $1,17^{\circ}\text{C}$ и $1,02^{\circ}\text{C}$ соответственно по данным МС Нальчик и Прохладный.

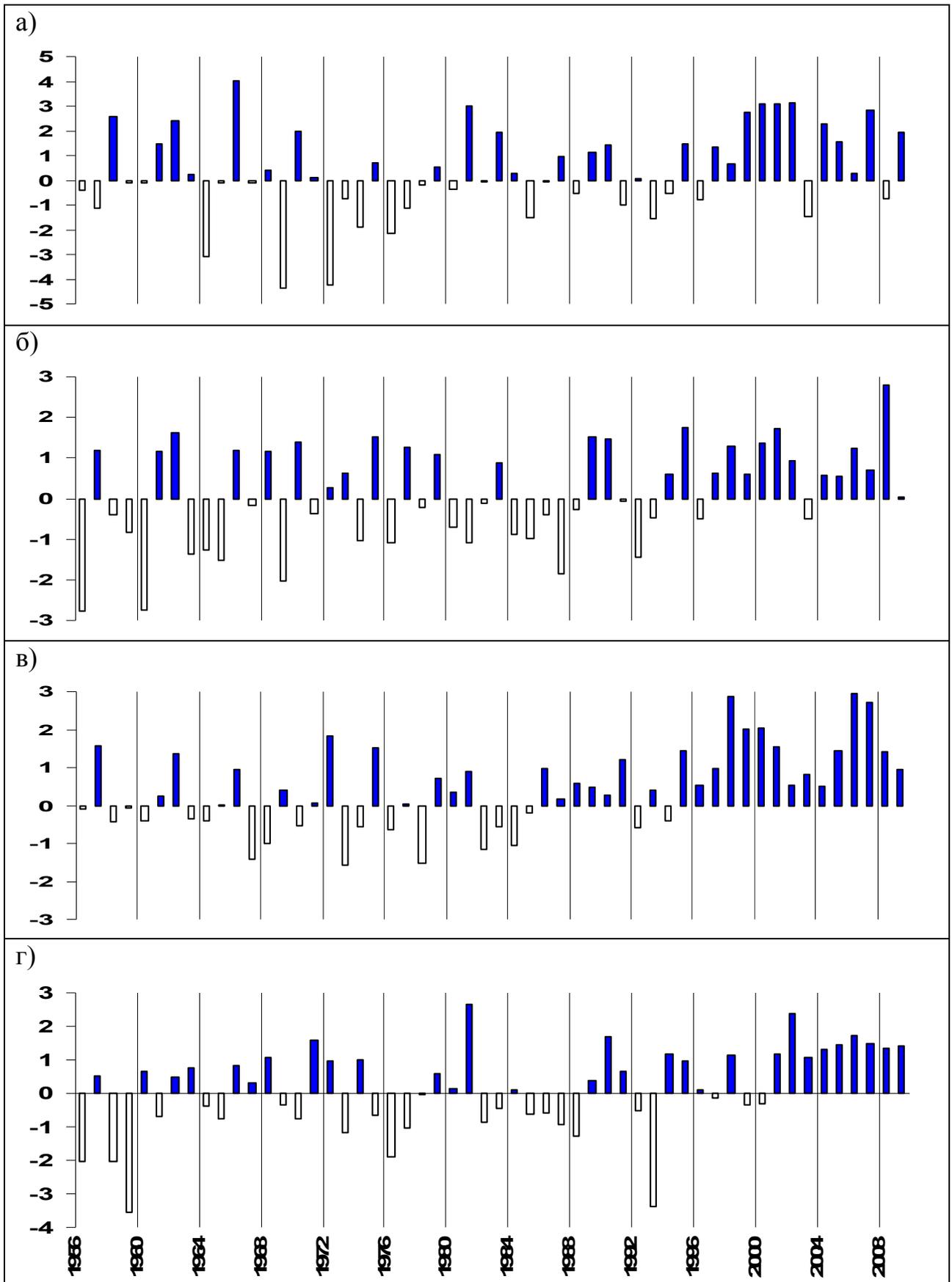


Рисунок 4.4 - Отклонение от климатической нормы средней температуры воздуха по данным МС Нальчик по сезонам (а – зима, б – весна, в – лето, г – осень)

На рисунке 4.4 отображены отклонения средней температуры воздуха от климатических норм по сезонам. Отсюда видно, что во все сезоны в последние годы имеем температуры воздуха выше нормы. Весной и летом эти отклонения доходят до 3⁰С.

Оценку изменений температуры воздуха и осадков по месяцам очень важно учитывать в таких отраслях как сельское хозяйство, топливно-энергетический комплекс, лесное хозяйство и другие. На территории КБР намечается тенденция увеличения продолжительности беззаморозкового периода. Весенние заморозки различной интенсивности наблюдаются ежегодно по-прежнему, и они наиболее опасны для теплолюбивых культур, особенно косточковых, например, абрикосов. Особенно при наступлении ранней весны повышение температуры воздуха влечет за собой набухание почек и цветение.

Резкое уменьшение температуры воздуха (похолодание) полностью уничтожает плод и прекращается дальнейшее развитие этих культур. В старину при наступлении таких весенних заморозков утепляли корневую систему деревьев, а вокруг них поджигали солому и дымом поддерживали температуру. Осенние заморозки не столь опасны, т.к. они наступают в конце уборки урожая яровых сельскохозяйственных культур. А для озимых культур эти заморозки не представляют опасности.

В последние несколько лет повышенные температуры воздуха и почвы первых весенних месяцев приводят к более раннему сходу снежного покрова и переходу температуры воздуха через 0⁰С в сторону повышения. В среднем за период 1992-2009 годов этот переход происходит на 5-10 дней раньше средних многолетних значений, почти на декаду раньше начинается вегетационный период.

На рисунке 4.5 отмечены среднемесячные осадки многолетних наблюдений по трем интервалам.

Из рисунка видно, что на интервале 1992-2009 годов в мае, июле и августе, т.е. в фазы активной вегетации сельскохозяйственных культур происходит уменьшение осадков, а в период посевной и уборочной компаний увеличение, что

мешает общей системе сельхоз работ. Несколько больше нормы осадков наблюдается в феврале, июле и сентябре, а в остальные месяцы меньше.

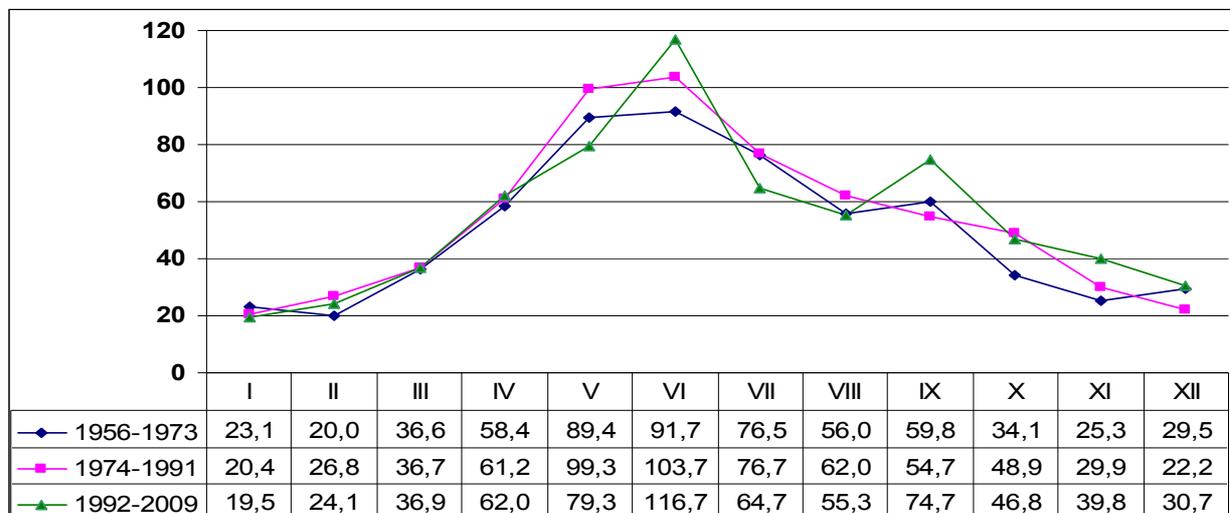


Рисунок 4.5 - Среднемесячные осадки многолетних наблюдений по трем интервалам

Последствия быстрой изменчивости климатических условий проявляются в росте повторяемости опасных антропогенных явлений.

4.2 Анализ изменения урожайностей сельскохозяйственных культур в зависимости от динамики природных факторов

Одной из важнейших задач адаптации сельского хозяйства к изменению климата является установление зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от природных факторов. Знание этой зависимости представляет интерес и для принятия научно-обоснованных решений при планировании производства сельскохозяйственной продукции и проведении других мероприятий, связанных с функционированием АПК.

Решение этой задачи встречает трудности, связанные с многообразием природных факторов и с чрезвычайно сложным характером их влияния на продуктивность растений.

Знание зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от природно-климатических факторов представляет интерес и для принятия научно обоснованных

решений при планировании производства сельскохозяйственной продукции и проведении других мероприятий, связанных с функционированием АПК.

На продуктивность растений оказывает влияние множество факторов, в том числе природных, но можно однозначно утверждать, что влияние таких природных факторов как режим осадков, температурный режим воздуха и почвы, влажность воздуха и скорость ветра являются наиболее важными в жизнедеятельности растений. Зависимость урожайности сельскохозяйственной культуры от изменения приведенных метеорологических факторов можно представить с помощью следующей формулы:

$$Y = \left(a_0 + \sum_{i=1}^4 (a_i W_i + b_i T_i + c_i Q_i + d_i H_i + s_i V_i) \right), \quad (4.1)$$

где Y - урожайность сельскохозяйственной культуры; W_i, T_i, Q_i, H_i, V_i - соответственно суммарное количество осадков, средняя температура воздуха, минимальная температура почвы, средняя относительная влажность воздуха и максимальная скорость ветра по сезонам; a_i, b_i, c_i, d_i, s_i - коэффициенты регрессии.

Часто из-за некоторых аномальных явлений (заморозки, град, засуха, сильные грозовые дожди, смерч, затопление) происходит потеря урожайности сельскохозяйственной культуры. Пусть k_a - коэффициент влияния аномалии на урожайность культуры. Если $k_a = 0$, то отсутствуют аномальные явления и никакого влияния на урожайность не оказывается. Если $k_a = 1$, то происходит полное уничтожение урожая. Тогда с учетом этого фактора уравнение (4.1) запишется в виде:

$$Y = (1 - k_a) \cdot \left(a_0 + \sum_{i=1}^4 (a_i W_i + b_i T_i + c_i Q_i + d_i H_i + s_i V_i) \right). \quad (4.2)$$

В зависимости от рассматриваемой сельскохозяйственной культуры, озимые или яровые, в модели корреляционной связи можно сделать некоторые уточнения. Для озимых культур можно опустить значения метеопараметров в летнее время, а для яровых культур в зимние. Есть сельскохозяйственные культуры с коротким сроком вегетации, тогда рассматриваются только весенне-летние значения метеопараметров, а для других летне-осенние.

При благоприятных условиях предлагаются модели корреляционной связи урожайности озимой пшеницы в трех состояниях (в предгорной зоне без орошения, степной зоне без орошения и степной зоне с орошением). Посев озимой пшеницы осуществляется поздней осенью, а уборка в конце июля и в начале августа. Учитывая это, вместо сезонных летних и осенних значений метеопараметров можно использовать их месячные значения за июнь, июль и ноябрь месяцы. Уравнения зависимости урожайности озимой пшеницы от изменения сезонных значений осадков, температуры воздуха, температуры почвы, влажности воздуха и скорости ветра в предгорной зоне без орошения, степной зоне без орошения и степной зоне с орошением по данным метеостанции Налчик представимы в виде:

$$y_1 = 34,57 + 0,04W^3 + 0,21T^3 + 0,17Q^3 + 0,01H^3 + 0,0056V^3 - 0,024W^B + 3,99T^B + 1,27Q^B - \\ - 0,033H^B - 0,01V^B + 0,0093W^Л - 2,44T^Л - 0,085Q^Л + 0,47H^Л - 0,0023V^Л - 0,0018W^O + \\ + 0,52T^O + 0,067Q^O + 0,084H^O - 0,018V^O,$$

$$y_2 = 13,57 - 0,039W^3 + 0,227T^3 + 0,09Q^3 + 0,06H^3 + 0,0032V^3 + 0,006W^B + 3,115T^B + 1,13Q^B + \\ + 0,011H^B - 0,021V^B + 0,019W^Л - 1,031T^Л - 0,091Q^Л + 0,36H^Л - 0,0032V^Л - 0,036W^O + \\ + 0,444T^O + 0,046Q^O + 0,092H^O - 0,029V^O,$$

$$y_3 = 16,45 - 0,05W^3 + 0,2747T^3 - 0,22Q^3 + 0,04H^3 + 0,0033V^3 + 0,007W^B + 3,78T^B + 0,87Q^B - \\ - 0,04H^B - 0,03V^B + 0,0224W^Л - 1,25T^Л - 0,074Q^Л + 0,56H^Л - 0,00123V^Л - 0,0433W^O + \\ + 0,539T^O + 0,048Q^O + 0,069H^O - 0,02V^O,$$

где y_i - урожайность озимой пшеницы; $W^3, W^B, W^Л, W^O$ - суммарное количество осадков по сезонам (зимой, весной, летом и осенью); $T^3, T^B, T^Л, T^O$ - среднесуточная температура воздуха; $Q^3, Q^B, Q^Л, Q^O$ - минимальная температура почвы; $H^3, H^B, H^Л, H^O$ - средняя относительная влажность воздуха; $V^3, V^B, V^Л, V^O$ - максимальная скорость ветра.

Как можно заметить из этих выражений наиболее существенными факторами выступают во всех трех случаях средняя температура воздуха, суммарное количество осадков и минимальная температура почвы по сезонам. В осенний период это влияние ниже, чем в остальное время. Средняя относительная влажность воздуха и

максимальная скорость ветра в основном, за исключение аномальных случаев, оказывают незначительное влияние в значении урожайности озимой пшеницы.

Рассмотрим графические представления фактических и сглаженных значений зависимости урожайности озимой пшеницы от сезонных климатических факторов предгорной и степной зонах КБР.

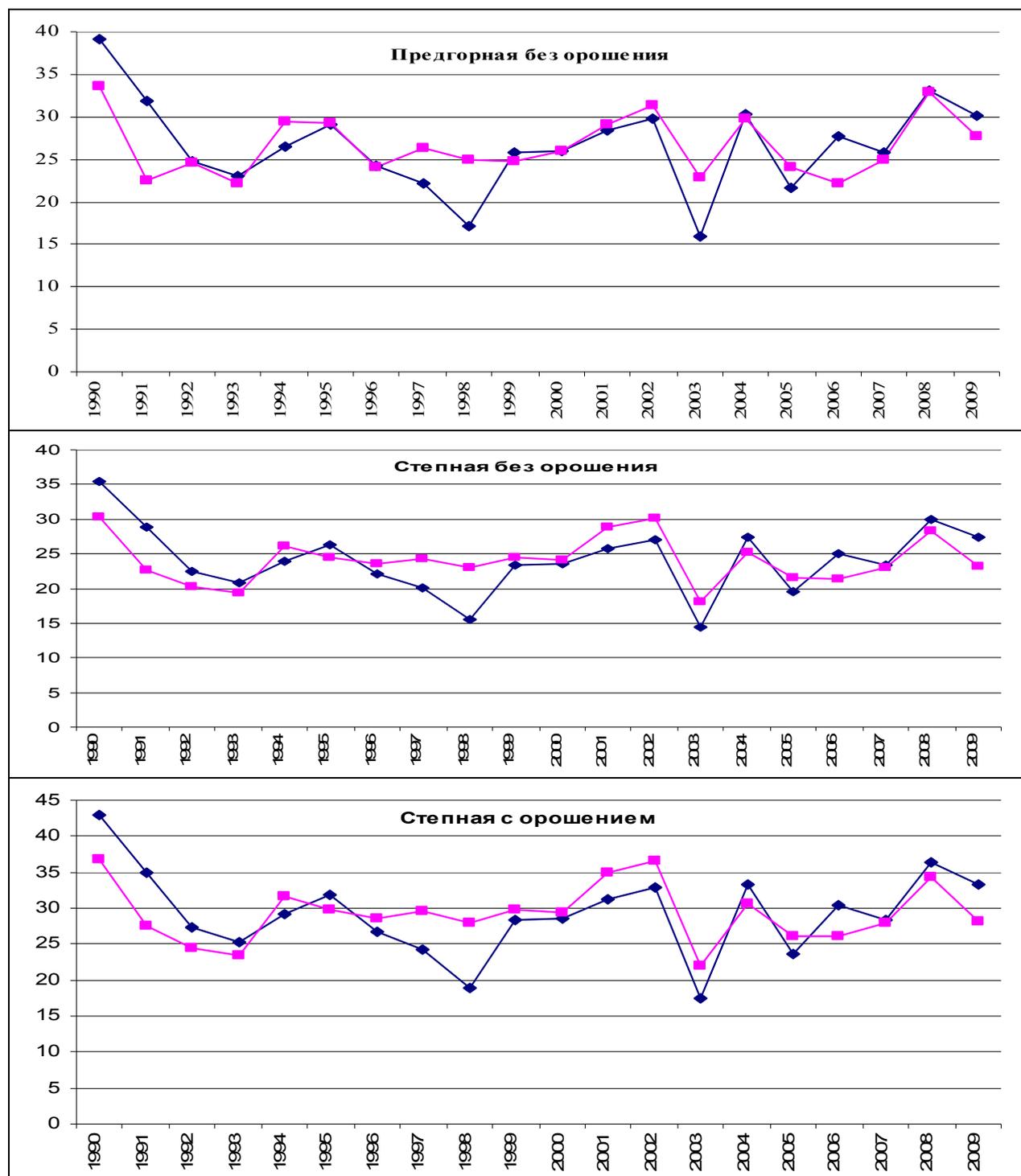


Рисунок 4.6 - Фактические и сглаженные значения урожайности озимой пшеницы

Как можно заметить из рисунка 4.6, вычисленные по последним формулам урожайности озимой пшеницы достаточно хорошо совпадают с фактическими значениями, т.е. выражения достаточно хорошо описывают зависимость урожайности данной культуры от природных факторов.

Проведем такие же исследования и для яровых сельскохозяйственных культур, таких как овес, просо, кукуруза и подсолнечник. В каждом случае рассматриваются месячные значения осадков и температуры воздуха вегетационного периода по таблице 4.1. Для сельскохозяйственной культуры овес модели описания зависимости урожайности и значений метеорологических культур суммарного количества осадков и средней температуры воздуха в период вегетации с апреля по июль в степной зоне с орошением, степной зоне без орошения и предгорной зоне без орошения запишется в виде

$$\begin{aligned}
 y_1^{og} &= 59,22 - 0,03201 \cdot W^{IV} - 0,04842 \cdot W^V + 0,00104 \cdot W^{VI} - 0,0021 \cdot W^{VII} + \\
 &\quad + 0,25241 \cdot Q^{IV} - 1,81096 \cdot Q^V - 1,12845 \cdot Q^{VI} + 0,54904 \cdot Q^{VII} \\
 y_2^{og} &= 48,85681 - 0,02641 \cdot W^{IV} - 0,03994 \cdot W^V + 0,00086 \cdot W^{VI} - 0,00173 \cdot W^{VII} + \\
 &\quad + 0,20823 \cdot Q^{IV} - 1,49404 \cdot Q^V - 0,93097 \cdot Q^{VI} + 0,45296 \cdot Q^{VII} \\
 y_3^{og} &= 63,77241 - 0,00855 \cdot W^{IV} - 0,02712 \cdot W^V + 0,02097 \cdot W^{VI} - 0,01867 \cdot W^{VII} + \\
 &\quad + 0,57252 \cdot Q^{IV} - 0,78879 \cdot Q^V - 0,82537 \cdot Q^{VI} - 1,02818 \cdot Q^{VII}
 \end{aligned}$$

Как можно заметить из этого выражения урожайность овса более зависит от температурного режима, а от осадков в июне и июле эта зависимость незначительна. Из последнего выражения видно, что используются параметры с апреля по июль. Овес обычно убирают либо в конце июля, либо в первых числах августа. Такой же период нужно рассматривать и в случаях с просо, а вегетационный период у кукурузы и подсолнечника с апреля по сентябрь. Принцип проведения исследования зависимости урожайности от климатических факторов и для остальных сельскохозяйственных культур такой же. Эти исследования будут продолжены и в дальнейшем.

На рисунке 4.7 приведены фактические и вычисленные по данным формулам значения урожайности овса.

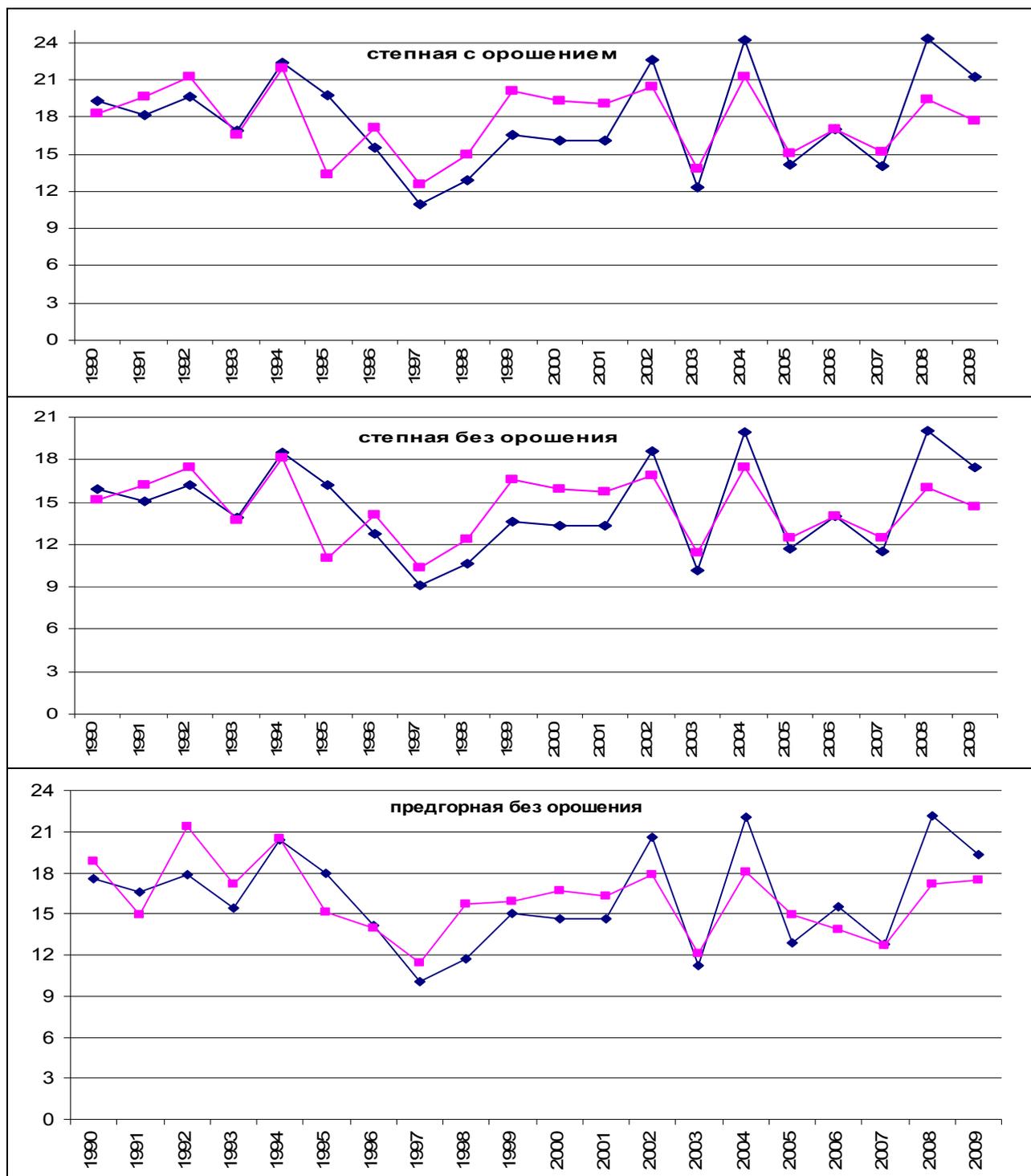


Рисунок 4.7 - Фактические и сглаженные значения урожайности овса

Предложенные методы могут служить в роли моделей адаптации производства этих сельскохозяйственных культур к изменениям климата, и при определении севооборота в хозяйствах, имея прогнозные значения климатических данных, можно определить возможную урожайность конкретной сельскохозяйственной культуры.

4.3 Прогноз урожайностей сельскохозяйственных культур с учетом динамики природных факторов

Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур осуществляется с учетом прогнозных значений метеорологических факторов, полученных в третьей главе.

Принятие научно-обоснованных решений для организации производства сельскохозяйственной продукции в конкретных регионах с учетом изменений, влияющих на него природных факторов, требует прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на достаточно длинные периоды.

В предыдущем разделе на основе (4.1) были получены математические модели для каждой сельскохозяйственной культуры. Подставляя в эти модели прогнозные значения метеопараметров можно осуществить прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на предстоящие годы до 2017.

При наличии такой связи и динамики природных факторов на предстоящий период можно получить прогнозные значения урожайности сельхозкультур. Основное преимущество данного подхода заключается в том, что динамику природных факторов можно прогнозировать с большей точностью, чем значения урожайности. Это связано с тем, что его динамика носит относительно стационарный характер и при наличии соответствующей информации можно построить модель его изменения во времени.

Остановимся далее на некоторых результатах расчетов по прогнозированию урожайности основных сельскохозяйственных культур в степной зоне КБР. При этом используются полученные выше данные об их зависимости от количества осадков и средней температуры воздуха в различные сезоны и полученные сезонные значения этих факторов.

На рисунке 4.8 приведены фактические и прогнозные значения урожайности озимой пшеницы в предгорной и степной зонах КБР по 2017 год.

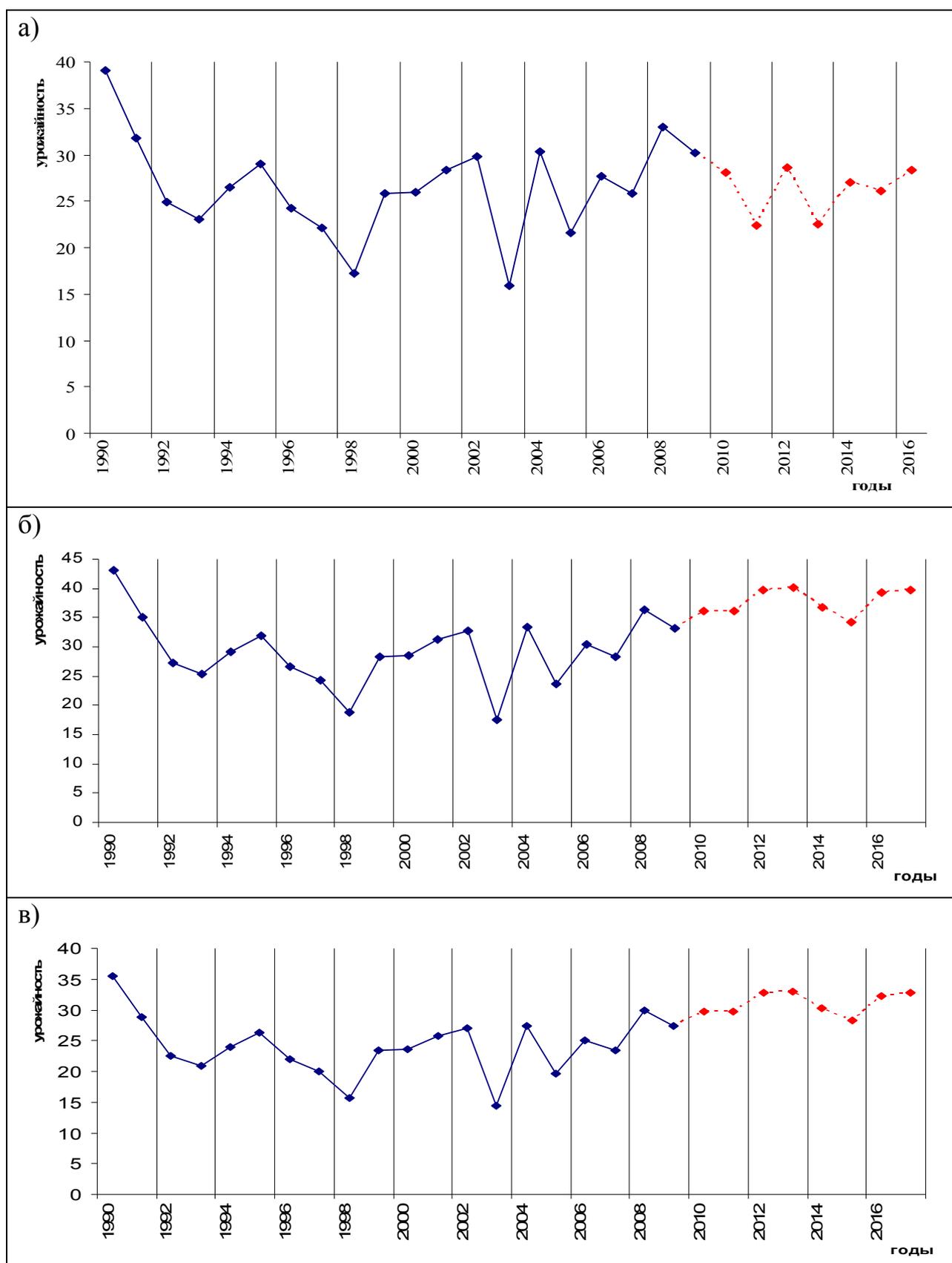


Рисунок 4.8 - Фактические (сплошная линия) и прогнозные (пунктирная линия) значения урожайности озимой пшеницы: а) предгорной без орошения, б) степной с орошением, в) степной без орошения.

Как можно заметить на этом рисунке, урожайность озимой пшеницы на всем интервале упреждения в целом остается достаточно высокой. В степной зоне наблюдается повышение урожайности, а в предгорной значительных изменений в будущем не наблюдается, возможны снижения.

Такие же исследования проводились и для таких сельскохозяйственных культур, как овес, просо, кукуруза и подсолнечник.

Можно заметить, что режимы температуры воздуха и осадков в данном районе становятся более благоприятными для производства данной культуры.

Выводы к главе 4

1. Для анализа изменения агроклиматических ресурсов территории КБР рассмотрено распределение среднемесячных осадков и температуры воздуха по трем интервалам и периодам определения климатических норм с использованием данных по МС г. Нальчик и г. Прохладный.

2. Получены оценки отклонения изменения средней температуры воздуха от климатической нормы по сезонам и за год.

3. Для анализа изменения урожайностей сельскохозяйственных культур в зависимости от динамики природных факторов предложены два варианта: использование сезонных значений суммарного количества осадков и средней температуры воздуха; использование среднемесячных или среднедекадных значений осадков и температуры воздуха в зависимости от вегетационного интервала каждой сельскохозяйственной культуры.

4. Приведены фактические и расчетные значения урожайности таких сельскохозяйственных культур, как озимая пшеница, овес, просо, кукуруза и подсолнечник.

5. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с учетом полученных прогнозных значений природных факторов.

ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА РИСКОВ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

5.1. Метод нечеткой логики в метеорологии

Для устойчивого развития сельскохозяйственного производства важной составляющей деятельности каждого хозяйства является тщательная проработка и учет рисков. Получение высокого урожая сельскохозяйственных культур зависит от многих неопределенностей, которые могут привести к непредвиденным последствиям и, соответственно, нежелательным исходам и убыткам. Поэтому правильное принятие решений, а также адекватная и наиболее точная оценка рисков является одной из насущных проблем анализа сельхозпроизводства.

Получение высокой урожайности сельскохозяйственных культур требуют наличие благоприятных погодных условий, своевременное и качественное использование агротехники на весь вегетационный период. В последнее время нечеткое моделирование является одной из перспективных направлений в области управления и принятия решений агропромышленного комплекса.

Теория нечеткой логики – новый подход к описанию агроклиматических процессов, в которых присутствует неопределенность, затрудняющая применение точных количественных методов и подходов. Например, низкая, или средняя, или высокая урожайность сельскохозяйственной культуры не имеют четкой границы, их можно задать в виде интервальных значений для каждого случая.

Часто, для получения интегральной оценки риска в АПК недостаточно только значений изменения количественных переменных, таких как использование агротехники, внесение удобрений, орошение и т.д. Необходимо также учитывать и многие качественные переменные, как например, погодные условия.

5.2. Адаптивные методы прогнозирования урожайности сельхозкультур

Система моделирования зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от изменения природных факторов обладает рядом неопределенностей, неполнотой и недостаточной четкостью исходной информации об основных

параметрах. В подобных случаях значимость полученных количественных оценок может уточняться методом нечеткой логики.

Пятая глава посвящена результатам использования метода нечеткой логики для разработки компьютерной модели зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от двух основных метеопараметров: суммарного количества осадков и средней температуры воздуха по сезонам.

В реальности все наблюдения являются нечеткими, всегда отмечаются изменения на интервале.

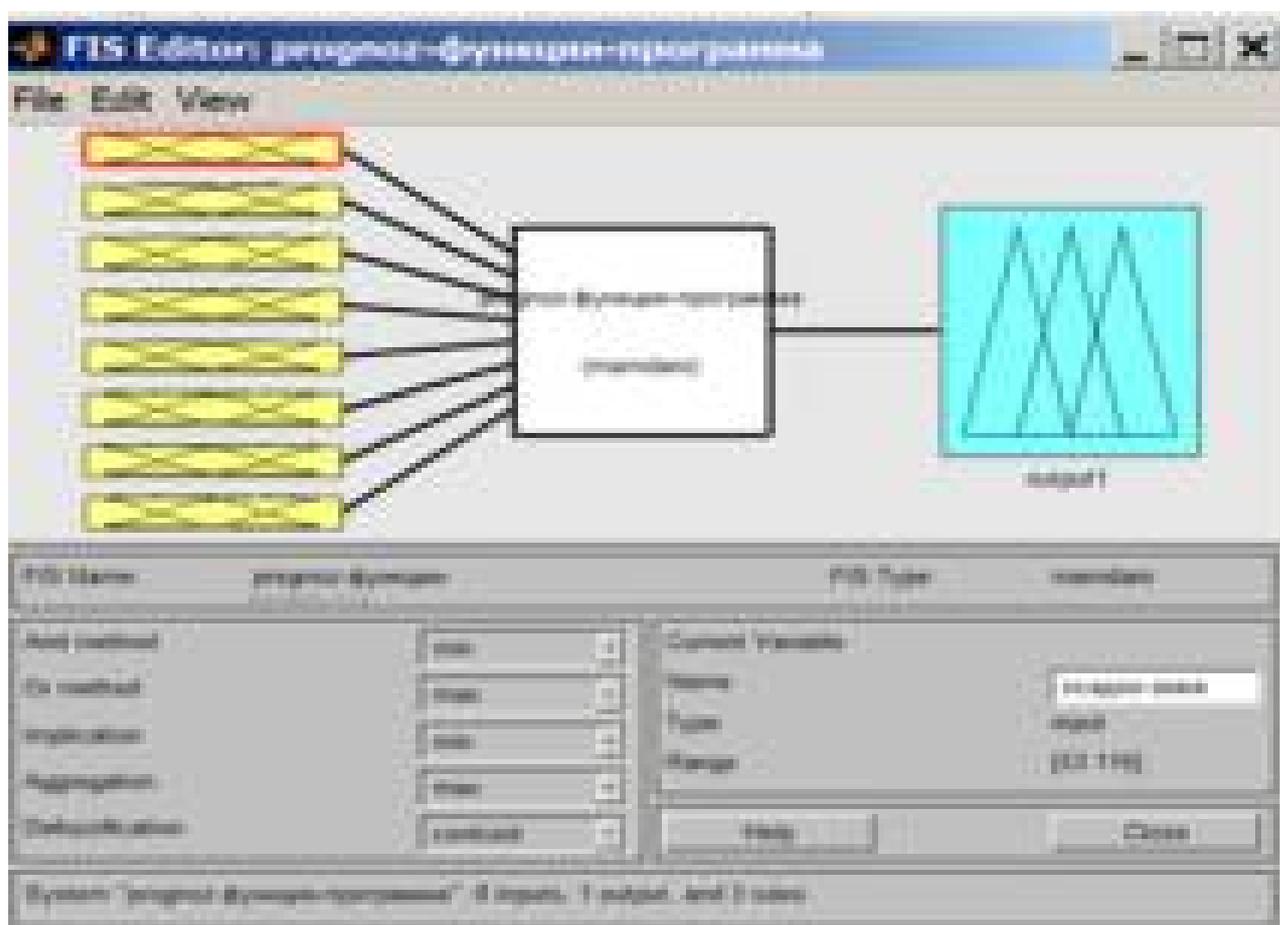


Рисунок 7- Программа адаптивная нечетко-логическая модель зависимости урожайности от природных характеристик

Суть метода заключается в следующем. Если установить значения метеопараметров по уровням: низкие, средние и высокие, то автоматически выводятся значения урожайности по этим группам.

Определены зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от изменений природно-климатических параметров (тепло и влагообеспеченность)

методом нечеткой логики. Для этого построены гауссовские линии для каждого промежутка на входе и выходе (см. рис. 7).

Задаются условия соответствия входных и выходных данных, например, если на входе осадки и температура воздуха низкие (средняя, высокая), то на выходе выдается урожайность низкая (средняя, высокая). Это зависит от реальных значений входных и выходных данных

Из рисунка 8 видно, что программа-модель позволяет при задании прогнозных значений метеопараметров получить возможное значение урожайности сельскохозяйственной культуры. В этом случае выставляются значения метеопараметров за каждый промежуток: сезонные, месячные или декадные (гауссовские линии, закрашенные желтым цветом) и на выходе определяется возможное значение урожайности (синий цвет).

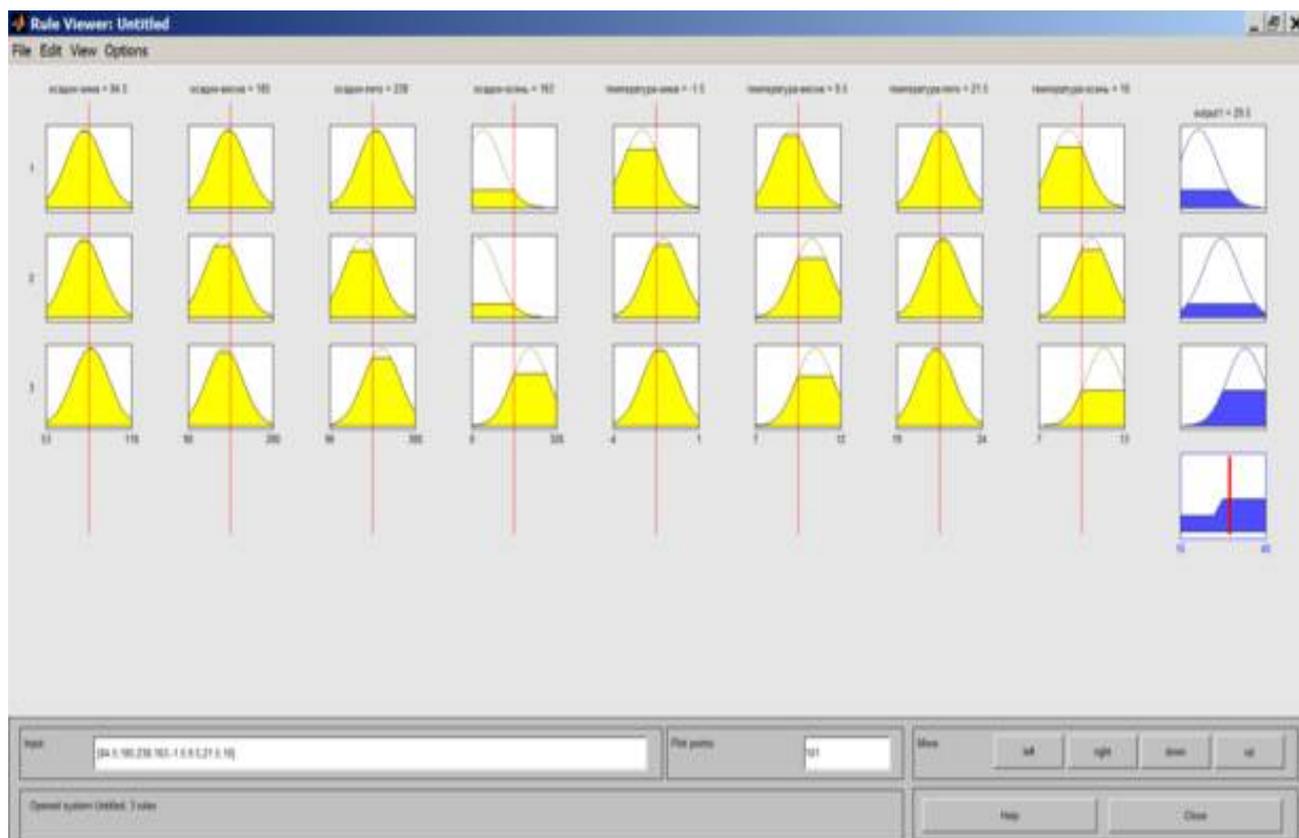


Рисунок 8 – Результаты расчета зависимости урожайности (синий цвет) от природных характеристик (желтый цвет)

По результатам исследования определяем год-аналог соответствующий значению урожайности сельскохозяйственной культуры. Если в найденном году

имелись критические метеорологические значения, то необходимо провести дополнительные исследования по предотвращению повторений.

Существующие подходы к эффективному решению задач таковы:

1. Если правила, по которым действует объект исследования, известны, то можно их обобщить и свести в некоторую систему, действующую и генерирующую выводы по схеме "если - то - иначе".

2. Если правил поведения объекта не известны, но подразумеваем их присутствие, то создаем систему, которая вначале обучается на некотором множестве примеров, а затем адекватно строим выводы на новых входных данных.

3. Если не знаем ни правил поведения объекта, ни того, известны ли они вообще и могут ли быть получены, то нужно попытаться смоделировать объект, применяя известные правила и зависимости, что называется, "по аналогии", а затем делаем выводы о том, насколько объект соответствует модели.

4. Если правил, примеров и моделей достаточно много, то можем оценивать и управлять объектом не только на микро-уровне (правила), но и на макро-уровне (принципы). Этот подход "на принципах" реализован с помощью применения fuzzy-математики в разнообразных инструментальных пакетах Matlab.

Решение конкретной задачи предполагает комбинации перечисленных подходов, которые реализованы в fuzzy-системах, по сравнению с прочими:

- возможность оперировать входными данными, заданными нечетко;
- возможность нечеткой формализации критериев оценки и сравнения;
- оперирование критериями "большинство", "возможно", "предпочтительно" и т.д.;
- возможность проведения качественных оценок, как входных данных, так и выводимых результатов;
- возможность проведения быстрого моделирования сложных динамических систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности: оперируя принципами поведения системы, описанными fuzzy-методами.

ГЛАВА 6. АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ПРИРОДНЫХ ЗОНАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ

6.1. Яровые однолетние двудольные культуры в весенне-летних и летне-осенних сроках выращивания

Природно-климатические ресурсы степной зоны Центрального Предкавказья достаточно благоприятны для выращивания яровых однолетних культур в основных и пожнивных посевах, которые в значительной степени распространены в хозяйствах, где доминирует почвенный покров из карбонатных и обыкновенных черноземов. При этом испытываемые растения представляют интерес как масличные культуры, а также для получения кормовой зеленой массы.

Материалом для оценки условий вегетации и продуктивности культур явились результаты ежегодных стационарных наблюдений за метеоусловиями по МС г. Прохладный и посевами яровых однолетних культур в опытно-производственных масштабах. Измерения и учеты проводились в соответствии со стандартными методиками, используемыми в земледелии и растениеводстве.

Для оценки продуктивности яровых культур короткого срока вегетации нами использован опыт колхоза им. Петровых Прохладненского района Кабардино-Балкарии, а также собственные исследования. При этом опыт названного колхоза показывает, что из числа озимых высшей продуктивностью с высоким уровнем стабильности по годам возделывания выделяются озимый рапс, озимые ячмень и пшеница. Так, коэффициент вариации урожайности названных культур за последние 25 лет составил соответственно 12,6; 14,3 и 15,1%. При этом, выращивание озимого рапса на зеленый корм обеспечивает повышение стабильности уровня продуктивности на 6,8% (коэффициент вариации равен 5,8%) по сравнению с получением урожая маслосемян. В свою очередь, яровой рапс в весенних посевах имеет коэффициент вариации урожая зеленой массы за тот же срок возделывания 11,7%, а маслосемян – 16,4%. В пожнивных посевах

коэффициент вариации урожая составил соответственно 18,3% зеленой массы и 24,8% - семян. При этом урожай зеленой массы составил 28,5 т/га в основных весенне-летних посевах и 19,7 т/га в промежуточных – летне-осенних. Урожай семян в первом случае в среднем за срок наблюдений составил у ярового рапса 1,66 т/га, а во втором зрелые семена получали три года из 25ти.

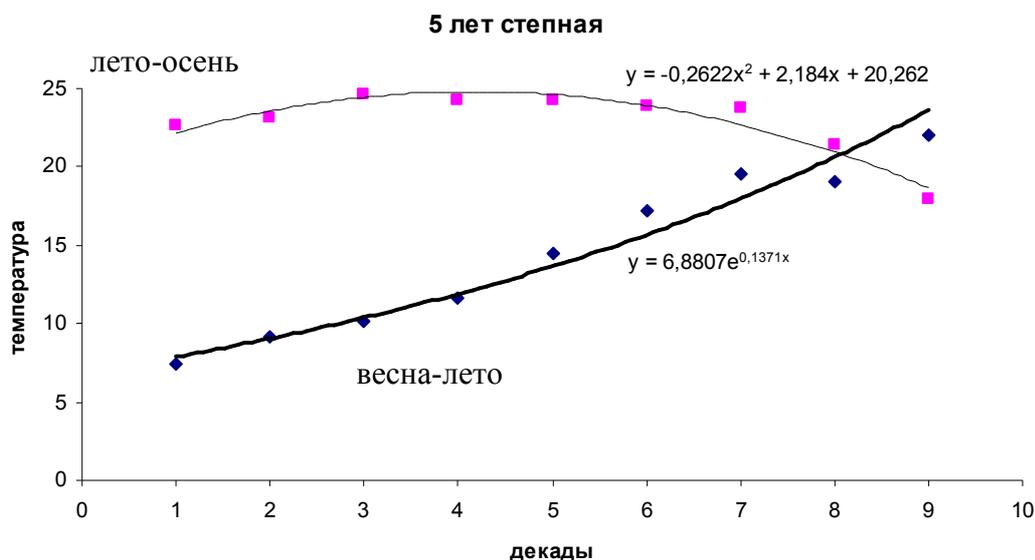


Рисунок 5.1 - Кривые температуры воздуха по периодам вегетации с соответствующими уравнениями

С целью выбора направления использования урожая для достоверного прогнозирования его маркетинга нами за период 2003-2009 годов определены параметры изменений температурного режима и режима выпадения осадков в степной зоне по срокам от весеннего равноденствия до летнего солнцестояния и от 22 июня до осеннего равноденствия (22 сентября). В эти сроки, при равновеликих по продолжительности периодах, по-разному складывается режим температуры воздуха и режим влагообеспеченности (рис. 5.1.). Так, значение температуры в весенне-летнем интервале от 22 марта до 22 июня идет с нарастанием от 7,4⁰С до 22⁰С, а в летне-осеннем – со снижением от 22,7 в июне до 17,9⁰С в конце сентября. То есть амплитуда средних многолетних изменений температуры в левой границе графика составляет 15⁰С и в правой 4⁰С, а по тренду соответственно 17⁰С и 1⁰С. При этом точка пересечения температуры воздуха с

однозначными величинами отмечена в период с 17 по 25 июня для весенне-летнего срока и с 10 по 15 сентября – для летне-осеннего. После этих периодов весенне-летние температуры продолжают повышаться, а летне-осенние – снижаться.

В целом, эмпирические зависимости показывают, что изменения температуры воздуха в первую половину вегетационного периода носят степенной характер, а во вторую – параболический.

Изменение выпадающих осадков носит своеобразный характер. Так, в оба периода отмечаются максимальные значения, которые в весенне-летнее время на 22-37% более значительные, чем в летне-осеннее. В свою очередь, минимальные суммы осадков по отдельным декадам первой половины вегетационного периода на 14-31% больше, чем второй. То есть, по влагообеспеченности летне-осенний период в среднем на 25-30% ниже весенне-летнего, что в определенной степени сказывается в последующем на посевах яровых однолетних культур.

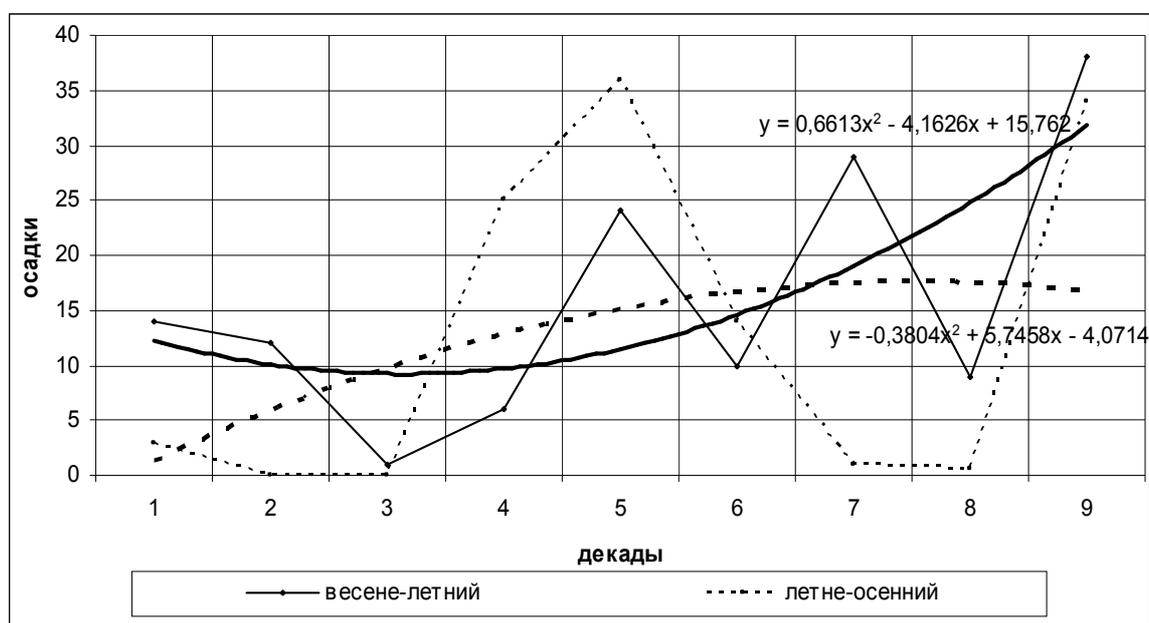


Рисунок 5.2 - Кривые среднедекадного количества осадков по периодам вегетации с соответствующими уравнениями трендов (2000-2009 гг.)

Из рисунка 5.2 по характеру трендов видно, что в весенне-летний период до середины третьей декады происходит незначительное уменьшение осадков, затем,

к концу этого срока (к третьей декаде июня) повышение в 2,5-3 раза. Ко времени окончания первого периода среднее декадное количество осадков достигает 33 – 34 мм, что находится на уровне среднедекадного расхода влаги из почвы вегетирующими травянистыми растениями.

В летне-осенний период до 6 декады количество осадков повышается, но не достигает уровня, отмеченного в первый период, а затем происходит стабилизация на уровне менее 20 мм в декаду. При этом средний декадный максимум за летне-осенний период составляет всего 17,5 мм или почти в 2 раза меньше уровня, отмеченного на этот период в первый срок вегетации.

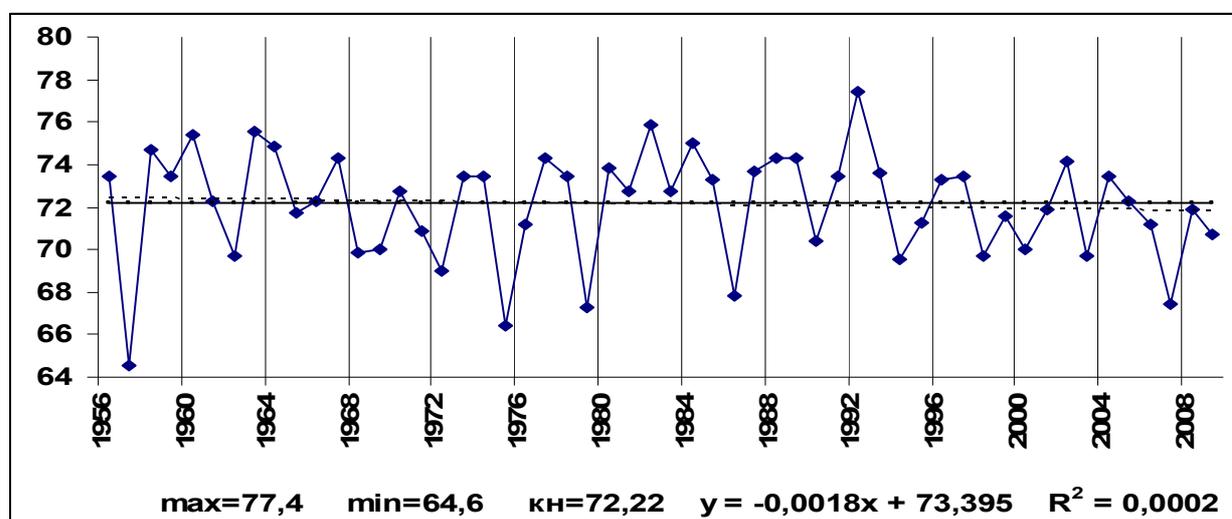


Рисунок 5.3. Средняя относительная влажность воздуха по срокам вегетационного периода по данным МС Прохладный

Режим выпадения осадков в рассматриваемых условиях характеризуется различной частотой в первой и второй половинах вегетации. Так, в весенне-летний период частота выпадения осадков более чем в два раза превышает летне-осенний период. При этом сумма выпадающих осадков в первый срок также превышает аналогичный показатель во второй срок. Из приведенного видно, что в первые 9 декад вегетационного периода отмечается два случая выпадения осадков суммой менее 10 мм за декаду, а во втором – пять случаев. В свою очередь, продолжительность бездождных периодов в весенне-летний срок вегетации составляли максимум 17 дней (с 14 мая по 2 июня 2007 года), а в летне-осенний – свыше 22 дней практически

ежегодно (обычно с 8-10 июля по 1-3 августа). Повторяемость бездождных периодов в первую половину вегетационного срока составила один раз, а во вторую 8 раз за последние 10 лет. С учетом повторяемости и глубины засушливых периодов в разные сроки вегетации, вероятность подверженности засухе посевов весенне-летнего срока выращивания в 2,2 – 3,7 раза ниже, чем летне-осеннего.

На качестве урожая в определенной степени сказывается режим относительной влажности воздуха. Так, в июне этот показатель на 3-7% ниже, чем в конце летне-осеннего периода – в сентябре.

6.2 Анализ влияния изменения климатических характеристик на культуры короткого срока вегетации на каштановых почвах (в аридных условиях) Центрального Предкавказья

При проведении полевых исследований были изучены характер и степень изменения продуктивности и качества выращенного урожая в зависимости от сроков вегетации однолетних двудольных яровых культур в степной зоне Кабардино-Балкарии. В производственном опыте возделывали яровой рапс, горчицу сарептскую, редьку масличную, лен кудряш (масличный), горох посевной и амарант метельчатый. Весенне-летние культуры высевали в третьей декаде марта -первой декаде апреля при достижении среднесуточной температуры +5°C (дневное прогревание почвы на глубине 5 см достигало 10-15°C), а летне-осенние через 7-10 дней после уборки озимого ячменя.

Оценку посевам проводили по их урожайности, в том числе семян и зеленой массы. В свою очередь, полученный урожай анализировали на содержание влаги – выход сухого вещества, сырого жира, протеина, золы. В зеленой массе, используемой на корм, определяли также содержание клетчатки и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ).

Анализ параметров урожая зеленой массы изучаемых яровых культур по срокам выращивания показывает, что ведущим фактором в их изменений является биологическая особенность формирования надземной массы. Так,

мелколистный лен кудряш и горох посевной по величине зеленой массы уступают подсолнечнику, амаранту и крестоцветным культурам соответственно в 4-5 и 2,2-2,8 раз в весенне-летних и в 7,2-2,5 раз в летне-осенних посевах (табл. 5.1).

Таблица 5.1 - Урожайность яровых однолетних двудольных культур в весенне-летний и летне-осенний периоды выращивания. Среднее за 2003 - 2009 гг.

| Культуры | Урожайность по срокам выращивания и видам урожая, т/га | | | |
|---------------------|--|---------------|---------------|-------------------|
| | Весенне-летний | | Летне-осенний | |
| | Семена | Зеленая масса | Семена | Зеленая масса**** |
| Горчица сарептская | 1,84 | 24,6* | 1,27 | 21,2 |
| Рапс яровой | 2,12 | 27,9* | 1,25 | 24,7 |
| Редька масличная | 1,26 | 25,1* | 1,04 | 23,5 |
| Лен кудряш | 1,18 | 6,1* | Не вызрели | 2,9 |
| Горох посевной | 2,33 | 11,8** | 0,72 | 10,4 |
| Амарант метельчатый | 1,76 | 29,6*** | Не вызрели | 22,8 |
| Подсолнечник | 1,65 | 30,7*** | Не вызрели | 25,2 |

По состоянию: * на третью декаду мая; ** - на вторую декаду мая; *** - на первую декаду июня; **** - на вторую декаду октября

В свою очередь, урожай семян в первый срок выращивания между льном и другими культурами отличался менее чем в 2 раза.

Из приведенных данных видно, что урожай зеленой массы в летне-осенних посевах у всех культур уступает урожаю в весенне-летних посевах в 1,2 – 2,2 раза. При этом, как в первые, так и во вторые сроки выращивания разница между культурами у крестоцветных растений, подсолнечника и амаранта выражена в меньшей степени, чем у мелколистного гороха и льна.

Сравнение динамики накопления надземной биомассы яровых культур в весенне-летний срок выращивания с аналогичными показателями за летне-осенний (см. рис. 5.4) показывает, что у горчицы и подсолнечника они выше, чем у других крестоцветных и амаранта. Такое явление свидетельствует о более высокой толерантности к условиям срока выращивания у рапса ярового, редьки масличной и амаранта по сравнению с другими культурами. Как следствие,

последние из названных культур более пригодны для возделывания в летне-осенний период, чем: лен и подсолнечник.

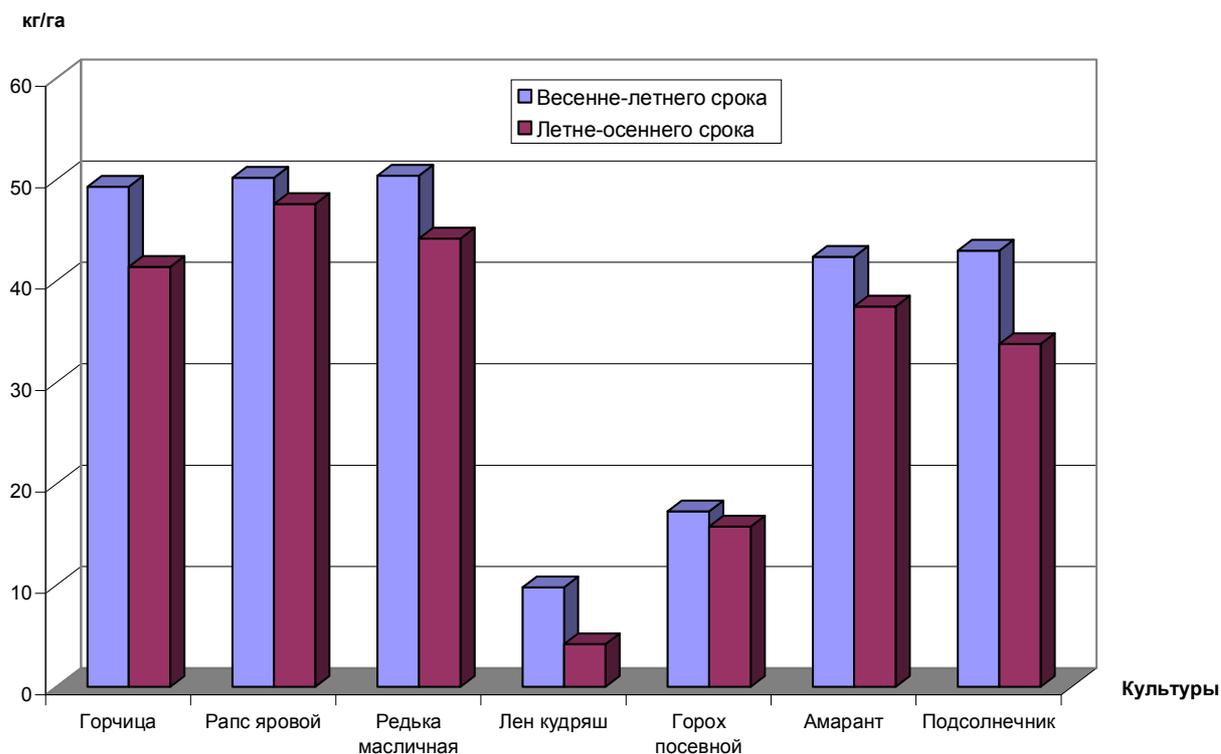


Рисунок 5.4 - Формирование зеленой массы яровых культур в зависимости от срока выращивания (средняя за декаду, кг/га)

Важной характеристикой культур короткого срока возделывания является характеристика качества их урожая, не зависимо от направленности его хозяйственного использования.

Так, при оценке качества зеленой массы, используемой для кормовых целей, одной из важнейших характеристик является выход сухого вещества, которое находится в обратной зависимости от влажности биомассы.

Общей закономерностью для всех культур является более высокая влажность семян и зеленой массы в летне-осенний период возделывания, по сравнению с весенне-летним. При этом в осенний срок сбора урожая зеленая масса отличается меньшим, чем в летний период содержанием клетчатки, жира и золы, но более высоким содержанием БЭВ и протеина (см. рис. 5.5).

В результате проведенных учетов, выявлено, что посеvy льна кудряша за летне-осенний срок выращивания практически не дают семян. Те семена, которые образовались и вызрели, не достигают хозяйственно ценных параметров: содержание в них масла составляет менее 12%, при вариации по годам наблюдений свыше 32%. В посевах весенне-летнего срока возделывания, лен кудряш ежегодно накапливает свыше 20% масла с коэффициентом вариации этого показателя за 7 лет - 6,2%. В свою очередь в посевах горчицы, даже в условиях самого холодного за последние 50 лет августа, у 96% особей сформировались полноценные семена. Но их влажность была в этот год в 3-3,6 раза более высокой, чем в весенне-летних посевах.

Результаты химического анализа изучаемых культур в зависимости от сроков их выращивания показали, что как в качестве зеленой массы, так и в семенах отмечаются существенные различия (табл. 5.2) вызванные биологическими особенностями культур и в зависимости от срока их возделывания.

Так, в весенне-летних посевах влажность зеленой массы, в среднем за 7 лет на 1,5-4,7% ниже, чем в летне-осенних. При этом минимальная разница во влажности зеленой массы отмечена у гороха, льна, амаранта метельчатого и подсолнечника, а максимальная – у всех крестоцветных растений.

В химическом составе зеленой массы летнего скашивания, как правило, отмечается более высокое содержание клетчатки и меньшее сырого протеина, чем осеннего.

Таблица 5.2. Состав зеленой массы яровых культур в зависимости от срока выращивания

| Культуры | Влажность, % | | Содержание протеина в сухом веществе, % | | Содержание клетчатки в сухом веществе, % | |
|------------------|--------------|--------|---|--------|--|--------|
| | летом | осенью | летом | осенью | летом | осенью |
| Горчица | 78,2 | 82,1 | 19,3 | 21,3 | 9,7 | 9,0 |
| Рапс яровой | 78,7 | 83,5 | 19,5 | 21,8 | 9,4 | 8,9 |
| Редька масличная | 79,1 | 83,3 | 19,1 | 20,9 | 9,8 | 9,1 |
| Горох | 76,2 | 77,9 | 21,1 | 22,0 | 8,1 | 7,9 |
| Амарант | 77,4 | 79,1 | 15,6 | 15,9 | 11,2 | 10,8 |
| Подсолнечник | 79,6 | 80,4 | 13,4 | 14,2 | 12,4 | 12,1 |

Максимальная разница в этих показателях по сезонам выращивания отмечается у всех крестоцветных растений и минимальная у амаранта и гороха.

У всех изучаемых культур в весенне-летний срок выращивания сформировался полноценный урожай семян, которые отвечают посевным и технологическим (для переработки) требованиям. При этом уровень семенной продуктивности в таких посевах отличается сравнительно большей вариацией по годам выращивания, чем урожай зеленой массы. В свою очередь, в летне-осенних посевах семена льна кудряша, амаранта и подсолнечника практически не вызревали, хотя морфологические свойства были типичными для этих культур. Во все годы выращивания в период второй половины лета ко времени достижения типичной для культур крупности и формы семян их влажность была выше 25-31%, что затрудняет механизированную уборку урожая.

Посевы льна кудряша, амаранта и подсолнечника за летне-осенний срок выращивания практически не дают семян. Так, у льна, семена, которые образовались и вызрели, не достигают хозяйственно ценных параметров: содержание в них масла составляет менее 12%, при вариации по годам наблюдений свыше 32%.

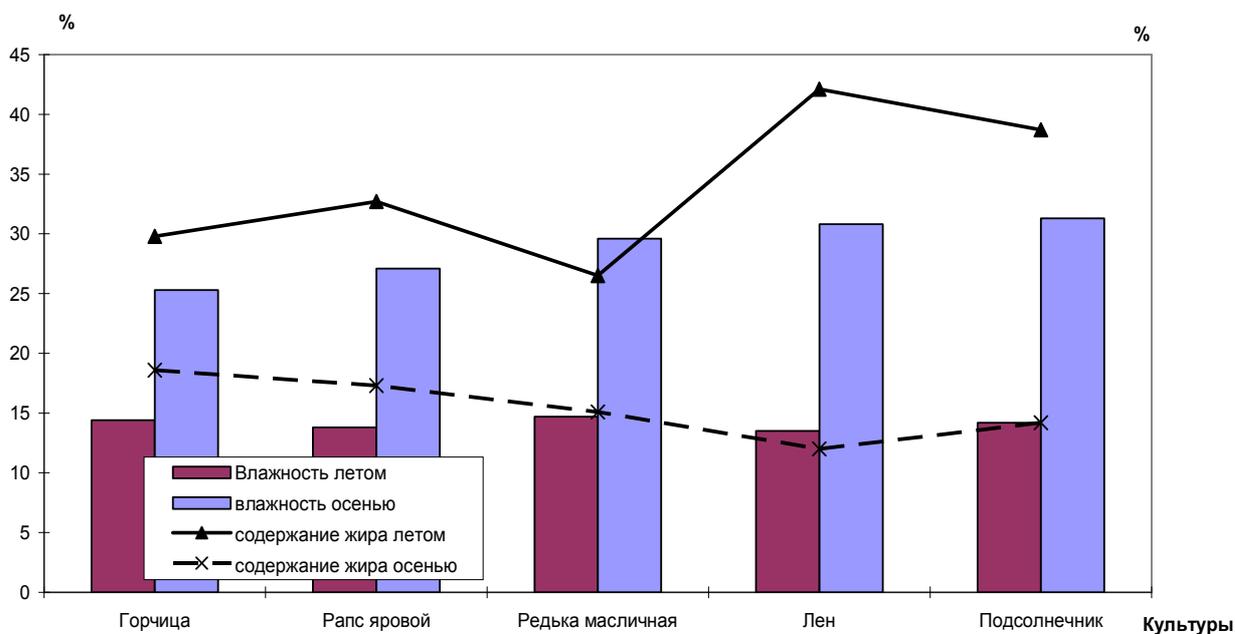


Рисунок 5.5 - Влажность семян и содержание в них жира в весенне-летнем и летне-осеннем сроках выращивания

В посевах весенне-летнего срока возделывания, лен кудряш ежегодно накапливает свыше 40% масла с коэффициентом вариации этого показателя за 7 лет – 6,2%. Масличность семян подсолнечника в летне-осенних посевах составила в среднем за 7 лет 14,2%, а в весенне-летних – 38,7 %.

В свою очередь в посевах горчицы, даже в условиях самого холодного за последние 50 лет августа 2009 года, у 96% особей сформировались полноценные семена. Но их влажность была в этот год в 3-3,6 раза более высокой, чем в весенне-летних посевах.

В степной зоне Кабардино-Балкарии возделывается свыше 42% зерновых и более 70% масличных культур. Каштановые почвы степной зоны широко распространены в северо-восточных равнинных районах, подверженных воздействию сухих восточных ветров. Средняя многолетняя годовая сумма осадков составляет здесь менее 400 мм, при относительной влажности воздуха, опускающейся ниже 35%, особенно в ранневесенний период. При неустойчивом и маломощном снежном покрове и низкой относительной влажности воздуха осенне-зимне-весенние осадки практически восполняют менее 25% потерь влаги за вторую половину лета - начало осени. Отмечалась даже потеря почвенной влаги, а не ее восполнение в холодное время. Так, за период с августа 2002 по март 2003 гг. влажность метрового слоя почвы была на уровне 13-15%, а в начале вегетации, в первой декаде апреля 2003 года - 12-14%, что близко к уровню мертвого запаса.

В связи со значительной экстремальностью условий земледелия и растениеводства в степной зоне актуальной становится проблема совершенствования структуры посевов с насыщением севооборотов культурами короткого срока вегетации, способных дать урожай в благоприятный период. В числе таких культур выделяются в первую очередь, крестоцветные масличные, а также лен кудряш, амарант метельчатый и багряный и другие.

Несмотря на складывающиеся экстремальные условия увлажнения в зоне каштановых почв, здесь, на богарных землях, доминируют посевы озимых культур, в расчете эффективного использования зимних осадков. В то же время

представляет значительный интерес возделывание яровых холодостойких культур в основных и промежуточных (пожнивных) посевах. Ввиду высокого спроса на семена таких культур из-за повышенного содержания масел, а также кормовую ценность зеленой массы, многие из них пользуются значительным спросом, что в условиях рыночных отношений позволяет держать растениеводство на рентабельном уровне.

Из числа испытывавшихся яровых культур короткого срока вегетации в летне-осенних посевах созревание семян и их полноценность с точки зрения посевных качеств отмечены у горчицы сарептской. Как правило, лишь один год из шести, всхожесть семян горчицы сарептской из посевов летне-осеннего срока вегетации была ниже 40%, при энергии прорастания свыше 50%. В остальные пять лет всхожесть семян горчицы в пожнивных посевах превышала 60%, а в 1998м и 2004м 85-91%.

У редьки масличной, льна кудряша (масличного), амаранта метельчатого и багряного полученные в пожнивных посевах семена отличаются низкой (менее 30%) всхожестью и малой (менее 20%) энергией прорастания. При этом формирование семян с такими качествами отмечалось в среднем один раз в 4 года.

Во все годы проведения исследований отмечено меньшее накопление жира в семенах крестоцветных культур и льна масличного в летне-осенних посевах по сравнению с весенне-летними. При этом наибольшая разница в содержании жиров в полученных семенах, в зависимости от сроков вегетации, отмечена у льна кудряша и составила 9-13%.

В зоне каштановых почв ведущими факторами, определяющими продуктивность яровых культур с коротким сроком вегетации в основных и промежуточных посевах, являются режим выпадения осадков и температура почвы. Анализ этих показателей за весенне-летний (с 22 марта по 22 июня) и летне-осенний (с 22 июня по 22 сентября) сроки вегетационного периода не равнозначны, как по количественным параметрам, так и по характеру изменений (см. рис. 5.6).

Для решения вопроса оптимизации структуры посевов на каштановых почвах, нами проведен анализ режима увлажнения за счет выпадающих осадков с одной стороны и длительностью срока вегетации, преимущественно яровых культур – с другой, за последние 25 лет. Такая работа позволила выявить уровень вероятности получения полноценного по качеству и массе урожая культур разного срока спелости.

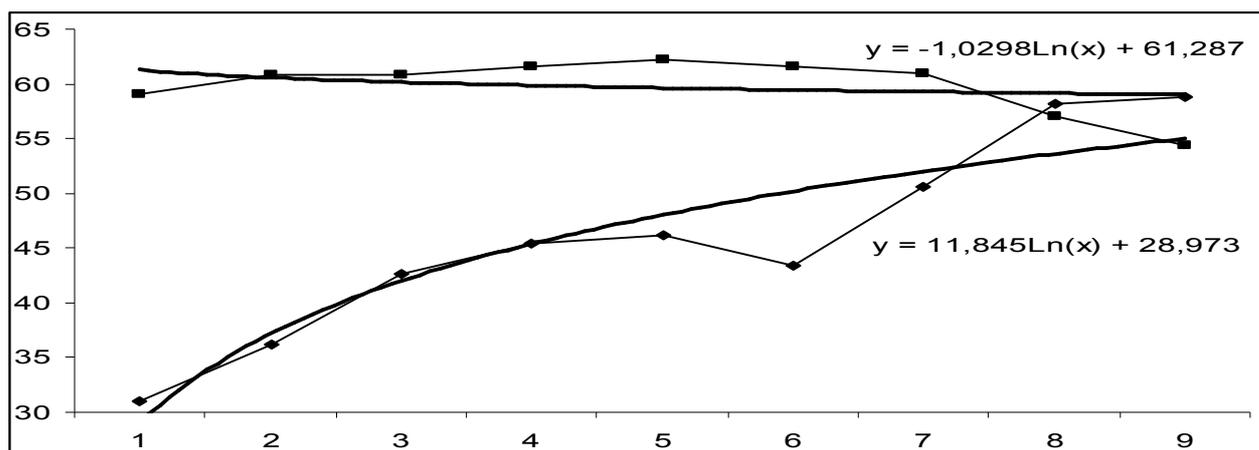


Рисунок 5.6 - Кривые среднедекадной максимальной температуры на поверхности почвы по периодам вегетации с соответствующими уравнениями трендов

Косвенным показателем глубины засухи в разные сроки вегетации могут служить максимальная температура поверхности почвы (см. рис. 5.6).

Так, в летне-осенний срок вегетации максимальное нагревание почвы на 18-25⁰С превышает аналогичные значения за весенне-летний срок. В свою очередь заметно, что в первый период вегетации отмечается положительное приращение температуры почвы, а во второй – отрицательное. При этом в весенне-летний срок в среднем за 25 лет в пятую-шестую декады, как правило, наступает похолодание до уровня, отмеченного в предыдущие две декады. Наоборот, в эти же декады летне-осеннего срока вегетации, отмечается повышение температуры почвы по отношению к двум предыдущим декадам.

Такое явление свидетельствует о наступлении критического периода во второй срок вегетации в течение 20 июля – 10 августа. Понижение же температуры почвы в первый срок вегетации в течение мая месяца оказывает положительное влияние на потенциальную продуктивность яровых культур, так как в этих условиях снижается транспирация и уменьшается расход почвенной влаги при ее достаточно высоком содержании после зимне-весеннего периода (табл. 5.3).

Таблица 5.3. Запасы влаги в метровом слое почвы и средняя высота ярового рапса, сорт Ярвэлон, в 4-5 декады весенне-летнего и летне-осеннего сроков вегетационного периода за 2000-2009 гг.

| Наименование показателей | Периоды | Показатели | |
|---|----------------|--------------|------|
| | | $X \pm s_x$ | V, % |
| Содержание влаги в метровом слое почвы, мм | Весенне-летний | 138 ± 13 | 9,5 |
| | Летне-осенний | 117 ± 34 | 29,1 |
| Границы достоверности: $t_{0,5} * s_d$, мм | | 19,6 | |
| Высота растений, см | Весенне-летний | 46 ± 9 | 19,6 |
| | Летне-осенний | 22 ± 10 | 45,5 |
| Границы достоверности: $t_{0,5} * s_d$, см | | 18,8 | |

Высказанный тезис подтверждается десятилетними данными по запасам влаги в почве на 4-5-ую декаду разных сроков вегетационного периода. В эти декады отмечается активный рост яровых однолетних культур, как в весенне-летних, так и летне-осенних посевах.

Из приведенного следует, что в первый период вегетации стабильность обеспеченности влагой метрового слоя почвы в три раза превосходит второй. Такая ситуация приводит к тому, что посеvy яровых культур короткого срока вегетации в летне-осенний период необходимо выращивать на фоне орошения.

Анализ достоверности различий, выявленных в процессе измерений, показывает, что на 95%ном уровне вероятности доверительный интервал фактической разницы между среднегодовыми значениями содержания влаги, а

также по высоте растений, превосходит теоретическое значение, найденное по t -критерию Стьюдента и ошибки разности между двумя рядами выборки.

В целом, культуры с коротким сроком вегетации можно и целесообразно выращивать на каштановых почвах в районах с экстремальными условиями увлажнения, на богаре – в весенне-летний срок и на орошении – в летне-осенний. При этом пожнивные посевы целесообразно ориентировать на получение зеленой массы для использования в качестве свежих сочных кормов и/или приготовления силоса, так как качество семян в летне-осенних посевах не достигает достаточно высокого качества.

Выводы к главе 6

– Оценка продуктивности яровых культур короткого срока вегетации, таких как озимый рапс, озимый ячмень и пшеница составляют 12,6; 14,3 и 15,1 %.

– Определены параметры изменений температурного режима и режима выпадения осадков в степной зоне по срокам от 22 марта до 22 июня и от 22 июня до 22 сентября.

– Температура воздуха в весенне-летний период увеличивается от 7,4⁰С до 22⁰С, а в летне-осенний период происходит снижение от 22,7⁰С до 17,9⁰С.

– Изменения выпадающих осадков в оба периода отмечаются максимальные значения, которые в весенне-летнее время на 22-37% более значительные, чем в летне-осеннее.

– Возможность определения благоприятного периода для выращивания сельскохозяйственных культур короткого срока вегетации.

– В летне-осенний срок вегетации максимальное нагревание почвы на 18-25⁰С превышает аналогичные значения за весенне-летний срок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен комплекс методов анализа динамики временных рядов метеорологических параметров, включающий: статистический, нормированного размаха (R/S-анализ), отклонения от климатической нормы, скользящих средних с периодом $N=10$, спектрально-сингулярного разложения.

2. Впервые для регионов Центральной части Северного Кавказа (Кабардино-Балкарская республика, Ставропольский и Краснодарский края) разработанными методами проведен комплексный анализ динамики метеорологических параметров. По результатам исследований средняя температура воздуха в зимний период в Центральной части Северного Кавказа принимает отрицательное значение, при этом в среднем наблюдается ее повышение на $1,36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Повышение средней температуры воздуха снижается в весеннее время. Наибольшее увеличение средней температуры наблюдается в летний и осенний периоды (для всех климатических зон) и составляет $1,4-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Самая низкая среднегодовая температура воздуха отмечается в городах Минеральные Воды и Кисловодск ($8-9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

3. Методом спектрально-сингулярного разложения построены аппроксимации для временных рядов метеорологических параметров

4. Получены оценки разности исходных и аппроксимированных рядов метеорологических параметров.

5. Осуществлен прогноз динамики изменения метеорологических параметров в различных климатических зонах Центральной части Северного Кавказа до 2025 года. В ближайшие 10 лет в летние и осенние периоды ожидается повышение средней температуры воздуха (на $0,7-1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) на всей исследуемой территории Центральной части Северного Кавказа.

6. Построены корреляционно-регрессионные зависимости урожайности основных сельскохозяйственных культур от метеорологических факторов (количество осадков, средняя температура воздуха, средняя температура почвы, средняя относительная влажность воздуха и максимальная скорость ветра). Зависимости использованы для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур при адаптации

аграрного сектора к изменениям климата. Получено, что повышение летней средней температуры воздуха может привести к засухе в степной зоне, которая повлечет за собой снижение урожайности сельскохозяйственных культур на 22-25 %.

7. Методом нечеткой логики построена модель зависимости интервалов низкой, средней и высокой урожайности от агрометеорологических параметров. При задании значений метеорологических факторов в будущем можно прогнозировать возможные значения урожайности.

8. По результатам исследований разработаны предложения для аграрного сектора экономики КБР. Для степной зоны территории КБР в наибольшей степени соответствуют посевы озимых и яровых культур короткого срока вегетации, продуктивность которых в богарных условиях в сравнении с поздними культурами в отдельные годы возрастает на 12-19%.

9. Материалами исследований обусловлены мероприятия по усовершенствованию структуры посевов с насыщением севооборотов культурами с коротким сроком вегетации, преимущественно масличными.

10. Впервые для региона КБР предложены комплексные методы анализа динамики изменения основных климатообразующих метеопараметров: статистический, нормированного размаха (R/S -анализ), отклонение от климатической нормы, скользящих средних с периодом $N=10$ лет.

11. Результаты анализа климатообразующих метеопараметров в предгорной и степной районах КБР по сезонам и за год, с применением предложенных методов, таковы:

– в зимний период максимальная скорость ветра увеличивается, а все остальные метеопараметры уменьшаются;

– весенние значения суммарного количества осадков, максимальной температуры воздуха, минимальной температуры на поверхности почвы и средней относительной влажности воздуха уменьшаются во времени упреждения, а остальные метеопараметры наоборот увеличиваются;

– в летний и осенний периоды и за год все метеопараметры, за исключением суточного максимума осадков и средней относительной влажности воздуха, увеличиваются во времени;

– исследования фрактальных свойств временных рядов метеопараметров, используемых для анализа и прогноза изменений режима температуры и режима осадков, показало, что они обладают высокой трендоустойчивостью.

12. Предложен метод прогнозирования динамики метеорологических параметров приземного слоя атмосферы: метод «Гусеница»-SSA.

13. Результаты прогнозирования суммарного количества осадков и средней температуры воздуха таковы:

– количество зимних и весенних осадков по данным МС Прохладном и в будущем будут увеличиваться, а в предгорной зоне они будут уменьшаться. Увеличение осадков в эти сезоны в основном будет обусловлено увеличением суточного максимума осадков, а не количеством дней с осадками;

– по результатам расчетов, динамика суммарного количества летних осадков по сравнению с динамикой количества осадков в других сезонах будет менее подвержена климатическим изменениям. Таким же образом в динамике суточного максимума летних осадков и в будущем не будут происходить значительных изменений;

– количество осенних осадков примерно до 2010 года останется в среднем на уровне последних лет, затем будет иметь место некоторое его уменьшение;

– в целом по данным метеостанции г. Прохладного суммарное за год количество осадков будет увеличиваться, что окажет благоприятное влияние на производство сельскохозяйственной продукции;

– в результате прогноза с использованием данных метеостанции в г. Нальчик динамики метеопараметров, характеризующих режим осадков, получено, что суммарное за год количество осадков будет уменьшаться. Такое его изменение связано с уменьшением количества осадков в зимние и весенние сезоны. При этом

будет иметь место некоторое увеличение количества летних осадков, а количество осенних осадков будет меняться не очень существенно;

– по результатам прогноза средняя температура воздуха в степной и предгорной зонах КБР будет меняться в предстоящие годы сложным образом. Средние температуры воздуха в зимние и весенние сезоны повысятся, причем, в зимние сезоны примерно до 2010 г. ее значения будут находиться в области положительных значений. Что касается изменений средней летней температуры воздуха, то они, по результатам прогнозирования, будут незначительными. Средняя температура воздуха в осенние сезоны, видимо, будет в будущем, хотя и не очень существенно, но понижаться.

14. В целом изменения природно-климатических характеристик в северной части степной зоны и южной части предгорной зоны республики будет оказывать благоприятное влияние на производство сельскохозяйственной продукции, а в южной части степной зоны и северной части предгорной зоны наоборот она будет неблагоприятным.

15. Усовершенствован метод корреляционно-регрессионного анализа и определены степени влияния метеорологических условий на урожайность сельскохозяйственных культур.

16. По результатам исследований можно сделать рекомендации, что метеорежиму степной зоны территории КБР в наибольшей степени соответствуют посевы озимых и яровых культур короткого срока вегетации, продуктивность которых в богарных условиях в сравнении с поздними культурами в отдельные годы возрастает на 12-19%%, что в расчете на 30 дней вегетации выражается в 2-3х кратном отношении.

17. В связи с актуальностью совершенствования структуры посевов с насыщенным севооборотам проведены исследования по культурам с коротким сроком вегетации, способных дать урожай в благоприятный период, который определяется вышеприведенными методами.

18. Предложены авторегрессионные модели для описания процессор растительного и животного мира с учетом изменения природных факторов.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Аджиева, А.А. Об одном подходе к анализу и прогнозу временных рядов /А.А. Аджиева, Ф.М. Кокова, А.В. Шаповалов //Межд.кон. «Системные проблемы надежности моделирования и информационных технологий. – Москва-Сочи, 1998. – С. 154.
2. Аджиева, А.А. Анализ и прогноз метеопараметров в мезорайоне приенительно к планированию сельскохозяйственного производства: Дисс. канд.физ.мат.наук 25.00.30. Нальчик, 2000. – 268 с.
3. Албегов, Р.Б. Эколого-экономическая оценка природных ресурсов и их использование /Р.Б. Албегов, Б.Б. Басаев, Г.Ф. Джигоева, И.Б. Басаев – Владикавказ, изд. Горский госагроуниверситет, 2000. 165 с.
4. Албегов, Р.Б. Изменение климата Северного Кавказа. Возможные угрозы и ответные меры /Р.Б. Албегов, С.С. Гагиева //Вестник МАНЭБ, 2010, т. 15, № 4, С. 162-167.
5. Александров, В.А. Влияние изменений климата на экосистемы Балканского полуострова и Средней Европы. //Метеорология и гидрология, 2006, № 9, с.88—98.
6. Алексеева, М.М. Влияние некоторых агрометеорологических факторов на формирование урожайности кукурузы в Краснодарском крае. – Сб. работ Ростовской ГМО, 1977, вып. 15. С. 3-7.
7. Альберг, Дж. Теория сплайнов и ее приложения /Дж. Альберг, Э. Нильсон, Дж. Уолт – М.: Мир, 1972.-316с.
8. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов. – М.: Мир, 1976, 755с.
9. Андреев, С.Д. Временная и пространственная изменчивость полей оптических и аэрозольных характеристик в атмосфере. Ч. I. Аэрозольные характеристики /С.Д. Андреев, Л.С. Ивлев // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10, № 12, С.1440-1449.

10. Андреев, С.Д. Временная и пространственная изменчивость полей оптических и аэрозольных характеристик в атмосфере. Ч. II. Аэрозольные характеристики /С.Д. Андреев, Л.С. Ивлев // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10, № 12, С.1450-1455.

11. Андронов, А.А. Теория колебаний /А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин – М.: Физматгиз, 1969, 915с.

12. Анисимов, О.А. Информационная система для оценки последствий изменения климата в области криолитозоны. /О.А. Анисимов, В. Поляков /Криосфера земли. 1998, №3, С. 91-95.

13. Анисимов, О.А. Анализ изменений температуры воздуха на территории России и эмпирический прогноз на первую четверть XXI века /О.А. Анисимов, В.А. Лобанов //Метеорология и гидрология, 2007, № 10, с. 20-30.

14. Афанасьев, В.Н. Анализ временных рядов и прогнозирование /В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев – М.: Финансы и статистика, 2001, 228с

15. Ашабоков, Б.А. Разложение и прогноз временных рядов метеопараметров в степной зоне КБР. /Б.А. Ашабоков, Л.М. Федченко, Л.Ж. Шугунов //Изв. вузов. Сев.-Кав. регион. Естест. науки. Спецвыпуск.-2007.-С.59-62.

16. Ашабоков, Б.А. Прогнозирование значений природно-климатических характеристик /Б.А. Ашабоков, Л.Т. Созаева //Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике. 1-7 октября 2003. Обзорение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 3, С.596.

17. Ашабоков, Б.А. Модель оптимизации использования финансовых ресурсов /Б.А. Ашабоков, Н.И. Литовка, А.Х. Хавцуков // Материалы юбилейной конференций посвященной 20-летию КБГСХА. - Нальчик 2001, С.79-81.

18. Ашабоков, Б.А. Климатические изменения режима осадков в КБР /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Э.К. Байдаев //Журнал прикладной и промышленной математики. – М. 2005.

19. Ашабоков, Б.А. О проблеме адаптации сельского хозяйства к изменениям климата / Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Э.К. Байдаев //Журнал прикладной и промышленной математики. – М. 2005.

20. Ашабоков, Б.А. Некоторые результаты анализа и прогноза температурного режима в степной зоне КБР /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Х.М. Калов, Л.М. Федченко //Тезисы Всероссийской конференции. ГУ ВГИ. Нальчик. 2005.

21. Ашабоков, Б.А. Анализ и прогноз изменения климата в Кабардино-Балкарской республике /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Л.М. Федченко, Х.М. Калов, Е.М. Богаченко – Монография. Нальчик: КБГСХА, 2005. – 150с.

22. Ашабоков, Б.А. О некоторых результатах прогнозирования изменений природно-климатических характеристик территории КБР /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков** //Материалы Международной научной конференции «Моделирование устойчивого регионального развития». Нальчик. 2005.

23. Ашабоков, Б.А. Изменение режима осадков в степной зоне КБР /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков** //Труды 6-й Международной конференции. Самара, 12-15 сентября 2005.

24. Ашабоков, Б.А. О проблеме прогнозирования и планирования урожайности с/х культур с учетом изменений агрометеорологических факторов /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков** //Материалы научной конференции «Проблемы повышения качества и стабилизации продуктивности в естественных и антропогенных экосистемах. КБГСХА. Нальчик, 2006.

25. Ашабоков, Б.А. Анализ и прогноз динамики природно-климатических характеристик центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Х.М. Калов //Международная конференция «Погода и биосистемы». М.: РГГУ, 2006.

26. Ашабоков, Б.А. О проблеме адаптации сельского хозяйства к изменениям климата в Центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Х.М. Калов //Международная конференция «Погода и биосистемы». М.: РГГУ, 2006.

27. Ашабоков, Б.А. Прогнозирование и планирование урожайности с/х культур с учетом изменений агрометеорологических факторов /Б.А. Ашабоков, **Р.М.**

Бисчоков, Р.Х. Налоева //Материалы Второй Всероссийской конференции «Проблемы информатизации регионального управления». Нальчик, 2006.

28. Ашабоков, Б.А. Анализ изменения климата на территории Кабардино-Балкарской республики /Б.А. Ашабоков Б.А., **Р.М. Бисчоков**, Е.М. Богаченко //Материалы Международной конференции «Проблемы гидрометеорологии горных территории Северного Кавказа и пути их решения». Гужерип, 19-20 сентября 2006, с. 11-12.

29. Ашабоков, Б.А. Некоторые результаты прогнозирования урожайности с/х культур с учетом изменений агрометеорологических факторов /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Б.Р. Бисчоков //Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 1, 2007.

30. Ашабоков, Б.А. Об одном подходе к прогнозированию урожайности с/х культур с учетом динамики агрометеорологических факторов /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков** //Земледелие. № 2, 2007.

31. Ашабоков, Б.А. Климатические изменения режима атмосферных осадков на Северном Кавказе /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Д.В. Деркач //Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 4, 2007.

32. Ашабоков, Б.А. О климатических изменениях температурного режима воздуха на Северном Кавказе /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Д.В. Деркач //Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 4, 2007.

33. Ашабоков, Б.А. Результаты анализа изменений температурного режима воздуха и почвы в степной и предгорной зонах КБР /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Б.Р. Бисчоков, А.А. Машуков //Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 1, 2008.

34. Ашабоков, Б.А. Исследование изменения режима атмосферных осадков в центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Д.В. Деркач //Метеорология и гидрология. № 2, 2008.

35. Ашабоков, Б.А. Об одном подходе к прогнозированию урожайности с/х культур с учетом изменений агрометеорологических факторов /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков** //Аграрная наука. 2008.

36. Ашабоков, Б.А. Об одном подходе и некоторых результатах прогнозирования изменений температурного режима воздуха в приземном слое атмосферы в степной и предгорной зонах центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова //Доклады АМАН, № 1, 2008.

37. Ашабоков, Б.А. Анализ и прогноз климатических изменений режима осадков и температуры воздуха в различных климатических зонах Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Б.Х. Жеруков, Х.М. Калов. – Нальчик: Росгидрометиздат, монография, 2008. – 182с.

38. Ашабоков, Б.А. О некоторых результатах прогнозирования изменения температурного режима воздуха в приземном слое атмосферы в степной и предгорной зонах центральной части Северного Кавказа /Б.А. Ашабоков, **Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова //Пилитематический сетевой электронный научный журнал Кабардино-Балкарского аграрного университета. Декабрь, 2008.

39. Ацци, Дж. Сельскохозяйственная экология. – М.: Сельхозгиз, 1959, 479с.

40. Базыкин, А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. – М., 1985.

41. Бегалишвили, Н.А. Проблемы изменения климата в горных странах (на примере Грузии) /Н.А. Бегалишвили, Н.И. Берадзе, Б.Ш. Бериташвили, Г.И. Кордзахия, Г.Л. Лазриев, Т.И. Турманидзе //Метеорология и гидрология, 2006, № 3, с. 46-54.

42. Бейли, Н. Математика в биологии и медицине. – М., 1970.

43. Беллман, Р. Математические методы в медицине. – М.: Мир, 1987.

44. Берг, Л.С. Климат и жизнь. – М.: Госиздат, 1922.

45. Бербекова, И.М. Математико-статистический анализ динамики режима атмосферных осадков в предгорной зоне КБР /И.М. Бербекова, А.Х. Хавцуков //Труды конференции молодых ученых ВГИ, посвященной 90-летию со дня рождения проф. Сулаквелидзе Г.К. Нальчик, 2003, С.8-9.

46. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества. /М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. - Т. 1. М.: Мир, 1989.

47. Бисчоков, Р.М. Об одной внутренне-краевой задаче с нелокальными смещениями для системы уравнений половозрастной структуры популяции. /Тезисы докладов научной конференции «Краевые задачи и их спектральные вопросы для дифференциальных уравнений», Алма-Ата, 1991.

48. Бисчоков, Р.М. Об одной внутренне-краевой задаче с нелокальными смещениями для системы уравнений половозрастной структуры популяции. //Дифференциальные уравнения. - 1994, т. 30, № 3.

49. Бисчоков, Р.М. Внутренне-краевая задача с нелокальным смещением для системы уравнений параболического типа. // Доклады АМАН. - 1994, т. 1, №3.

50. Бисчоков, Р.М. Внутренне-краевая задача с нелокальным смещением для системы уравнений параболического типа. /Тезисы докладов научной конференции. Нальчик. КБГУ, 1994.

51. Бисчоков, Р.М. Внутренне-краевая задача с нелокальным смещением для системы уравнений половозрастной структуры популяции. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. - Киев: Институт математики, 1996.

52. Бисчоков, Р.М. Внутренне-краевая задача с нелокальным смещением для системы уравнений половозрастной структуры популяции. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. - Киев: Институт математики, 1996.

53. Бисчоков Р.М. Регулирование межхозяйственных связей в зерновом подкомплексе АПК: общая постановка проблемы. /Р.М. Бисчоков, В.О. Канчукоев, Б.М. Бисчоков /Сборник научных трудов «Аграрные реформы: этап третий (опыт, проблемы, перспективы)». Выпуск 2-01, Нальчик, 2001.

54. Бисчоков Р.М. Регулирование межхозяйственных связей в зерновом подкомплексе АПК: постановка и решение транспортной экономико-математической задачи и задачи управление запасами. /Р.М. Бисчоков, В.О. Канчукоев, Б.М. Бисчоков /Сборник научных трудов «Аграрные реформы: этап третий (опыт, проблемы, перспективы)». Выпуск 2-01, Нальчик, 2001.

55. Бисчоков Р.М. Эконометрика агропромышленного производства: постановка и решение задачи о наилучшем использовании ресурсов предприятия. /**Р.М. Бисчоков**, В.О. Канчукоев, Б.М. Бисчоков /Сборник научных трудов «Аграрные реформы: этап третий (опыт, проблемы, перспективы)». Выпуск 3-02, Нальчик, 2002.

56. Бисчоков Р.М. Эконометрика агропромышленного производства: постановка и решение задачи управления запасами предприятия. /**Р.М. Бисчоков**, В.О. Канчукоев, Б.М. Бисчоков /Сборник научных трудов «Аграрные реформы: этап третий (опыт, проблемы, перспективы)». Выпуск 3-02, Нальчик, 2002.

57. Бисчоков Р.М. Эконометрика агропромышленного производства: постановка и решение задачи управления транспортной задачи предприятия. /**Р.М. Бисчоков**, В.О. Канчукоев, Б.М. Бисчоков /Сборник научных трудов «Аграрные реформы: этап третий (опыт, проблемы, перспективы)». Выпуск 3-02, Нальчик, 2002.

58. Бисчоков Р.М. О некоторых результатах исследования изменения режима осадков в степной зоне КБР. /**Р.М. Бисчоков**, А.Х. Хавцуков, Х.М. Калов, Л.М. Федченко //Тезисы Всероссийской конференции. ГУ ВГИ. Нальчик. 2005.

59. Бисчоков Р.М. Организация производства сельскохозяйственных культур с учетом влияния агрометеорологических факторов. /**Р.М. Бисчоков**, А.А Машуков, Р.Х. Налоева //Пилитематический сетевой электронный научный журнал Кабардино-Балкарского аграрного университета. № 24 (08), декабрь, 2006.

60. Бисчоков Р.М. Анализ и прогноз динамики режима осадков в предгорной зоне КБР. Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий». Владикавказ, 28-30 мая 2007.

61. Бисчоков Р.М. О проблеме адаптации социально-экономического развития к изменениям климата в предгорной зоне КБР. Материалы VI Международной конференции «Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий». Владикавказ, 28-30 мая 2007.

62. Бисчоков Р.М. Об одном методе прогнозирования динамики природно-климатических характеристик. //Вестник Армавирского государственного педагогического института. 2007, с. 91-100.

63. Бисчоков Р.М. Яровые однолетние двудольные культуры в весенне-летних и летне-осенних сроках выращивания. /**Р.М. Бисчоков**, С.А. Говоров, М.Н. Фисун //Земледелия, № 8, 2010.

64. Бисчоков Р.М. Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур с учетом динамики природных факторов в степной климатической зоне КБР. /**Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова / Материалы XV Международной научно-технической конференции «Иноватика – 2010». Сочи, 2-12 октября 2010.

65. Бисчоков Р.М. Метод прогнозирования природно-климатических характеристик. /**Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова, Н.И. Литовка, А.Х. Хавцуков //Вестник РАЕН, №10, 2010.

66. Бисчоков Р.М. Анализ климатических изменений режима ветра в центральной части Северного Кавказа. /**Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова, Н.И. Литовка, А.Х. Хавцуков //Аграрная Россия, № 10, 2010.

67. Бисчоков Р.М. Культуры короткого срока вегетации на каштановых почвах центрального Предкавказья. /**Р.М. Бисчоков**, С.А. Говоров, М.Н. Фисун //Труды Кубанского государственного аграрного университета. № 3(30), 2011.

68. Бисчоков Р.М. Культуры короткого срока вегетации в аридных условиях. /**Р.М. Бисчоков**, М.Г. Бицуева, Е.М. Егорова, М.Н. Фисун //Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2011, с. 194-197.

69. Бисчоков Р.М. Тенденции в изменении климата, влияющие на сельское хозяйство. // Вестник Армавирской государственной педагогической академии. Армавир, № 5, 2011.

70. Бисчоков Р.М. Методологическая основа анализа и прогнозирования изменения климата. /**Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова //Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы теории и практики инновационного развития АПК» посвященной 30-летию КБГСХА им В.М.Кокова, 12-14 октября 2011, Нальчик.

71. Бисчоков Р.М. Локальные задачи селекции винограда и их экспериментально-теоретическое обоснование. /**Р.М. Бисчоков**, М.Н. Фисун,

Р.М. Кардов //Материалы Международного симпозиума по интерактивной ампелографии и селекции винограда, 20-21 сентября 2011, С. 257-260.

72. Бисчоков Р.М. Тенденции в изменении климата, влияющие на сельское хозяйство степной зоны Кабардино-Балкарской республики. /**Р.М. Бисчоков**, С.М. Базиева //Вестник КрасГАУ, 2012

73. Бисчоков Р.М. Методы проведения анализа и прогнозирования изменения динамики агроклиматических ресурсов Северного Кавказа. – Нальчик: КБГСХА, монография, 2012. – 190 с.

74. Бисчоков Р.М. Методологические основы прогнозирования изменения природно-климатических характеристик. /**Р.М. Бисчоков**, Л.Б. Бисчокова //Материалы научной конференции. КБГСХА. Нальчик, 2012.

75. Бисчоков Р.М. Агрометеорологическое обоснование возделывания сельхозкультур в природных зонах Центрального Предкавказья. /Р.М. Бисчоков, М.Н. Фисун //Материалы научной конференции. КБГСХА. Нальчик, 2012.

76. Бисчоков Р.М. Влияния изменения климата на популяцию растительного и животного мира. /**Р.М. Бисчоков**, С.М. Базиева // Материалы научной конференции. КБГСХА. Нальчик, 2012.

77. Бисчоков Р.М. Оптимизация набора полевых культур для возделывания в экстремальных условиях тепло- и влагообеспеченности. /**Р.М. Бисчоков**, М.Н. Фисун //Бюллетень СНИИСХ – Ставрополь: АГРУС, 2012, № 4, с. 78-83.

78. Битов В.М. Агроклиматические ресурсы Северного Кавказа. – Л.: Гидрометеиздат, 1966, 230с.

79. Белевич Р.Р. Вековой режим атмосферных осадков в Одессе. /Р.Р. Белевич, А.В. Сриберко //Метеорология и гидрология, 2005, № 11, с.39—43.

80. Блохина И.Н. Исследование динамики микробных популяций. /И.Н. Блохина, Г.А. Угодчиков – Горький, 1980.

81. Бокс Дж. Анализ временных рядов: прогноз и управление /Дж. Бокс, Г. Дженкинс - (вып. 1,2)М.: Мир, 1974.

82. Болин Б. Климат и наука, знание и понимание, необходимые для действия в условиях неопределенности. /Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С. 9-13.

83. Борисенков Е.П. Естественные и антропогенные факторы изменения климата. – В сб.: Теоретические методы управления ресурсами вод и суши. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 28-51.

84. Борисенков Е.П. Связь температуры и осадков с урожайностью. /Е.П. Борисенков и др. – Труды ГГО, 1984, 471. С. 46-50.

85. Борисенков Е.П. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. /Е.П. Борисенков, В.М. Пасецкий – М.: Мысль, 1988, 524с.

86. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971, 472 с.

87. Будыко М.И. Современное изменение климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1977, 47с.

88. Будыко М.И. Современное состояние исследований климата. //Метеорология и гидрология, 1981, № 6, С. 49-62.

89. Будыко М.И. Антропогенные изменения глобального климата. /М.И. Будыко, Э.К. Бютнер, К.Я. Винников, Г.С. Голицын, О.А. Дроздов, И.Л. Кароль //Метеорология и гидрология, 1981, № 8, С. 5-14.

90. Буланже Е.Н. Нестационарная модель динамики возрастной лимитированной популяции. – Кибернетика и вычислительная техника, 1987, №3, с. 48-56.

91. Бускунова Г.Г. Результаты исследования влияния погодноклиматических условий на внутривидовые особенности *Achillea nobilis* L. в степном Зауралье. /Г.Г. Бускунова, А.А. Аминева //Аграрная Россия, 2009, 2.

92. Бютнер Э.К. Моделирование углеродного цикла с использованием метода дробных производных. /Э.К. Бютнер, О.К. Захарова // Метеорология и гидрология. –1983, №4, С. 14-20.

93. Вагер Б.Г. Применение сплайн-функций в метеорологии и гидрологии /Обзорная информация, ВНИИГМИ МЦД, вып.1, 1981.– 35с.

94. Василенко В.А. Теория сплайн-функций.–Новосибирск:НГУ,1978,- 65с.

95. Вахтин Ю.Б. Генетическая теория клеточных популяций. – Л., 1980.
96. Вентцель Е.С. Теории вероятности. – М.: Физматгиз, 1958, - 464с.
97. Вильфанд Р.М. Статистический прогноз хода температуры воздуха внутри месяца с использованием выходных данных гидродинамических моделей. /Р.М. Вильфанд, В.А. Тищенко, В.М. Хан //Метеорология и гидрология, 2007, № 3, с. 5-13.
98. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. - М.:Наука, 1976, 286 с.
99. Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегродифференциальных уравнений. - М.: Наука, 1982.
100. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М.:Наука, 1967, 436 с.
101. Гельферман Ю.М. Лекции по высшей математики для биологов. Новосибирск, 1974.
102. Гиляров А.М. Популяционная экология. М., 1990.
103. Гиммельфарб А.А. Динамическая теория биологических популяций (под ред. Полуэктова Р.А.). /А.А. Гиммельфарб и др. -М.: Наука, 1974.
104. Гроссман С. Математика для биологов. /С. Гроссман, Дж. Тернер - М.:Высшая школа, 1983.
105. Власова Л.С. Прикладной потенциал прогнозов урожая. Воронеж: ВГДУ.– 2000. – 137.
106. Генкель П.А. Холодостойкость растений и термические способы ее повышения. /П.А. Генкель, С.В. Кушниренко – М.: Наука, 1966, 222с.
107. Гмурман В.С. Теория вероятности и математическая статистика. – М.: Изд-во «Высшая математика», 1972, 368с.
108. Голяндина Н.Е. Метод «Гусеница» - SSA: Анализ временных рядов. Учебное пособие. Сп-б., 2004.
109. Гренджер К. Спектральный анализ временных рядов в экономике. /К. Гренджер, М.М. Хатанака - М.: Статистика. 1972.

110. Груза Г.В. Климатическая изменчивость месячных сумм осадков северного полушария. /Г.В. Груза, Е.Г. Апасова // Метеорология и гидрология. – 1981, №5, С.5-16.

111. Груза Г.В. Многолетние колебания температуры свободной атмосферы в южной полушарной области. /Г.В. Груза, В.В. Майстрова, И.И. Большакова, О.Л. Жукова //Метеорология и гидрология, 2005, № 4, с.5—17.

112. Груза Г.В. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России. /Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Л.Н. Аристова, Л. К. Клещенко //Метеорология и гидрология, 2007, № 10, с. 5-23

113. Губанов В.А. Выделение сезонных колебаний на основе вариационных принципов. /В.А. Губанов, А.К. Ковальджи //Экономика и математические методы, 2001, т.37, №1.С.91-102.

114. Гущина Д.Ю. Циркуляция скорости ветра в центрах действия атмосферы как показатель количества осадков и температуры в их пределах. Часть II. Анализ взаимосвязей на синоптических масштабах. /Д.Ю. Гущина, М.А. Петросянц //Метеорология и гидрология, 2006, № 6, с. 5-16.

115. Дзюба А.В. Механизм формирования многолетних направленных изменений климата в прошедшем и текущем столетиях. /А.В. Дзюба, Г.Н. Панин //Метеорология и гидрология, 2007, № 5, с. 5-17.

116. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования: учеб. пособие для вузов. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.

117. Жеруков Б.Х. Введение в социальную экологию. /Б.Х. Жеруков, И.В. Кобозев, Э.-П. Э. Темирсултанов – Нальчик: «КБГСХА». 2001. – 282 с.

118. Жуков В.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. /В.А. Жуков, А.Н. Полевой, А.Н. Витченко, С.А. Даниелов – Л.: Гидрометеиздат, 1989, 207с.

119. Жуков В.А. Стохастическое моделирование и прогноз агроклиматических ресурсов при адаптации сельского хозяйства к региональным

изменениям климата на территории России. /В.А. Жуков, О.А. Святнина – // Метеорология и гидрология, 2000, №1, С. 100-109

120. Жуков В.А. К вопросу адаптации сельского хозяйства центра Европейской России к возможным изменениям климата. /В.А. Жуков, О.А. Святнина //Метеорология и гидрология. 2002. №4. С.85-92.

121. Заварзин Г.А. Биосфера и климат глазами биологов. /Г.А. Заварзин, У. Кларк //Природа, 1987. № 6. С. 65-77.

122. Загайтов И.Б., Расскин В.Г., Яновский Л.П. О прогнозировании тенденций в изменении урожайности зерновых культур. /И.Б. Загайтов, В.Г. Расскин, Л.П. Яновский //Научн. тр. / Воронежский с/х институт. – Воронеж – 1979. – Т.107. – С. 107 – 114.

123. Загайтов И.Б. Способ минимальных отклонений и прогнозирование //Тезисы докладов III Всероссийской Конференции «Применение математической статистики в экономики сельского хозяйства». – Рига 1972. – С. 40-43.

124. Замятин С.А. Тенденция в изменении климата, влияющие на земледелие. /С.А. Замятин, В.М. Измestьев, Г.М. Виноградов, Ю.А. Лапшин, И.А. Виноградова //Земледелие. 2010, № 4. С. 13-14.

125. Зверяев И.И. Климатология и долгопериодная изменчивость годового хода температуры воздуха над Европой. //Метеорология и гидрология, 2007, № 7, с. 18-24.

126. Зоидзе Е.К. О системе оценки агроклиматических ресурсов Российской Федерации. // Метеорология и гидрология, 2002, №3, С.90-100.

127. Зоидзе Е.К. Перспектива использование агроклиматической информации при экономическом обосновании цен продажи, аренды или сдачи в залог земель. Новые тенденции в агрометеорологии, 2000, вып. 5. С. 44-60.

128. Зоидзе Е.К. Об оценке использования агроклиматических ресурсов в России. /Е.К. Зоидзе, З.А. Шостак // Метеорология и гидрология.1996, №10, С.88-102.

129. Зотин А.И. Математическая биология развития. – М., 1982.

130. Иванов В.В. Периодические колебания погоды и климата. // Успехи физических наук. 2002. т. 172, №7. С. 777-811.

131. Иванов В.В. Исследование вариаций среднемесячной температуры воздуха с помощью последовательных спектров. //Метеорология и гидрология, 2006, № 5, с.39—45.

132. Иванов А.Л. Глобальное изменение климата и его влияние на сельское хозяйство России. //Земледелие, 2009. - №1. – С.3-5.

133. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев: Техника, 1975. – 312с.

134. Израэль Ю.А. Экология, климат и влияние их изменений на сельское хозяйство. /Ю.А. Израэль, А.Н. Каштанов и др. – В кн.: Обеспечение устойчивого развития сельскохозяйственного производства и борьба с засухой. Материалы сессии ВАСХНИЛ, 1988. С.39-70.

135. Израэль Ю.А., Сиротенко О.Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России /Ю.А. Израэль, О.Д. Сиротенко //Метеорология и гидрология, 2003, №6, С.5-17.

136. Израэль Ю.А. Проблемы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему и возможности биосферы. /Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С. 19-21.

137. Израэль Ю.А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне – основная цель решения климатической проблемы. //Метеорология и гидрология, 2005, № 10, с.5—9.

138. Израэль Ю.А. Статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории Российской Федерации. /Ю.А. Израэль, А.В. Павлов, Ю.А. Анохин, Л.Т. Мяч, Б.Г. Шерстюков //Метеорология и гидрология, 2006, № 5, с.27—38.

139. Израэль Ю.А. Четвертый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата: вклад Рабочей группы II. /Ю.А. Израэль,

С.М. Семенов, О.А. Анисимов, Ю.А. Анохин, А.А. Величко, Б.А. Ревич, И.А. Шикломанов //Метеорология и гидрология, 2007, № 9, с. 5-13.

140. Исаев А.А. Обзор средних и экстремальных характеристик климата Москвы в конце XX века. /А.А. Исаев, Б.Г. Шерстюков //Метеорология и гидрология, 2008, № 3, с. 27-37.

141. Иудин Д.И. Фрактальная динамика электрического заряда в грозном облаке. /Д.И. Иудин, В.Ю. Трахтенгерц //Известия АН, Физика атмосферы и океана, 2000, т.36, №5, С. 650 – 652.

142. Кабанов П.Г. Погода и поле. – Саратов, 1975.

143. Кабанов П.Г. Прогноз по некоторым агрометеорологическим показателям //Проблема борьбы с засухой и рост производства сельскохозяйственной продукции // Науч. тр. / ВАСХНИЛ. – 1974. – С.119-124.

144. Калов Х.М. Математико-статистический анализ динамики режима осадков в предгорной зоне КБР. /Х.М. Калов, Е.М. Богаченко, А.Х. Хавцуков //Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике.1-7 октября 2003.Обозрение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 3 С.662.

145. Калов Х.М. Математико-статистический анализ изменения режима атмосферных осадков в степной зоне центральной части Северного Кавказа. /Х.М. Калов, Н.И. Литовка, Р.Х. Налоева // Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике.1-7 октября 2003.Обозрение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 1 с.169.

146. Калов Х.М. Прогноз изменений температурного режима в степной зоне КБР. /Х.М. Калов, Н.И. Литовка, Р.Х. Налоева // Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике.1-7 октября 2003.Обозрение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 3 с.662-663.

147. Калущ Ю.А. Показатель Хёрста и его скрытые свойства. /Ю.А. Калущ, В.М. Логинов //Сибирский журнал индустриальной математики. 2002, т. V, № 4(12). С. 29-37.

148. Катцов В.М. Изменения климата и их последствия в Северной Евразии в XXI веке. – Материалы Международной научной конференции – Материалы Международной научной конференции «Концепция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». 1-4 октября 2012, г. Казань, РФ.

149. Качкаров А.М. Распознавание фрактальных графов. Изд-во «Нижний Архыз», 1998, 170с.

150. Кашьяп Р.Л. Построение динамических стохастических моделей по экспериментальным данным. /Р.Л. Кашьяп, А.Р. Рао - М.: Наука, 1983.

151. Каюмов М.С. Программирование сельхозкультур. – Агропромиздат, 1983.

152. Кликушин Ю.Н. Метод фрактальной классификации сложных сигналов. Омск, 2000.

153. Козлов Г.И. Влияние температурных условий весны на рост озимой пшеницы. – Тр. по прикл.ботан.,генет. и селекции ВИР, 1984, 87. С. 14-20.

154. Коновалова Н.В., Коробов В.Б., Васильев Л.Ю. Интерполирование климатических данных при помощи ГИС-технологий. /Н.В. Коновалова, В.Б. Коробов, Л.Ю. Васильев //Метеорология и гидрология, 2006, № 5, с.46—53.

155. Кендэл М. Временные ряды. – М.: Финансы и статистика, 1981, 191с.

156. Кендэл М. Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды. /М. Дж. Кендэл, А. Стьюарт - М.: Наука, 1976.

157. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агрометеорологическое районирование. - Л.: Гидрометеиздат, 1971, 328с.

158. Кондратьев К.Я. Атмосферные аэрозоли. /К.Я. Кондратьев, Н.И. Москаленко, Д.В. Поздняков – Л.: Гидрометеиздат, 1983, 324с.

159. Кондратьев К.Я. Типизация атмосферного аэрозоля для оценки его воздействия на климат. /К.Я. Кондратьев, М.А. Прокофьев //Известия АН СССР, ФАО, 1984, т.20, №5, С.339-348.

160. Константинов А.Р. О метеорологических основах нормирования орошения. – Обнинск, 1977, 47с.

161. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978, 248с.
162. Крамер Г. Математические методы статистики. – М., 1948, с. 253-256.
163. Кулик М.С. Оценка агрометеорологических условий осенней вегетации озимых. – Метеорология и гидрология, 1964, 8, с. 16-22.
164. Кумыков Х.К. Анализ динамики температурного режима в степной зоне КБР. /Х.К. Кумыков, **Р.М. Бисчоков**, Н.И. Литовка // Журнал прикладной и промышленной математики. – М. 2003.
165. Кумыков Х.К. Анализ и прогноз температурного режима атмосферы в предгорной зоне КБР. /Х.К. Кумыков, И.М. Бербекова, А.Х. Хавцуков // Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике. 29.05-3.06 2003. Обзорение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 1 С.180-181.
166. Кумыков Х.К. Некоторые результаты прогнозирования динамики режима осадков в предгорной зоне КБР. /Х.К. Кумыков, А.Х. Хавцуков, И.М. Бербекова //Материалы 4^{го} Всероссийского Симпозиума по прикладной и промышленной математике. 1-7 октября 2003. Обзорение прикладной и промышленной математики. Том 10 выпуск 3 С.688-689.
167. Калов Х.М. Динамика временных рядов метеопараметров в горной зоне КБР. /Х.М. Калов, Л.Ж. Шугунов, Т.Л. Шугунов //Обзорение прикладной и промышленной математики. - М.: 2005. - Том 14, вып.1.- С. 981.
168. Кумыков Х.К. Некоторые результаты прогнозирования динамики летних осадков на основе стохастических моделей. /Х.К. Кумыков, Л.Ж. Шугунов //Системные проблемы надежности, математического моделирования и информационных технологий. -Москва – Сочи, 1998.- С. 19.
169. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1990, с. 89-92.
170. Легасов В.А. Влияние энергетики на климат. /В.А. Легасов, И.И. Кузьмин, А.И. Черноплеков //Известия АН СССР, ФАО, 1984, т.20, №11, С. 1089-1106.

171. Литовка Н.И. Анализ динамики природно-климатических характеристик степной зоны КБР. /Н.И. Литовка, Р.Х. Налоева //Труды ВГИ, вып. 92, 2003.

172. Литовка Н.И. Результаты исследования изменения режима атмосферных осадков на территории КБР. /Н.И. Литовка, Р.Х. Налоева, А.Х. Хавцуков //Труды Международного Форума по проблемам науки, техники и образования. Том 2. 2003. - С.85-86.

173. Литовка Н.И. Анализ и прогноз динамики режима осадков и температуры воздуха в приземном слое атмосферы в степной зоне КБР на основе временных рядов: Дис...канд. физ. мат. наук 25.00.30. Нальчик, 2004. –152 с.

174. Лобанов В.А. Современные изменения температуры воздуха на территории Европы. /В.А. Лобанов, О.А. Анисимов //Метеорология и гидрология, 2003, №2. С.5-14.

175. Лосев А.П. Агрометеорология. /А.П. Лосев, Л.Л. Журина – М.: Колос, 2001. – 302с.

176. Лукашин Ю.Л. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования. – М.: «Статистика», 1979, 254с.

177. Макквиг Д.Д. Климатическая изменчивость и сельское хозяйство в районах умеренного климата. Всемирная конференция по климату. – Женева, 1979, С. 273 – 284.

178. Малевский-Малевич С.П. К оценке изменений пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI веке. /С.П. Малевский-Малевич, Е.К. Молькентин, Е.Д. Надежина, О.Б. Шкляревич //Метеорология и гидрология, 2005, № 3, с. 36-44.

179. Малевский-Малевич С.П. Анализ изменения пожароопасной обстановки в лесах России в XX и XXI веках на основе моделирования климатических условий. /С.П. Малевский-Малевич, Е.К. Молькентин, Е.Д. Надежина, А.А. Семиошина, И.А. Саль, Е.И. Хлебникова, О.Б. Шкляревич //Метеорология и гидрология, 2007, № 3, с. 14-24.

180. Малинецкий Г.Г. Нелинейность. Новые проблемы, новые возможности. /Г.Г. Малинецкий, А.Б. Потапов //Новое в энергетике. Загадки мира неравновесных структур. М.: Наука, 1996.

181. Марчук Г.И. Метод вычислительной математики. – М.: Наука, 1977, - 456с.

182. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб, Гидрометеиздат, 2000, 778с.

183. Мейсон П. Выводы второго отчета об адекватности глобальной системы наблюдений за климатом. /Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С.26-27.

184. Мельник В.И. Изменения климата и меры по адаптации сельского хозяйства к этим изменениям в Республике Беларусь. /В.И. Мельник, Е.В. Коаровская, Н.С. Шевцова //Материалы Международной научной конференции «Концепция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». 1-4 октября 2012, г. Казань, РФ.

185. Меншуткин В.В. Математическое моделирование популяции и сообществ водных животных. – Л., 1971.

186. Мирвис В.М. Прогноз метеорологических величин на предстоящий месяц гидродинамико-статистическим методом ГГО. I. Категорические прогнозы – результаты 26-летних серий испытаний. /В.М. Мирвис, В.П. Мелешко, В.М. Гаврилина, В.А. Матюгин, Т.Ю. Львова //Метеорология и гидрология, 2006, № 1, с.5—18.

187. Мирвис В.М. Прогноз метеорологических величин на предстоящий месяц гидродинамико-статистическим методом ГГО. II Вероятностный прогноз: анализ и интерпретация распределения ансамбля, методика и качество прогнозов. /В.М. Мирвис, В.П. Мелешко, В.М. Гаврилина, В.А. Матюгин, Т.Ю. Львова //Метеорология и гидрология, 2006, № 2, с.5—16.

188. Михайлов А.М. Прогноз колебаний урожаев зерновых культур по методу «Зонт». Автореферат дисс. канд. экон. наук. – Воронеж: ВГДУ, 1993.

189. Моисейчик В.А. Оценка агрометеорологических условий осенне-зимнего периода для перезимовки и формирования валового урожая озимых

зерновых культур в России. /В.А. Моисейчик, Н.А. Богомолов, Т.А. Максименкова //Метеорология и гидрология, 2000, №2, С.89 – 101.

190. Мори Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. – М.: Мир, 1983.

191. Мохов И.И. Северо-Атлантическое колебание: диагноз и моделирование десятилетней изменчивости и ее долгопериодной эволюции. /И.И. Мохов, А.В. Елисеев, Д. Хандорф и др. //Известия АН, Физика атмосферы и океана. 2000, т.36, №5, С.65-66.

192. Мохов И.И. Изменение характеристик квазедвухлетней цикличности зонального ветра и температуры приэкваториальной нижней стратосферы. /И.И. Мохов, А.В. Елисеев //Известия АН, Физика атмосферы и океана, 1998, т. 34, № 3, С.327 – 336.

193. Найденов В.И. Гидрологическая теория глобального потепления климата Земли. /В.И. Найденов, В.И. Швейкина //Метеорология и гидрология, 2005, № 12, с.63—76.

194. Нахушев А.М. К вопросу автоматизированного прогнозирования урожайности основных сельхозкультур в условиях орошения и степной зоны. /А.М. Нахушев и др. //САПР и АСПР в мелиорации, Нальчик, 1983, с.156-163.

195. Нахушев А.М. Уравнения математической биологии. - М.: "Высшая школа", 1995.

196. Нижегородцев Р.М. Модели логистической динамики как инструмент экономического анализа и прогнозирования // Моделирование экономической динамики. М.: Доклад МГУ, 1997.

197. Никитин Ю.М. Математический метод выявления биологических и геофизических ритмов разной частоты. /Ю.М. Никитин, Э.Н. Чиркова, В.В. Нилов //Доклады АН СССР. 1989, т.290, №6, С.1347-1351.

198. Олемской А.И. Использование коллекции фрактала в физике конденсированной среды. /А.И. Олемской, А.Я. Флат //Успехи ФН, 1993, т. 163, № 12, с. 1-50.

199. Отчет Росгидромета о научно-исследовательской деятельности. Федеральные целевые программы. – 2002, С.42-48.
200. Остапенко Е.С. Прогнозирование временных рядов с долговременной памятью с помощью модели класса ARFIMA. /Е.С. Остапенко, Т.А. Дунаева //Экономический вестник НГУУ «КПИ», 2008.
201. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы. /Под ред. Б. Болина, Б. Дееса, Дж. Ягера, Р. Уорика, Л.: Гидрометеиздат, 1989. 558с.
202. Пасов В.М. Синоптико-статистический метод прогнозирования урожайности зерновых культур. // Метеорология и гидрология, 1992, №10, С.77-84.
203. Перепелица В.А. Фрактальный анализ поведения природных временных рядов. /В.А. Перепелица, Е.В. Попова //Современные аспекты экономики, 2002, №9 (22) С.185-200.
204. Петросянц М.А. Прогноз погоды: состояние и ближайшие задачи. //Метеорология и гидрология, 1981, № 6, С. 19-31.
205. Петросянц М.А. Циркуляция скорости ветра в центрах действия атмосферы как показатель количества осадков и температуры в их пределах. Часть I. Анализ взаимосвязей на сезонных масштабах. /М.А. Петросянц, Д.Ю. Гущина //Метеорология и гидрология, 2006, № 5, с. 5-20.
206. Поновский Г.А. Статистические методы в метеорологии. /Г.А. Поновский, Г.В. Брайер – Л., Гидрометеиздат, 1967. - 242с.
207. Романов Л.Н., Бочкарева Е.Г. Прогноз опасных ветров и осадков с помощью метода плоских вращений для территории Западной Сибири. /Л.Н. Романов, Е.Г. Бочкарева //Метеорология и гидрология, 2007, № 8, с.5-16.
208. Романова Е.Н. Микроклимотология и ее значение для сельского хозяйства. /Е.Н. Романова, Г.И. Мосолова, ИЛ. Берсонов - Л.: Гидрометеиздат. 1983. – 346с.
209. Рубинштейн К.Г. Оценки изменения температуры воздуха и количества осадков в крупных городах (На примере Москвы и Нью-Йорка) /К.Г. Рубинштейн, А.С. Гинзбург // Метеорология и гидрология, 2003, №2. С.29-38.

210. Русакова Т.И. Современная технология поэтапного прогнозирования урожайности и валового сбора зерновых культур. /Т.И. Русакова, В.М. Лебедева, И.Г. Грингоф, Н.М. Шкляева //Метеорология и гидрология, 2006, № 7, с.101-108.

211. Сафаров С.Г. Особенности изменения климата на территории Азербайджана на зимний период. // Метеорология и гидрология, 2003, №5, С.44-53.

212. Серебренников М.Г. Выявление скрытых периодичностей. /М.Г. Серебренников, А.А. Первозванский – М.: Наука, 1965, 244с.

213. Сивак Е.Е. Влияние тепла и влаги на урожайность зеленой массы колумбовой травы. //Аграрная наука, 2009, № 1. С. 19.

214. Сиротенко О.Д. Оценка влияний изменений климата на сельское хозяйство методом пространственно-временных аналогов. /О.Д. Сиротенко, В.Н. Павлова //Метеорология и гидрология, 2003, № 8. С.18-26.

215. Сиротенко О.Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность и устойчивость сельского хозяйства России и сопредельных стран. /О.Д. Сиротенко, В.Н. Павлова //Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С.242.

216. Сиротенко О.Д. Агроклиматические ресурсы и физико-географическая зональность территории России при глобальном потеплении. /О.Д. Сиротенко, Е.В. Абашина //Метеорология и гидрология. – 1998, №3, С.92-103.

217. Сиротенко О.Д. Влияние глобального потепления на агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России. /О.Д. Сиротенко, Е.В. Абашина // Метеорология и гидрология. – 1994, №4, С.101-112.

218. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. - Л.: Гидрометеиздат, 1981 - 167с.

219. Сиротенко О.Д., Грингоф И.Г. Оценки влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации. /О.Д. Сиротенко, И.Г. Грингоф //Метеорология и гидрология, 2006, № 8, с.92—101.

220. Сиротенко О.Д. Современные климатообусловленные изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агросферы России и сопредельных стран. – Материалы Международной научной конференции—

Материалы Международной научной конференции «Концепция по региональным проблемам гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды». 1-4 октября 2012, г. Казань, РФ.

221. Смирнова В.А. Учет природных факторов при разработке прогноза размещения сельскохозяйственных культур. – М.: Мысль. /В.А. Смирнова, А.Т. Никифорова Сб.науч.тр. «Территориальная дифференциация и типы сельского хозяйства», 1978. – С.155-171.

222. Снитковский А.И. К прогнозу температуры воздуха. //Метеорология и гидрология, 1980, № 12, с. 14-26.

223. Солнцев Л.А. Фрактальный анализ векового хода температуры воздуха в г. Нижнем Новгороде. /Л.А. Солнцев, Д.И. Иудин, М.С. Снегирева, Д.Б. Гелашвили //Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2007, № 4, с.88-91.

224. Суркова Г.В. Колебания изменчивости температуры воздуха и атмосферных осадков как агрометеорологический фактор. /Г.В. Суркова, К. Пона //Метеорология и гидрология. – 2002, №6, С.85-98.

225. Сэген Б. Адаптация сельского хозяйства к изменению климата во Франции. /Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С.241.

226. Теория прогнозирования и принятия решений. /Под. ред. Соркисяна С.А. / М.: Высшая школа. – 1977, 351с.

227. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. - Л.: Гидрометеиздат, 1975. - 302с.

228. Фейгенбаум М. Универсальное поведение в нелинейных системах. // Успехи Физических наук. 1983. Т. 141. вып. 2.

229. Федер Е. Фракталы.-М. :Мир,1991.-260с.

230. Фолланд К. Мониторинг глобального климата и оценивания изменений климата. /К. Фолланд, Д. Паркер // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября – 3 октября 2003, С.23-25.

231. Хавцуков А.Х. Анализ и прогноз динамики природно-климатических характеристик в предгорной зоне КБР. //Межвузовский сборник научных трудов. Перспектива-2003г, Нальчик-2003. С.108-109.

232. Хавцуков А.Х. Физико-статистические характеристики режима осадков и температуры в системе атмосфера – подстилающая поверхность и экстраполяция их значений на основе временных рядов: Дис...канд. физ. мат. наук 25.00.30. Нальчик, 2004. – 140 с.

233. Харманская Г.С. Классификация вековых изменений средней месячной температуры воздуха над северным полушарием. Труды ВНИИГМИ МЦД, 1985, №112, С.70-73.

234. Хргиан Физика атмосферы. - Л.: Гидрометеиздат.1978, 237с.

235. Хромов С.П. Метеорологический словарь. /С.П. Хромов, Л.И. Мамонтова –Л.: Гидрометеиздат, 1974.

236. Хромов С.П. Метеорология и климатология. /С.П. Хромов, М.А. Петросянц - М.: МГУ, 2001.

237. Чекина Т.А. Зависимость водного дефицита растений озимой пшеницы от элементов фитоклимата и влагозапасов почвы. /Т.А. Чекина, В.С. Антоненко – Кишинев: Штиница. Сб.научн.тр. Вопросы физиологии пшеницы, 1981. – С.175-177.

238. Четыркин Е.М. Статистика метода прогнозирования. М.: Статистика, 1975, 183с.

239. Чирхов Ю.И. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат. 1979. – 320с.

240. Чирхов Ю.И. Основы агрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 248с.

241. Чуев Ю.В. Прогнозирование количественных характеристик процессов. /Ю.В. Чуев, Ю.Б. Михайлов, В.И. Кузьмин - М.: «Советское радио», 1975, 400с.

242. Шерстюков Б.Г. Долгосрочный прогноз месячной и сезонной температуры воздуха с учетом периодической нестационарности. //Метеорология и гидрология, 2007, № 9, с. 14-26.

243. Школьник И.М. Возможные изменения климата на европейской части России и сопредельных территории к концу XXI века: расчеты с региональной моделью ГГО. /И.М. Школьник, В.П. Мелешко, В.М. Катцов //Метеорология и гидрология, 2006, № 3, с.5—16.

244. Шугунов Л.Ж. Спектральный анализ температуры воздуха и количества выпадающих осадков в различных зонах Ставропольского края.//Естественные и технические науки. –М.:2008.- №4.-С.212-214.

245. Шугунов Л.Ж. Стохастические модели в анализе временных рядов метеопараметров в Кабардино- Балкарской республике. //Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. -2008. -Т.10, №2.- С. 107-112.

246. Шугунов Л.Ж. Исследование и анализ среднегодовой температуры на основе методов спектрального анализа и классической декомпозиции. /Л.Ж. Шугунов, Т.Л. Шугунов //Изв. вузов. Сев-Кав. регион. Естест. науки. Приложение. -2006. -№1.- С. 83-88.

247. Шугунов Л.Ж. Прогнозирование метеопараметров на основе стохастических моделей. //Изв. вузов. Сев-Кав. регион. Естест. науки. Приложение.-2006.- №1.-С. 77-83.

248. Шугунов Л.Ж. Анализ и прогноз основных метеопараметров в различных зонах Кабардино- Балкарской республике. /Л.Ж. Шугунов, Т.Л. Шугунов, Х.М. Калов //Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. -2008. -Т.10.- №2.- С. 113-117.

249. Шугунов Л.Ж. Особенности климатических зон КБР и возможности регулирования осадков. /Л.Ж. Шугунов, Т.Л. Шугунов, Х.М. Калов - Нальчик, КБГСХА, 2006. -226с.

250. Шугунов Л.Ж. Динамика среднегодового количества осадков в горной зоне КБР. //Вестник КБГУ. Серия физические науки.- Нальчик.- 2004.- Вып. 9.-С. 56-57.

251. Шульгин П.А. Растение и солнце. - Л.: Гидрометеиздат. 1973, 243с.

252. Элизбарашвили Э.Ш. К осреднению полей атмосферных осадков в горных условиях. /Э.Ш. Элизбарашвили, Д.Н. Кереселидзе, Ш.Э. Элизбарашвили //Метеорология и гидрология, 2006, № 8, с.54—58.

253. Яновский Л.П. Принципы, методология и научное обоснование урожая по технологии «Зонт». – Воронеж, ВГДУ, 2000. – 379с.

254. Bach W., Pankrath S., Schneider S'. Food – Climate Interactions, Dordrecht, D. Reidel.

255. Bischokov R.M., Ashabokov B.A., Bischokova L.B. Changes of a rote of precipitations in foothill zone KBR. Conference hydroinfomatics. Nica, 2005.

256. Cooper C.F. What might man-induced climate change mean? Foreign affairs, 1979, 56, p. 500-520.

257. Cooper C.F. Food and fiber in a world of increasing carbon dioxide, in Clark w. // Carbon Dioxide Review: 1982, pp.299-319.

258. Hurst H.E. Long-term storage capacity of reservoirs // Trans. Amer. Soc. Civ. Engrs. 1951. V. 116. P. 770-808.

259. Feller W. The asymptotic distribution of the range of sums of independent variables // Ann. Math. Statist. 1951. V. 22. P. 427-432.

260. Fukui H. Climatic variability and agriculture in tropical moist regions. // Proceedings of the world climate Conference, 1979, WMO – No. 537, pp.426-476.

261. Gibbord R.M., Morison J.L. Photosynthetic growth and water use of a C4 grass stand at high CO₂ concentration. // Photosynthetic Res., 1985.

262. Gifford R.M. Growth pattern, CO₂ exchange and dry weight distribution in wheat growing under differing photosynthetic environments. // Aust. J. Plant Physiol., 1977, 4, pp.99-110.

263. Gifford R.M. Growth and yield of CO₂ enriched wheat under water limited conditions. // Aust. J. Plant Physiol., 1979, 6, pp. 367-378.

264. Glents M. Apolitical view of CO₂ // Nature, 1979, №280, pp 189-190.

265. Goudriaan J., de Ruiter H.E. Plant response to CO₂ enrichment, at two levels of nitrogen and phosphorus supply 1. Dry matter, leaf area and development. Neth. J. agric. sei., 1983, 31, pp. 157-169.

266. Kimball B.A. Carbon Dioxide and agricultural Yield: an assemblage and analysis of 770 Prior observations WCL Report 14, water Conservation Laboratory, agricultural Research Service, Phoenix, Arisona, us Dept. Agriculture. 1983.

267. Mandelbrot B.B., Wallis J.R. Some long-run properties of geophysical records // Water Resource Res. 1969. V. 5, N 2. P 321-340.

268. Mac Dowell F.D. Growth of Marques wheat. II. Carbon dioxide dependence // Con. J. Bot, 1972, 50, pp. 883-889.

269. Marc J., Gifford R.M. Floral initiation in wheat, sunflower and sorghum under cordon dioxide enrichment // Can. J. Bot. 1983, 62, pp 9-14.

270. Mearns L.O., Kats R.W., Scheider S.H. Extreme high temperature events: changes in their probabilities with changes in mean temperature // J. Clim. Appl. Meteorology., 1984, 23, pp. 1601-1603.

271. Morison J.L., Gifford R.M. Plant growth and water use with limited water supply in high CO₂ concentration // Aust. J. Plant/ Physiol. 1984, 11, pp. 375-384.

272. Neales T.F., Nicholls A.O. Growth responses of young wheat plants to a range of ambient CO₂ levels. // Aust. J. Plant Physiol., 1979, 5, pp.45-59.

273. Newell R.E., Deepak A. Mount st Helens' Eruptions of 1980: atmospheric effects' and potential climatic impact // NASA Scientific and Technical Information Branch, 1982, 119p.

274. Newkirk G.J. Variations insoles luminosity // Ann. Rev. Astron. astrophysics., 1983, № 21, pp. 429-467 .

275. North G.R., Mengel I.G., Short D.A. Simple energy balance model resolving the seasons and the continents: application to the astronomical theory of the ice ages // J. Geophys. Rec. 1983, №88, pp. 6576-6586.

276. Ramirez J., Sakamoto C., Jensen R. Agriculture implications of climatic change // Climate Impacts Assessment Project (CIAP) – 1975.

277. Rampino M.R., self's. Sulphus rich volcanic eruptions' and stratospheric aerosols' // Nature, 1984, 310, pp 677-679.

278. Schwarz M., Gale J. Growth response to salinity at high levels of carbon dioxide // J. Exp. Bot. 1984, 35, pp193-196.

279. Sionit N., Strain B.R., Becrford H.A. Environmental controls on the growth and yield of okra I. Effects of temperature and of CO₂ enrichment at cool temperature. // Crop Sci, 1981, 21, pp. 885-888/

280. Sionit N., Mortensen D.A., Strain B.R., Hellmers H., Growth responses of wheat to CO₂ enrichment at different levels of mineral nutrition // Argon. J. 1981, 73, pp. 1024-1027.

281. Williams G.D. Assessment of the impact of some hypothetical climatic changes on cereal production in Western Canada // Proceedings of the Conference on world Food Supply in Changing Climate. Sterling Forest. N.Y., Dec. 2-5, 1975.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Статистические характеристики временных рядов сезонных значений метеопараметров

Таблица 1. Статистические характеристики временных рядов зимних значений метеопараметров по данным МС «Баксан»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимал ьное значен. | Максима льное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------|------------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 67,62 | 15,73 | -0,01 | 0,08 | 34 | 104,3 | 70,3 | 0,62 |
| 1974-1991 | 73,01 | 27,85 | 2,02 | 4,21 | 44,7 | 166 | 121,3 | 0,72 |
| 1992-2009 | 71,43 | 16,94 | 0,29 | -0,75 | 41 | 104 | 63 | 0,80 |
| 1956-1982 | 72,69 | 23,65 | 2,01 | 6,24 | 34 | 166 | 132 | 0,62 |
| 1983-2009 | 68,49 | 17,43 | 0,62 | -0,49 | 41 | 104,7 | 63,7 | 0,65 |
| 1956-2009 | 70,83 | 21,08 | 1,71 | 5,68 | 34 | 166 | 132 | 0,61 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 7,59 | 1,83 | 0,29 | -0,51 | 4 | 11,3 | 7,3 | 0,75 |
| 1974-1991 | 7,44 | 2,72 | 2,07 | 4,73 | 4,7 | 16,7 | 12 | 0,66 |
| 1992-2009 | 8,86 | 2,41 | 0,26 | -0,72 | 5 | 13,7 | 8,7 | 0,65 |
| 1956-1982 | 7,69 | 2,46 | 1,73 | 4,28 | 4 | 16,7 | 12,7 | 0,78 |
| 1983-2009 | 8,24 | 2,37 | 0,48 | -0,55 | 5 | 13,7 | 8,7 | 0,66 |
| 1956-2009 | 12,48 | 4,78 | 0,96 | 0,31 | 6 | 26 | 20 | 0,63 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,00 | 1,70 | 0,20 | -0,82 | 0 | 6 | 6 | 0,76 |
| 1974-1991 | 4,06 | 2,55 | 0,02 | -1,02 | 0 | 8 | 8 | 0,69 |
| 1992-2009 | 4,33 | 2,11 | 0,41 | -0,82 | 1 | 8 | 7 | 0,50 |
| 1956-1982 | 3,56 | 2,13 | 0,34 | -0,49 | 0 | 8 | 8 | 0,62 |
| 1983-2009 | 4,04 | 2,28 | 0,25 | -0,80 | 0 | 8 | 8 | 0,54 |
| 1956-2009 | 3,80 | 2,22 | 0,31 | -0,65 | 0 | 8 | 8 | 0,57 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1958-1973 | -1,81 | 2,17 | -0,57 | 0,59 | -6,4 | 2,5 | 8,9 | 0,60 |
| 1974-1991 | -1,94 | 1,82 | -0,35 | -0,10 | -6,2 | 1,2 | 7,4 | 0,74 |
| 1992-2009 | -0,68 | 1,70 | -0,23 | -1,26 | -3,8 | 1,7 | 5,5 | 0,70 |
| 1958-1982 | -2,02 | 2,14 | -0,39 | 0,16 | -6,4 | 2,5 | 8,9 | 0,76 |
| 1983-2009 | -0,95 | 1,67 | -0,11 | -1,05 | -4,2 | 1,7 | 5,9 | 0,77 |
| 1958-2009 | -1,46 | 1,98 | -0,46 | 0,21 | -6,4 | 2,5 | 8,9 | 0,72 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 15,73 | 3,25 | 0,07 | -0,73 | 9,5 | 21,4 | 11,9 | 0,77 |
| 1974-1991 | 15,13 | 2,84 | -0,01 | -0,77 | 10 | 20 | 10 | 0,78 |
| 1992-2009 | 16,11 | 2,03 | 0,41 | 0,86 | 12 | 21,4 | 9,4 | 0,61 |
| 1956-1982 | 15,72 | 3,27 | -0,01 | -0,95 | 9,5 | 21,4 | 11,9 | 0,84 |
| 1983-2009 | 15,59 | 2,20 | -0,03 | 0,99 | 10 | 21,4 | 11,4 | 0,67 |
| 1956-2009 | 15,66 | 2,78 | 0,01 | -0,28 | 9,5 | 21,4 | 11,9 | 0,72 |

Таблица 2. Статистические характеристики временных рядов весенних значений метеопараметров по данным МС «Баксан»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимал ьное значен. | Максима льное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------|------------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 166,86 | 36,14 | -0,59 | -0,58 | 95,0 | 223,1 | 128,1 | 0,60 |
| 1974-1991 | 160,79 | 47,81 | 1,16 | 1,38 | 88,7 | 294,2 | 205,5 | 0,60 |
| 1992-2009 | 163,00 | 39,25 | 0,55 | 0,78 | 97,0 | 268,0 | 171,0 | 0,64 |
| 1956-1982 | 165,19 | 43,19 | 0,50 | 1,05 | 88,7 | 294,2 | 205,5 | 0,67 |
| 1983-2009 | 161,97 | 39,28 | 0,62 | 0,49 | 97,0 | 268,0 | 171,0 | 0,65 |
| 1956-2009 | 164,54 | 41,16 | 0,55 | 0,91 | 88,7 | 294,2 | 205,5 | 0,61 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 28,35 | 10,28 | 0,81 | 0,19 | 14 | 54,6 | 40,6 | 0,59 |
| 1974-1991 | 30,24 | 12,11 | 1,46 | 2,34 | 14 | 67 | 53 | 0,54 |
| 1992-2009 | 26,17 | 13,33 | 2,25 | 5,70 | 11 | 73 | 62 | 0,72 |
| 1956-1982 | 29,54 | 12,05 | 1,28 | 1,68 | 14 | 67 | 53 | 0,55 |
| 1983-2009 | 26,96 | 11,99 | 2,02 | 5,62 | 11 | 73 | 62 | 0,63 |
| 1956-2009 | 28,25 | 12,09 | 1,62 | 3,40 | 11 | 73 | 62 | 0,58 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,33 | 2,60 | -0,42 | 0,42 | 5 | 16 | 11 | 0,73 |
| 1974-1991 | 10,33 | 2,98 | 1,20 | 0,58 | 7 | 18 | 11 | 0,86 |
| 1992-2009 | 11,50 | 3,20 | 0,47 | 0,78 | 6 | 20 | 14 | 0,58 |
| 1956-1982 | 10,78 | 2,53 | 0,01 | -0,11 | 5 | 16 | 11 | 0,78 |
| 1983-2009 | 11,33 | 3,36 | 0,59 | 0,05 | 6 | 20 | 14 | 0,72 |
| 1956-2009 | 11,06 | 2,98 | 0,49 | 0,40 | 5 | 20 | 15 | 0,66 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1958-1973 | 9,14 | 1,34 | -0,59 | -0,76 | 6,2 | 10,7 | 4,5 | 0,75 |
| 1974-1991 | 9,18 | 1,10 | 0,35 | -0,93 | 7,3 | 11,1 | 3,8 | 0,76 |
| 1992-2009 | 10,26 | 1,04 | -0,31 | -0,27 | 8,0 | 12,3 | 4,3 | 0,61 |
| 1958-1982 | 9,18 | 1,21 | -0,47 | -0,43 | 6,2 | 11,0 | 4,8 | 0,76 |
| 1983-2009 | 9,87 | 1,24 | -0,26 | -0,81 | 7,3 | 12,3 | 5,0 | 0,79 |
| 1958-2009 | 9,54 | 1,27 | -0,30 | -0,47 | 6,2 | 12,3 | 6,1 | 0,77 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 29,07 | 2,66 | 0,15 | -0,56 | 24,2 | 34 | 9,8 | 0,65 |
| 1974-1991 | 27,39 | 1,65 | -1,08 | 0,64 | 23,3 | 30 | 6,7 | 0,58 |
| 1992-2009 | 29,24 | 2,10 | -0,44 | -0,77 | 25 | 32,5 | 7,5 | 0,78 |
| 1956-1982 | 28,56 | 2,49 | 0,31 | -0,06 | 24 | 34 | 10 | 0,73 |
| 1983-2009 | 28,59 | 2,17 | -0,29 | -0,27 | 23,3 | 32,5 | 9,2 | 0,68 |
| 1956-2009 | 28,57 | 2,33 | 0,07 | -0,09 | 23,3 | 34 | 10,7 | 0,72 |

Таблица 3. Статистические характеристики временных рядов летних значений метеопараметров по данным МС «Баксан»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 197,42 | 55,27 | -0,28 | -0,97 | 86,5 | 290,3 | 203,8 | 0,80 |
| 1974-1991 | 218,73 | 60,00 | 0,02 | -0,65 | 115,0 | 333,1 | 218,1 | 0,79 |
| 1992-2009 | 206,22 | 67,89 | 0,08 | -0,62 | 68,0 | 325,0 | 257,0 | 0,66 |
| 1956-1982 | 199,44 | 55,12 | -0,17 | -0,87 | 86,5 | 302,0 | 215,5 | 0,71 |
| 1983-2009 | 215,40 | 67,07 | -0,03 | -0,63 | 68,0 | 333,1 | 265,1 | 0,69 |
| 1956-2009 | 208,34 | 61,86 | -0,05 | -0,56 | 68 | 333,1 | 265,1 | 0,62 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 39,63 | 13,62 | 0,02 | -0,83 | 18 | 66 | 48 | 0,50 |
| 1974-1991 | 37,34 | 10,32 | -0,05 | -0,95 | 19 | 53 | 34 | 0,63 |
| 1992-2009 | 34,94 | 12,01 | 0,45 | -1,08 | 16 | 56 | 40 | 0,58 |
| 1956-1982 | 38,17 | 12,62 | 0,18 | -0,70 | 18 | 66 | 48 | 0,60 |
| 1983-2009 | 36,44 | 11,71 | 0,18 | -1,16 | 16 | 56 | 40 | 0,54 |
| 1956-2009 | 37,31 | 12,21 | 0,20 | -0,87 | 16 | 66 | 50 | 0,55 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,39 | 2,71 | -0,21 | -1,28 | 7 | 15 | 8 | 0,70 |
| 1974-1991 | 12,78 | 3,07 | 0,85 | 0,23 | 8 | 20 | 12 | 0,67 |
| 1992-2009 | 12,17 | 3,86 | -0,85 | 0,66 | 2 | 18 | 16 | 0,50 |
| 1956-1982 | 11,56 | 2,62 | -0,22 | -1,21 | 7 | 15 | 8 | 0,59 |
| 1983-2009 | 12,67 | 3,78 | -0,45 | 0,89 | 2 | 20 | 18 | 0,59 |
| 1956-2009 | 12,11 | 3,30 | -0,22 | 0,69 | 2 | 20 | 18 | 0,61 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1958-1973 | 20,66 | 1,18 | -1,28 | 2,91 | 17,1 | 22,6 | 5,5 | 0,55 |
| 1974-1991 | 20,80 | 0,92 | -0,01 | -0,76 | 19,0 | 22,5 | 3,5 | 0,79 |
| 1992-2009 | 22,04 | 1,01 | 0,30 | -1,25 | 20,8 | 23,8 | 3,0 | 0,75 |
| 1958-1982 | 20,63 | 1,12 | -0,84 | 2,11 | 17,1 | 22,6 | 5,5 | 0,56 |
| 1983-2009 | 21,70 | 1,05 | 0,33 | -0,58 | 19,6 | 23,8 | 4,2 | 0,84 |
| 1958-2009 | 21,19 | 1,21 | -0,29 | 1,30 | 17,1 | 23,8 | 6,7 | 0,81 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 33,80 | 1,77 | -0,26 | -0,39 | 30 | 36,8 | 6,8 | 0,56 |
| 1974-1991 | 33,51 | 1,31 | -0,18 | -0,45 | 31 | 36 | 5 | 0,56 |
| 1992-2009 | 34,84 | 2,17 | -0,30 | -0,95 | 30,8 | 38 | 7,2 | 0,57 |
| 1956-1982 | 33,63 | 1,63 | -0,12 | -0,31 | 30 | 36,8 | 6,8 | 0,54 |
| 1983-2009 | 34,47 | 2,01 | -0,03 | -0,79 | 30,8 | 38 | 7,2 | 0,66 |
| 1956-2009 | 34,05 | 1,88 | 0,07 | -0,48 | 30 | 38 | 8 | 0,72 |

Таблица 4. Статистические характеристики временных рядов осенних значений метеопараметров по данным МС «Баксан»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 98,95 | 40,51 | 0,69 | -0,93 | 47,0 | 178,0 | 131,0 | 0,83 |
| 1974-1991 | 129,88 | 73,13 | 2,70 | 7,07 | 52,0 | 396,7 | 344,7 | 0,61 |
| 1992-2009 | 163,44 | 75,08 | 0,62 | -0,27 | 47,0 | 341,0 | 294,0 | 0,49 |
| 1956-1982 | 104,60 | 41,64 | 1,01 | 0,36 | 47,0 | 221,0 | 174,0 | 0,77 |
| 1983-2009 | 156,72 | 81,98 | 1,28 | 1,24 | 47,0 | 396,7 | 349,7 | 0,48 |
| 1956-2009 | 131,02 | 70,09 | 1,68 | 3,24 | 47 | 396,7 | 349,7 | 0,75 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 17,43 | 12,36 | 1,90 | 2,51 | 6 | 53 | 47 | 0,80 |
| 1974-1991 | 25,53 | 16,38 | 1,98 | 3,46 | 8 | 78 | 70 | 0,65 |
| 1992-2009 | 31,22 | 20,19 | 1,46 | 1,44 | 8 | 88 | 80 | 0,47 |
| 1956-1982 | 20,90 | 16,58 | 2,06 | 3,52 | 6 | 78 | 72 | 0,74 |
| 1983-2009 | 28,56 | 17,67 | 1,77 | 3,13 | 8 | 88 | 80 | 0,57 |
| 1956-2009 | 24,73 | 17,56 | 1,81 | 3,05 | 6 | 88 | 82 | 0,69 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 6,33 | 2,83 | 1,10 | 0,79 | 3 | 14 | 11 | 0,74 |
| 1974-1991 | 6,56 | 1,61 | -0,86 | 1,40 | 2 | 9 | 7 | 0,64 |
| 1992-2009 | 10,22 | 3,55 | -0,02 | -0,89 | 3 | 16 | 13 | 0,73 |
| 1956-1982 | 6,33 | 2,36 | 1,28 | 2,26 | 3 | 14 | 11 | 0,69 |
| 1983-2009 | 9,07 | 3,54 | 0,27 | -0,46 | 2 | 16 | 14 | 0,81 |
| 1956-2009 | 7,70 | 3,30 | 0,80 | 0,12 | 2 | 16 | 14 | 0,84 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1958-1973 | 9,91 | 1,38 | -0,70 | 0,59 | 6,4 | 12,2 | 5,8 | 0,77 |
| 1974-1991 | 10,44 | 1,38 | 0,49 | -0,27 | 8,0 | 13,5 | 5,5 | 0,56 |
| 1992-2009 | 11,11 | 1,20 | -1,52 | 2,41 | 7,4 | 12,7 | 5,3 | 0,80 |
| 1958-1982 | 10,08 | 1,37 | -0,50 | 0,46 | 6,4 | 12,7 | 6,3 | 0,66 |
| 1983-2009 | 10,90 | 1,32 | -0,49 | 0,09 | 7,4 | 13,5 | 6,1 | 0,80 |
| 1958-2009 | 10,51 | 1,41 | -0,47 | 0,26 | 6,4 | 13,5 | 7,1 | 0,72 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 29,23 | 2,42 | 0,17 | -0,91 | 25,5 | 34 | 8,5 | 0,56 |
| 1974-1991 | 28,20 | 2,14 | -0,53 | 0,38 | 22,7 | 31,6 | 8,9 | 0,73 |
| 1992-2009 | 31,08 | 2,14 | 0,55 | -0,75 | 27,7 | 35 | 7,3 | 0,71 |
| 1956-1982 | 28,79 | 2,52 | -0,12 | -0,23 | 22,7 | 34 | 11,3 | 0,58 |
| 1983-2009 | 30,22 | 2,34 | 0,47 | -0,37 | 26,4 | 35 | 8,6 | 0,74 |
| 1956-2009 | 29,50 | 2,53 | 0,07 | 0,03 | 22,7 | 35 | 12,3 | 0,78 |

Таблица 5. Статистические характеристики временных рядов годовых значений метеопараметров по данным МС «Баксан»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимал ьное значен. | Максима льное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------|------------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 531,12 | 78,15 | -0,09 | -0,83 | 392,5 | 685,4 | 292,9 | 0,48 |
| 1974-1991 | 581,87 | 108,80 | 0,27 | 0,71 | 362,8 | 857,6 | 494,8 | 0,72 |
| 1992-2009 | 604,82 | 106,71 | -0,02 | -0,33 | 403,0 | 815,0 | 412,0 | 0,53 |
| 1956-1982 | 541,46 | 82,10 | -0,11 | -0,96 | 392,5 | 685,4 | 292,9 | 0,63 |
| 1983-2009 | 603,36 | 113,13 | 0,07 | 0,13 | 362,8 | 857,6 | 494,8 | 0,45 |
| 1956-2009 | 575,17 | 101,31 | 0,30 | 0,31 | 362,80 | 857,60 | 494,80 | 0,67 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 44,48 | 10,85 | -0,07 | -0,45 | 23 | 66 | 43 | 0,64 |
| 1974-1991 | 43,79 | 13,77 | 0,76 | 0,09 | 26 | 78 | 52 | 0,55 |
| 1992-2009 | 44,06 | 15,48 | 1,25 | 1,35 | 24 | 88 | 64 | 0,60 |
| 1956-1982 | 45,40 | 13,12 | 0,37 | -0,14 | 23 | 78 | 55 | 0,57 |
| 1983-2009 | 42,82 | 13,76 | 1,35 | 2,23 | 24 | 88 | 64 | 0,59 |
| 1956-2009 | 44,11 | 13,51 | 0,87 | 0,94 | 23 | 88 | 65 | 0,51 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 32,06 | 5,17 | -0,24 | -0,95 | 22 | 41 | 19 | 0,68 |
| 1974-1991 | 33,72 | 4,20 | 0,19 | -0,21 | 26 | 43 | 17 | 0,68 |
| 1992-2009 | 38,22 | 5,91 | 0,05 | 0,14 | 25 | 50 | 25 | 0,64 |
| 1956-1982 | 32,22 | 4,42 | -0,33 | -0,35 | 22 | 41 | 19 | 0,62 |
| 1983-2009 | 37,11 | 5,92 | 0,01 | 0,08 | 25 | 50 | 25 | 0,66 |
| 1956-2009 | 34,67 | 5,76 | 0,23 | 0,22 | 22 | 50 | 28 | 0,74 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1958-1973 | 9,50 | 0,78 | 0,27 | -0,63 | 8,1 | 11,1 | 3,0 | 0,68 |
| 1974-1991 | 9,62 | 0,85 | -0,51 | 0,60 | 7,4 | 11,1 | 3,7 | 0,66 |
| 1992-2009 | 10,71 | 0,81 | -1,06 | -0,01 | 8,8 | 11,6 | 2,8 | 0,81 |
| 1958-1982 | 9,50 | 0,84 | -0,33 | 0,02 | 7,4 | 11,1 | 3,7 | 0,54 |
| 1983-2009 | 10,38 | 0,91 | -0,39 | -1,32 | 8,8 | 11,6 | 2,8 | 0,87 |
| 1956-2009 | 10,32 | 0,94 | -0,14 | -1,06 | 8,5 | 11,9 | 3,4 | 0,80 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 22,69 | 1,22 | 0,23 | -0,77 | 20,6 | 25,2 | 4,6 | 0,69 |
| 1974-1991 | 22,24 | 1,04 | -0,37 | -0,10 | 20,1 | 24,4 | 4,3 | 0,69 |
| 1992-2009 | 23,77 | 0,96 | -0,30 | -0,57 | 21,8 | 25,4 | 3,6 | 0,46 |
| 1956-1982 | 22,60 | 1,09 | 0,22 | -0,32 | 20,6 | 25,2 | 4,6 | 0,72 |
| 1983-2009 | 23,20 | 1,32 | -0,51 | -0,26 | 20,1 | 25,4 | 5,3 | 0,81 |
| 1956-2009 | 22,90 | 1,25 | -0,10 | -0,53 | 20,1 | 25,4 | 5,3 | 0,84 |

Таблица 6. Статистические характеристики временных рядов зимних значений метеопараметров по данным МС «Прохладный»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 64,20 | 13,75 | 0,4 | -0,3 | 39 | 95 | 56 | 0,88 |
| 1974-1991 | 65,15 | 12,81 | 0,6 | 0,3 | 44,3 | 97,4 | 53,1 | 0,72 |
| 1992-2009 | 73,23 | 20,76 | 0,5 | -0,5 | 41 | 117,2 | 76,2 | 0,69 |
| 1956-1982 | 64,46 | 12,30 | 0,4 | -0,4 | 39 | 95 | 56 | 0,81 |
| 1983-2009 | 70,60 | 19,64 | 0,6 | -0,3 | 41 | 117,2 | 76,2 | 0,65 |
| 1956-2009 | 67,53 | 16,67 | 0,8 | 0,6 | 39 | 117,2 | 78,2 | 0,64 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,33 | 4,31 | 0,68 | -0,56 | 4 | 20 | 16 | 0,70 |
| 1974-1991 | 9,89 | 4,00 | 0,62 | -0,54 | 5 | 19 | 14 | 0,58 |
| 1992-2009 | 11,00 | 4,04 | 0,14 | -0,43 | 4 | 19 | 15 | 0,70 |
| 1956-1982 | 10,22 | 4,09 | 0,63 | -0,56 | 4 | 20 | 16 | 0,66 |
| 1983-2009 | 10,59 | 4,19 | 0,34 | -0,57 | 4 | 19 | 15 | 0,59 |
| 1956-2009 | 10,41 | 4,14 | 0,48 | -0,58 | 4 | 20 | 16 | 0,49 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,33 | 2,31 | 0,70 | -0,50 | 0 | 8 | 8 | 0,74 |
| 1974-1991 | 2,72 | 1,45 | 0,49 | -0,52 | 1 | 6 | 5 | 0,45 |
| 1992-2009 | 3,44 | 2,22 | -0,05 | -0,76 | 0 | 8 | 8 | 0,57 |
| 1956-1982 | 3,07 | 2,09 | 0,85 | 0,02 | 0 | 8 | 8 | 0,74 |
| 1983-2009 | 3,26 | 2,01 | 0,16 | -0,51 | 0 | 8 | 8 | 0,48 |
| 1956-2009 | 3,17 | 2,05 | 0,52 | -0,29 | 0 | 8 | 8 | 0,66 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -2,37 | 2,07 | -0,43 | -0,36 | -6,7 | 0,8 | 7,5 | 0,65 |
| 1974-1991 | -2,02 | 1,47 | 0,24 | -0,15 | -4,7 | 1,4 | 6,1 | 0,65 |
| 1992-2009 | -1,30 | 1,58 | -0,33 | -1,22 | -4,2 | 0,8 | 5 | 0,69 |
| 1956-1982 | -2,33 | 1,95 | -0,22 | -0,13 | -6,7 | 1,4 | 8,1 | 0,67 |
| 1983-2009 | -1,47 | 1,48 | -0,21 | -1,18 | -4,2 | 0,8 | 5 | 0,68 |
| 1956-2009 | -1,90 | 1,78 | -0,39 | -0,10 | -6,7 | 1,4 | 8,1 | 0,69 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 14,12 | 3,05 | 0,53 | -0,04 | 8,5 | 20,6 | 12,1 | 0,73 |
| 1974-1991 | 13,48 | 3,58 | -0,32 | -0,85 | 7 | 19 | 12 | 0,66 |
| 1992-2009 | 15,16 | 2,91 | 0,46 | 0,32 | 10,4 | 22,5 | 12,1 | 0,59 |
| 1956-1982 | 13,84 | 3,39 | 0,07 | -0,51 | 7,1 | 20,6 | 13,5 | 0,79 |
| 1983-2009 | 14,67 | 3,08 | 0,03 | 0,65 | 7 | 22,5 | 15,5 | 0,68 |
| 1956-2009 | 14,26 | 3,26 | 0,01 | -0,03 | 7 | 22,5 | 15,5 | 0,72 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -22,86 | 4,69 | -0,03 | -0,97 | -31 | -14 | 17 | 0,83 |
| 1974-1991 | -21,53 | 4,47 | 0,75 | 1,50 | -29 | -9 | 20 | 0,82 |
| 1992-2009 | -21,35 | 5,06 | 0,51 | -1,04 | -27,9 | -12 | 15,9 | 0,64 |
| 1956-1982 | -22,23 | 4,96 | 0,39 | 0,20 | -31 | -9 | 22 | 0,76 |
| 1983-2009 | -21,55 | 4,60 | 0,46 | -0,65 | -29 | -12 | 17 | 0,61 |
| 1956-2009 | -21,92 | 4,80 | 0,40 | -0,15 | -31 | -9 | 22 | 0,65 |

| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1956-1973 | 88,94 | 2,39 | -0,33 | -1,08 | 84,3 | 92,3 | 8 | 0,76 |
| 1974-1991 | 87,05 | 2,00 | -0,30 | -0,29 | 82,7 | 90,3 | 7,6 | 0,77 |
| 1992-2009 | 86,43 | 2,06 | -0,91 | 0,47 | 81 | 89 | 8 | 0,63 |
| 1956-1982 | 88,61 | 2,32 | -0,32 | -0,78 | 83,7 | 92,3 | 8,6 | 0,78 |
| 1983-2009 | 86,34 | 1,91 | -0,88 | 0,54 | 81 | 89 | 8 | 0,57 |
| 1956-2009 | 87,47 | 2,41 | -0,15 | -0,11 | 81 | 92,3 | 11,3 | 0,79 |
| Число дней с относительной влажностью 30% и менее (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 0,22 | 0,53 | 2,35 | 4,41 | 0 | 2 | 2 | 0,55 |
| 1974-1991 | 0,17 | 0,37 | 1,79 | 1,20 | 0 | 1 | 1 | 0,68 |
| 1992-2009 | 0,39 | 0,68 | 1,48 | 0,73 | 0 | 2 | 2 | 0,66 |
| 1956-1982 | 0,22 | 0,50 | 2,19 | 3,99 | 0 | 2 | 2 | 0,56 |
| 1983-2009 | 0,30 | 0,60 | 1,87 | 2,24 | 0 | 2 | 2 | 0,69 |
| 1956-2009 | 0,26 | 0,55 | 2,03 | 3,08 | 0 | 2 | 2 | 0,60 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 17,06 | 5,51 | 1,27 | 2,85 | 7 | 34 | 27 | 0,70 |
| 1974-1991 | 18,56 | 5,65 | 0,92 | 1,22 | 8 | 34 | 26 | 0,65 |
| 1992-2009 | 14,94 | 2,61 | 0,64 | -0,33 | 11 | 21 | 10 | 0,54 |
| 1956-1982 | 18,15 | 6,04 | 1,14 | 1,35 | 7 | 34 | 27 | 0,59 |
| 1983-2009 | 15,56 | 3,27 | 0,04 | -0,42 | 8 | 22 | 14 | 0,68 |
| 1956-2009 | 16,85 | 5,02 | 1,39 | 3,16 | 7 | 34 | 27 | 0,65 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 2,11 | 2,13 | 0,75 | -0,69 | 0 | 7 | 7 | 0,68 |
| 1974-1991 | 1,72 | 1,24 | 0,01 | -1,19 | 0 | 4 | 4 | 0,47 |
| 1992-2009 | 0,94 | 1,27 | 1,90 | 3,36 | 0 | 5 | 5 | 0,53 |
| 1956-1982 | 2,04 | 1,84 | 0,84 | 0,01 | 0 | 7 | 7 | 0,71 |
| 1983-2009 | 1,15 | 1,35 | 1,26 | 0,78 | 0 | 5 | 5 | 0,66 |
| 1956-2009 | 1,59 | 1,67 | 1,11 | 0,63 | 0 | 7 | 7 | 0,64 |

Таблица 7. Статистические характеристики временных рядов весенних значений метеопараметров по данным МС «Прохладный»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 133,61 | 43,33 | 0,7 | 0,6 | 60 | 246,5 | 186,5 | 0,53 |
| 1974-1991 | 126,52 | 41,43 | 0,9 | -0,6 | 55,4 | 216,2 | 160,8 | 0,53 |
| 1992-2009 | 143,86 | 47,22 | 0,1 | -1,0 | 64 | 232 | 168 | 0,63 |
| 1956-1982 | 129,74 | 45,13 | 0,5 | 0,2 | 55,4 | 246,5 | 191,1 | 0,48 |
| 1983-2009 | 139,58 | 43,58 | 0,1 | -0,8 | 64 | 232 | 168 | 0,64 |
| 1956-2009 | 134,61 | 44,66 | 0,3 | -0,4 | 55,4 | 246,5 | 191,1 | 0,55 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 26,44 | 10,48 | 0,46 | -0,79 | 12 | 48 | 36 | 0,60 |
| 1974-1991 | 26,39 | 11,42 | 0,30 | -0,95 | 11 | 49 | 38 | 0,58 |
| 1992-2009 | 28,83 | 18,12 | 1,70 | 1,98 | 10 | 78 | 68 | 0,75 |
| 1956-1982 | 25,48 | 10,08 | 0,51 | -0,67 | 12 | 48 | 36 | 0,54 |
| 1983-2009 | 28,96 | 16,56 | 1,46 | 1,93 | 10 | 78 | 68 | 0,66 |
| 1956-2009 | 27,22 | 13,82 | 1,53 | 3,09 | 10 | 78 | 68 | 0,61 |

| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
|--|--------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 1956-1973 | 8,50 | 3,32 | 0,66 | 0,64 | 3 | 17 | 14 | 0,70 |
| 1974-1991 | 7,44 | 2,34 | -0,33 | -0,46 | 3 | 12 | 9 | 0,72 |
| 1992-2009 | 8,44 | 3,06 | 0,83 | 1,28 | 3 | 17 | 14 | 0,62 |
| 1956-1982 | 8,11 | 3,13 | 0,48 | 0,94 | 3 | 17 | 14 | 0,68 |
| 1983-2009 | 8,15 | 2,81 | 0,94 | 1,62 | 3 | 17 | 14 | 0,67 |
| 1956-2009 | 8,13 | 2,98 | 0,68 | 1,26 | 3 | 17 | 14 | 0,65 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,73 | 1,32 | -0,23 | -1,34 | 7,5 | 11,5 | 4 | 0,54 |
| 1974-1991 | 10,12 | 0,99 | 0,13 | -1,12 | 8,3 | 11,7 | 3,4 | 0,70 |
| 1992-2009 | 10,56 | 0,86 | 0,02 | -0,20 | 8,8 | 12,4 | 3,6 | 0,64 |
| 1956-1982 | 9,87 | 1,23 | -0,22 | -1,06 | 7,5 | 11,7 | 4,2 | 0,66 |
| 1983-2009 | 10,40 | 0,93 | -0,18 | -0,30 | 8,3 | 12,4 | 4,1 | 0,71 |
| 1956-2009 | 10,14 | 1,13 | -0,38 | -0,55 | 7,5 | 12,4 | 4,9 | 0,67 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 30,93 | 2,90 | 0,09 | -0,26 | 25,5 | 36,3 | 10,8 | 0,58 |
| 1974-1991 | 29,26 | 1,79 | -0,75 | -0,16 | 25 | 31,8 | 6,8 | 0,65 |
| 1992-2009 | 30,72 | 2,20 | -0,06 | -0,01 | 26,3 | 35,6 | 9,3 | 0,69 |
| 1956-1982 | 30,39 | 2,78 | 0,15 | 0,02 | 25 | 36,3 | 11,3 | 0,72 |
| 1983-2009 | 30,22 | 2,09 | 0,18 | 0,23 | 26,3 | 35,6 | 9,3 | 0,69 |
| 1956-2009 | 30,30 | 2,46 | 0,19 | 0,32 | 25 | 36,3 | 11,3 | 0,71 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -11,64 | 5,45 | -0,02 | -1,53 | -20 | -4 | 16 | 0,57 |
| 1974-1991 | -9,84 | 4,13 | -0,64 | -0,88 | -18 | -5 | 13 | 0,69 |
| 1992-2009 | -7,77 | 3,38 | -0,72 | -0,22 | -15,7 | -2,6 | 13,1 | 0,58 |
| 1956-1982 | -11,2 | 5,27 | -0,18 | -1,51 | -20 | -4 | 16 | 0,65 |
| 1983-2009 | -8,33 | 3,46 | -0,66 | -0,32 | -16 | -2,6 | 13,4 | 0,66 |
| 1956-2009 | -9,75 | 4,68 | -0,59 | -0,90 | -20 | -2,6 | 17,4 | 0,71 |
| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 75,15 | 3,48 | -0,49 | 0,05 | 67 | 81,7 | 14,7 | 0,69 |
| 1974-1991 | 75,31 | 3,01 | -0,33 | -0,65 | 69,3 | 80,3 | 11 | 0,55 |
| 1992-2009 | 74,76 | 2,43 | 0,47 | 0,16 | 70,3 | 80 | 9,7 | 0,63 |
| 1956-1982 | 75,35 | 3,38 | -0,40 | -0,10 | 67 | 81,7 | 14,7 | 0,65 |
| 1983-2009 | 74,80 | 2,57 | -0,09 | -0,26 | 69,3 | 80 | 10,7 | 0,53 |
| 1956-2009 | 75,07 | 3,01 | -0,24 | -0,03 | 67 | 81,7 | 14,7 | 0,52 |
| Число дней с относительной влажностью 30% и менее (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,33 | 5,90 | 0,63 | -0,35 | 0 | 20 | 20 | 0,77 |
| 1974-1991 | 6,67 | 3,40 | 1,16 | 1,00 | 2 | 16 | 14 | 0,70 |
| 1992-2009 | 7,06 | 4,72 | 1,51 | 3,03 | 0 | 22 | 22 | 0,65 |
| 1956-1982 | 8,04 | 5,38 | 0,74 | -0,04 | 0 | 20 | 20 | 0,65 |
| 1983-2009 | 6,67 | 4,11 | 1,77 | 4,71 | 0 | 22 | 22 | 0,66 |
| 1956-2009 | 7,35 | 4,84 | 1,16 | 1,38 | 0 | 22 | 22 | 0,62 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 18,61 | 3,64 | 0,43 | 0,99 | 12 | 28 | 16 | 0,66 |
| 1974-1991 | 18,28 | 2,98 | 0,10 | -0,20 | 13 | 25 | 12 | 0,75 |
| 1992-2009 | 16,00 | 2,24 | 0,09 | -1,07 | 12 | 20 | 8 | 0,63 |
| 1956-1982 | 18,63 | 3,59 | 0,34 | 0,45 | 12 | 28 | 16 | 0,72 |
| 1983-2009 | 16,63 | 2,42 | -0,13 | -1,13 | 12 | 20 | 8 | 0,70 |
| 1956-2009 | 17,63 | 3,22 | 0,53 | 0,82 | 12 | 28 | 16 | 0,72 |

| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|---|----|----|------|
| 1956-1973 | 4,56 | 4,22 | 1,04 | 0,52 | 0 | 16 | 16 | 0,78 |
| 1974-1991 | 1,72 | 1,59 | 0,96 | 0,59 | 0 | 6 | 6 | 0,79 |
| 1992-2009 | 1,78 | 1,96 | 1,64 | 3,00 | 0 | 8 | 8 | 0,53 |
| 1956-1982 | 3,78 | 3,68 | 1,55 | 2,27 | 0 | 16 | 16 | 0,82 |
| 1983-2009 | 1,60 | 1,93 | 1,70 | 2,80 | 0 | 8 | 8 | 0,59 |
| 1956-2009 | 2,69 | 3,13 | 1,97 | 4,53 | 0 | 16 | 16 | 0,79 |

Таблица 8. Статистические характеристики временных рядов летних значений метеопараметров по данным МС «Прохладный»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 179,43 | 52,48 | 0,8 | 1,9 | 71,7 | 329 | 257,3 | 0,63 |
| 1974-1991 | 189,55 | 55,85 | -0,3 | -1,3 | 88 | 260,7 | 172,7 | 0,69 |
| 1992-2009 | 153,97 | 59,32 | 0,4 | 0,1 | 32 | 273 | 241 | 0,62 |
| 1956-1982 | 177,43 | 54,17 | 0,5 | 0,6 | 71,7 | 329 | 257,3 | 0,53 |
| 1983-2009 | 171,20 | 61,28 | -0,1 | -0,7 | 32 | 273 | 241 | 0,74 |
| 1956-2009 | 174,32 | 57,92 | 0,18 | -0,12 | 32 | 329 | 297 | 0,72 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 34,28 | 12,70 | 1,43 | 1,25 | 21 | 68 | 47 | 0,63 |
| 1974-1991 | 33,72 | 9,62 | 1,36 | 1,53 | 21 | 60 | 39 | 0,69 |
| 1992-2009 | 32,61 | 17,10 | 1,71 | 3,54 | 11 | 88 | 77 | 0,75 |
| 1956-1982 | 34,37 | 12,77 | 1,28 | 0,63 | 21 | 68 | 47 | 0,55 |
| 1983-2009 | 32,70 | 14,16 | 1,99 | 6,21 | 11 | 88 | 77 | 0,70 |
| 1956-2009 | 33,54 | 13,51 | 1,66 | 3,89 | 11 | 88 | 77 | 0,56 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,44 | 3,86 | 0,68 | 1,14 | 4 | 21 | 17 | 0,60 |
| 1974-1991 | 10,44 | 3,22 | -0,13 | -0,03 | 3 | 17 | 14 | 0,61 |
| 1992-2009 | 8,89 | 3,33 | -0,26 | 0,43 | 1 | 16 | 15 | 0,53 |
| 1956-1982 | 10,07 | 3,68 | 0,51 | 1,19 | 3 | 21 | 18 | 0,62 |
| 1983-2009 | 9,78 | 3,43 | -0,18 | 0,39 | 1 | 17 | 16 | 0,76 |
| 1956-2009 | 9,93 | 3,56 | 0,21 | 0,93 | 1 | 21 | 20 | 0,72 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 21,82 | 0,89 | 0,51 | -0,42 | 20,4 | 23,7 | 3,3 | 0,68 |
| 1974-1991 | 22,08 | 0,82 | -0,16 | -0,63 | 20,4 | 23,5 | 3,1 | 0,72 |
| 1992-2009 | 23,09 | 1,33 | 0,49 | -0,14 | 21 | 26,3 | 5,3 | 0,81 |
| 1956-1982 | 21,85 | 0,91 | 0,34 | -0,67 | 20,4 | 23,7 | 3,3 | 0,59 |
| 1983-2009 | 22,81 | 1,22 | 0,85 | 0,59 | 21 | 26,3 | 5,3 | 0,85 |
| 1956-2009 | 22,33 | 1,18 | 0,84 | 0,97 | 20,4 | 26,3 | 5,9 | 0,83 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 36,75 | 1,57 | -0,23 | -0,45 | 33,2 | 39,5 | 6,3 | 0,56 |
| 1974-1991 | 36,03 | 1,35 | -0,95 | 0,23 | 32,6 | 38 | 5,4 | 0,62 |
| 1992-2009 | 37,14 | 2,19 | -0,38 | -0,05 | 32 | 40,9 | 8,9 | 0,74 |
| 1956-1982 | 36,46 | 1,59 | -0,43 | 0,12 | 32,6 | 39,5 | 6,9 | 0,57 |
| 1983-2009 | 36,83 | 1,97 | -0,10 | 0,10 | 32 | 40,9 | 8,9 | 0,78 |
| 1956-2009 | 36,64 | 1,80 | -0,15 | 0,27 | 32 | 40,9 | 8,9 | 0,76 |

| Минимальная температура на поверхности почвы (°C) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|-----|------|------|------|
| 1956-1973 | 7,98 | 1,71 | -0,36 | -0,22 | 4 | 11 | 7 | 0,57 |
| 1974-1991 | 8,10 | 1,82 | -0,20 | -0,44 | 4 | 11 | 7 | 0,68 |
| 1992-2009 | 8,33 | 1,65 | -0,53 | 0,48 | 4,1 | 11,5 | 7,4 | 0,50 |
| 1956-1982 | 7,87 | 1,76 | -0,42 | -0,27 | 4 | 11 | 7 | 0,53 |
| 1983-2009 | 8,40 | 1,68 | -0,26 | -0,10 | 4,1 | 11,5 | 7,4 | 0,54 |
| 1956-2009 | 8,14 | 1,74 | -0,35 | -0,12 | 4 | 11,5 | 7,5 | 0,55 |
| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 68,17 | 3,79 | -0,51 | -0,40 | 60 | 75 | 15 | 0,65 |
| 1974-1991 | 69,05 | 3,59 | -0,87 | -0,19 | 61 | 73 | 12 | 0,69 |
| 1992-2009 | 67,46 | 3,76 | 0,50 | -0,97 | 62 | 74,3 | 12,3 | 0,65 |
| 1956-1982 | 67,99 | 3,87 | -0,46 | -0,63 | 60 | 75 | 15 | 0,59 |
| 1983-2009 | 68,46 | 3,65 | -0,04 | -1,28 | 62 | 74,3 | 12,3 | 0,78 |
| 1956-2009 | 68,23 | 3,77 | -0,28 | -0,85 | 60 | 75 | 15 | 0,68 |
| Число дней с относительной влажностью 30% и менее (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,94 | 9,20 | 1,38 | 1,68 | 0 | 36 | 36 | 0,86 |
| 1974-1991 | 7,89 | 7,06 | 1,37 | 1,27 | 1 | 28 | 27 | 0,70 |
| 1992-2009 | 12,50 | 7,83 | 0,30 | -0,25 | 0 | 31 | 31 | 0,66 |
| 1956-1982 | 9,63 | 8,88 | 1,18 | 1,08 | 0 | 36 | 36 | 0,78 |
| 1983-2009 | 9,93 | 7,71 | 0,72 | -0,09 | 0 | 31 | 31 | 0,79 |
| 1956-2009 | 9,78 | 8,32 | 1,00 | 0,70 | 0 | 36 | 36 | 0,67 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 17,94 | 4,62 | 2,00 | 5,61 | 10 | 34 | 24 | 0,72 |
| 1974-1991 | 18,11 | 3,11 | -0,04 | -0,13 | 12 | 25 | 13 | 0,69 |
| 1992-2009 | 16,50 | 3,35 | 2,07 | 4,98 | 13 | 28 | 15 | 0,60 |
| 1956-1982 | 18,00 | 4,21 | 1,85 | 5,63 | 10 | 34 | 24 | 0,64 |
| 1983-2009 | 17,04 | 3,33 | 1,14 | 2,17 | 12 | 28 | 16 | 0,68 |
| 1956-2009 | 17,52 | 3,82 | 1,69 | 5,34 | 10 | 34 | 24 | 0,63 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,83 | 3,27 | 0,95 | 0,04 | 0 | 12 | 12 | 0,72 |
| 1974-1991 | 2,28 | 2,16 | 0,64 | -0,99 | 0 | 6 | 6 | 0,75 |
| 1992-2009 | 1,56 | 1,54 | 1,41 | 1,59 | 0 | 6 | 6 | 0,48 |
| 1956-1982 | 3,52 | 3,06 | 0,91 | 0,22 | 0 | 12 | 12 | 0,69 |
| 1983-2009 | 1,59 | 1,55 | 1,18 | 0,92 | 0 | 6 | 6 | 0,62 |
| 1956-2009 | 2,56 | 2,61 | 1,42 | 1,92 | 0 | 12 | 12 | 0,77 |

Таблица 9. Статистические характеристики временных рядов осенних значений метеопараметров по данным МС «Прохладный»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 74,24 | 23,69 | 0,8 | 0,8 | 38 | 138,2 | 100,2 | 0,58 |
| 1974-1991 | 93,27 | 23,69 | 0,1 | 0,3 | 44 | 150 | 106 | 0,52 |
| 1992-2009 | 127,44 | 51,29 | 1,1 | 0,6 | 60 | 259 | 199 | 0,52 |
| 1956-1982 | 83,24 | 26,95 | 0,5 | -0,1 | 38 | 150 | 112 | 0,76 |
| 1983-2009 | 113,39 | 47,86 | 1,4 | 1,8 | 44 | 259 | 215 | 0,68 |
| 1956-2009 | 98,32 | 41,66 | 1,6 | 3,6 | 38 | 259 | 221 | 0,77 |

| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 1956-1973 | 17,44 | 8,17 | 0,36 | -1,16 | 5 | 32 | 27 | 0,77 |
| 1974-1991 | 23,17 | 12,88 | 1,56 | 2,42 | 10 | 63 | 53 | 0,68 |
| 1992-2009 | 25,17 | 13,92 | 1,67 | 3,45 | 6 | 70 | 64 | 0,61 |
| 1956-1982 | 20,63 | 12,06 | 1,57 | 3,18 | 5 | 63 | 58 | 0,69 |
| 1983-2009 | 23,22 | 12,52 | 1,84 | 4,75 | 6 | 70 | 64 | 0,66 |
| 1956-2009 | 21,93 | 12,36 | 1,69 | 4,04 | 5 | 70 | 65 | 0,60 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 4,11 | 2,03 | -0,15 | -0,84 | 0 | 7 | 7 | 0,71 |
| 1974-1991 | 5,33 | 1,80 | -0,45 | 0,85 | 1 | 9 | 8 | 0,68 |
| 1992-2009 | 7,00 | 2,65 | 0,25 | -0,71 | 3 | 12 | 9 | 0,50 |
| 1956-1982 | 4,74 | 2,05 | -0,22 | -0,18 | 0 | 9 | 9 | 0,78 |
| 1983-2009 | 6,22 | 2,66 | 0,31 | -0,15 | 1 | 12 | 11 | 0,64 |
| 1956-2009 | 5,48 | 2,49 | 0,33 | 0,30 | 0 | 12 | 12 | 0,73 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,24 | 1,15 | -0,77 | -0,25 | 7,5 | 11,6 | 4,1 | 0,74 |
| 1974-1991 | 10,70 | 1,11 | 1,02 | 1,64 | 8,8 | 13,9 | 5,1 | 0,57 |
| 1992-2009 | 11,11 | 1,32 | -1,85 | 3,67 | 6,8 | 12,7 | 5,9 | 0,79 |
| 1956-1982 | 10,42 | 1,25 | 0,12 | 0,96 | 7,5 | 13,9 | 6,4 | 0,61 |
| 1983-2009 | 10,95 | 1,18 | -1,46 | 3,18 | 6,8 | 12,7 | 5,9 | 0,78 |
| 1956-2009 | 10,68 | 1,25 | -0,60 | 1,19 | 6,8 | 13,9 | 7,1 | 0,69 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 31,17 | 2,69 | 0,01 | -0,40 | 25,8 | 36,8 | 11 | 0,48 |
| 1974-1991 | 30,72 | 1,71 | 0,23 | -1,08 | 28 | 33,5 | 5,5 | 0,64 |
| 1992-2009 | 32,62 | 2,32 | 1,02 | -0,03 | 30 | 37,7 | 7,7 | 0,73 |
| 1956-1982 | 31,22 | 2,37 | -0,01 | -0,01 | 25,8 | 36,8 | 11 | 0,45 |
| 1983-2009 | 31,79 | 2,43 | 0,87 | 0,42 | 28 | 37,8 | 9,7 | 0,76 |
| 1956-2009 | 31,51 | 2,42 | 0,45 | 0,42 | 25,8 | 37,7 | 11,9 | 0,70 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -8,24 | 4,28 | -0,33 | -1,17 | -15,3 | -2 | 13,3 | 0,82 |
| 1974-1991 | -7,06 | 2,53 | -0,21 | -1,21 | -12 | -4 | 8 | 0,59 |
| 1992-2009 | -7,47 | 3,43 | -1,66 | 1,83 | -17 | -4 | 13 | 0,56 |
| 1956-1982 | -7,86 | 3,86 | -0,47 | -0,82 | -15,3 | -2 | 13,3 | 0,76 |
| 1983-2009 | -7,31 | 3,12 | -1,54 | 2,15 | -17 | -4 | 13 | 0,55 |
| 1956-2009 | -7,59 | 3,52 | -0,90 | 0,13 | -17 | -2 | 15 | 0,62 |
| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 80,92 | 3,34 | -0,17 | -0,88 | 75 | 87 | 12 | 0,67 |
| 1974-1991 | 81,18 | 2,10 | -0,54 | -0,26 | 76,7 | 84,7 | 8 | 0,51 |
| 1992-2009 | 82,34 | 2,67 | -0,09 | -0,24 | 77 | 87,7 | 10,7 | 0,57 |
| 1956-1982 | 81,06 | 3,02 | -0,29 | -0,60 | 75 | 87 | 12 | 0,58 |
| 1983-2009 | 81,91 | 2,53 | 0,01 | -0,06 | 77 | 87,7 | 10,7 | 0,62 |
| 1956-2009 | 81,48 | 2,82 | -0,25 | -0,22 | 75 | 87,7 | 12,7 | 0,62 |
| Число дней с относительной влажностью 30% и менее (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 2,28 | 2,42 | 0,87 | -0,42 | 0 | 8 | 8 | 0,80 |
| 1974-1991 | 1,67 | 1,86 | 1,01 | -0,26 | 0 | 6 | 6 | 0,70 |
| 1992-2009 | 2,17 | 2,34 | 1,44 | 1,71 | 0 | 9 | 9 | 0,54 |
| 1956-1982 | 2,26 | 2,32 | 0,83 | -0,52 | 0 | 8 | 8 | 0,69 |
| 1983-2009 | 1,82 | 2,13 | 1,63 | 2,70 | 0 | 9 | 9 | 0,59 |
| 1956-2009 | 2,04 | 2,24 | 1,19 | 0,73 | 0 | 9 | 9 | 0,61 |

| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|----|----|----|------|
| 1956-1973 | 16,83 | 3,69 | 1,08 | 2,61 | 10 | 28 | 18 | 0,59 |
| 1974-1991 | 15,94 | 4,38 | -0,18 | -0,37 | 8 | 25 | 17 | 0,77 |
| 1992-2009 | 16,17 | 3,61 | 1,35 | 2,07 | 12 | 27 | 15 | 0,72 |
| 1956-1982 | 16,22 | 4,13 | 0,10 | 1,15 | 8 | 28 | 20 | 0,64 |
| 1983-2009 | 16,41 | 3,70 | 1,14 | 1,08 | 12 | 27 | 15 | 0,62 |
| 1956-2009 | 16,31 | 3,92 | 0,53 | 1,21 | 8 | 28 | 20 | 0,53 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 2,44 | 1,83 | 0,14 | -1,11 | 0 | 6 | 6 | 0,82 |
| 1974-1991 | 0,94 | 0,78 | 0,10 | -1,35 | 0 | 2 | 2 | 0,70 |
| 1992-2009 | 0,83 | 0,90 | 0,79 | -0,31 | 0 | 3 | 3 | 0,55 |
| 1956-1982 | 1,96 | 1,71 | 0,59 | -0,64 | 0 | 6 | 6 | 0,84 |
| 1983-2009 | 0,85 | 0,85 | 0,65 | -0,44 | 0 | 3 | 3 | 0,47 |
| 1956-2009 | 1,41 | 1,46 | 1,13 | 0,77 | 0 | 6 | 6 | 0,80 |

Таблица 10. Статистические характеристики временных рядов годовых значений метеопараметров по данным МС «Прохладный»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 451,93 | 88,65 | -0,15 | -0,19 | 251,5 | 606,0 | 354,5 | 0,56 |
| 1974-1991 | 474,60 | 85,07 | -0,52 | -0,41 | 286,0 | 618,1 | 332,1 | 0,54 |
| 1992-2009 | 497,94 | 95,04 | -0,39 | -0,82 | 301,0 | 654,0 | 353,0 | 0,55 |
| 1956-1982 | 454,77 | 87,05 | -0,03 | -0,32 | 251,5 | 618,1 | 366,6 | 0,47 |
| 1983-2009 | 494,88 | 91,71 | -0,62 | -0,31 | 286,0 | 654,0 | 368,0 | 0,51 |
| 1956-2009 | 474,83 | 91,63 | -0,30 | -0,54 | 251,5 | 654,0 | 402,5 | 0,64 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 37,1 | 12,73 | 0,90 | 0,20 | 21 | 68 | 47 | 0,62 |
| 1974-1991 | 39,06 | 10,74 | 0,88 | -0,15 | 23 | 63 | 40 | 0,71 |
| 1992-2009 | 42,83 | 20,16 | 0,92 | -0,32 | 14 | 88 | 74 | 0,66 |
| 1956-1982 | 38,44 | 13,22 | 0,71 | -0,48 | 21 | 68 | 47 | 0,61 |
| 1983-2009 | 40,85 | 17,02 | 1,33 | 1,07 | 14 | 88 | 74 | 0,66 |
| 1956-2009 | 39,65 | 15,29 | 1,21 | 1,09 | 14 | 88 | 74 | 0,60 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 26,39 | 6,72 | 0,16 | -0,95 | 14 | 38 | 24 | 0,79 |
| 1974-1991 | 26,00 | 5,68 | -0,62 | -0,71 | 14 | 34 | 20 | 0,64 |
| 1992-2009 | 27,78 | 6,01 | -0,01 | -0,97 | 18 | 39 | 21 | 0,62 |
| 1956-1982 | 25,96 | 6,44 | 0,07 | -0,79 | 14 | 38 | 24 | 0,72 |
| 1983-2009 | 27,48 | 5,85 | -0,22 | -0,70 | 16 | 39 | 23 | 0,50 |
| 1956-2009 | 26,72 | 6,20 | -0,09 | -0,78 | 14 | 39 | 25 | 0,59 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,85 | 0,88 | 0,34 | -1,03 | 8,5 | 11,4 | 2,9 | 0,51 |
| 1974-1991 | 10,22 | 0,75 | 0,24 | -0,59 | 8,8 | 11,8 | 3,0 | 0,54 |
| 1992-2009 | 10,88 | 0,87 | -1,22 | 0,85 | 8,5 | 11,9 | 3,4 | 0,83 |
| 1956-1982 | 9,95 | 0,90 | 0,36 | -0,91 | 8,5 | 11,8 | 3,3 | 0,50 |
| 1983-2009 | 10,69 | 0,83 | -0,63 | -0,20 | 8,5 | 11,9 | 3,4 | 0,86 |
| 1956-2009 | 10,32 | 0,94 | -0,14 | -1,06 | 8,5 | 11,9 | 3,4 | 0,80 |

| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 1956-1973 | 31,17 | 2,69 | 0,01 | -0,40 | 25,8 | 36,8 | 11 | 0,48 |
| 1974-1991 | 30,72 | 1,71 | 0,23 | -1,08 | 28 | 33,5 | 5,5 | 0,64 |
| 1992-2009 | 32,62 | 2,32 | 1,02 | -0,03 | 30 | 37,7 | 7,7 | 0,73 |
| 1956-1982 | 31,22 | 2,37 | -0,01 | -0,01 | 25,8 | 36,8 | 11 | 0,45 |
| 1983-2009 | 31,79 | 2,43 | 0,87 | 0,42 | 28 | 37,8 | 9,7 | 0,76 |
| 1956-2009 | 31,51 | 2,42 | 0,45 | 0,42 | 25,8 | 37,7 | 11,9 | 0,70 |
| Минимальная температура на поверхности почвы (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -23,58 | 4,14 | -0,14 | -1,17 | -31 | -17 | 14 | 0,78 |
| 1974-1991 | -21,50 | 4,27 | 0,33 | 0,40 | -29 | -11 | 18 | 0,82 |
| 1992-2009 | -21,47 | 4,91 | 0,38 | -1,23 | -27,9 | -12 | 15,9 | 0,63 |
| 1956-1982 | -22,87 | 4,47 | 0,28 | 0,06 | -31 | -11 | 20 | 0,74 |
| 1983-2009 | -21,50 | 4,56 | 0,25 | -1,00 | -29 | -12 | 17 | 0,57 |
| 1956-2009 | -22,18 | 4,56 | 0,26 | -0,47 | -31 | -11 | 20 | 0,69 |
| Средняя относительная влажность воздуха (%) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 78,28 | 1,92 | -0,92 | 1,11 | 73 | 81,8 | 8,8 | 0,78 |
| 1974-1991 | 78,18 | 1,85 | -0,81 | -0,47 | 74,3 | 80,2 | 5,9 | 0,57 |
| 1992-2009 | 77,76 | 1,41 | -0,21 | 0,73 | 74,4 | 80,8 | 6,4 | 0,60 |
| 1956-1982 | 78,25 | 1,92 | -0,90 | 0,56 | 73 | 81,8 | 8,8 | 0,70 |
| 1983-2009 | 77,89 | 1,55 | -0,40 | 0,07 | 74,4 | 80,8 | 6,4 | 0,61 |
| 1956-2009 | 78,07 | 1,76 | -0,66 | 0,36 | 73 | 81,8 | 8,8 | 0,60 |
| Число дней с относительной влажностью 30% и менее (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 19,78 | 14,14 | 0,56 | -0,64 | 0 | 48 | 48 | 0,89 |
| 1974-1991 | 16,39 | 10,43 | 1,44 | 1,29 | 4 | 45 | 41 | 0,68 |
| 1992-2009 | 22,11 | 9,46 | 0,30 | -0,84 | 7 | 40 | 33 | 0,62 |
| 1956-1982 | 20,15 | 13,19 | 0,67 | -0,40 | 0 | 48 | 48 | 0,79 |
| 1983-2009 | 18,70 | 10,07 | 0,54 | -0,78 | 4 | 40 | 36 | 0,80 |
| 1956-2009 | 19,43 | 11,76 | 0,70 | -0,25 | 0 | 48 | 48 | 0,66 |
| Максимальная скорость ветра (м/с) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 21,61 | 5,57 | 1,14 | 0,16 | 16 | 34 | 18 | 0,77 |
| 1974-1991 | 21,50 | 4,35 | 1,11 | 1,45 | 15 | 34 | 19 | 0,81 |
| 1992-2009 | 19,06 | 3,52 | 1,27 | 1,08 | 15 | 28 | 13 | 0,47 |
| 1956-1982 | 22,00 | 5,50 | 0,98 | -0,06 | 16 | 34 | 18 | 0,74 |
| 1983-2009 | 19,44 | 3,28 | 0,89 | 0,62 | 15 | 28 | 13 | 0,57 |
| 1956-2009 | 20,72 | 4,71 | 1,29 | 1,28 | 15 | 34 | 19 | 0,68 |
| Число дней со скоростью ветра 15 м/с и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 12,89 | 7,67 | 0,42 | -0,57 | 1 | 30 | 29 | 0,71 |
| 1974-1991 | 6,61 | 3,22 | 0,34 | -0,30 | 1 | 13 | 12 | 0,77 |
| 1992-2009 | 5,11 | 3,51 | 0,83 | -0,58 | 1 | 12 | 11 | 0,47 |
| 1956-1982 | 11,22 | 6,95 | 0,84 | 0,16 | 1 | 30 | 29 | 0,78 |
| 1983-2009 | 5,19 | 3,23 | 0,60 | -0,61 | 1 | 12 | 11 | 0,42 |
| 1956-2009 | 8,20 | 6,20 | 1,35 | 1,79 | 1 | 30 | 29 | 0,82 |

Таблица 11. Статистические характеристики временных рядов зимних значений метеопараметров по данным МС «Терек»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 63,14 | 15,04 | 0,72 | 1,76 | 35,0 | 106,0 | 71,0 | 0,55 |
| 1974-1991 | 57,93 | 14,09 | 0,68 | 0,07 | 38,0 | 93,6 | 55,6 | 0,84 |
| 1992-2009 | 62,83 | 20,66 | 0,89 | -0,53 | 40,0 | 105,0 | 65,0 | 0,70 |
| 1956-1982 | 60,84 | 14,15 | 0,75 | 1,83 | 35,0 | 106,0 | 71,0 | 0,58 |
| 1983-2009 | 61,76 | 19,46 | 0,88 | -0,32 | 38,0 | 105,0 | 67,0 | 0,72 |
| 1956-2009 | 61,30 | 17,02 | 0,90 | 0,49 | 35 | 106 | 71 | 0,64 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 7,31 | 2,17 | 0,53 | -0,53 | 3,7 | 11,7 | 8 | 0,58 |
| 1974-1991 | 7,76 | 2,44 | -0,16 | -1,34 | 3,7 | 11,3 | 7,6 | 0,58 |
| 1992-2009 | 7,94 | 3,09 | 0,52 | -0,63 | 3,7 | 15 | 11,3 | 0,61 |
| 1956-1982 | 7,46 | 2,47 | 0,17 | -1,27 | 3,7 | 11,7 | 8 | 0,58 |
| 1983-2009 | 7,89 | 2,72 | 0,58 | -0,20 | 3,7 | 15 | 11,3 | 0,56 |
| 1956-2009 | 7,67 | 2,61 | 0,42 | -0,52 | 3,7 | 15 | 11,3 | 0,54 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 3,50 | 1,38 | 0,06 | -1,12 | 1 | 6 | 5 | 0,80 |
| 1974-1991 | 3,56 | 1,64 | 0,73 | -0,23 | 1 | 7 | 6 | 0,68 |
| 1992-2009 | 3,67 | 2,33 | 0,43 | -0,91 | 0 | 8 | 8 | 0,48 |
| 1956-1982 | 3,37 | 1,31 | 0,28 | -1,06 | 1 | 6 | 5 | 0,76 |
| 1983-2009 | 3,78 | 2,22 | 0,36 | -0,91 | 0 | 8 | 8 | 0,62 |
| 1956-2009 | 3,57 | 1,83 | 0,53 | -0,31 | 0 | 8 | 8 | 0,58 |
| Средняя температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1971-1991 | -1,81 | 1,59 | -0,12 | 0,13 | -5,5 | 1,8 | 7,3 | 0,74 |
| 1992-2009 | -0,39 | 1,44 | -0,77 | -0,35 | -3,5 | 1,6 | 5,1 | 0,73 |
| 1971-2009 | -1,15 | 1,68 | -0,37 | -0,41 | -5,5 | 1,8 | 7,3 | 0,77 |
| Максимальная температура воздуха (°C) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 15,17 | 3,46 | 0,12 | -0,12 | 8,5 | 22,3 | 13,8 | 0,72 |
| 1974-1991 | 13,94 | 3,53 | -0,11 | -0,79 | 8 | 20 | 12 | 0,73 |
| 1992-2009 | 15,83 | 2,85 | 1,06 | 1,48 | 11,5 | 24 | 12,5 | 0,57 |
| 1956-1982 | 14,56 | 3,81 | -0,07 | -0,51 | 8 | 22,3 | 14,3 | 0,83 |
| 1983-2009 | 15,40 | 2,84 | 0,90 | 1,03 | 11 | 24 | 13 | 0,58 |
| 1956-2009 | 14,98 | 3,39 | 0,11 | 0,24 | 8 | 24 | 16 | 0,75 |

Таблица 12. Статистические характеристики временных рядов весенних значений метеопараметров по данным МС «Терек»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 161,12 | 42,77 | 0,41 | -0,45 | 83,0 | 248,0 | 165,0 | 0,61 |
| 1974-1991 | 161,26 | 43,66 | -0,06 | 0,37 | 60,1 | 248,3 | 188,2 | 0,56 |
| 1992-2009 | 152,22 | 34,29 | -0,74 | -0,29 | 76,0 | 204,0 | 128,0 | 0,77 |
| 1956-1982 | 164,97 | 46,44 | 0,02 | -0,22 | 60,1 | 248,3 | 188,2 | 0,54 |
| 1983-2009 | 151,42 | 32,58 | -0,52 | -0,36 | 76,0 | 204,0 | 128,0 | 0,69 |
| 1956-2009 | 158,20 | 40,68 | 0,05 | 0,17 | 60,1 | 248,3 | 188,2 | 0,61 |

| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1956-1973 | 18,06 | 5,21 | 0,35 | -0,61 | 9,3 | 29 | 19,7 | 0,71 |
| 1974-1991 | 20,08 | 5,71 | 0,08 | -0,97 | 9,7 | 30 | 20,3 | 0,59 |
| 1992-2009 | 18,28 | 6,45 | 0,53 | -0,49 | 9 | 32 | 23 | 0,75 |
| 1956-1982 | 18,97 | 5,49 | 0,16 | -0,64 | 9,3 | 30 | 20,7 | 0,72 |
| 1983-2009 | 18,64 | 6,24 | 0,48 | -0,71 | 9 | 32 | 23 | 0,60 |
| 1956-2009 | 18,81 | 5,88 | 0,34 | -0,67 | 9 | 32 | 23 | 0,65 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,72 | 3,51 | 0,89 | 0,29 | 5 | 18 | 13 | 0,62 |
| 1974-1991 | 10,50 | 3,98 | 0,47 | -0,73 | 4 | 18 | 14 | 0,37 |
| 1992-2009 | 10,06 | 3,54 | 0,54 | -0,24 | 4 | 18 | 14 | 0,75 |
| 1956-1982 | 10,22 | 3,98 | 0,51 | -0,56 | 4 | 18 | 14 | 0,55 |
| 1983-2009 | 9,96 | 3,38 | 0,77 | -0,01 | 4 | 18 | 14 | 0,68 |
| 1956-2009 | 10,09 | 3,69 | 0,63 | -0,30 | 4 | 18 | 14 | 0,53 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1971-1991 | 10,81 | 0,98 | 0,52 | -0,38 | 9,3 | 13,2 | 3,9 | 0,61 |
| 1992-2009 | 11,36 | 1,12 | 0,70 | 0,30 | 9,6 | 14,2 | 4,6 | 0,64 |
| 1971-2009 | 11,06 | 1,08 | 0,66 | 0,25 | 9,3 | 14,2 | 4,9 | 0,67 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 31,41 | 2,92 | -0,04 | -0,04 | 25,8 | 37 | 11,2 | 0,55 |
| 1974-1991 | 30,17 | 1,86 | -0,52 | -1,04 | 26,5 | 32,5 | 6 | 0,57 |
| 1992-2009 | 31,77 | 2,02 | 0,12 | -0,71 | 28,5 | 35,5 | 7 | 0,73 |
| 1956-1982 | 30,94 | 2,69 | 0,18 | 0,11 | 25,8 | 37 | 11,2 | 0,69 |
| 1983-2009 | 31,29 | 2,08 | -0,09 | -0,11 | 26,5 | 35,5 | 9 | 0,68 |
| 1956-2009 | 31,12 | 2,41 | 0,04 | 0,19 | 25,8 | 37 | 11,2 | 0,68 |

Таблица 13. Статистические характеристики временных рядов летних значений метеопараметров по данным МС «Терек»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 222,37 | 67,03 | 0,45 | -0,74 | 123,0 | 363,0 | 240,0 | 0,74 |
| 1974-1991 | 219,34 | 59,21 | -0,91 | 1,70 | 54,0 | 339,4 | 285,4 | 0,57 |
| 1992-2009 | 177,83 | 57,29 | 0,63 | -0,18 | 95,0 | 314,0 | 219,0 | 0,64 |
| 1956-1982 | 217,51 | 69,47 | 0,08 | -0,08 | 54,0 | 363,0 | 309,0 | 0,63 |
| 1983-2009 | 195,52 | 57,26 | -0,02 | -0,93 | 95,0 | 314,0 | 219,0 | 0,78 |
| 1955-2009 | 206,52 | 64,60 | 0,14 | -0,20 | 54 | 363 | 309 | 0,74 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 25,89 | 6,34 | 1,40 | 2,15 | 18,3 | 45 | 26,7 | 0,74 |
| 1974-1991 | 26,74 | 6,73 | -0,81 | 1,58 | 7,7 | 39,7 | 32 | 0,64 |
| 1992-2009 | 21,79 | 6,92 | 0,45 | -1,01 | 13,3 | 36 | 22,7 | 0,72 |
| 1956-1982 | 25,56 | 6,69 | 0,27 | 1,93 | 7,7 | 45 | 37,3 | 0,62 |
| 1983-2009 | 24,06 | 7,23 | 0,18 | -0,88 | 13,3 | 39,7 | 26,4 | 0,72 |
| 1956-2009 | 24,81 | 7,01 | 0,19 | 0,33 | 7,7 | 45 | 37,3 | 0,70 |

| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
|---|-------|------|-------|-------|------|------|-----|------|
| 1956-1973 | 13,33 | 3,90 | 0,77 | -0,16 | 8 | 23 | 15 | 0,57 |
| 1974-1991 | 11,89 | 4,15 | -0,26 | -0,56 | 3 | 19 | 16 | 0,68 |
| 1992-2009 | 11,17 | 3,83 | 1,64 | 3,05 | 5 | 23 | 18 | 0,55 |
| 1956-1982 | 12,74 | 4,28 | 0,14 | -0,13 | 3 | 23 | 20 | 0,65 |
| 1983-2009 | 11,52 | 3,74 | 1,17 | 1,86 | 5 | 23 | 18 | 0,66 |
| 1956-2009 | 12,13 | 4,07 | 0,60 | 0,41 | 3 | 23 | 20 | 0,59 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1971-1991 | 21,95 | 0,90 | 0,01 | -0,78 | 20,3 | 23,7 | 3,4 | 0,77 |
| 1992-2009 | 23,02 | 0,80 | 0,53 | -0,49 | 22 | 24,8 | 2,8 | 0,73 |
| 1971-2009 | 22,44 | 1,01 | 0,01 | -0,24 | 20,3 | 24,8 | 4,5 | 0,84 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 35,87 | 1,91 | 0,03 | -1,02 | 32,7 | 39,4 | 6,7 | 0,71 |
| 1974-1991 | 35,36 | 1,31 | -0,05 | -0,55 | 33 | 38 | 5 | 0,68 |
| 1992-2009 | 36,28 | 3,41 | -2,01 | 4,98 | 24,6 | 40,6 | 16 | 0,69 |
| 1956-1982 | 35,62 | 1,78 | 0,12 | -0,75 | 32,7 | 39,4 | 6,7 | 0,61 |
| 1983-2009 | 36,06 | 2,89 | -2,00 | 6,66 | 24,6 | 40,6 | 16 | 0,72 |
| 1956-2009 | 35,84 | 2,41 | -1,58 | 6,76 | 24,6 | 40,6 | 16 | 0,67 |

Таблица 14. Статистические характеристики временных рядов осенних значений метеопараметров по данным МС «Терек»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 92,27 | 31,45 | 0,85 | -0,70 | 56,0 | 156,0 | 100,0 | 0,77 |
| 1974-1991 | 93,42 | 24,26 | -0,17 | 0,06 | 36,0 | 141,0 | 105,0 | 0,61 |
| 1992-2009 | 128,22 | 34,74 | -0,09 | -0,93 | 69,0 | 194,0 | 125,0 | 0,74 |
| 1956-1982 | 94,27 | 28,88 | 0,72 | -0,71 | 56,0 | 156,0 | 100,0 | 0,72 |
| 1983-2009 | 115,00 | 36,93 | 0,11 | -0,60 | 36,0 | 194,0 | 158,0 | 0,78 |
| 1956-2009 | 104,64 | 34,73 | 0,47 | -0,59 | 36 | 194 | 158 | 0,80 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 11,98 | 4,99 | 1,69 | 2,10 | 6,3 | 26,7 | 20,4 | 0,75 |
| 1974-1991 | 13,12 | 3,53 | 0,50 | -0,16 | 7,3 | 21,3 | 14 | 0,72 |
| 1992-2009 | 15,38 | 5,26 | 0,46 | -0,15 | 6,3 | 27,3 | 21 | 0,80 |
| 1956-1982 | 11,98 | 4,26 | 1,80 | 3,45 | 6,3 | 26,7 | 20,4 | 0,70 |
| 1983-2009 | 15,02 | 4,96 | 0,43 | -0,06 | 6,3 | 27,3 | 21 | 0,73 |
| 1956-2009 | 13,50 | 4,87 | 0,96 | 0,54 | 6,3 | 27,3 | 21 | 0,78 |
| Число дней с осадками 5 мм и более (дн.) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 5,44 | 1,43 | -0,58 | -0,05 | 2 | 8 | 6 | 0,79 |
| 1974-1991 | 6,67 | 2,67 | 1,33 | 3,03 | 2 | 15 | 13 | 0,52 |
| 1992-2009 | 8,17 | 2,87 | -0,49 | -0,99 | 3 | 12 | 9 | 0,88 |
| 1956-1982 | 6,04 | 2,28 | 1,98 | 6,40 | 2 | 15 | 13 | 0,65 |
| 1983-2009 | 7,48 | 2,79 | -0,20 | -0,93 | 2 | 12 | 10 | 0,79 |
| 1956-2009 | 6,76 | 2,65 | 0,67 | 0,46 | 2 | 15 | 13 | 0,70 |

| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
|--|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 1971-1991 | 10,91 | 0,83 | 0,07 | -0,92 | 9,3 | 12,4 | 3,1 | 0,73 |
| 1992-2009 | 11,79 | 1,54 | -0,65 | 0,78 | 7,7 | 14,3 | 6,6 | 0,84 |
| 1971-2009 | 11,31 | 1,29 | 0,03 | 0,70 | 7,7 | 14,3 | 6,6 | 0,82 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 31,01 | 2,63 | -0,30 | -0,55 | 25,3 | 35,5 | 10,2 | 0,51 |
| 1974-1991 | 30,03 | 1,33 | 0,44 | -0,83 | 28 | 32,5 | 4,5 | 0,67 |
| 1992-2009 | 33,01 | 1,98 | 1,34 | 0,89 | 31 | 38 | 7 | 0,75 |
| 1956-1982 | 30,64 | 2,35 | 0,06 | -0,39 | 25,3 | 35,5 | 10,2 | 0,49 |
| 1983-2009 | 32,06 | 2,22 | 0,88 | 1,02 | 28 | 38 | 10 | 0,78 |
| 1956-2009 | 31,35 | 2,39 | 0,34 | 0,58 | 25,3 | 38 | 12,7 | 0,79 |

Таблица 15. Статистические характеристики временных рядов годовых значений метеопараметров по данным МС «Терек»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|--|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Суммарное количество осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 539,23 | 94,88 | -0,06 | -0,61 | 380,0 | 710,0 | 330,0 | 0,67 |
| 1974-1991 | 531,55 | 78,33 | -0,30 | -0,05 | 376,0 | 695,6 | 319,6 | 0,50 |
| 1992-2009 | 534,17 | 89,17 | 0,42 | 0,47 | 356,0 | 749,0 | 393,0 | 0,75 |
| 1956-1982 | 537,12 | 92,87 | -0,04 | -0,58 | 380,0 | 710,0 | 330,0 | 0,62 |
| 1983-2009 | 532,85 | 82,34 | 0,21 | 0,78 | 356,0 | 749,0 | 393,0 | 0,66 |
| 1956-2009 | 534,99 | 87,79 | 0,07 | -0,03 | 356 | 749 | 393 | 0,55 |
| Суточный максимум осадков (мм) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 15,84 | 2,05 | 0,68 | -0,07 | 13,1 | 20,9 | 7,8 | 0,64 |
| 1974-1991 | 16,90 | 2,51 | -0,17 | -0,40 | 11,6 | 21,5 | 9,9 | 0,59 |
| 1992-2009 | 15,84 | 2,77 | 0,01 | -1,28 | 11,8 | 20,1 | 8,3 | 0,79 |
| 1956-1982 | 15,99 | 1,98 | 0,36 | -0,52 | 13,1 | 20,9 | 7,8 | 0,60 |
| 1983-2009 | 16,40 | 2,93 | -0,12 | -1,08 | 11,6 | 21,5 | 9,9 | 0,59 |
| 1956-2009 | 16,19 | 2,51 | 0,09 | -0,75 | 11,6 | 21,5 | 9,9 | 0,63 |
| Число дней с осадками 5 мм и более | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 31,89 | 5,92 | 0,22 | -0,89 | 21 | 42 | 21 | 0,60 |
| 1974-1991 | 32,72 | 7,02 | -0,36 | -0,16 | 17 | 44 | 27 | 0,54 |
| 1992-2009 | 32,94 | 7,96 | 1,35 | 2,38 | 20 | 57 | 37 | 0,67 |
| 1956-1982 | 32,30 | 6,33 | 0,11 | -0,86 | 21 | 44 | 23 | 0,44 |
| 1983-2009 | 32,74 | 7,66 | 0,87 | 2,13 | 17 | 57 | 40 | 0,55 |
| 1956-2009 | 32,52 | 7,03 | 0,62 | 1,39 | 17 | 57 | 40 | 0,45 |
| Средняя температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1971-1991 | 10,47 | 0,64 | -0,06 | -0,79 | 9,3 | 11,5 | 2,2 | 0,67 |
| 1992-2009 | 11,45 | 0,77 | -1,06 | 0,64 | 9,4 | 12,3 | 2,9 | 0,72 |
| 1971-2009 | 10,92 | 0,85 | -0,13 | -0,92 | 9,3 | 12,3 | 3 | 0,88 |
| Максимальная температура воздуха (°С) | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 24,00 | 1,23 | -0,34 | -0,18 | 21,2 | 26 | 4,8 | 0,65 |
| 1974-1991 | 23,26 | 1,05 | 0,16 | 0,77 | 21 | 25,8 | 4,8 | 0,68 |
| 1992-2009 | 25,15 | 0,96 | -0,36 | -0,33 | 23,1 | 26,9 | 3,8 | 0,79 |
| 1956-1982 | 23,71 | 1,13 | 0,19 | -0,14 | 21,2 | 26 | 4,8 | 0,75 |
| 1983-2009 | 24,56 | 1,39 | -0,69 | 0,11 | 21 | 26,9 | 5,9 | 0,87 |
| 1956-2009 | 24,14 | 1,34 | -0,15 | -0,46 | 21 | 26,9 | 5,9 | 0,86 |

Таблица 16. Статистические характеристики временных рядов значений суммарного количества осадков по данным МС «Армавир»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 111,88 | 35,64 | -0,25 | -0,78 | 48 | 168 | 120 | 0,78 |
| 1974-1991 | 103,82 | 27,16 | 0,57 | -0,23 | 59,9 | 163,1 | 103,2 | 0,74 |
| 1992-2009 | 115,11 | 34,12 | 0,81 | 1,09 | 58,7 | 209,3 | 150,6 | 0,69 |
| 1966-1982 | 103,12 | 29,92 | 0,28 | -0,53 | 48 | 168 | 120 | 0,72 |
| 1983-2009 | 114,17 | 32,82 | 0,68 | 0,83 | 58,7 | 209,3 | 150,6 | 0,78 |
| 1966-2009 | 109,90 | 32,18 | 0,57 | 0,57 | 48 | 209,3 | 161,3 | 0,73 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 153,38 | 41,75 | 1,66 | 1,33 | 120 | 254 | 134 | 0,82 |
| 1974-1991 | 154,93 | 40,05 | 0,29 | -0,74 | 82,8 | 233 | 150,2 | 0,64 |
| 1992-2009 | 171,57 | 56,53 | -0,83 | -0,15 | 39,7 | 249,5 | 209,8 | 0,78 |
| 1966-1982 | 159,53 | 42,45 | 0,80 | -0,45 | 107 | 254 | 147 | 0,72 |
| 1983-2009 | 162,67 | 51,90 | -0,44 | -0,41 | 39,7 | 249,5 | 209,8 | 0,67 |
| 1966-2009 | 161,46 | 48,49 | -0,11 | -0,40 | 39,7 | 254 | 214,3 | 0,62 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 180,25 | 78,47 | -0,20 | -1,26 | 54 | 293 | 239 | 0,90 |
| 1974-1991 | 213,94 | 94,95 | 0,72 | -0,10 | 94 | 430,1 | 336,1 | 0,72 |
| 1992-2009 | 201,22 | 91,27 | 0,86 | 0,53 | 57,4 | 440,1 | 382,7 | 0,53 |
| 1966-1982 | 191,06 | 71,50 | -0,20 | -0,93 | 54 | 301 | 247 | 0,68 |
| 1983-2009 | 209,89 | 101,33 | 0,81 | -0,12 | 57,4 | 440,1 | 382,7 | 0,59 |
| 1966-2009 | 202,61 | 91,43 | 0,73 | 0,25 | 54 | 440,1 | 386,1 | 0,61 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 126,13 | 51,46 | -0,01 | -1,04 | 42 | 201 | 159 | 0,86 |
| 1974-1991 | 143,29 | 52,76 | 0,12 | -0,32 | 38 | 253 | 215 | 0,65 |
| 1992-2009 | 170,53 | 63,49 | 0,47 | -0,33 | 67,7 | 321,7 | 254 | 0,58 |
| 1966-1982 | 130,65 | 55,48 | 0,28 | -0,37 | 38 | 253 | 215 | 0,80 |
| 1983-2009 | 164,33 | 58,55 | 0,51 | 0,03 | 67,7 | 321,7 | 254 | 0,66 |
| 1966-2009 | 151,31 | 59,68 | 0,41 | 0,03 | 38 | 321,7 | 283,7 | 0,73 |
| Год | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 568,75 | 99,27 | -0,44 | -1,29 | 415 | 689 | 274 | 0,91 |
| 1974-1991 | 616,88 | 132,95 | 0,41 | -0,33 | 387,2 | 899,6 | 512,4 | 0,76 |
| 1992-2009 | 656,81 | 117,72 | -0,11 | -1,10 | 446,2 | 860,1 | 413,9 | 0,55 |
| 1966-1982 | 581,88 | 89,87 | -0,64 | -0,83 | 415 | 692 | 277 | 0,75 |
| 1983-2009 | 651,27 | 136,57 | -0,01 | -1,02 | 387,2 | 899,6 | 512,4 | 0,75 |
| 1966-2009 | 624,46 | 125,33 | 0,16 | -0,60 | 387,2 | 899,6 | 512,4 | 0,80 |

Таблица 17. Статистические характеристики временных рядов значений средней температуры воздуха по данным МС «Армавир»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -1,05 | 1,90 | 0,46 | 0,03 | -3,97 | 3,63 | 7,6 | 0,59 |
| 1974-1991 | -0,82 | 1,40 | 0,19 | 0,34 | -3,33 | 2,63 | 5,96 | 0,66 |
| 1992-2009 | -0,27 | 1,42 | -0,10 | -1,43 | -2,63 | 1,87 | 4,5 | 0,72 |
| 1956-1982 | -0,99 | 1,80 | 0,50 | 0,21 | -3,97 | 3,63 | 7,6 | 0,52 |
| 1983-2009 | -0,44 | 1,38 | -0,21 | -0,98 | -3,33 | 1,87 | 5,20 | 0,77 |
| 1956-2009 | -0,71 | 1,63 | 0,14 | -0,18 | -3,97 | 3,63 | 7,6 | 0,60 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,41 | 1,27 | -0,07 | -1,03 | 8,03 | 12,53 | 4,5 | 0,76 |
| 1974-1991 | 10,71 | 1,06 | 0,09 | -0,74 | 8,67 | 12,6 | 3,93 | 0,69 |
| 1992-2009 | 10,98 | 0,81 | 0,11 | -0,17 | 9,37 | 12,8 | 3,43 | 0,72 |
| 1956-1982 | 10,53 | 1,25 | 0,04 | -0,98 | 8,03 | 12,6 | 4,57 | 0,81 |
| 1983-2009 | 10,88 | 0,86 | -0,28 | 0,32 | 8,67 | 12,8 | 4,13 | 0,69 |
| 1956-2009 | 10,70 | 1,09 | -0,20 | -0,50 | 8,03 | 12,8 | 4,77 | 0,69 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 21,79 | 1,00 | 0,39 | -0,56 | 20,23 | 24,03 | 3,8 | 0,65 |
| 1974-1991 | 21,53 | 1,04 | 0,20 | -1,22 | 20 | 23,33 | 3,33 | 0,58 |
| 1992-2009 | 22,31 | 1,07 | 0,17 | -1,03 | 20,4 | 24,17 | 3,77 | 0,75 |
| 1956-1982 | 21,70 | 1,07 | 0,19 | -0,90 | 20 | 24,03 | 4,03 | 0,55 |
| 1983-2009 | 22,05 | 1,07 | 0,33 | -0,88 | 20,33 | 24,17 | 3,84 | 0,80 |
| 1956-2009 | 21,88 | 1,09 | 0,25 | -0,81 | 20 | 24,17 | 4,17 | 0,70 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,99 | 1,42 | -0,77 | -0,33 | 7,77 | 13,03 | 5,26 | 0,79 |
| 1974-1991 | 10,98 | 1,00 | 0,64 | -0,47 | 9,37 | 12,97 | 3,6 | 0,68 |
| 1992-2009 | 11,57 | 1,34 | -1,62 | 2,75 | 7,37 | 13,17 | 5,8 | 0,76 |
| 1956-1982 | 11,02 | 1,33 | -0,53 | -0,20 | 7,77 | 13,03 | 5,26 | 0,70 |
| 1983-2009 | 11,34 | 1,24 | -1,06 | 1,55 | 7,37 | 13,17 | 5,8 | 0,77 |
| 1956-2009 | 11,18 | 1,30 | -0,78 | 0,46 | 7,37 | 13,17 | 5,8 | 0,66 |
| Год | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 10,54 | 0,94 | 0,14 | 0,41 | 8,49 | 12,74 | 4,25 | 0,66 |
| 1974-1991 | 10,60 | 0,73 | -0,01 | -0,75 | 9,28 | 11,98 | 2,7 | 0,59 |
| 1992-2009 | 11,17 | 0,86 | -1,15 | 0,70 | 8,9 | 12,36 | 3,46 | 0,82 |
| 1956-1982 | 10,58 | 0,91 | 0,10 | 0,06 | 8,49 | 12,74 | 4,25 | 0,62 |
| 1983-2009 | 10,96 | 0,83 | -0,65 | -0,20 | 8,9 | 12,36 | 3,46 | 0,85 |
| 1956-2009 | 10,77 | 0,89 | -0,27 | -0,30 | 8,49 | 12,74 | 4,25 | 0,74 |

Таблица 18. Статистические характеристики временных рядов значений
суммарного количества осадков по данным МС «Сочи»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 478,75 | 135,46 | 0,34 | 0,02 | 253 | 749 | 496 | 0,73 |
| 1974-1991 | 519,88 | 142,55 | 0,35 | -0,59 | 307 | 821 | 514 | 0,69 |
| 1992-2009 | 488,03 | 99,71 | 0,92 | 0,48 | 355,2 | 745,8 | 390,6 | 0,49 |
| 1966-1982 | 499,59 | 145,99 | 0,42 | -0,21 | 253 | 821 | 568 | 0,70 |
| 1983-2009 | 499,23 | 112,63 | 0,69 | -0,17 | 335,3 | 762,7 | 427,4 | 0,73 |
| 1966-2009 | 499,37 | 126,56 | 0,55 | -0,01 | 253 | 821 | 568 | 0,59 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 303,88 | 95,73 | 0,14 | -1,12 | 153 | 440 | 287 | 0,86 |
| 1974-1991 | 322,52 | 93,01 | -0,18 | -0,42 | 114 | 479,3 | 365,3 | 0,55 |
| 1992-2009 | 364,20 | 92,62 | 0,31 | -1,37 | 227 | 508,6 | 281,6 | 0,77 |
| 1966-1982 | 309,54 | 99,07 | -0,17 | -0,87 | 114 | 455 | 341 | 0,71 |
| 1983-2009 | 352,95 | 90,84 | 0,37 | -1,16 | 206,9 | 508,6 | 301,7 | 0,70 |
| 1966-2009 | 336,18 | 96,45 | 0,06 | -0,69 | 114 | 508,6 | 394,6 | 0,69 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 339,13 | 120,98 | 0,42 | -1,69 | 216 | 505 | 289 | 0,75 |
| 1974-1991 | 317,89 | 132,78 | 0,46 | 0,39 | 96,8 | 652,9 | 556,1 | 0,69 |
| 1992-2009 | 359,45 | 140,95 | -0,22 | -0,72 | 68,4 | 588,1 | 519,7 | 0,66 |
| 1966-1982 | 296,53 | 110,27 | 0,52 | -0,49 | 122 | 505 | 383 | 0,71 |
| 1983-2009 | 365,34 | 142,91 | -0,15 | -0,43 | 68,4 | 652,9 | 584,5 | 0,56 |
| 1966-2009 | 338,76 | 135,48 | 0,15 | -0,53 | 68,4 | 652,9 | 584,5 | 0,67 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 447,21 | 158,06 | -1,27 | 0,51 | 90 | 600 | 510 | 0,73 |
| 1974-1991 | 473,68 | 234,32 | 0,80 | -0,16 | 152 | 1030 | 878 | 0,52 |
| 1992-2009 | 512,46 | 154,86 | -0,52 | -0,47 | 190,9 | 748,5 | 557,6 | 0,54 |
| 1966-1982 | 459,10 | 230,04 | 0,63 | 0,25 | 90 | 1030 | 940 | 0,58 |
| 1983-2009 | 500,87 | 164,36 | -0,05 | -0,43 | 190,9 | 859,2 | 668,3 | 0,53 |
| 1966-2009 | 484,73 | 193,48 | 0,28 | 0,18 | 90 | 1030 | 940 | 0,52 |
| Год | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 1561,46 | 211,20 | -0,52 | -0,75 | 1000 | 1832,7 | 832,7 | 0,55 |
| 1974-1991 | 1639,89 | 335,24 | -2,95 | -1,11 | 1000 | 2251,5 | 1251,5 | 0,63 |
| 1992-2009 | 1715,67 | 251,68 | -0,24 | -0,08 | 1000 | 2249,1 | 1249,1 | 0,47 |
| 1966-1982 | 1555,82 | 257,70 | 0,23 | -1,19 | 1000 | 1996 | 996 | 0,52 |
| 1983-2009 | 1720,11 | 288,65 | -0,43 | -1,21 | 1000 | 2251,5 | 1251,5 | 0,53 |
| 1966-2009 | 1656,63 | 288,42 | -0,13 | -0,62 | 1000 | 2251,5 | 1251,5 | 0,68 |

Таблица 19. Статистические характеристики временных рядов значений средней температуры воздуха по данным МС «Сочи»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 7,26 | 1,34 | 0,09 | -0,56 | 4,93 | 9,9 | 4,97 | 0,60 |
| 1974-1991 | 6,56 | 1,12 | 0,30 | -0,52 | 4,6 | 8,97 | 4,37 | 0,81 |
| 1992-2009 | 6,59 | 1,15 | -0,58 | -0,03 | 4,2 | 8,63 | 4,43 | 0,74 |
| 1956-1982 | 7,12 | 1,32 | 0,07 | -0,53 | 4,6 | 9,9 | 5,3 | 0,69 |
| 1983-2009 | 6,48 | 1,08 | -0,31 | -0,22 | 4,2 | 8,63 | 4,43 | 0,74 |
| 1956-2009 | 6,80 | 1,25 | 0,09 | -0,15 | 4,2 | 9,9 | 5,7 | 0,69 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 12,15 | 0,93 | 0,29 | -0,96 | 10,6 | 13,97 | 3,37 | 0,69 |
| 1974-1991 | 12,00 | 0,88 | 0,31 | -1,76 | 10,27 | 13,93 | 3,66 | 0,61 |
| 1992-2009 | 12,22 | 0,78 | -0,17 | -1,06 | 10,93 | 13,47 | 2,54 | 0,69 |
| 1956-1982 | 12,14 | 0,95 | 0,37 | -0,88 | 10,6 | 13,97 | 3,37 | 0,68 |
| 1983-2009 | 12,10 | 0,79 | -0,25 | -0,52 | 10,27 | 13,47 | 3,2 | 0,71 |
| 1956-2009 | 12,12 | 0,87 | 0,16 | -0,66 | 10,27 | 13,97 | 3,7 | 0,60 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 21,88 | 0,78 | 0,67 | -1,87 | 20,77 | 23,8 | 3,03 | 0,52 |
| 1974-1991 | 21,76 | 0,84 | 0,29 | -1,01 | 20,6 | 23,47 | 2,87 | 0,63 |
| 1992-2009 | 22,57 | 0,76 | 0,17 | -1,10 | 21,2 | 23,73 | 2,53 | 0,82 |
| 1956-1982 | 21,84 | 0,84 | 0,48 | -0,52 | 20,6 | 23,8 | 3,2 | 0,42 |
| 1983-2009 | 22,29 | 0,84 | 0,10 | -0,75 | 20,63 | 23,73 | 3,1 | 0,86 |
| 1956-2009 | 22,07 | 0,87 | 0,26 | -0,74 | 20,6 | 23,8 | 3,2 | 0,76 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 15,48 | 1,26 | 0,09 | -0,56 | 13,2 | 18,07 | 4,87 | 0,71 |
| 1974-1991 | 15,22 | 0,68 | 0,64 | -0,54 | 14,33 | 16,8 | 2,47 | 0,69 |
| 1992-2009 | 15,78 | 0,89 | -0,38 | -0,40 | 13,83 | 17,37 | 3,54 | 0,72 |
| 1956-1982 | 15,46 | 1,11 | 0,19 | -0,12 | 13,2 | 18,07 | 4,87 | 0,67 |
| 1983-2009 | 15,53 | 0,88 | 0,06 | -0,81 | 13,83 | 17,37 | 3,54 | 0,82 |
| 1956-2009 | 15,49 | 1,00 | 0,12 | -0,20 | 13,2 | 18,07 | 4,87 | 0,69 |
| Год | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 14,19 | 0,73 | 0,53 | 0,48 | 12,89 | 16,03 | 3,14 | 0,54 |
| 1974-1991 | 13,89 | 0,46 | 0,69 | 0,23 | 13,15 | 14,98 | 1,83 | 0,65 |
| 1992-2009 | 14,31 | 0,65 | -1,16 | 0,55 | 12,78 | 15,08 | 2,3 | 0,79 |
| 1956-1982 | 14,14 | 0,66 | 0,63 | 0,68 | 12,89 | 16,03 | 3,14 | 0,57 |
| 1983-2009 | 14,11 | 0,63 | -0,43 | -0,58 | 12,78 | 15,08 | 2,3 | 0,88 |
| 1956-2009 | 14,13 | 0,65 | 0,14 | 0,17 | 12,78 | 16,03 | 3,25 | 0,75 |

Таблица 20. Статистические характеристики временных рядов значений
суммарного количества осадков по данным МС «Красная поляна»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 563,73 | 222,72 | 0,57 | -0,34 | 251,5 | 1010,8 | 759,3 | 0,70 |
| 1974-1991 | 615,56 | 192,28 | 1,04 | 0,44 | 412,6 | 1112,9 | 700,3 | 0,56 |
| 1992-2009 | 601,34 | 139,90 | 0,89 | -0,13 | 414,3 | 914,3 | 500 | 0,65 |
| 1966-1982 | 595,54 | 201,74 | 0,42 | -0,49 | 251,5 | 1010,8 | 759,3 | 0,71 |
| 1983-2009 | 603,33 | 165,22 | 1,31 | 1,48 | 412,6 | 1112,9 | 700,3 | 0,65 |
| 1966-2009 | 600,32 | 180,25 | 0,83 | 0,48 | 251,5 | 1112,9 | 861,4 | 0,56 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 400,20 | 64,09 | 0,01 | -1,16 | 303,2 | 502,9 | 199,7 | 0,42 |
| 1974-1991 | 446,32 | 91,75 | -0,42 | 0,11 | 243,3 | 625,1 | 381,8 | 0,65 |
| 1992-2009 | 472,50 | 135,99 | 0,56 | 0,67 | 205 | 821,1 | 616,1 | 0,63 |
| 1966-1982 | 436,14 | 93,03 | -0,08 | -0,20 | 243,3 | 625,1 | 381,8 | 0,71 |
| 1983-2009 | 456,52 | 120,94 | 0,72 | 1,50 | 205 | 821,1 | 616,1 | 0,63 |
| 1966-2009 | 448,65 | 111,44 | 0,61 | 1,56 | 205 | 821,1 | 616,1 | 0,59 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 402,68 | 90,84 | 0,54 | -1,19 | 291,7 | 550,5 | 258,8 | 0,81 |
| 1974-1991 | 350,33 | 118,06 | 0,31 | -0,89 | 148 | 587,9 | 439 | 0,65 |
| 1992-2009 | 340,80 | 103,70 | -0,18 | -0,77 | 147,6 | 529,3 | 381,7 | 0,58 |
| 1966-1982 | 376,67 | 111,93 | 0,38 | -0,94 | 216,3 | 587,9 | 371,6 | 0,56 |
| 1983-2009 | 342,90 | 106,76 | -0,14 | -0,86 | 147,6 | 529,3 | 381,7 | 0,49 |
| 1966-2009 | 355,95 | 110,02 | 0,10 | -0,69 | 147,6 | 587,9 | 440,3 | 0,54 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 533 | 221,17 | -0,03 | -1,06 | 193,5 | 890,5 | 697 | 0,87 |
| 1974-1991 | 590,98 | 188,44 | 1,11 | 1,08 | 330,8 | 1113,1 | 782,3 | 0,61 |
| 1992-2009 | 595,13 | 179,12 | -0,59 | -0,18 | 210,9 | 887,5 | 676,6 | 0,35 |
| 1966-1982 | 558,78 | 191,16 | 0,05 | -0,61 | 193,5 | 890,5 | 697 | 0,72 |
| 1983-2009 | 596,84 | 192,01 | 0,23 | 0,57 | 210,9 | 1113,1 | 902,2 | 0,57 |
| 1966-2009 | 582,14 | 192,57 | 0,16 | 0,15 | 193,5 | 1113,1 | 919,6 | 0,57 |
| Год | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 1896,94 | 190,41 | -0,55 | 0,05 | 1000 | 2188,7 | 1188,7 | 0,72 |
| 1974-1991 | 2001,54 | 312,48 | -0,48 | -0,89 | 1000 | 2445,1 | 1445,1 | 0,61 |
| 1992-2009 | 2012,76 | 309,41 | -0,11 | -0,34 | 1000 | 2537 | 1537 | 0,52 |
| 1966-1982 | 1956,89 | 213,19 | -0,43 | -0,65 | 1000 | 2287,4 | 1287,3 | 0,63 |
| 1983-2009 | 2006,14 | 336,29 | -0,25 | -0,79 | 1000 | 2537 | 1537 | 0,51 |
| 1966-2009 | 1987,11 | 295,86 | -0,20 | -0,49 | 1000 | 2537 | 1537 | 0,55 |

Таблица 21. Статистические характеристики временных рядов значений средней температуры воздуха по данным МС «Красная поляна»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1961-1973 | 1,72 | 1,57 | 0,19 | -0,74 | -0,73 | 4,67 | 5,4 | 0,46 |
| 1974-1991 | 1,18 | 1,09 | -0,05 | -0,46 | -1,03 | 3,33 | 4,36 | 0,79 |
| 1992-2009 | 1,44 | 1,14 | -0,75 | 0,31 | -1,13 | 3,43 | 4,56 | 0,71 |
| 1961-1982 | 1,59 | 1,45 | 0,10 | -0,42 | -1,03 | 4,67 | 5,7 | 0,71 |
| 1983-2009 | 1,28 | 1,09 | -0,40 | -0,16 | -1,13 | 3,43 | 4,56 | 0,77 |
| 1961-2009 | 1,42 | 1,27 | 0,03 | -0,03 | -1,13 | 4,67 | 5,8 | 0,71 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1961-1973 | 9,68 | 0,87 | -0,04 | -1,29 | 8,13 | 10,97 | 2,84 | 0,78 |
| 1974-1991 | 9,44 | 0,87 | -0,23 | -0,48 | 7,77 | 10,9 | 3,13 | 0,46 |
| 1992-2009 | 9,52 | 0,80 | -0,69 | -0,41 | 7,7 | 10,6 | 2,9 | 0,72 |
| 1961-1982 | 9,58 | 0,92 | -0,05 | -1,09 | 8 | 10,97 | 2,97 | 0,66 |
| 1983-2009 | 9,50 | 0,79 | -0,68 | -0,17 | 7,7 | 10,67 | 2,97 | 0,66 |
| 1961-2009 | 9,53 | 0,85 | -0,31 | -0,62 | 7,7 | 10,97 | 3,27 | 0,59 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1961-1973 | 18,52 | 0,73 | 0,31 | -0,40 | 17,37 | 20,03 | 2,65 | 0,53 |
| 1974-1991 | 18,75 | 0,81 | 0,18 | -1,17 | 17,63 | 20,17 | 2,54 | 0,70 |
| 1992-2009 | 19,54 | 0,79 | 0,23 | -0,79 | 18,1 | 20,97 | 2,87 | 0,78 |
| 1961-1982 | 18,59 | 0,81 | 0,29 | -0,91 | 17,37 | 20,17 | 2,8 | 0,51 |
| 1983-2009 | 19,30 | 0,84 | 0,26 | -0,67 | 17,77 | 2,97 | 3,2 | 0,83 |
| 1961-2009 | 18,98 | 0,89 | 0,24 | -0,61 | 17,37 | 20,97 | 3,6 | 0,80 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1961-1973 | 10,94 | 1,05 | 0,57 | -0,96 | 9,67 | 12,83 | 3,16 | 0,67 |
| 1974-1991 | 10,76 | 0,66 | 0,28 | -1,27 | 9,73 | 11,97 | 2,24 | 0,67 |
| 1992-2009 | 11,44 | 0,88 | -0,22 | -0,89 | 9,7 | 12,73 | 3,03 | 0,64 |
| 1961-1982 | 10,90 | 0,90 | 0,66 | -0,53 | 9,67 | 12,83 | 3,16 | 0,62 |
| 1983-2009 | 11,18 | 0,90 | 0,05 | -1,03 | 9,7 | 12,73 | 3,03 | 0,80 |
| 1961-2009 | 11,06 | 0,91 | 0,32 | -0,95 | 9,67 | 12,83 | 3,16 | 0,79 |
| Год | | | | | | | | |
| 1961-1973 | 10,19 | 0,74 | 0,82 | 0,44 | 9,11 | 11,94 | 2,83 | 0,46 |
| 1974-1991 | 10,04 | 0,47 | 0,05 | -0,82 | 9,17 | 10,98 | 1,81 | 0,61 |
| 1992-2009 | 10,51 | 0,68 | -1,46 | 1,38 | 8,78 | 11,37 | 2,59 | 0,72 |
| 1961-1982 | 10,16 | 0,65 | 0,73 | 0,82 | 9,11 | 11,94 | 2,83 | 0,54 |
| 1983-2009 | 10,32 | 0,66 | -0,73 | -0,23 | 8,78 | 11,37 | 2,59 | 0,87 |
| 1961-2009 | 10,25 | 0,66 | -0,08 | -0,12 | 8,78 | 11,94 | 3,16 | 0,79 |

Таблица 22. Статистические характеристики временных рядов значений суммарного количества осадков по данным МС «Минеральные воды»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 72,93 | 16,07 | -0,01 | -0,28 | 44,4 | 102,3 | 57,9 | 0,83 |
| 1974-1991 | 69,63 | 22,18 | 1,76 | 3,73 | 44,7 | 142 | 97,3 | 0,68 |
| 1992-2009 | 66,35 | 20,86 | -0,25 | -1,00 | 27,7 | 99,9 | 72,2 | 0,78 |
| 1966-1982 | 75,59 | 21,92 | 1,46 | 2,55 | 44,4 | 142 | 97,6 | 0,52 |
| 1983-2009 | 64,66 | 18,86 | -0,10 | -0,89 | 27,7 | 99,9 | 72,2 | 0,65 |
| 1966-2009 | 68,89 | 20,79 | 0,73 | 1,82 | 27,7 | 142 | 114,3 | 0,70 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 136,80 | 41,77 | 0,13 | -1,30 | 79,1 | 202,1 | 123 | 0,67 |
| 1974-1991 | 139,17 | 49,57 | 0,40 | -0,34 | 68,3 | 257,1 | 188,8 | 0,65 |
| 1992-2009 | 146,42 | 49,92 | 0,34 | -0,71 | 54,6 | 233,6 | 179 | 0,69 |
| 1966-1982 | 128,38 | 41,36 | 0,14 | -1,23 | 68,3 | 202,1 | 133,8 | 0,52 |
| 1983-2009 | 150,10 | 50,83 | 0,30 | -0,65 | 54,6 | 257,1 | 202,6 | 0,62 |
| 1966-2009 | 141,71 | 48,56 | 0,36 | -0,55 | 54,6 | 257,1 | 202,5 | 0,57 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 201,89 | 51,86 | 0,69 | -1,06 | 143,1 | 288,4 | 145,3 | 0,90 |
| 1974-1991 | 200,77 | 62,82 | 0,36 | -0,65 | 94,2 | 323,9 | 229,7 | 0,73 |
| 1992-2009 | 187,24 | 74,47 | 0,31 | 0,07 | 55,3 | 369 | 313,7 | 0,72 |
| 1966-1982 | 189,57 | 58,96 | 0,65 | -0,31 | 94,2 | 316,3 | 222,1 | 0,67 |
| 1983-2009 | 199,14 | 70,55 | 0,11 | -0,05 | 55,3 | 369 | 313,7 | 0,57 |
| 1966-2009 | 195,44 | 66,48 | 0,29 | -0,08 | 55,3 | 369 | 313,7 | 0,66 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 85,21 | 38,52 | 1,02 | 0,41 | 33,8 | 170 | 136,2 | 0,73 |
| 1974-1991 | 95,51 | 30,29 | 0,06 | -1,02 | 42,2 | 145,5 | 103,3 | 0,61 |
| 1992-2009 | 115,87 | 42,68 | 0,10 | -0,91 | 49,5 | 200,7 | 151,2 | 0,73 |
| 1966-1982 | 93,31 | 36,06 | 0,44 | -0,67 | 33,8 | 170 | 136,2 | 0,73 |
| 1983-2009 | 107,42 | 40,12 | 0,35 | -0,59 | 42,2 | 200,7 | 158,5 | 0,67 |
| 1966-2009 | 101,97 | 39,21 | 0,42 | -0,56 | 33,8 | 200,7 | 166,9 | 0,66 |
| Год | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 497,24 | 76,68 | 0,39 | -0,97 | 385,4 | 634 | 248,6 | 0,53 |
| 1974-1991 | 505,66 | 85,40 | 0,04 | -0,69 | 347,6 | 679,2 | 331,6 | 0,64 |
| 1992-2009 | 514,31 | 84,55 | -0,46 | -0,52 | 342,1 | 634,5 | 292,4 | 0,64 |
| 1966-1982 | 485,72 | 75,96 | 0,28 | -0,74 | 347,6 | 634 | 286,4 | 0,49 |
| 1983-2009 | 521,49 | 85,48 | -0,39 | -0,44 | 342,1 | 679,2 | 337,1 | 0,60 |
| 1966-2009 | 507,67 | 83,76 | -0,11 | -0,72 | 342,1 | 679,2 | 337,1 | 0,57 |

Таблица 23. Статистические характеристики временных рядов значений средней температуры воздуха по данным МС «Минеральные воды»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимал ьное значен. | Максима льное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------|------------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -2,64 | 2,24 | -0,03 | -0,19 | -6,93 | 2 | 8,93 | 0,68 |
| 1974-1991 | -2,73 | 1,54 | 0,24 | -0,14 | -5,3 | 0,87 | 6,17 | 0,65 |
| 1992-2009 | -2,10 | 1,54 | -0,09 | -1,34 | -4,6 | 0,03 | 4,63 | 0,74 |
| 1956-1982 | -2,72 | 2,10 | 0,13 | 0,08 | -6,93 | 2 | 8,93 | 0,69 |
| 1983-2009 | -2,25 | 1,47 | -0,08 | -1,14 | -4,93 | 0,03 | 4,96 | 0,71 |
| 1956-2009 | -2,49 | 1,83 | -0,05 | -0,04 | 6,93 | 2 | 8,93 | 0,64 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,21 | 1,35 | -0,27 | -1,28 | 6,87 | 10,9 | 4,03 | 0,44 |
| 1974-1991 | 9,12 | 1,03 | 0,24 | -1,17 | 7,4 | 10,87 | 3,46 | 0,73 |
| 1992-2009 | 9,53 | 0,84 | 0,07 | -0,04 | 7,93 | 11,47 | 3,54 | 0,64 |
| 1956-1982 | 9,20 | 1,26 | -0,14 | -1,26 | 6,87 | 10,9 | 4,02 | 0,53 |
| 1983-2009 | 9,38 | 0,91 | -0,04 | -0,34 | 7,4 | 11,47 | 4,07 | 0,71 |
| 1956-2009 | 9,29 | 1,11 | -0,19 | -0,83 | 6,87 | 11,47 | 4,6 | 0,56 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 21,27 | 1,03 | 0,29 | -0,34 | 19,3 | 23,33 | 4,03 | 0,59 |
| 1974-1991 | 20,89 | 0,95 | 0,12 | -0,99 | 19,23 | 22,57 | 3,33 | 0,65 |
| 1992-2009 | 21,61 | 1,14 | -0,01 | -1,38 | 19,9 | 23,33 | 3,43 | 0,83 |
| 1956-1982 | 21,14 | 1,09 | 0,16 | -0,70 | 19,23 | 23,33 | 4,1 | 0,59 |
| 1983-2009 | 21,37 | 1,07 | 0,30 | -1,08 | 19,73 | 23,33 | 3,6 | 0,86 |
| 1956-2009 | 21,26 | 1,08 | 0,22 | -0,84 | 19,23 | 23,33 | 4,1 | 0,79 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,71 | 1,26 | -0,43 | -0,84 | 7,03 | 11,33 | 4,3 | 0,78 |
| 1974-1991 | 9,87 | 0,92 | -0,03 | -0,68 | 7,97 | 11,43 | 3,46 | 0,64 |
| 1992-2009 | 10,11 | 1,34 | -1,60 | 2,11 | 6,13 | 11,47 | 5,34 | 0,74 |
| 1956-1982 | 9,78 | 1,20 | -0,42 | -0,71 | 7,03 | 11,43 | 4,4 | 0,66 |
| 1983-2009 | 10,02 | 1,19 | -1,37 | 2,17 | 6,13 | 11,47 | 5,34 | 0,72 |
| 1956-2009 | 9,9 | 1,20 | -0,88 | 0,51 | 6,13 | 11,47 | 5,34 | 0,60 |
| Год | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 9,38 | 0,98 | 0,32 | -0,45 | 7,68 | 11,53 | 3,85 | 0,62 |
| 1974-1991 | 9,30 | 0,77 | 0,25 | -0,99 | 7,95 | 10,62 | 2,67 | 0,59 |
| 1992-2009 | 9,80 | 0,86 | -0,93 | -0,10 | 7,68 | 10,89 | 3,21 | 0,83 |
| 1956-1982 | 9,35 | 0,96 | 0,30 | -0,64 | 7,68 | 11,53 | 3,85 | 0,57 |
| 1983-2009 | 9,63 | 0,82 | -0,47 | -0,73 | 7,68 | 10,89 | 3,21 | 0,84 |
| 1956-2009 | 9,49 | 0,90 | -0,07 | -0,81 | 7,7 | 11,53 | 3,85 | 0,72 |

Таблица 24. Статистические характеристики временных рядов значений
суммарного количества осадков по данным МС «Кисловодск»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квadratic. отклонение | Коэффициенты | | Минимальное значен. | Максимальное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|---------------------|-----------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 48,73 | 20,88 | 2,00 | 2,44 | 33,9 | 102,2 | 68,3 | 0,68 |
| 1974-1991 | 55,07 | 17,35 | 0,26 | -1,13 | 31,6 | 88,1 | 56,5 | 0,84 |
| 1992-2009 | 62,54 | 20,53 | 0,49 | -0,07 | 33,6 | 112,3 | 78,7 | 0,63 |
| 1966-1982 | 52,32 | 19,66 | 1,17 | 0,42 | 31,6 | 102,2 | 70,6 | 0,62 |
| 1983-2009 | 59,90 | 19,71 | 0,51 | -0,07 | 32,3 | 112,3 | 80 | 0,72 |
| 1966-2009 | 56,97 | 20,03 | 0,72 | -0,12 | 31,6 | 112,3 | 80,7 | 0,68 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 173,58 | 40,79 | -0,32 | -0,43 | 94,7 | 233,1 | 138,4 | 0,52 |
| 1974-1991 | 182,17 | 44,30 | -0,14 | -0,88 | 95,1 | 258,6 | 163,5 | 0,49 |
| 1992-2009 | 192,70 | 49,33 | -0,59 | -0,07 | 73,6 | 269,9 | 196,3 | 0,59 |
| 1966-1982 | 178,74 | 46,96 | -0,26 | -0,84 | 94,7 | 258,6 | 163,9 | 0,39 |
| 1983-2009 | 188,80 | 45,61 | -0,35 | -0,21 | 73,6 | 269,9 | 196,3 | 0,65 |
| 1966-2009 | 184,91 | 46,39 | -0,32 | -0,47 | 73,6 | 269,9 | 196,3 | 0,57 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 312,88 | 68,63 | 0,31 | -1,29 | 217,9 | 417,6 | 199,7 | 0,90 |
| 1974-1991 | 306,50 | 96,74 | 0,48 | -0,37 | 162,8 | 520 | 357,2 | 0,64 |
| 1992-2009 | 284,53 | 101,47 | 1,22 | 1,26 | 168,5 | 574 | 405,5 | 0,52 |
| 1966-1982 | 306,48 | 88,25 | 0,11 | -0,94 | 162,8 | 468,9 | 306,1 | 0,75 |
| 1983-2009 | 293,76 | 98,83 | 1,10 | 0,97 | 168,5 | 574 | 405,5 | 0,50 |
| 1966-2009 | 298,67 | 95,08 | 0,77 | 0,31 | 162,8 | 574 | 411,2 | 0,53 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 98,41 | 31,81 | -0,83 | -0,34 | 34,9 | 141,3 | 106,4 | 0,83 |
| 1974-1991 | 113,71 | 27,04 | -0,01 | -0,48 | 61,4 | 170,6 | 109,2 | 0,68 |
| 1992-2009 | 138,58 | 40,44 | 0,11 | -1,02 | 78,9 | 215,5 | 136,6 | 0,73 |
| 1966-1982 | 109,80 | 32,35 | -0,43 | 0,03 | 34,9 | 170,6 | 135,7 | 0,71 |
| 1983-2009 | 128,22 | 38,47 | 0,41 | -0,53 | 61,4 | 215,5 | 154,1 | 0,73 |
| 1966-2009 | 121,10 | 37,32 | 0,27 | 0,02 | 34,9 | 215,5 | 180,6 | 0,70 |
| Год | | | | | | | | |
| 1966-1973 | 635,80 | 80,32 | -0,19 | -1,26 | 506,7 | 753,5 | 246,8 | 0,74 |
| 1974-1991 | 656,73 | 103,11 | -0,45 | -0,29 | 443,3 | 820,6 | 377,3 | 0,49 |
| 1992-2009 | 677,11 | 138,16 | 0,42 | -0,21 | 441,1 | 1006,3 | 565,2 | 0,61 |
| 1966-1982 | 647,49 | 94,44 | -0,19 | -0,46 | 450,2 | 820,6 | 370,4 | 0,58 |
| 1983-2009 | 669,93 | 127,62 | 0,31 | 0,09 | 441,1 | 1006,3 | 565,2 | 0,51 |
| 1966-2009 | 661,26 | 116,44 | 0,29 | 0,30 | 441,1 | 1006,3 | 565,2 | 0,50 |

Таблица 25. Статистические характеристики временных рядов значений средней температуры воздуха по данным МС «Кисловодск»

| Временной ряд, годы | Среднее значен. | Средне-квадратич. отклонение | Коэффициенты | | Минимал ьное значен. | Максима льное значение | Разброс | Коэффициент Херста |
|---------------------|-----------------|------------------------------|--------------|-------|----------------------|------------------------|---------|--------------------|
| | | | асимм. | эксц. | | | | |
| Зима | | | | | | | | |
| 1956-1973 | -1,52 | 1,56 | -0,52 | 0,30 | -4,9 | 1,57 | 6,47 | 0,59 |
| 1974-1991 | -2,01 | 0,84 | 0,01 | -0,71 | -3,53 | -0,33 | 3,2 | 0,74 |
| 1992-2009 | -1,37 | 1,31 | -0,05 | -1,30 | -3,5 | 0,6 | 4,1 | 0,73 |
| 1956-1982 | -1,72 | 1,44 | -0,24 | 0,11 | -4,9 | 1,57 | 6,47 | 0,67 |
| 1983-2009 | -1,55 | 1,15 | 0,28 | -0,88 | -3,5 | 0,6 | 4,1 | 0,74 |
| 1956-2009 | -1,63 | 1,30 | -0,11 | 0,03 | -4,9 | 1,57 | 6,47 | 0,73 |
| Весна | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 7,50 | 1,16 | -0,27 | -0,74 | 5,13 | 9,33 | 4,2 | 0,56 |
| 1974-1991 | 7,19 | 1,04 | 0,47 | -0,58 | 5,57 | 9,37 | 3,8 | 0,60 |
| 1992-2009 | 7,48 | 0,97 | 0,18 | -0,68 | 5,83 | 9,5 | 3,67 | 0,61 |
| 1956-1982 | 7,42 | 1,16 | -0,02 | -0,96 | 5,13 | 9,37 | 4,23 | 0,62 |
| 1983-2009 | 7,37 | 0,96 | 0,25 | -0,51 | 5,57 | 9,5 | 3,93 | 0,66 |
| 1956-2009 | 7,39 | 1,06 | 0,09 | -0,75 | 5,13 | 9,5 | 4,37 | 0,57 |
| Лето | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 17,68 | 0,94 | 0,16 | -0,02 | 15,83 | 19,63 | 3,8 | 0,54 |
| 1974-1991 | 16,97 | 0,84 | 0,11 | -1,09 | 15,6 | 18,5 | 2,9 | 0,66 |
| 1992-2009 | 17,87 | 1,03 | 0,25 | -1,23 | 16,43 | 19,5 | 3,07 | 0,80 |
| 1956-1982 | 17,43 | 1,01 | 0,09 | -0,42 | 15,6 | 19,63 | 4,03 | 0,69 |
| 1983-2009 | 17,58 | 1,01 | 0,46 | -0,74 | 15,83 | 19,5 | 3,67 | 0,85 |
| 1956-2009 | 17,51 | 1,01 | 0,27 | -0,52 | 15,6 | 19,63 | 4,03 | 0,81 |
| Осень | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,53 | 1,37 | -0,76 | -0,22 | 5,2 | 10,33 | 5,13 | 0,75 |
| 1974-1991 | 8,18 | 0,94 | 0,53 | -0,87 | 6,83 | 10,1 | 3,27 | 0,74 |
| 1992-2009 | 8,77 | 1,08 | -1,33 | 2,47 | 5,47 | 10,63 | 5,16 | 0,74 |
| 1956-1982 | 8,49 | 1,25 | -0,56 | -0,22 | 5,2 | 10,33 | 5,13 | 0,69 |
| 1983-2009 | 8,49 | 1,08 | -0,63 | 0,46 | 5,47 | 10,63 | 5,16 | 0,79 |
| 1956-2009 | 8,49 | 1,17 | -0,59 | 0,09 | 5,2 | 10,63 | 5,43 | 0,68 |
| Год | | | | | | | | |
| 1956-1973 | 8,10 | 0,83 | 0,45 | -0,36 | 6,76 | 9,93 | 3,17 | 0,58 |
| 1974-1991 | 7,56 | 0,57 | 0,29 | -0,29 | 6,51 | 8,75 | 2,24 | 0,65 |
| 1992-2009 | 8,13 | 0,77 | -1,13 | 0,37 | 6,28 | 8,92 | 2,64 | 0,81 |
| 1956-1982 | 7,95 | 0,81 | 0,47 | -0,17 | 6,51 | 9,93 | 3,42 | 0,67 |
| 1983-2009 | 7,91 | 0,75 | -0,45 | -0,69 | 6,28 | 8,92 | 2,64 | 0,88 |
| 1956-2009 | 7,93 | 0,78 | 0,07 | -0,32 | 6,28 | 9,93 | 3,65 | 0,80 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Динамика изменения метеопараметров, тренд, климатическая норма, скользящие и многолетние средние значения

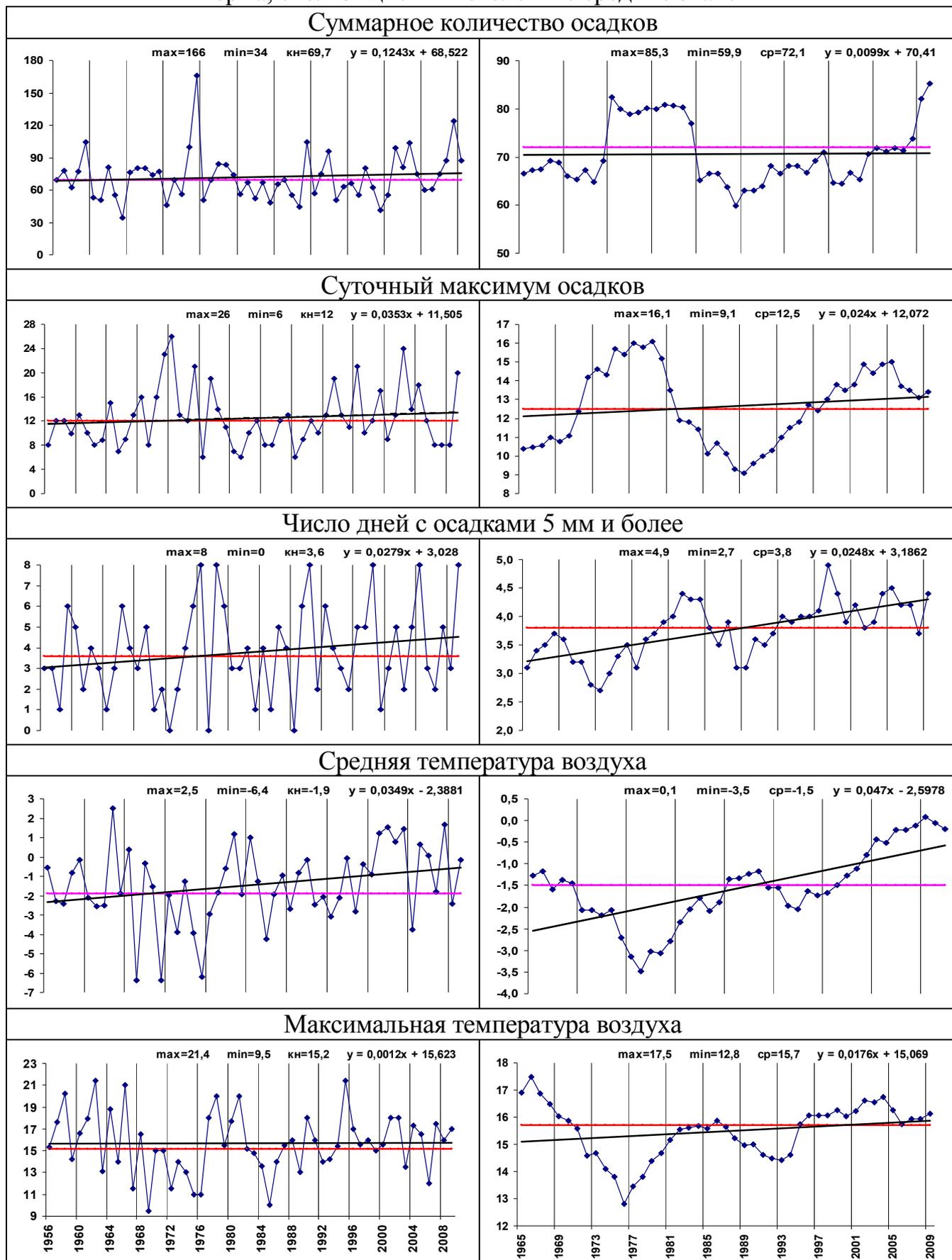


Рисунок 1. Динамика изменения в зимний период по данным МС Баксан

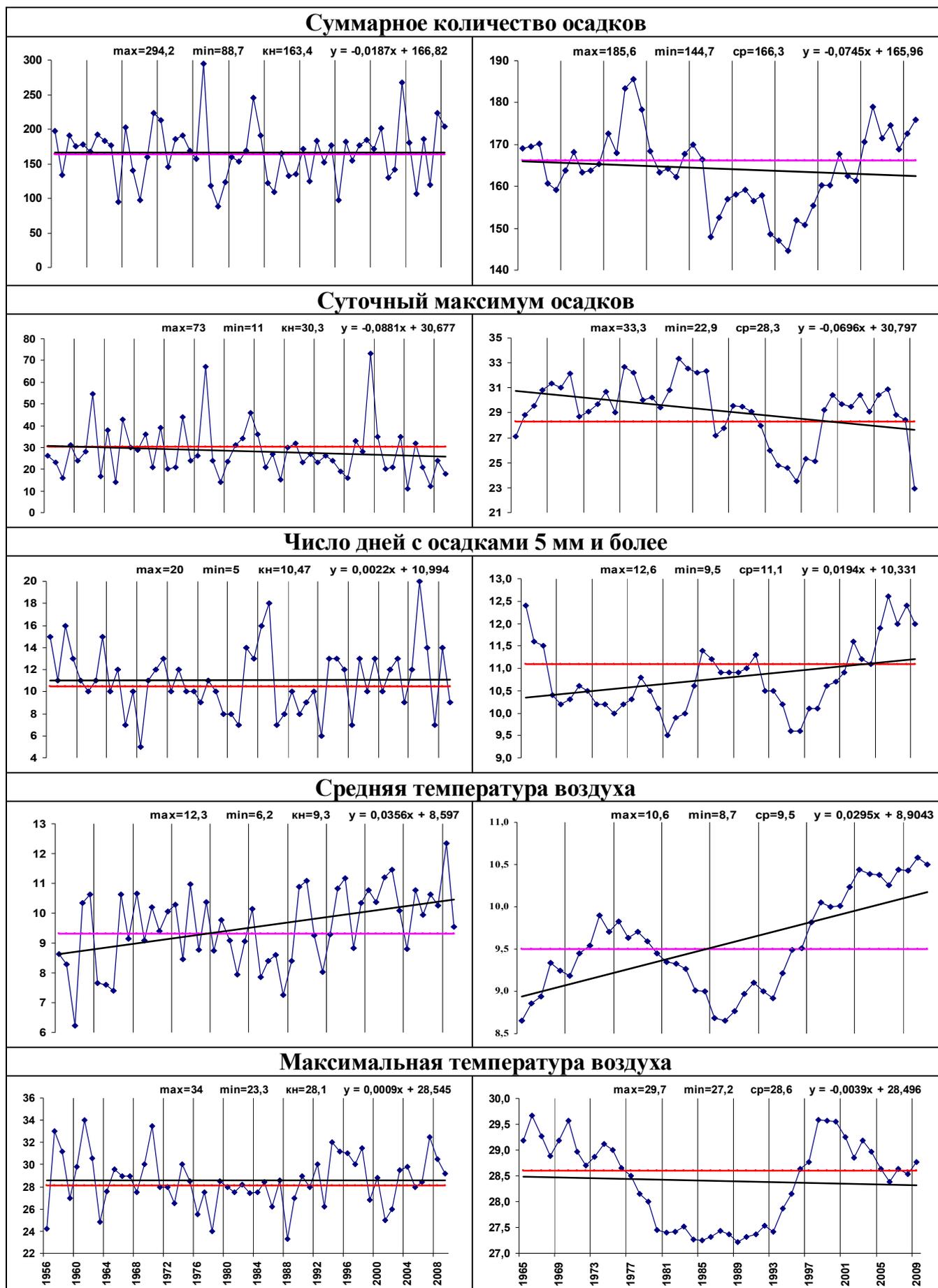


Рисунок 2. Динамика изменения в весенний период по данным МС Баксан

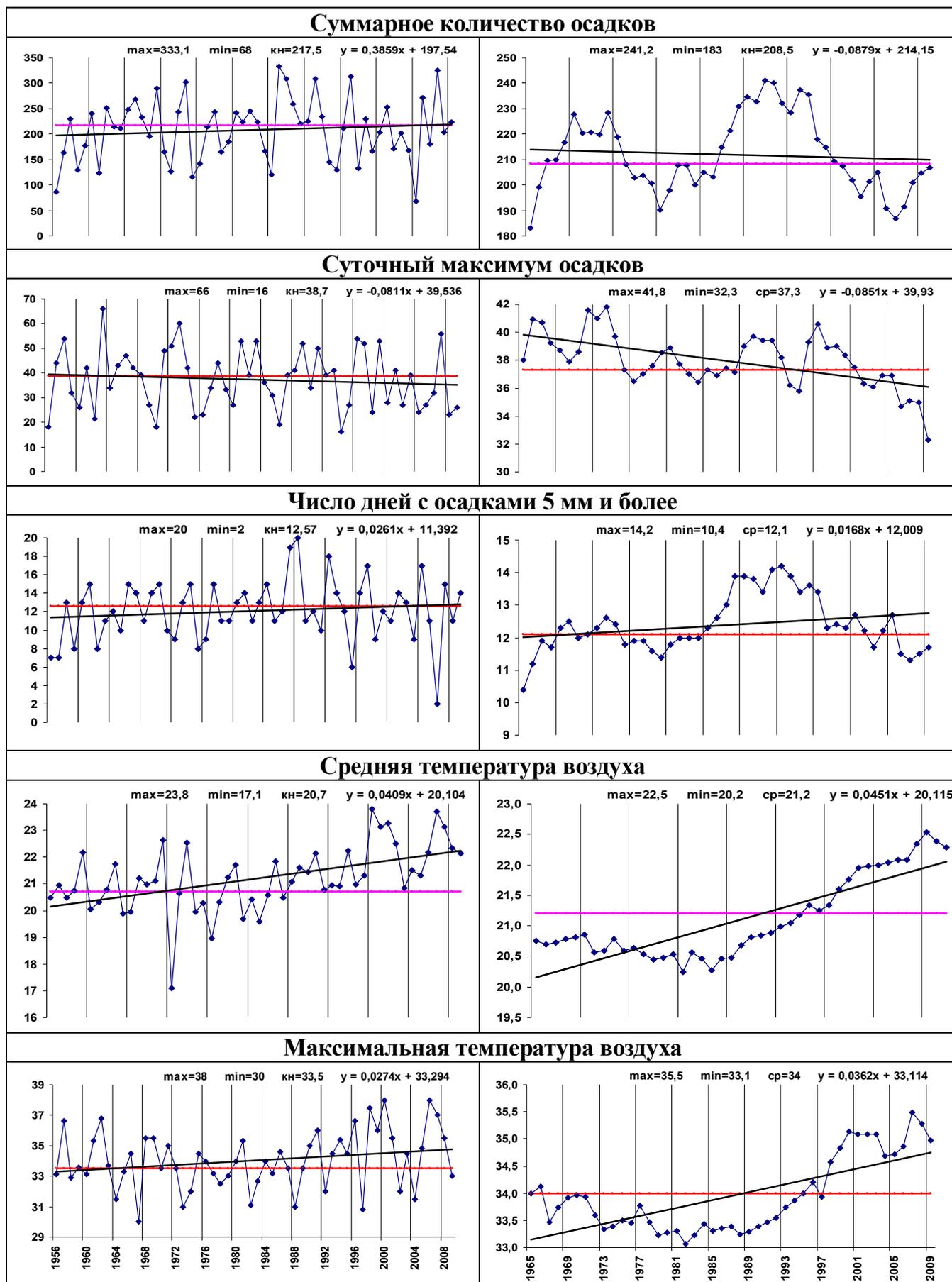


Рисунок 3. Динамика изменения в летний период по данным МС Баксан

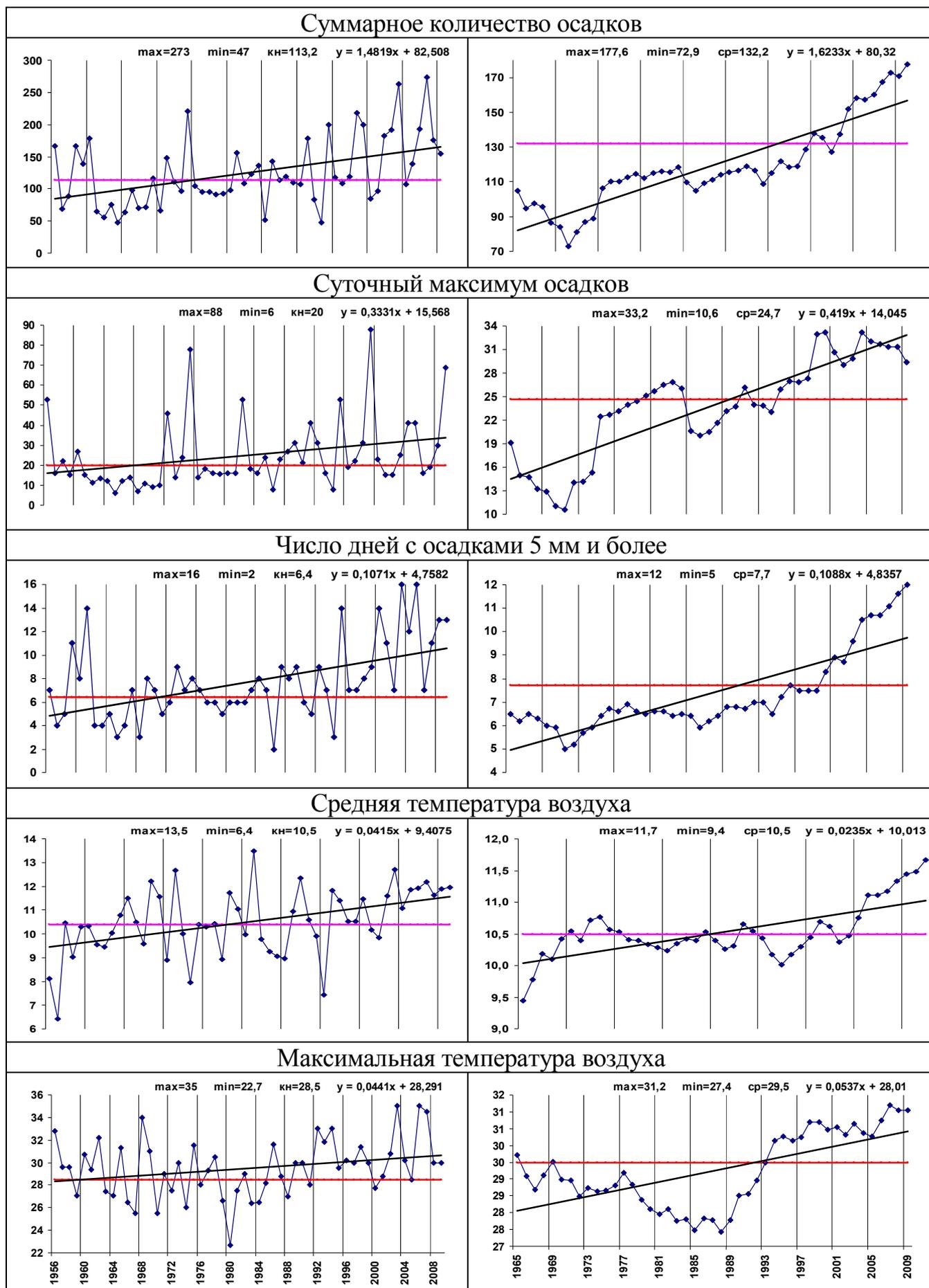


Рисунок 4. Динамика изменения в осенний период по данным МС Баксан

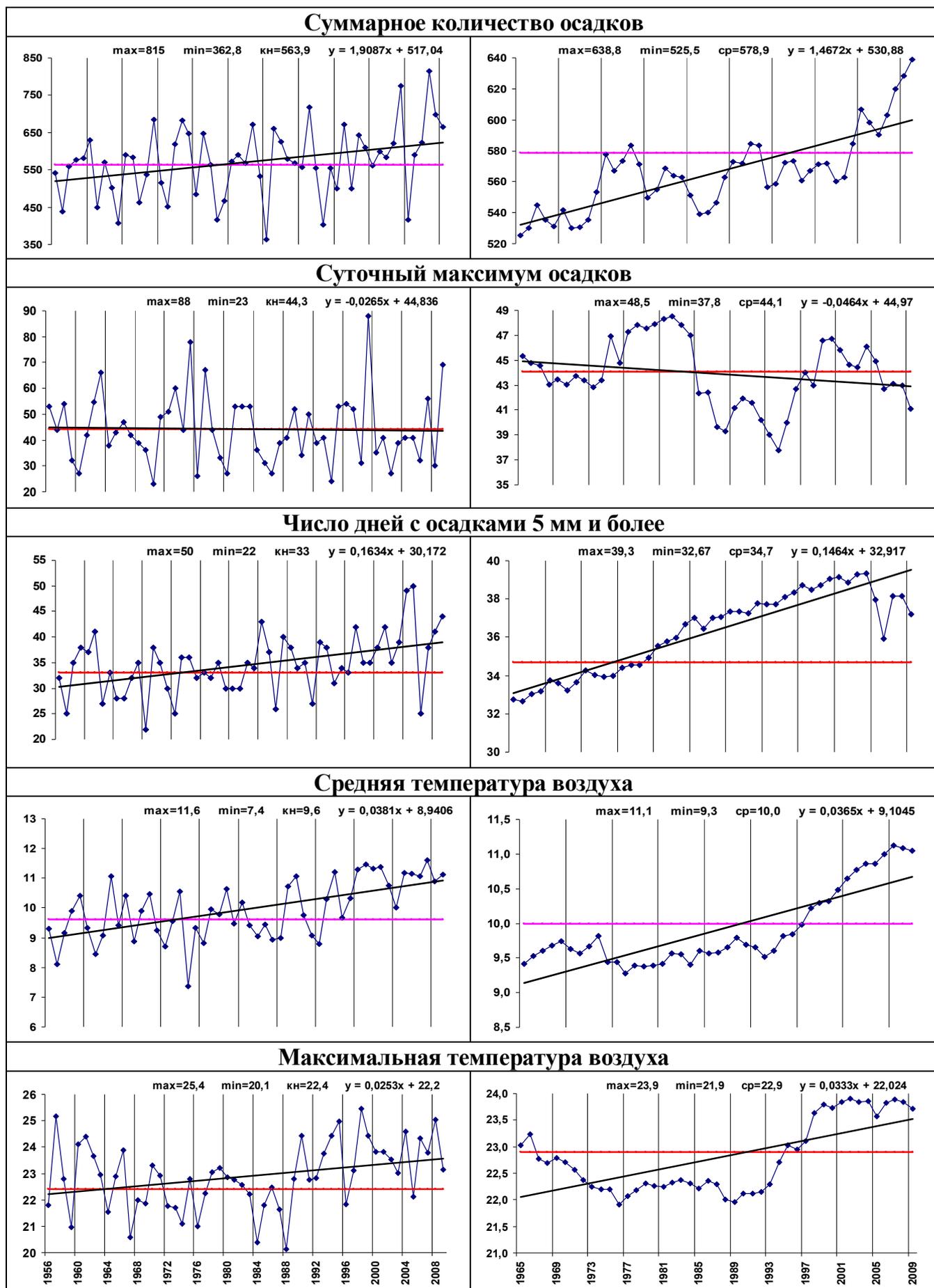


Рисунок 5. Динамика изменения за год по данным МС Баксан

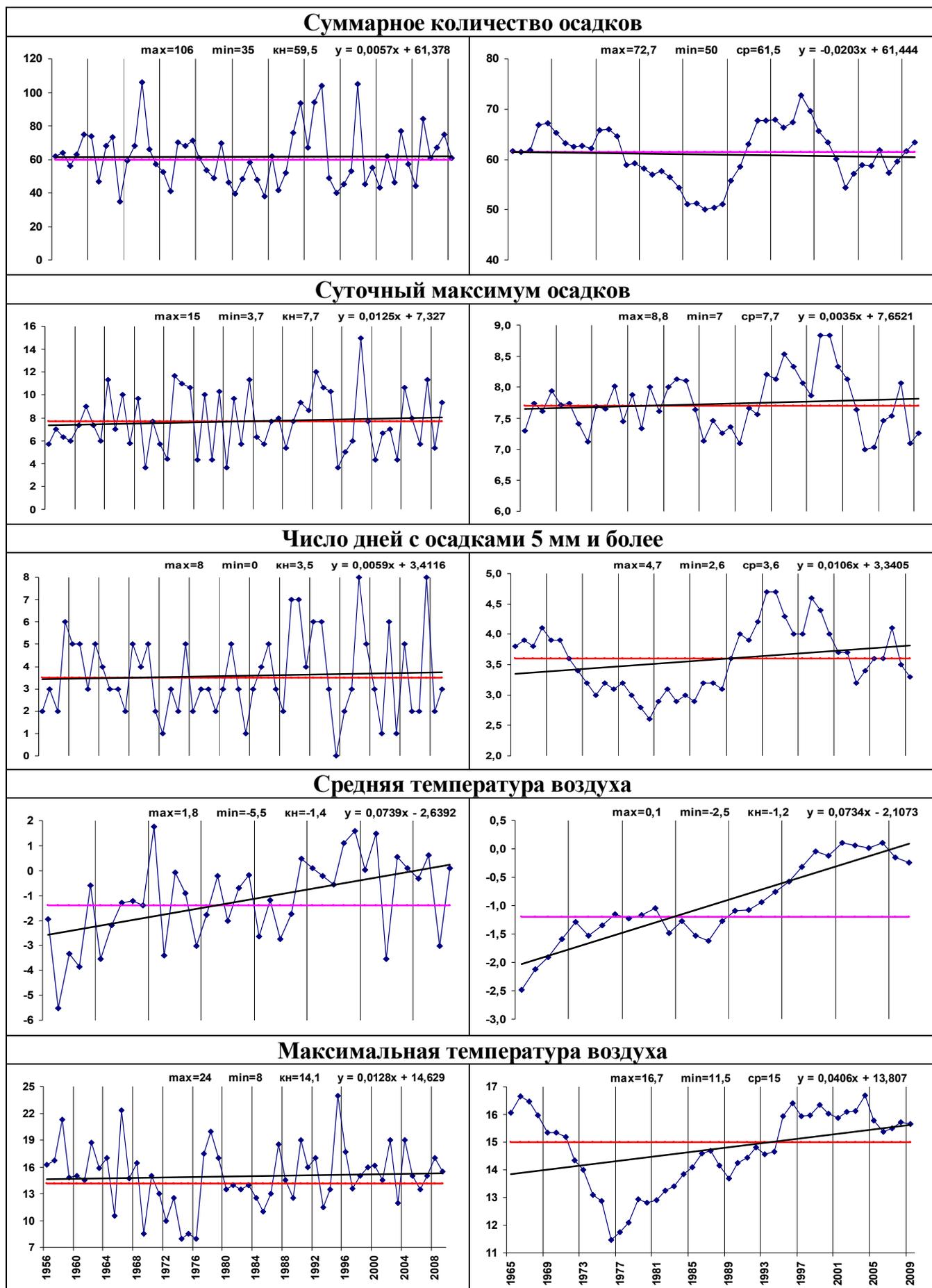


Рисунок 6. Динамика изменения в зимний период по данным МС Терек

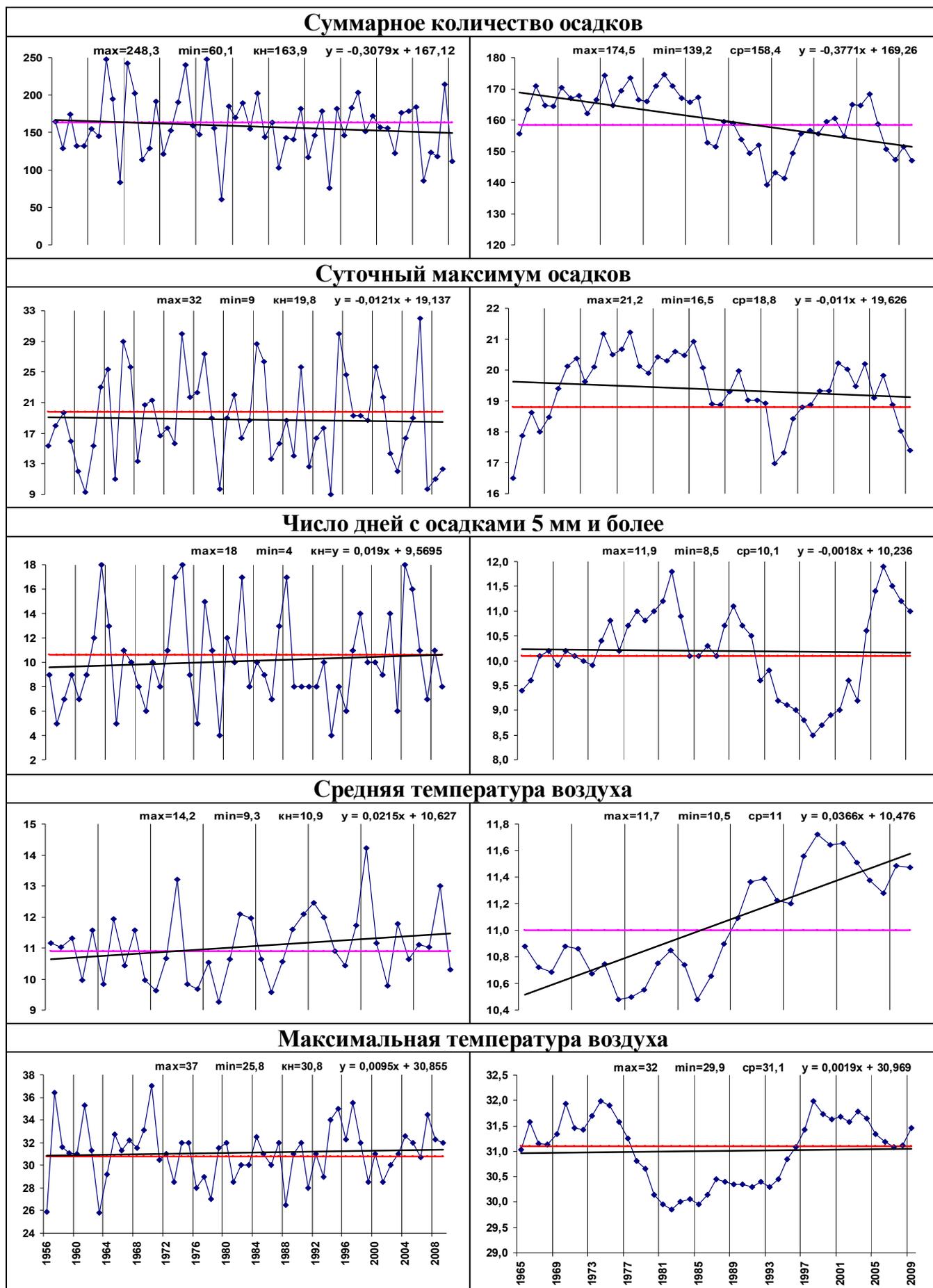


Рисунок 7. Динамика изменения в весенний период по данным МС Терек

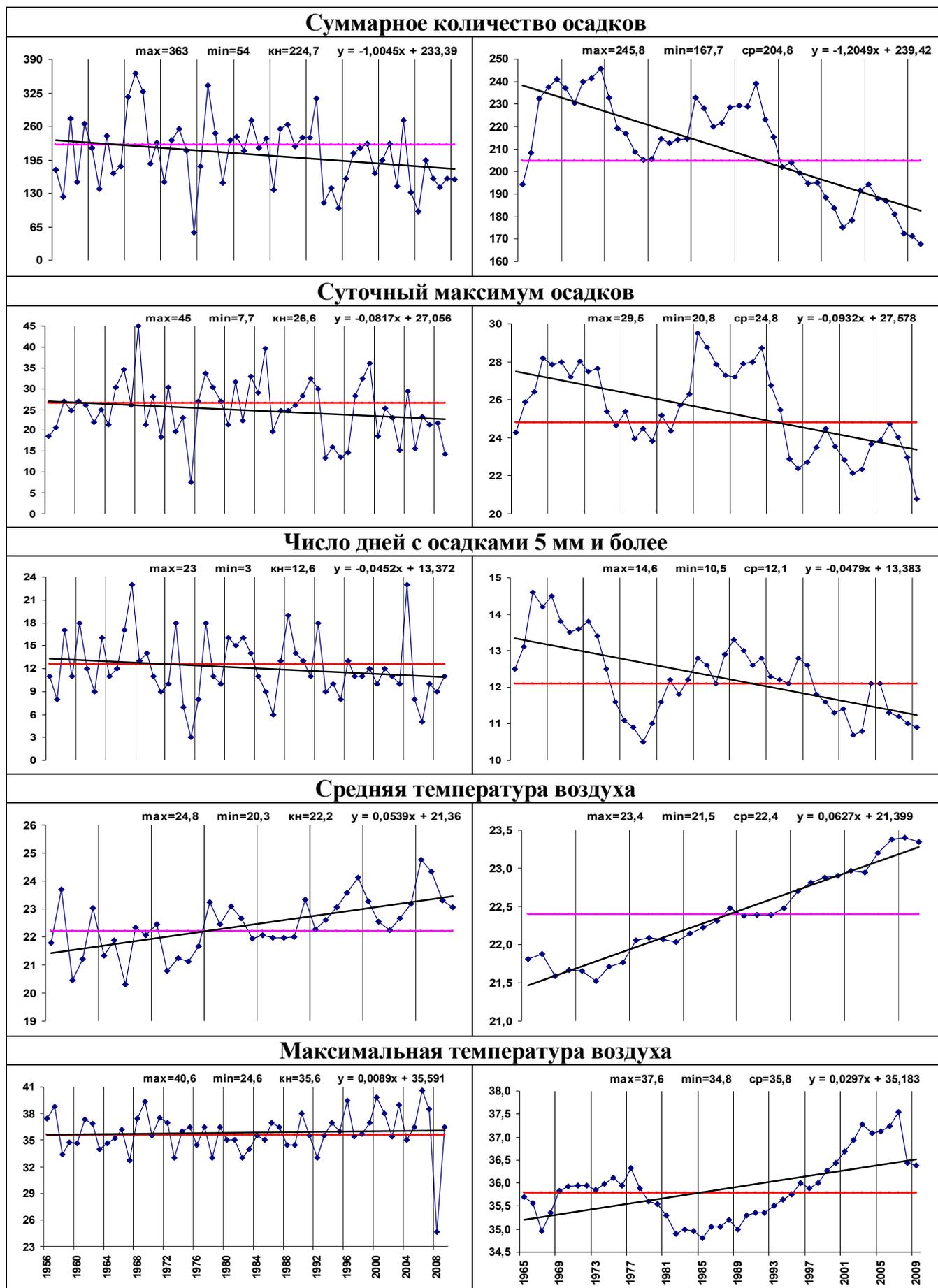


Рисунок 8. Динамика изменения в летний период по данным МС Терек

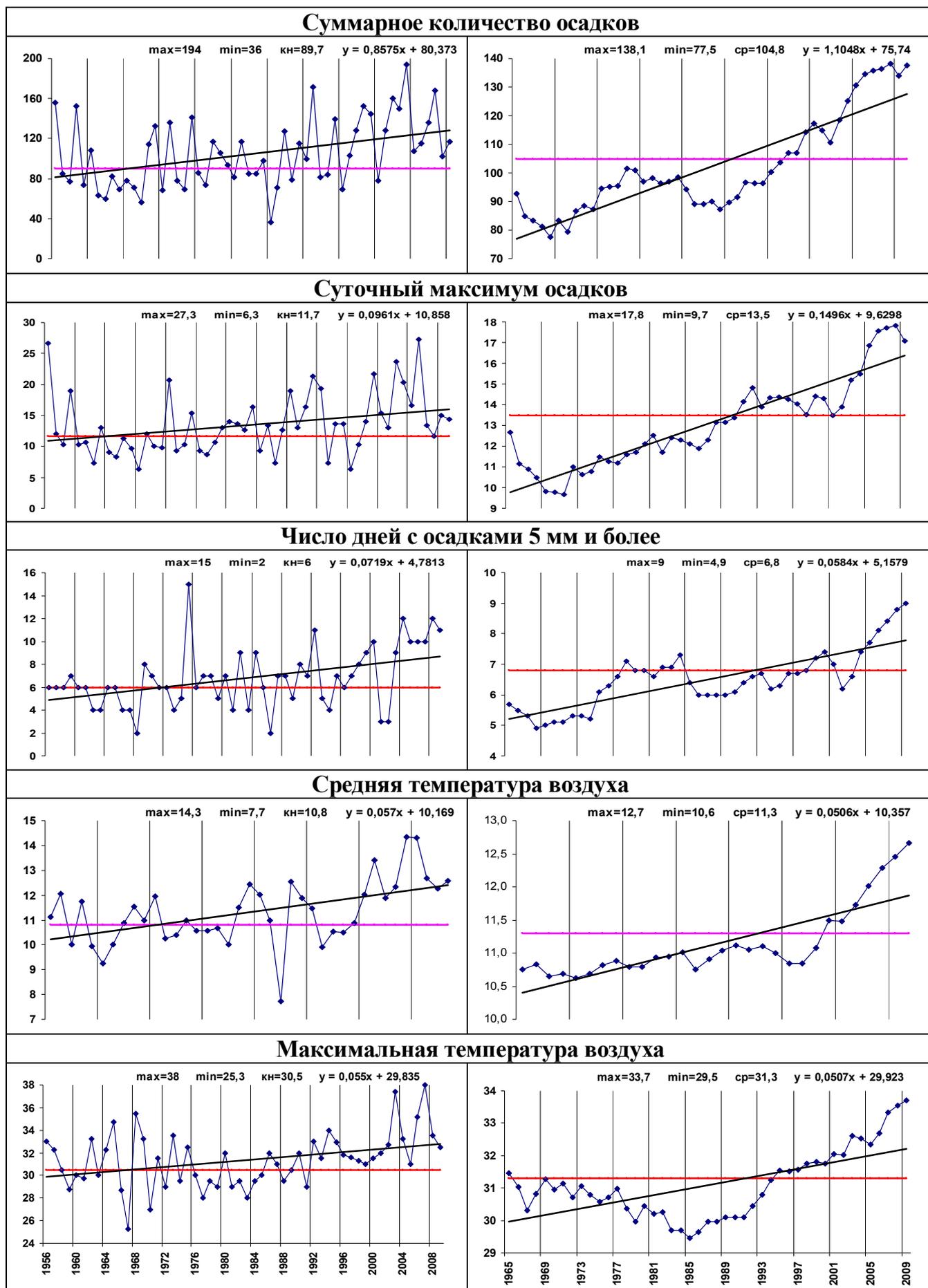


Рисунок 9. Динамика изменения в осенний период по данным МС Терек

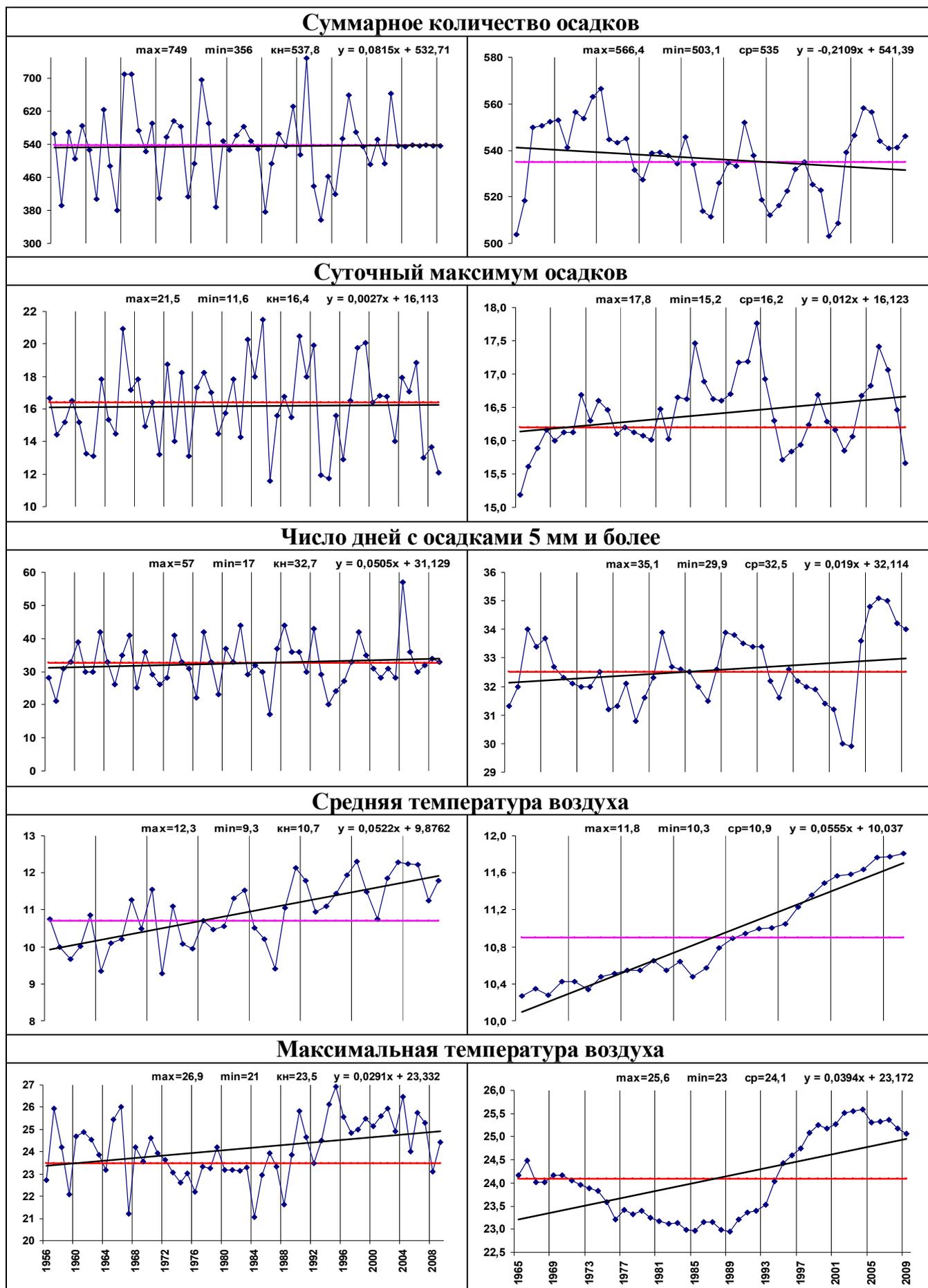
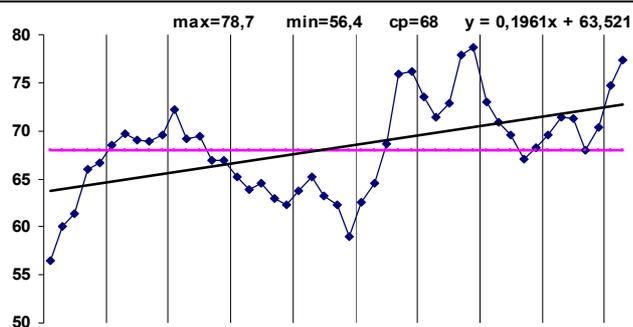
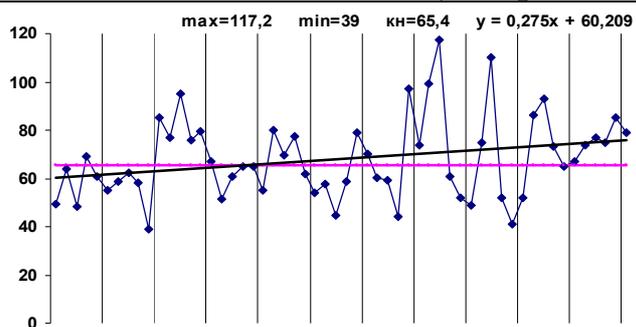
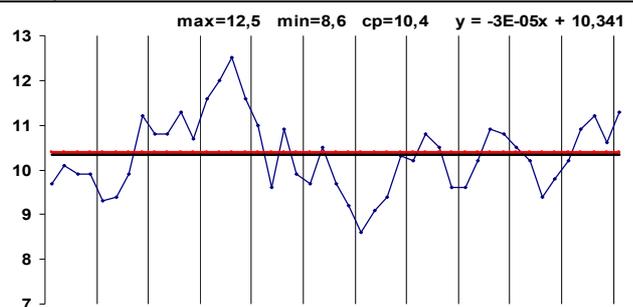
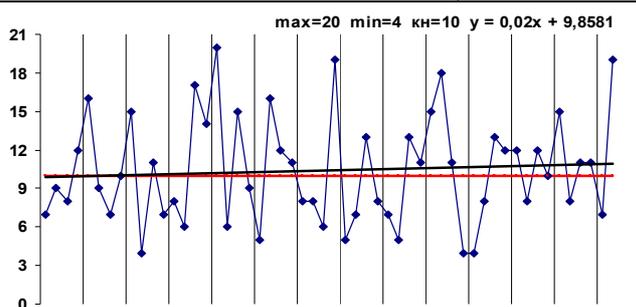


Рисунок 10. Динамика изменения за год по данным МС Терек

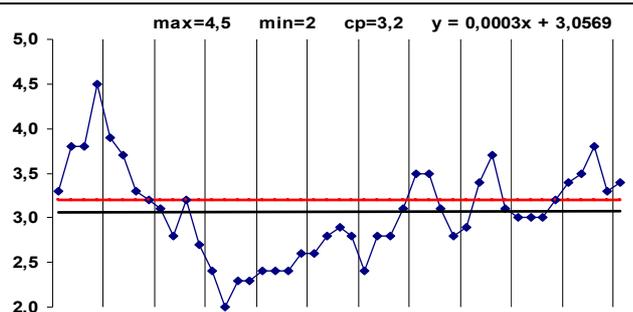
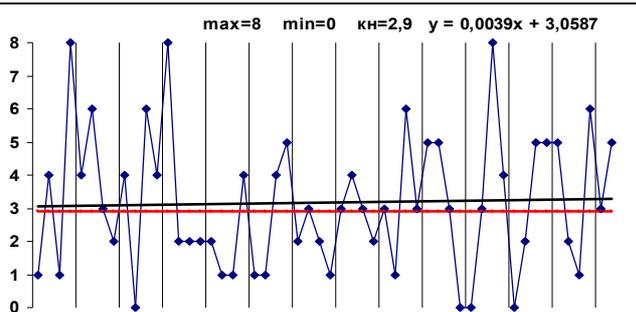
Суммарное количество осадков



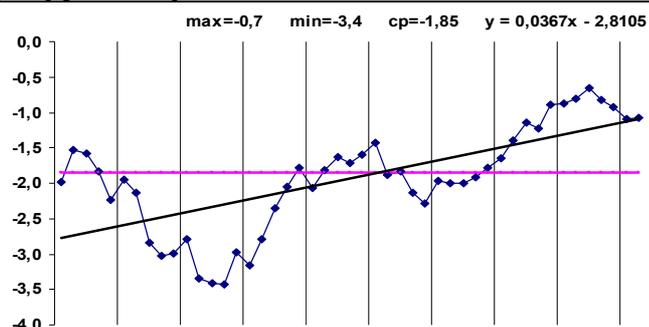
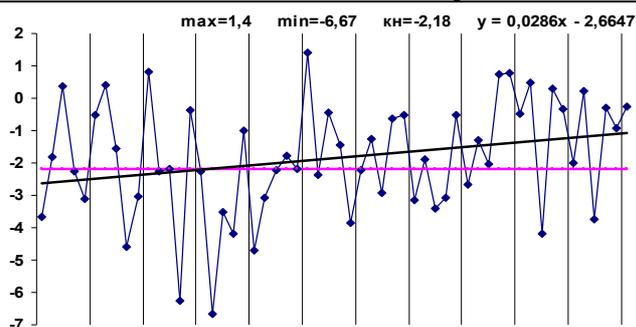
Суточный максимум осадков



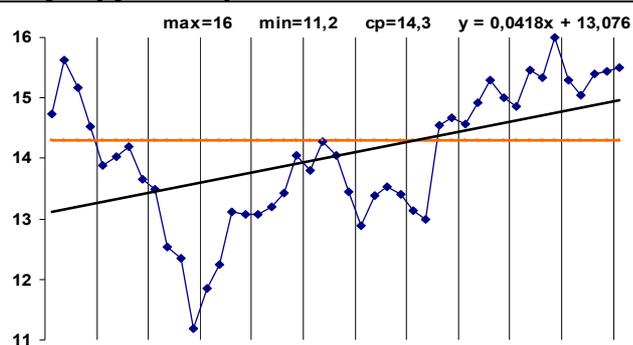
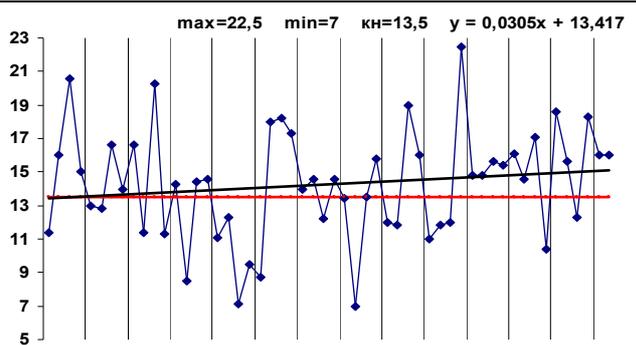
Число дней с осадками 5 мм и более



Средняя температура воздуха



Максимальная температура воздуха



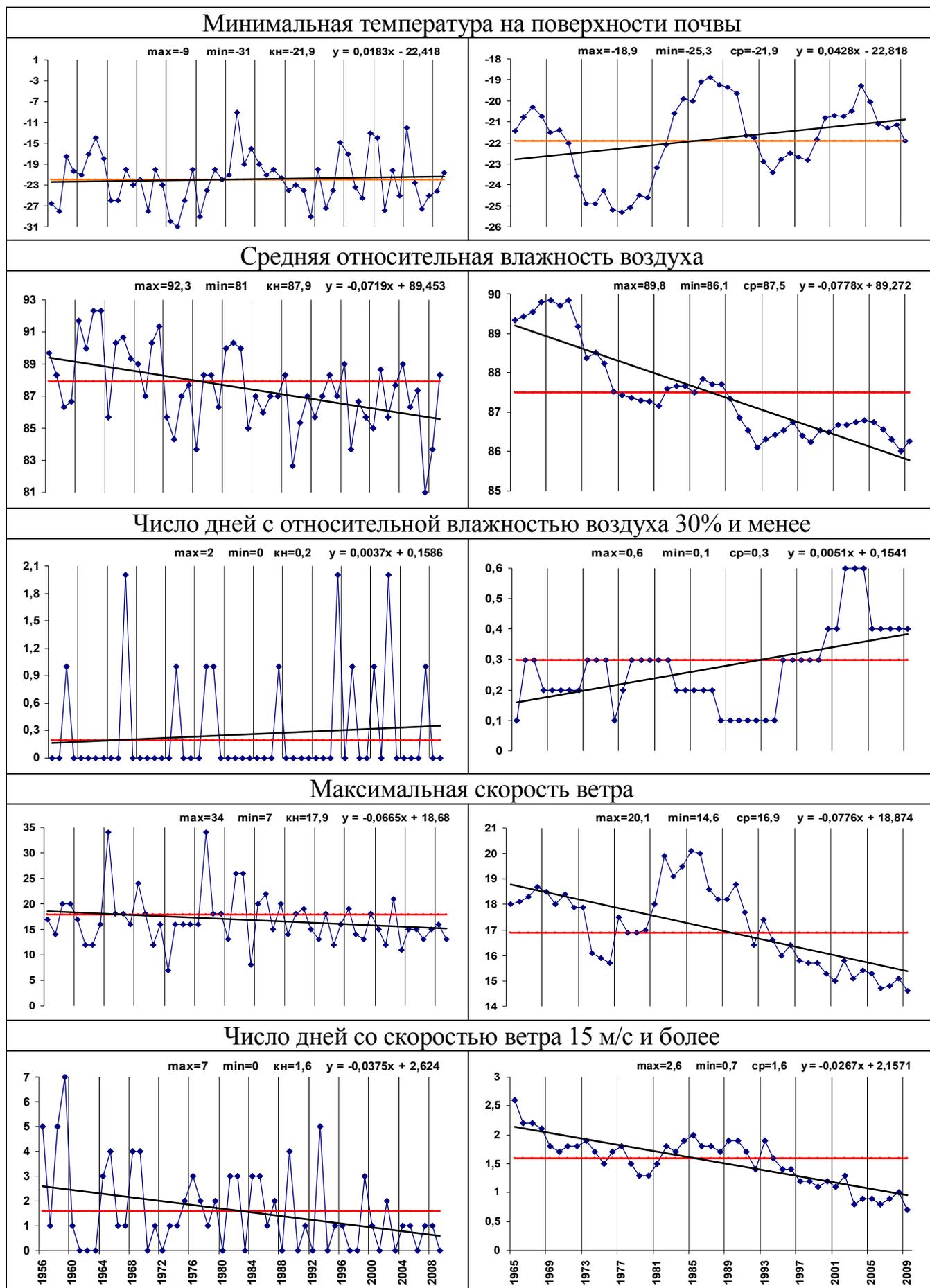
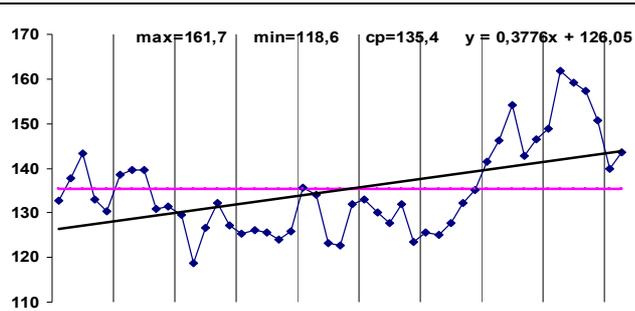
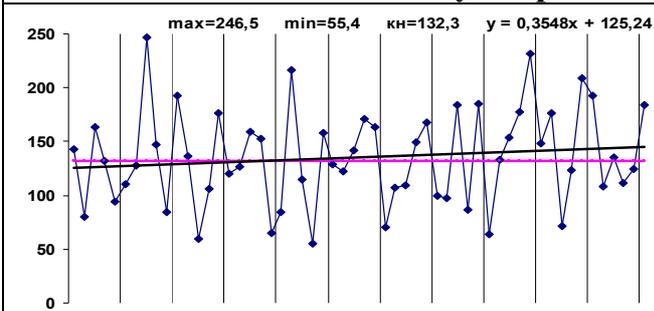
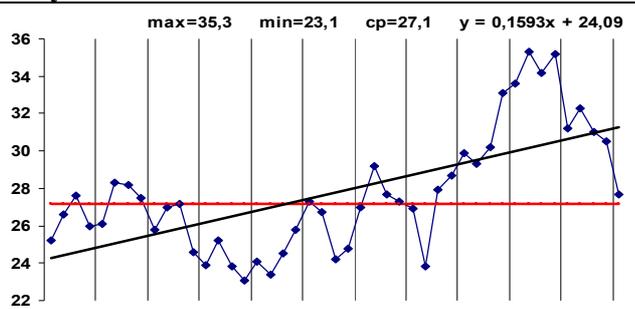
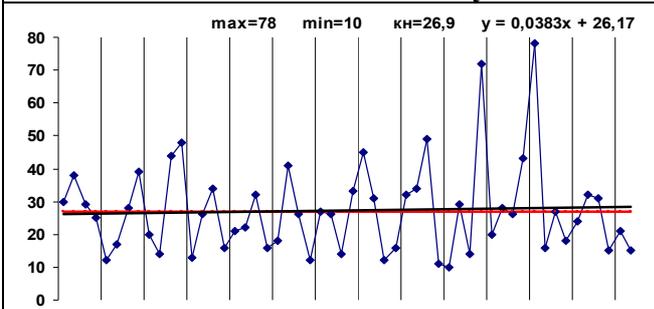


Рисунок 11. Динамика изменения в зимний период по данным МС Прохладный

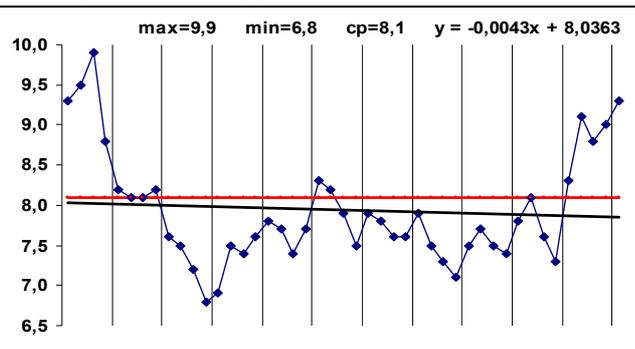
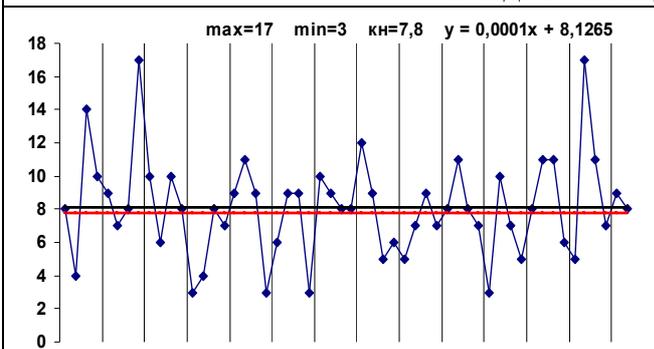
Суммарное количество осадков



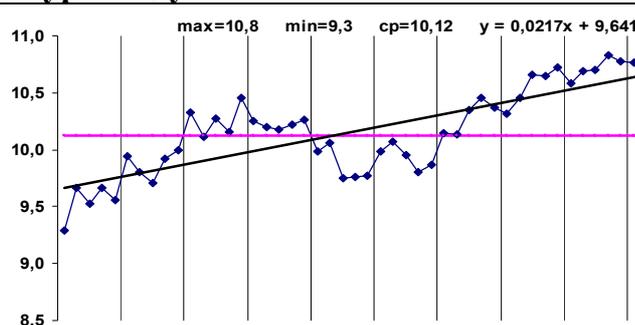
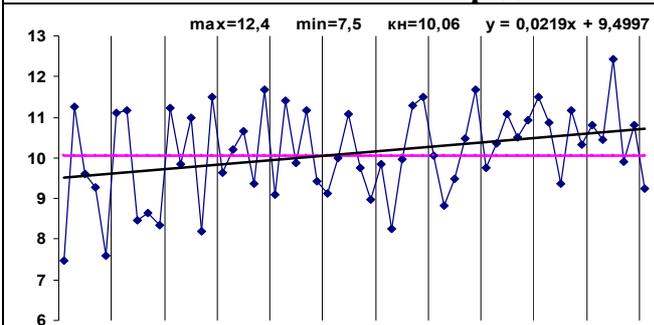
Суточный максимум осадков



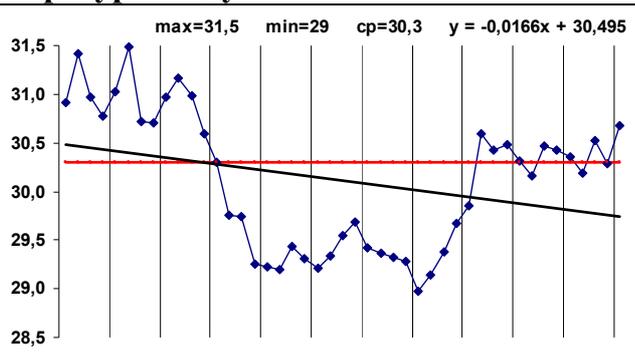
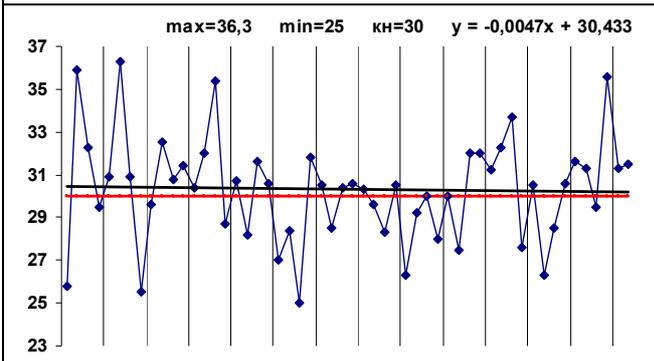
Число дней с осадками 5 мм и более



Средняя температура воздуха



Максимальная температура воздуха



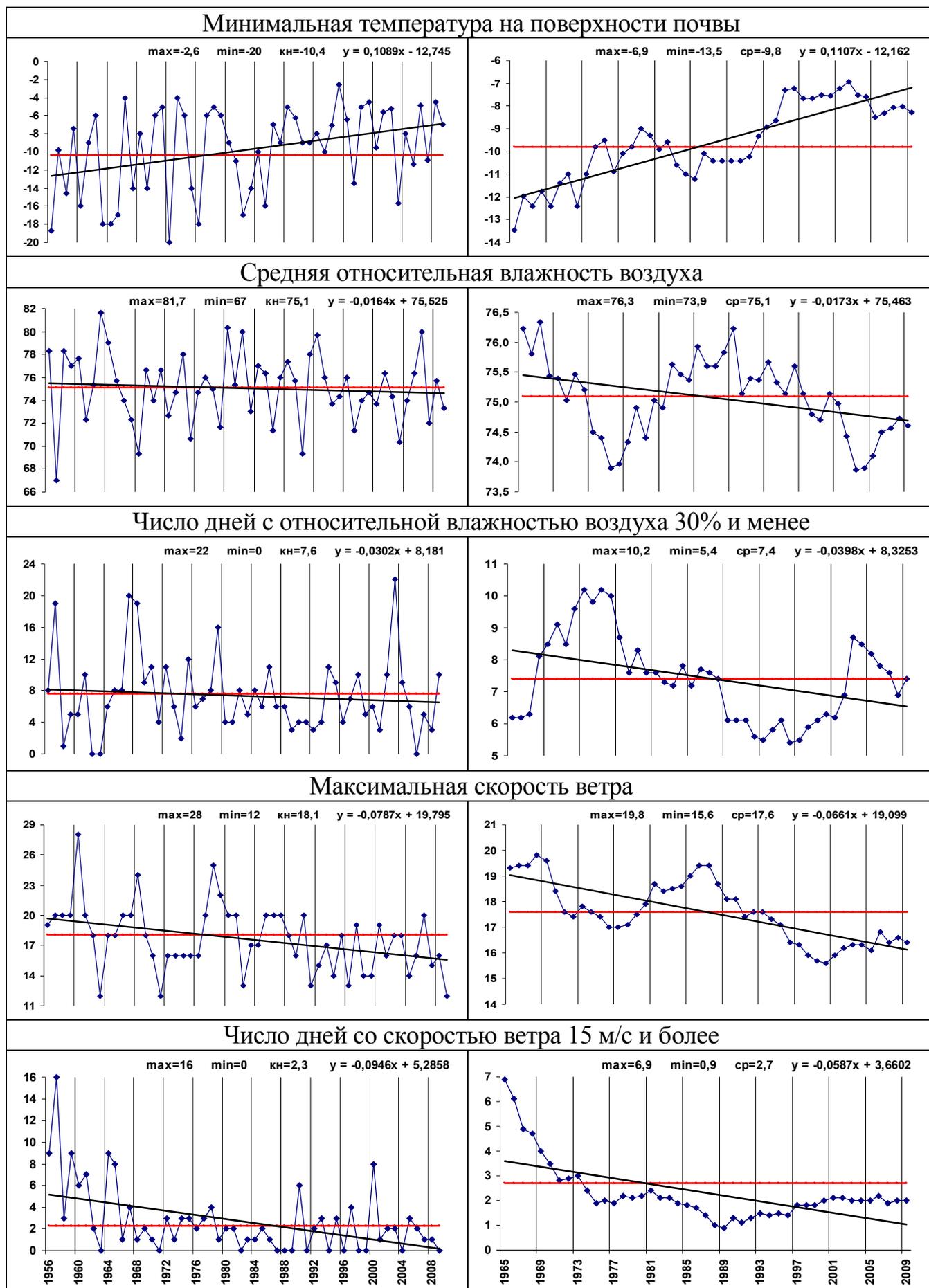
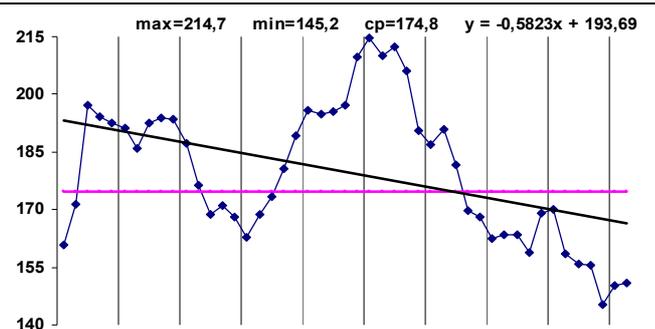
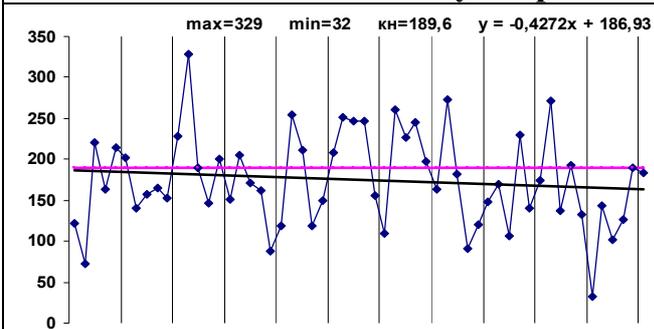
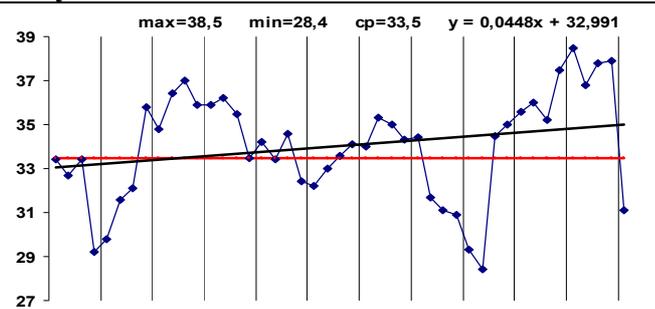
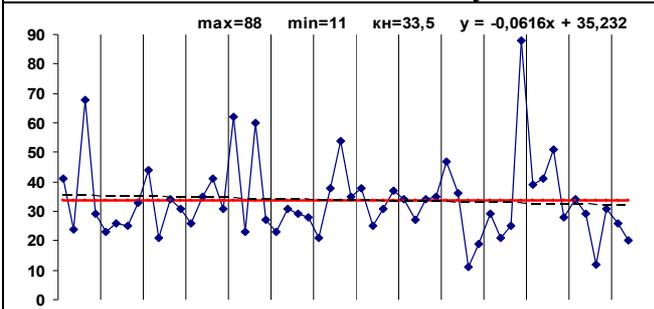


Рисунок 12. Динамика изменения в весенний период по данным МС Прохладный

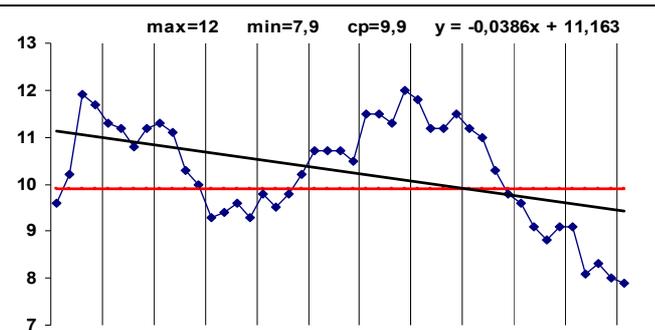
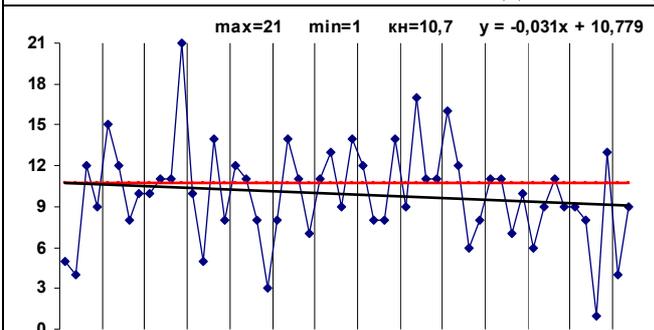
Суммарное количество осадков



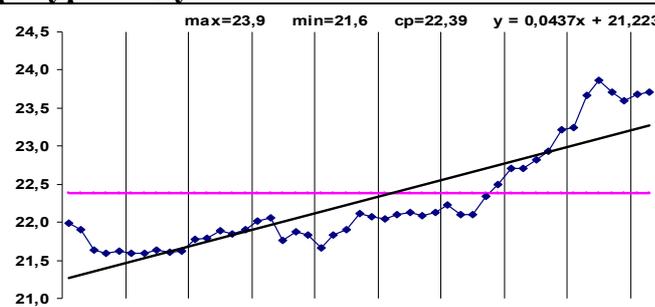
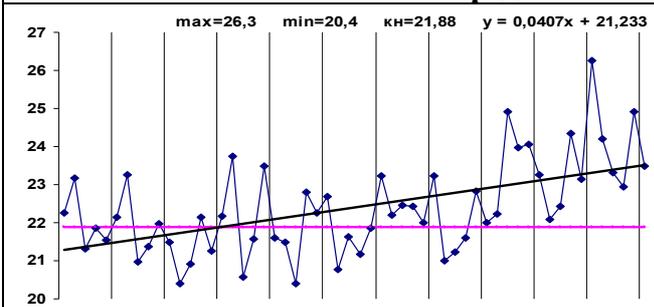
Суточный максимум осадков



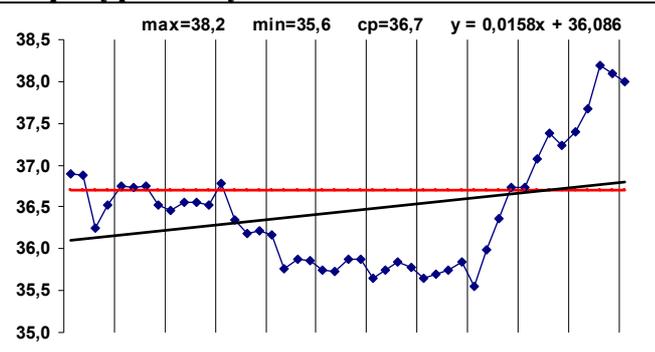
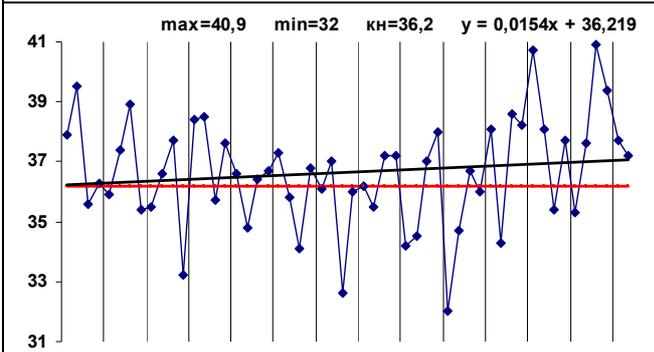
Число дней с осадками 5 мм и более



Средняя температура воздуха



Максимальная температура воздуха



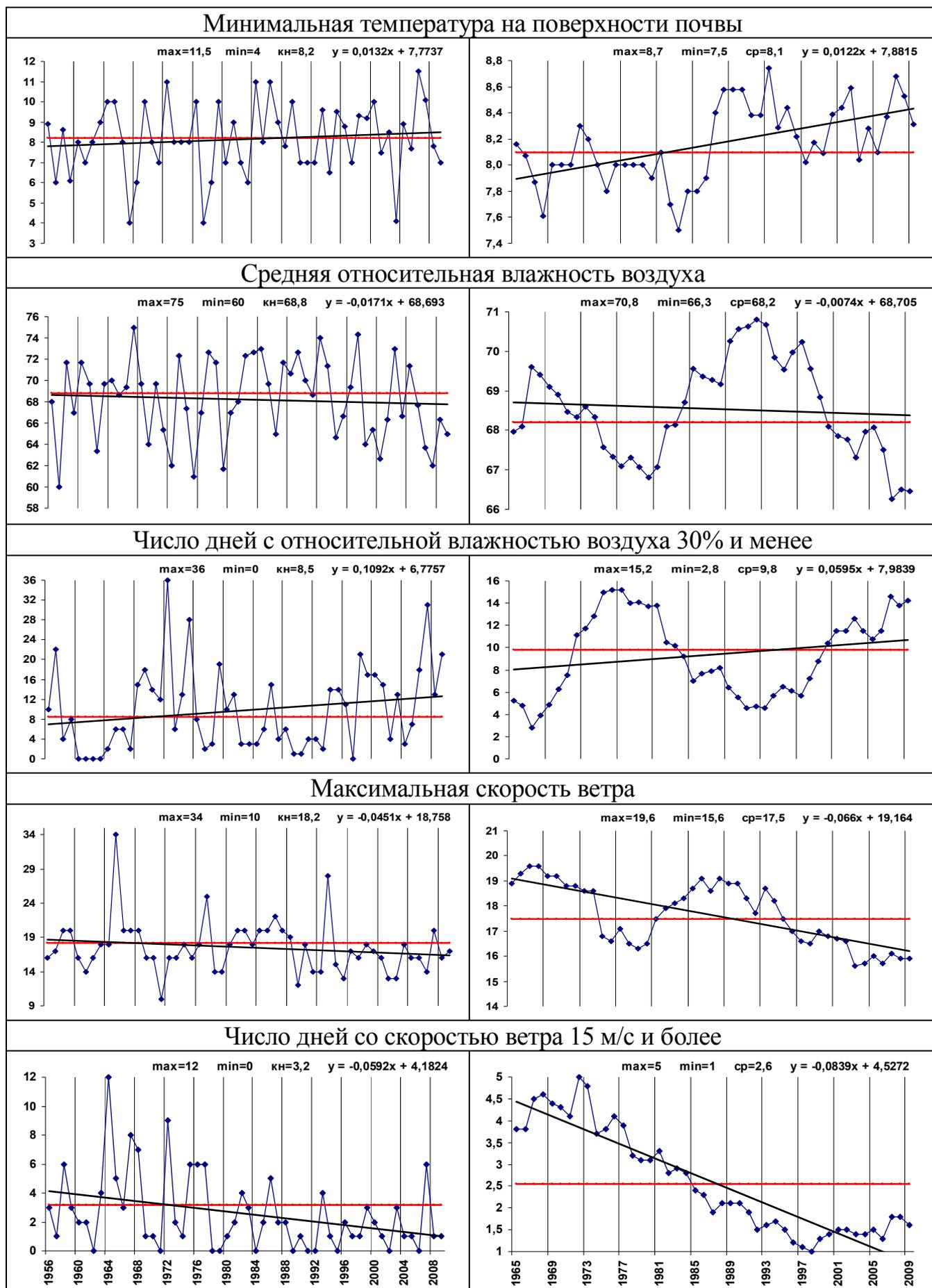
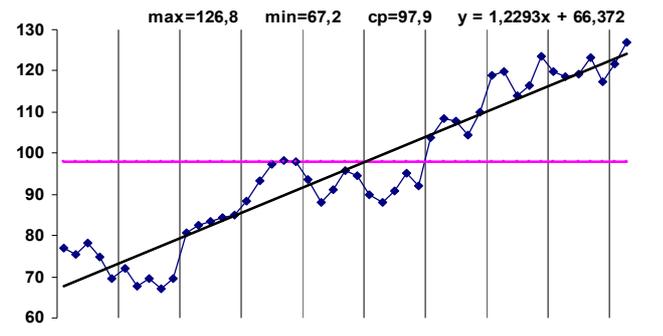
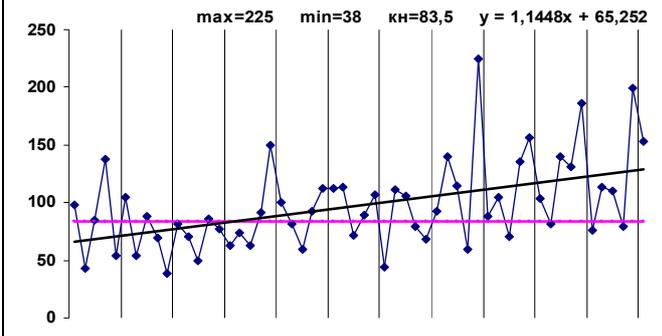
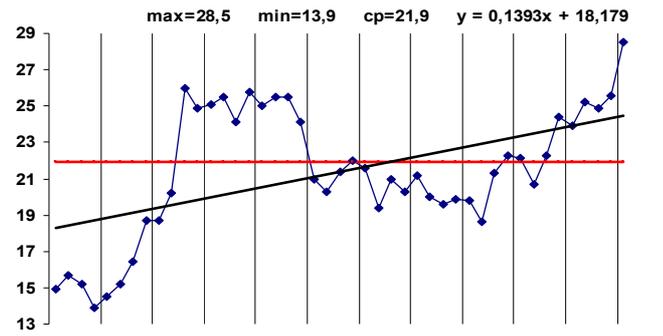
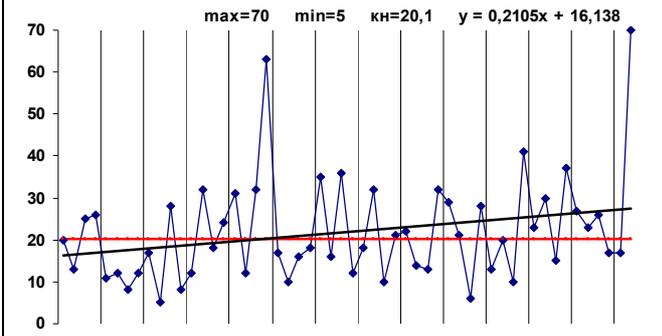


Рисунок 13. Динамика изменения в летний период по данным МС Прохладный

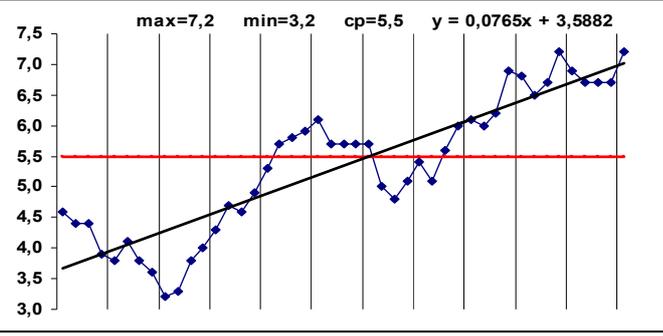
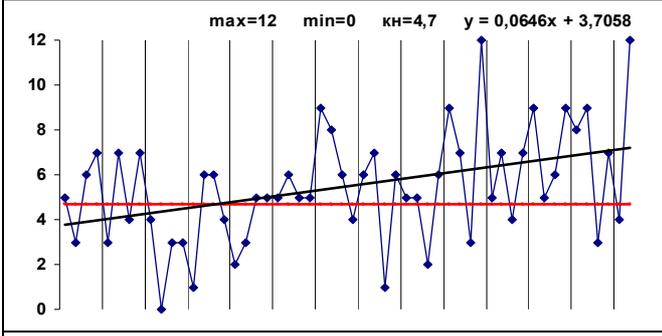
Суммарное количество осадков



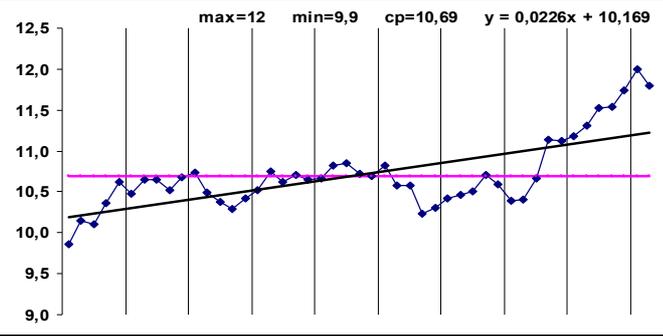
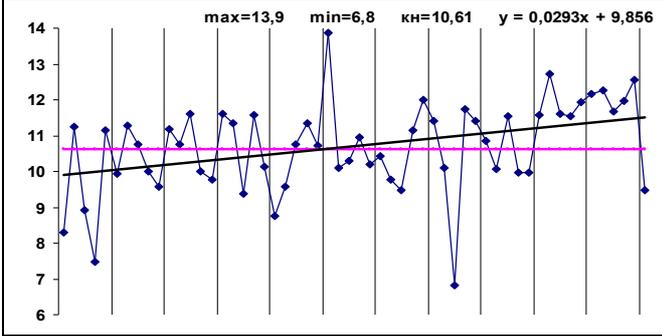
Суточный максимум осадков



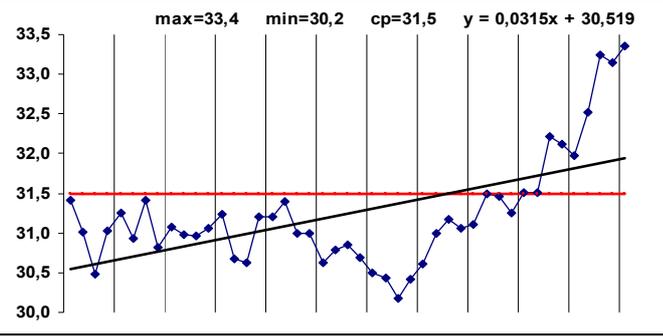
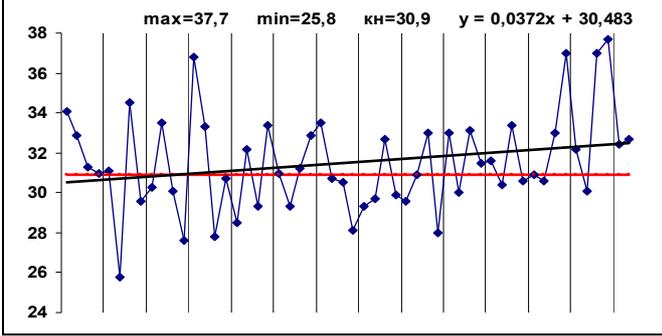
Число дней с осадками 5 мм и более



Средняя температура воздуха



Максимальная температура воздуха



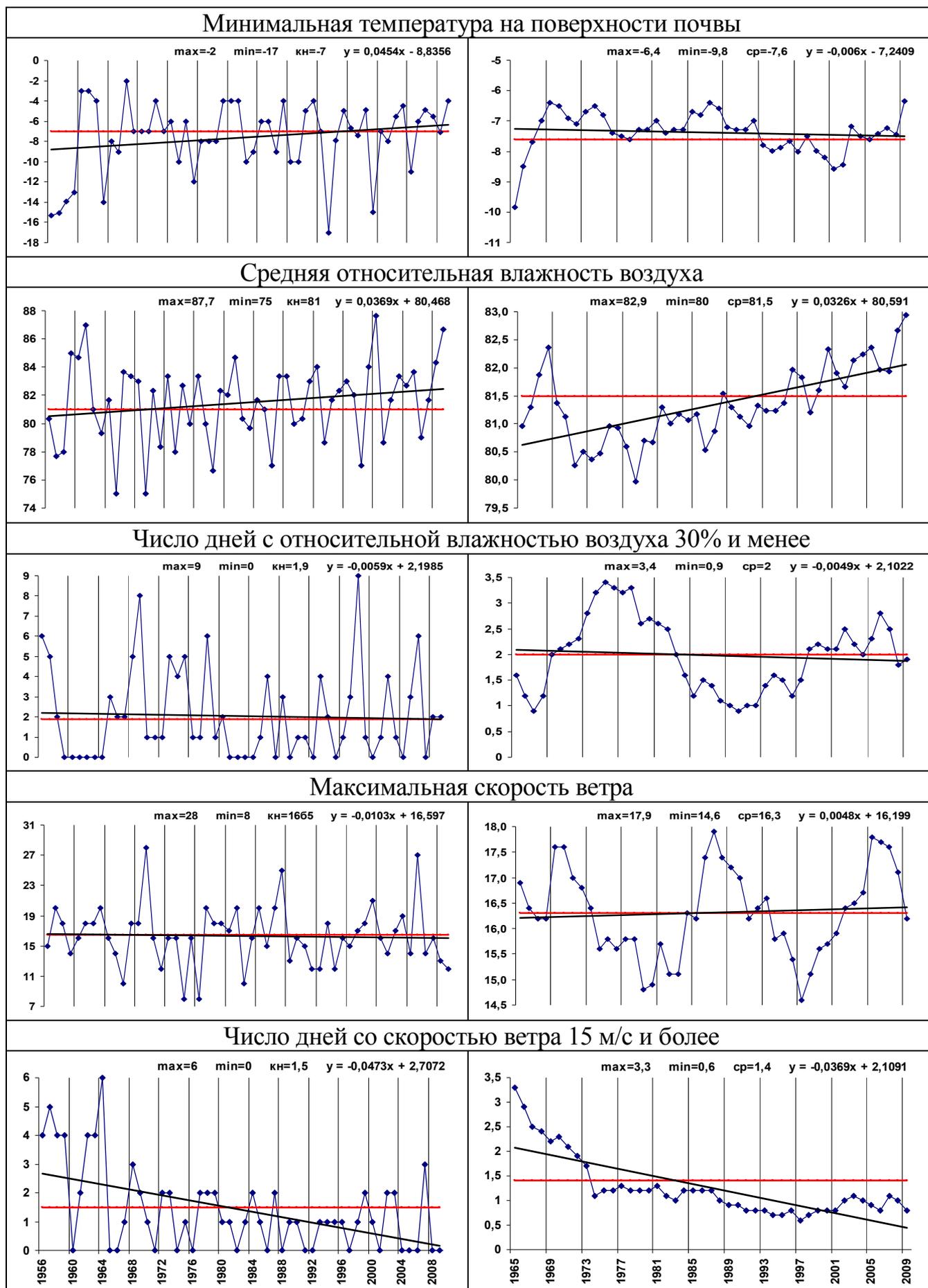
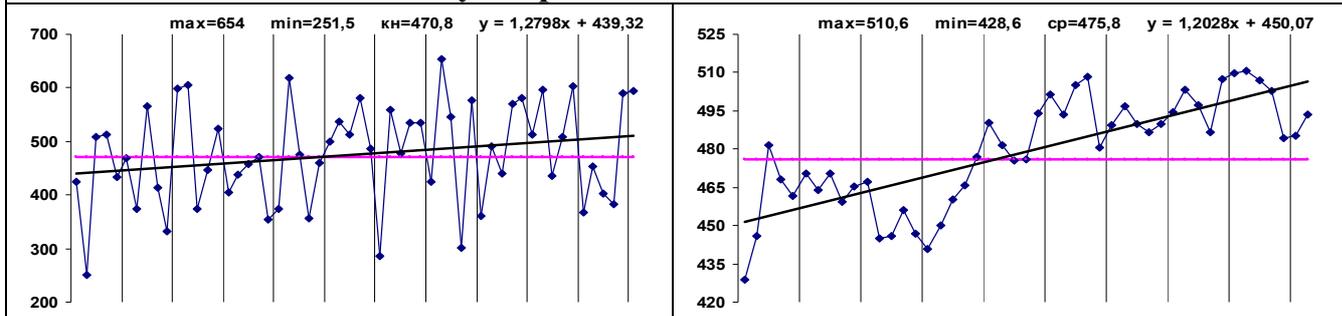
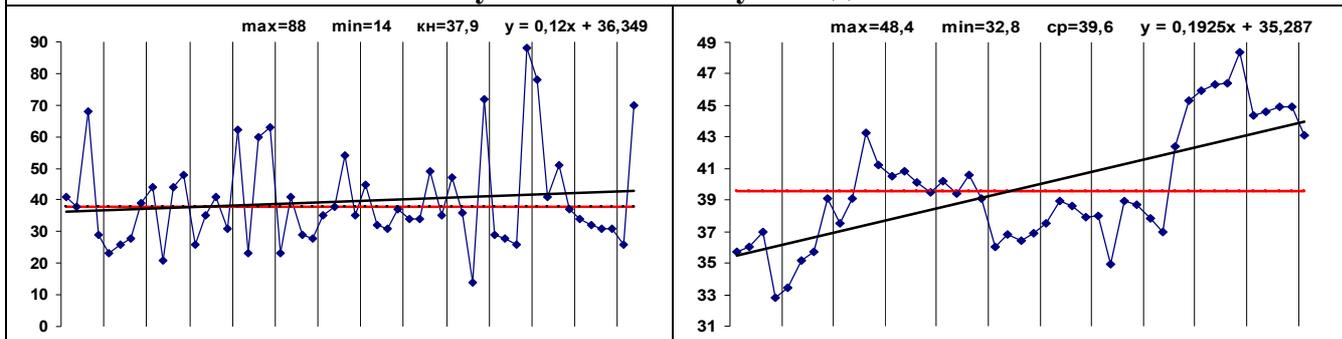


Рисунок 14. Динамика изменения в осенний период по данным МС Прохладный

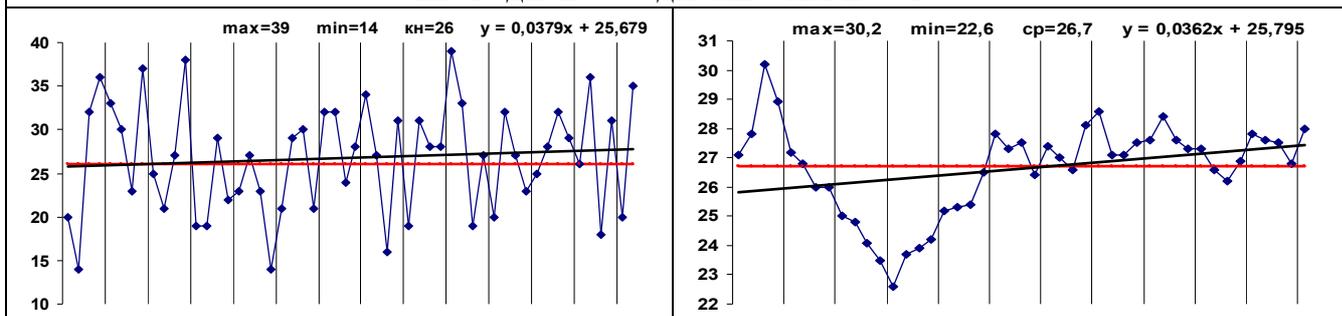
Суммарное количество осадков



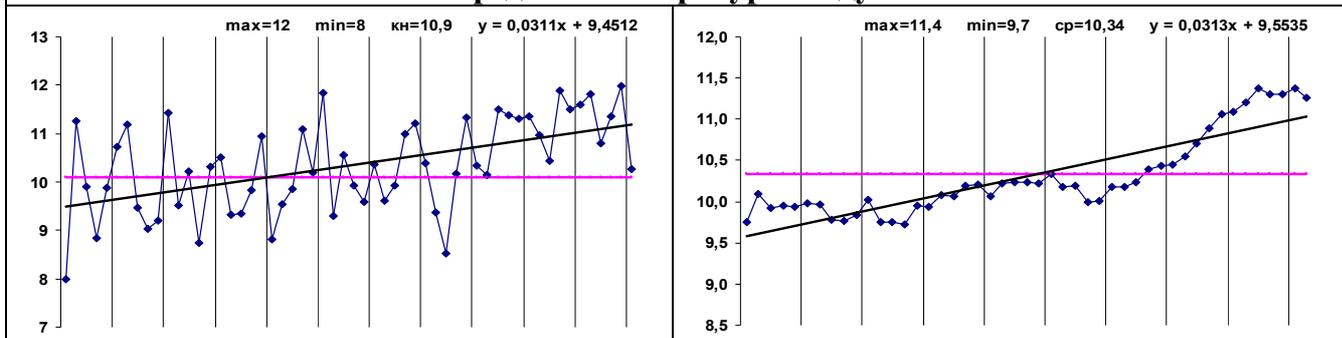
Суточный максимум осадков



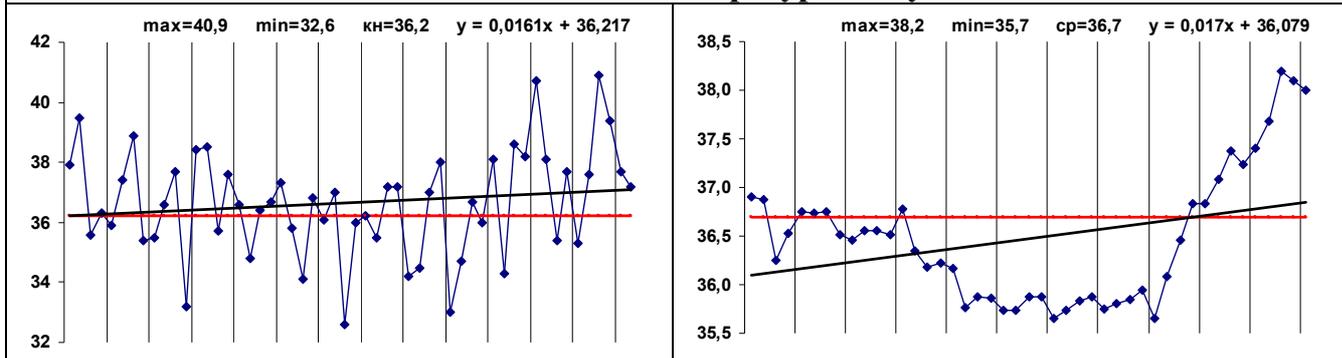
Число дней с осадками 5 мм и более



Средняя температура воздуха



Максимальная температура воздуха



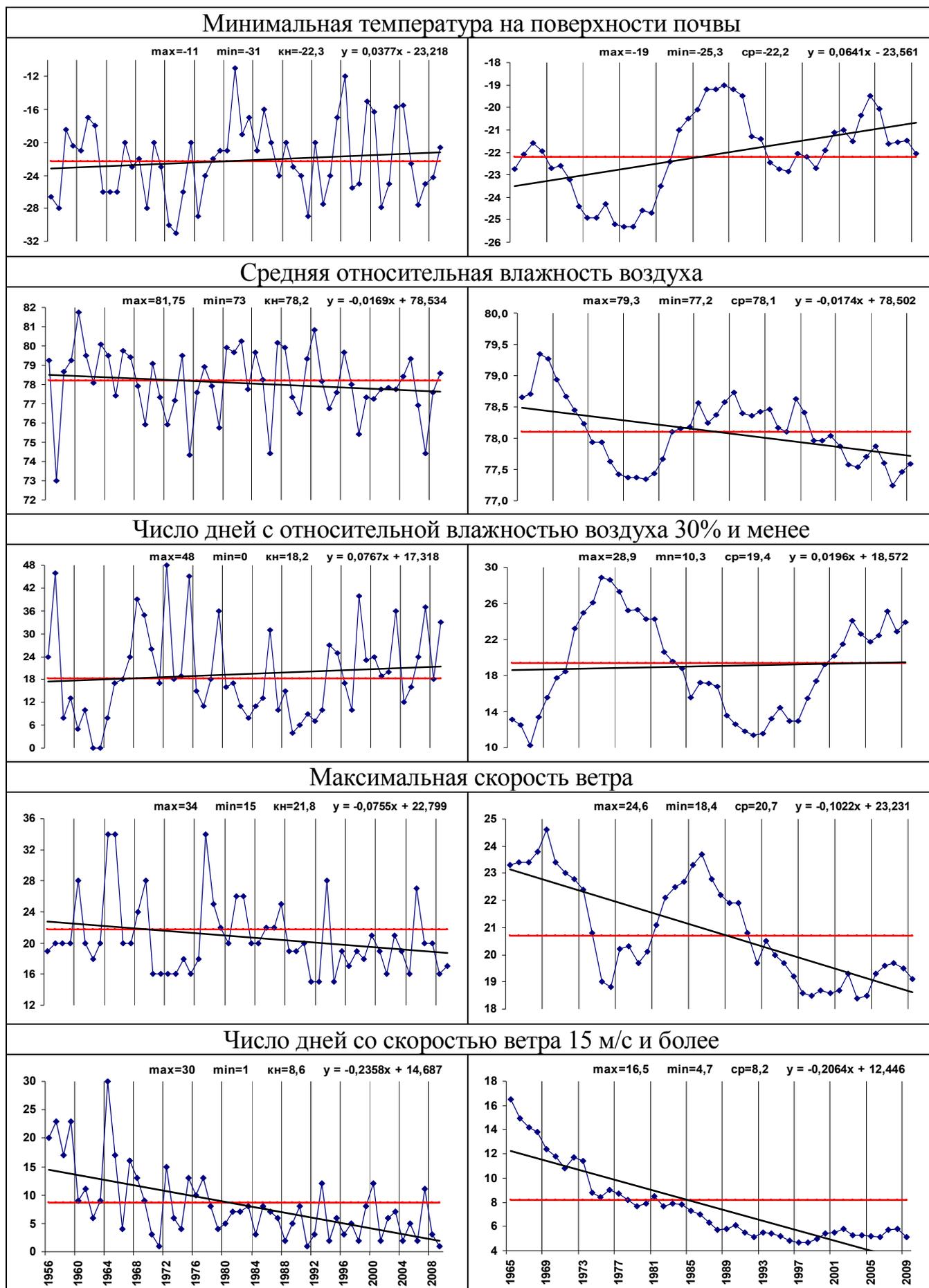


Рисунок 15. Динамика изменения за год по данным МС Прохладный

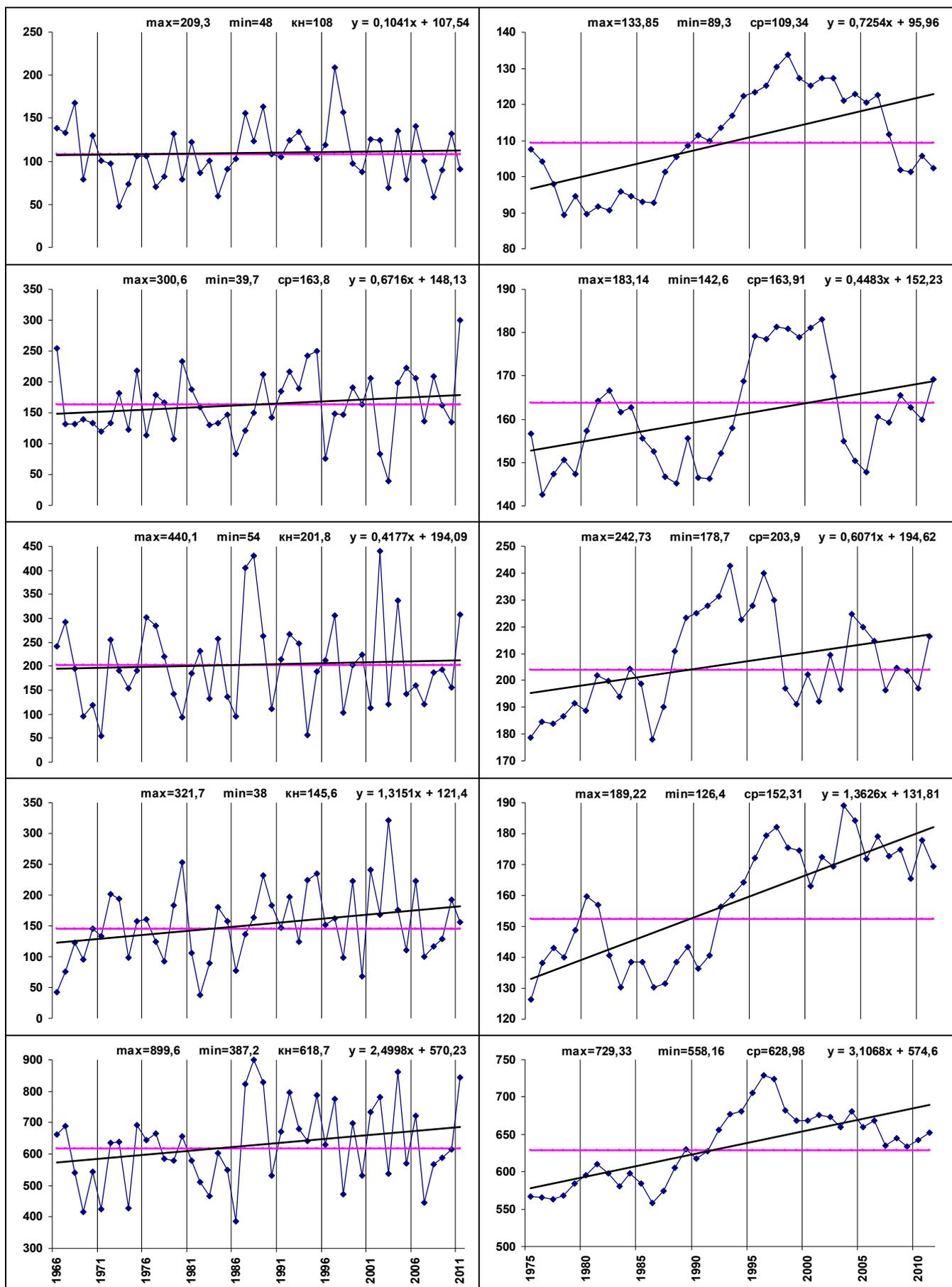


Рисунок 16. Суммарное количество осадков по сезонам и за год по данным МС Армавир

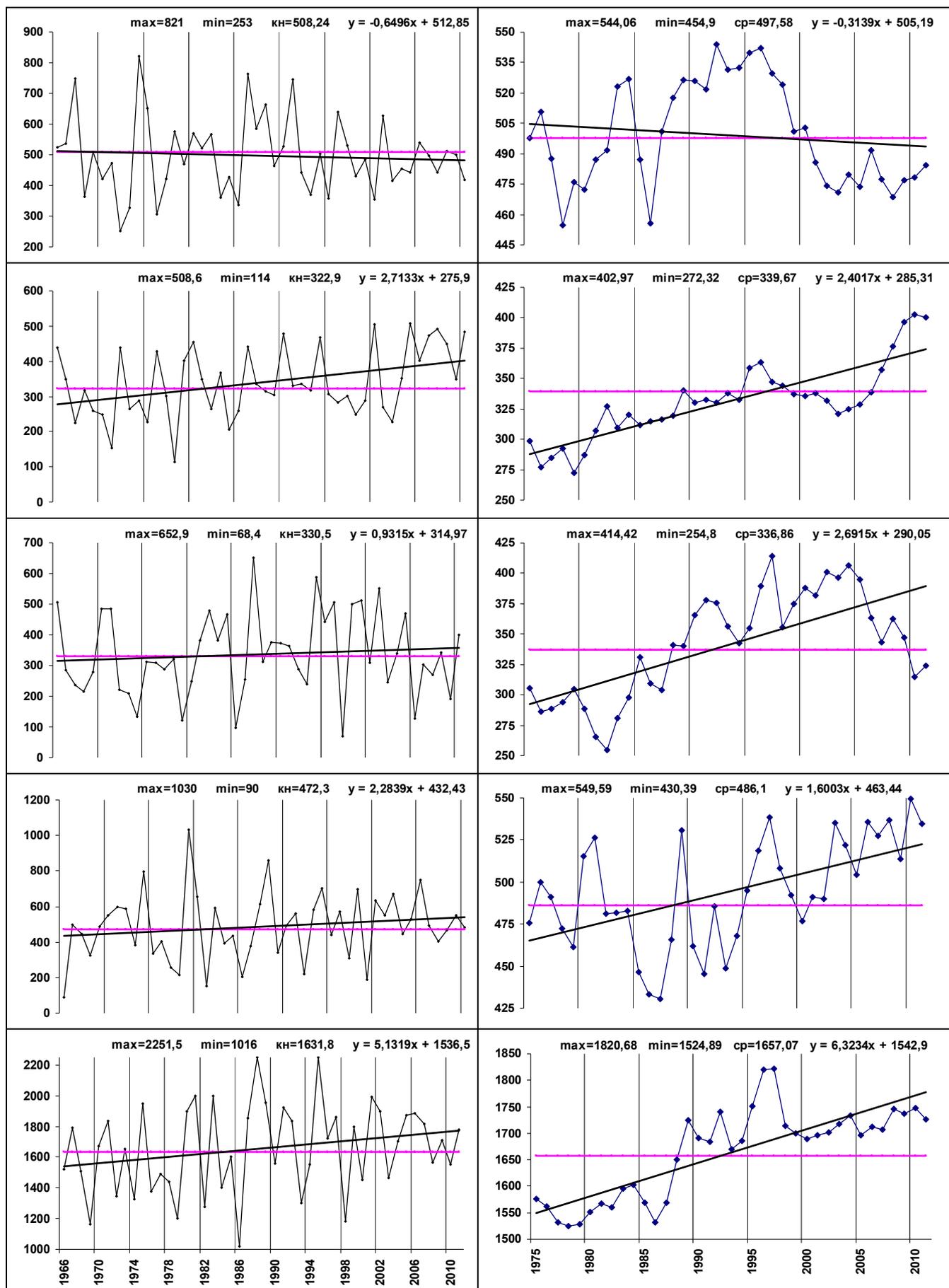


Рисунок 17. Суммарное количество осадков по сезонам и за год по данным МС Сочи

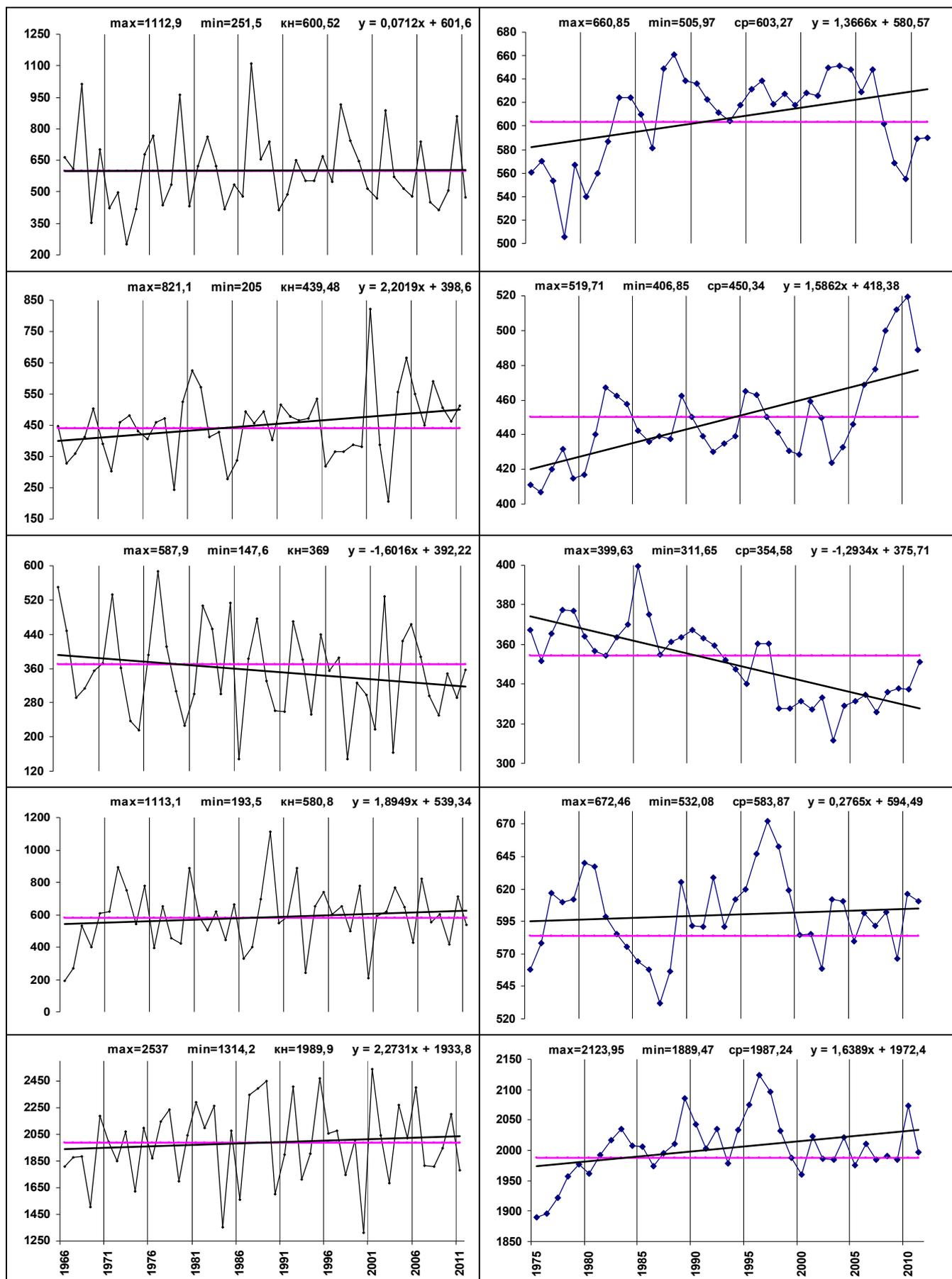


Рисунок 18. Суммарное количество осадков по сезонам и за год по данным МС Красная поляна

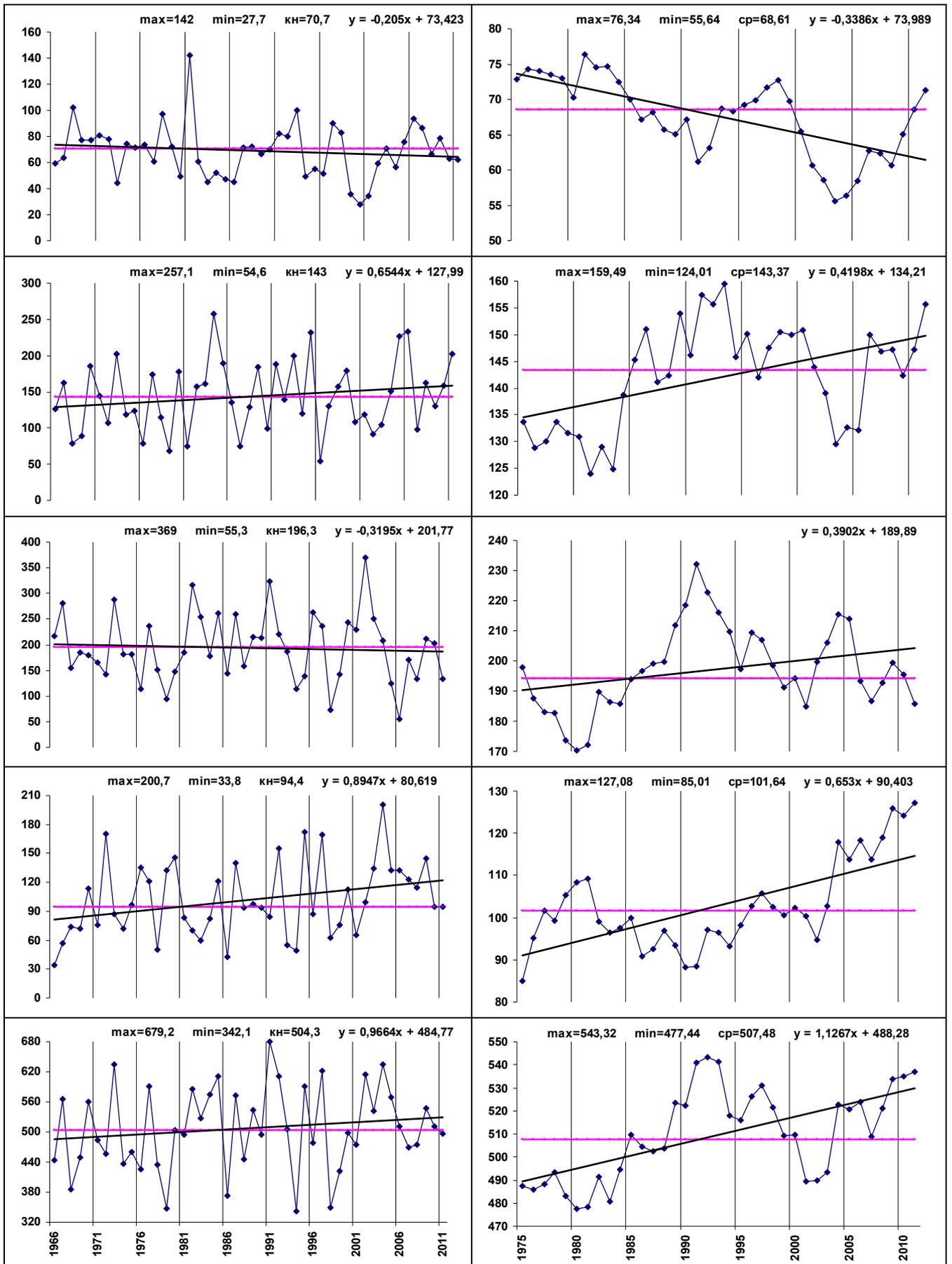


Рисунок 19. Суммарное количество осадков по сезонам и за год по данным МС Минеральные воды

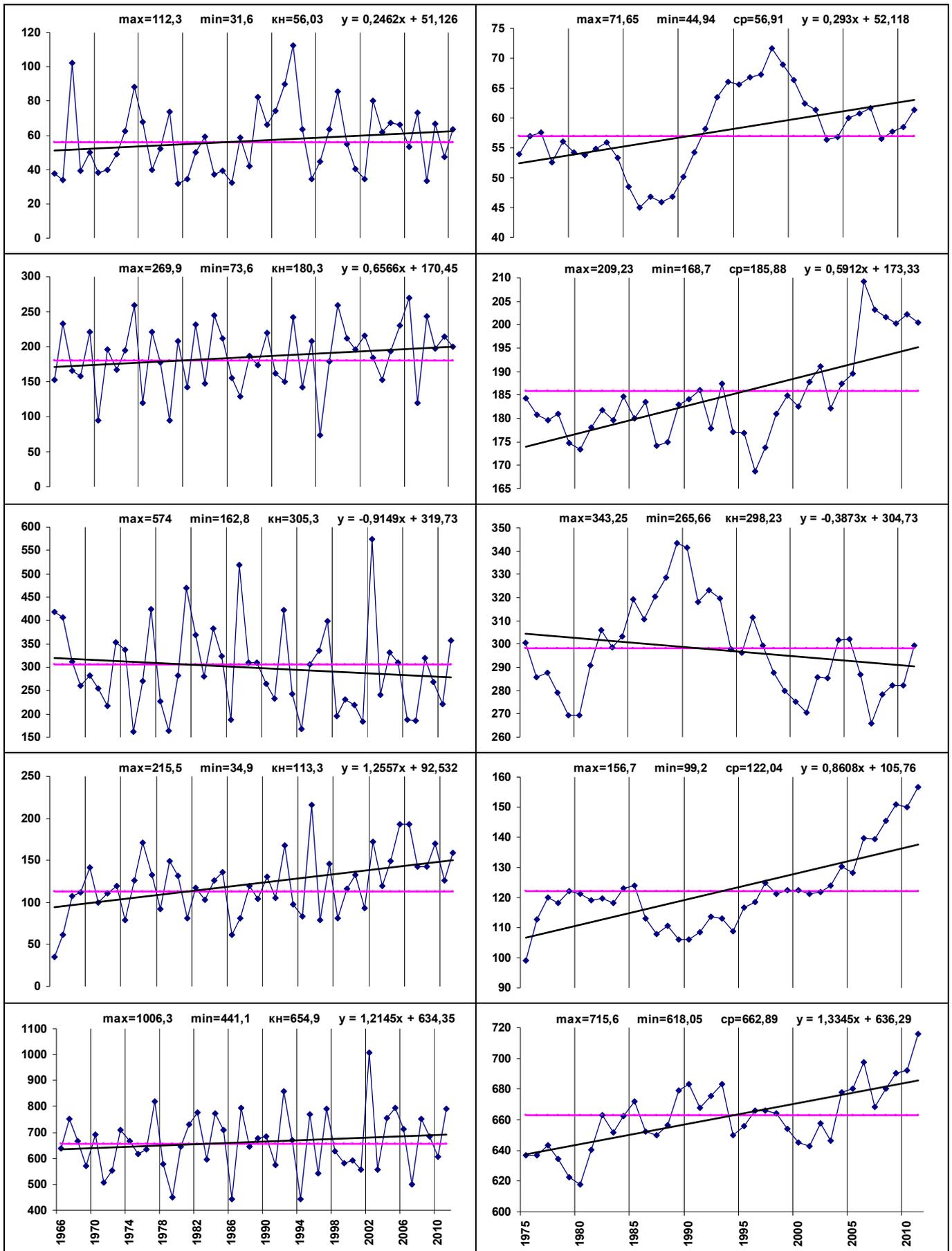


Рисунок 20. Суммарное количество осадков по сезонам и за год по данным МС Кисловодск

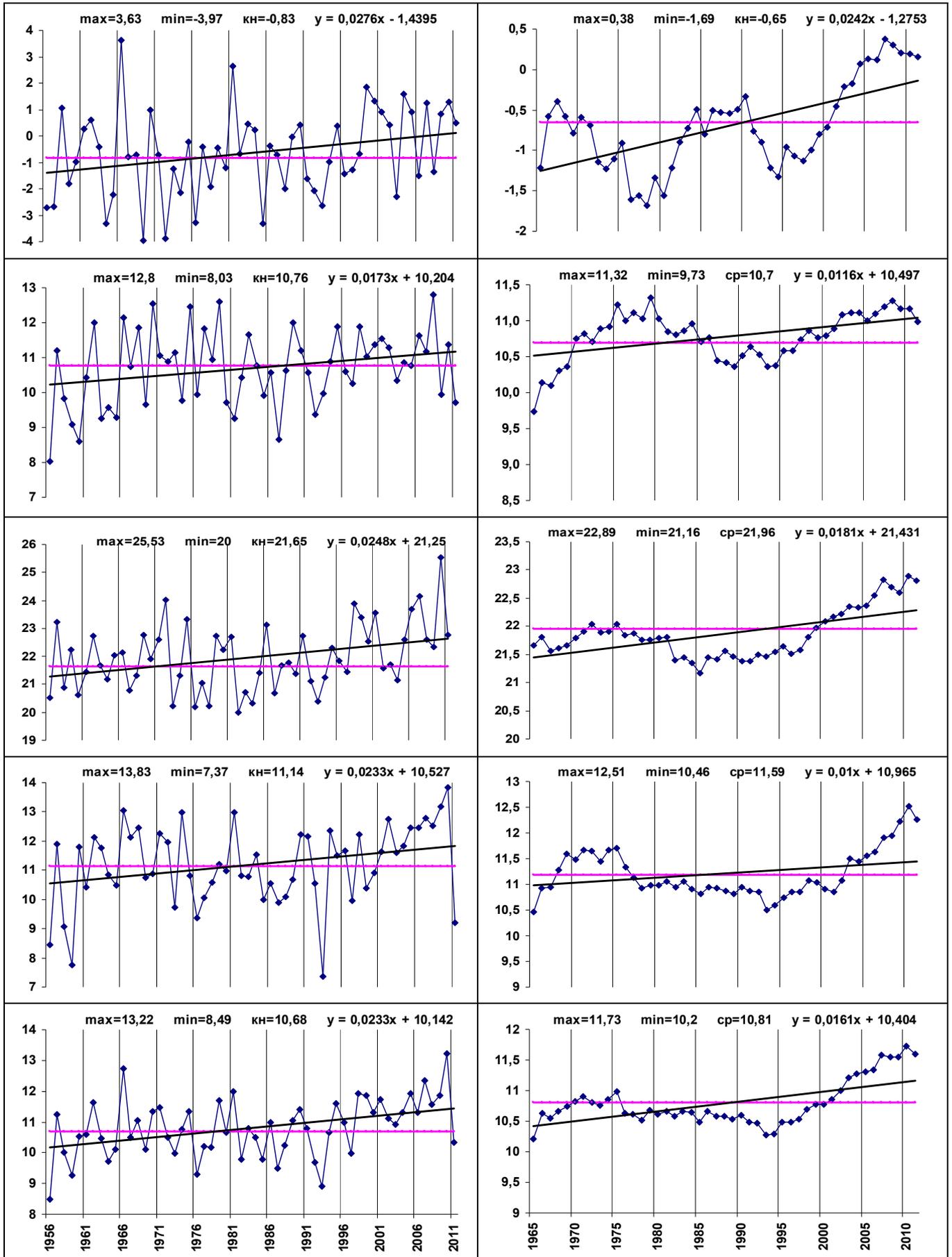


Рисунок 21. Средняя температура воздуха по сезонам и за год по данным МС Армавир

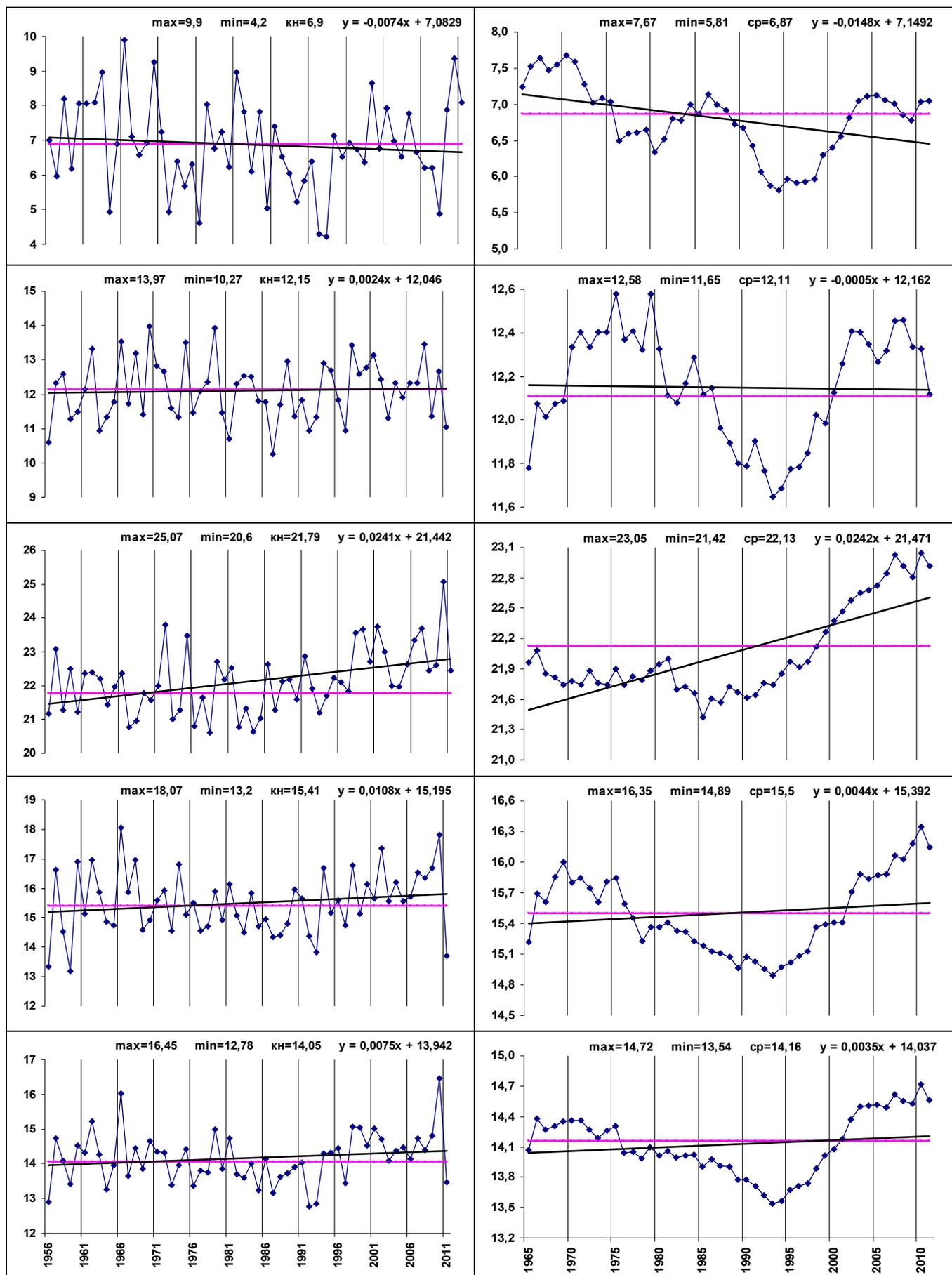


Рисунок 22. Средняя температура воздуха по сезонам и за год по данным МС Сочи

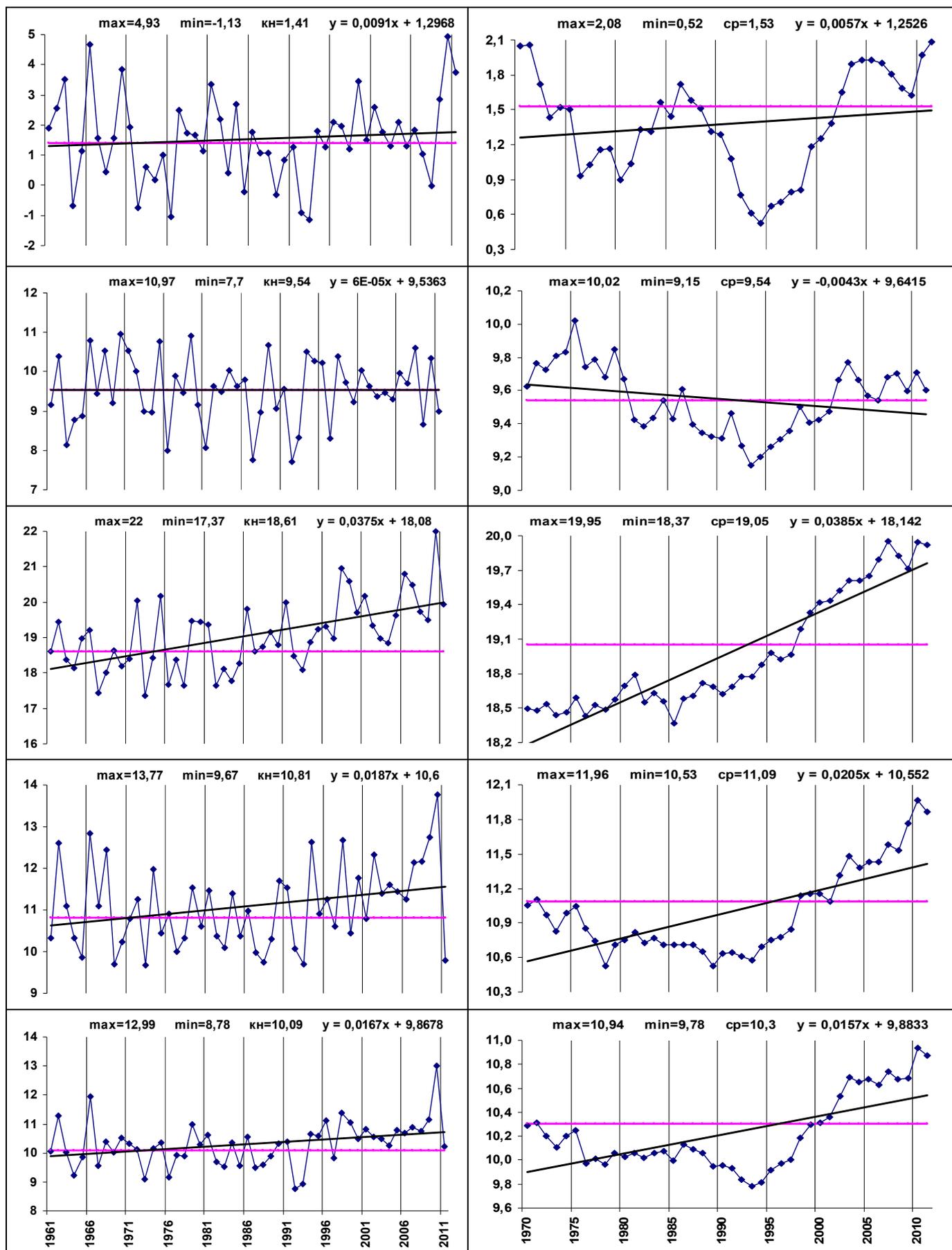


Рисунок 23. Средняя температура воздуха по сезонам и за год по данным МС Красная поляна

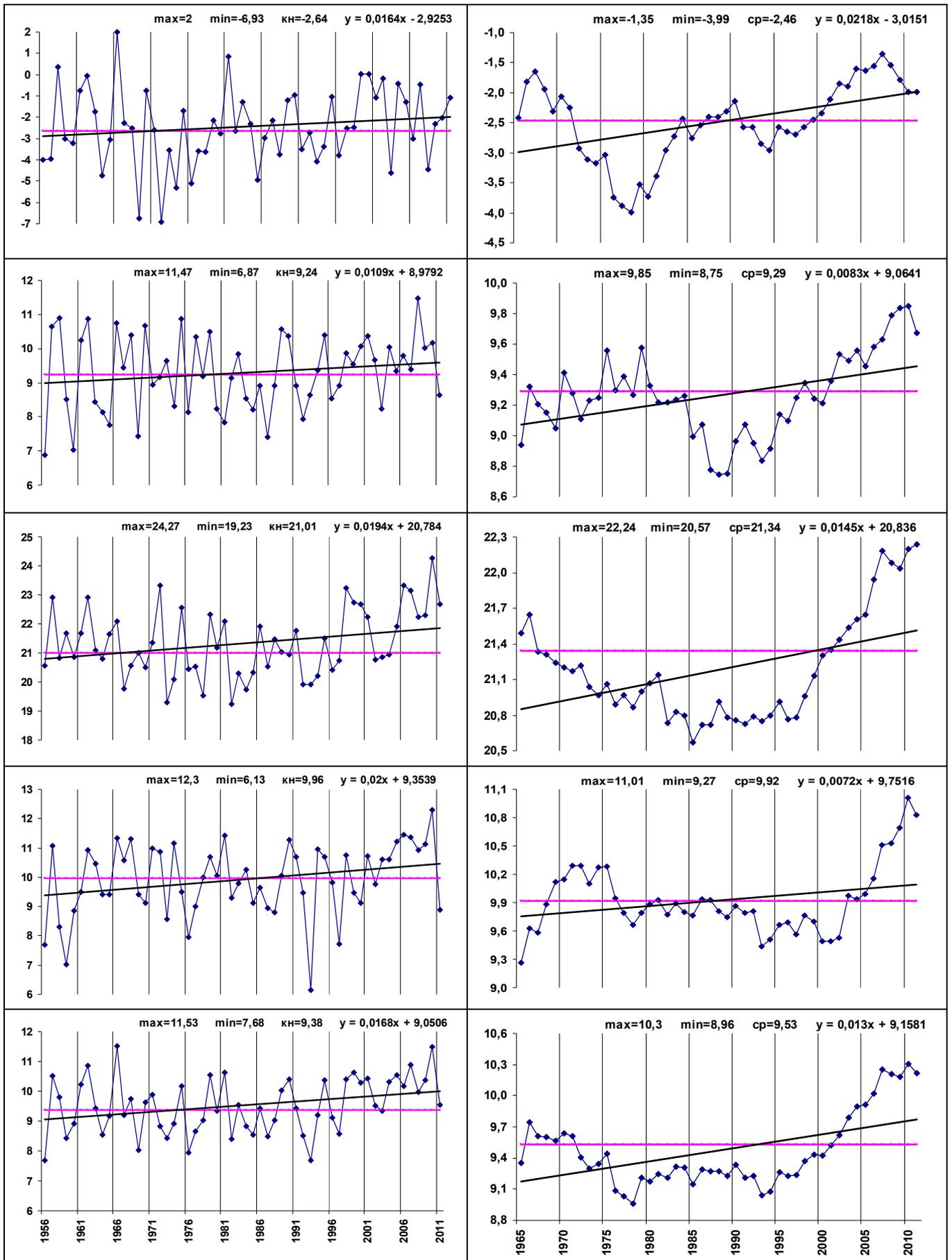


Рисунок 24. Средняя температура воздуха по сезонам и за год по данным МС Минеральные воды

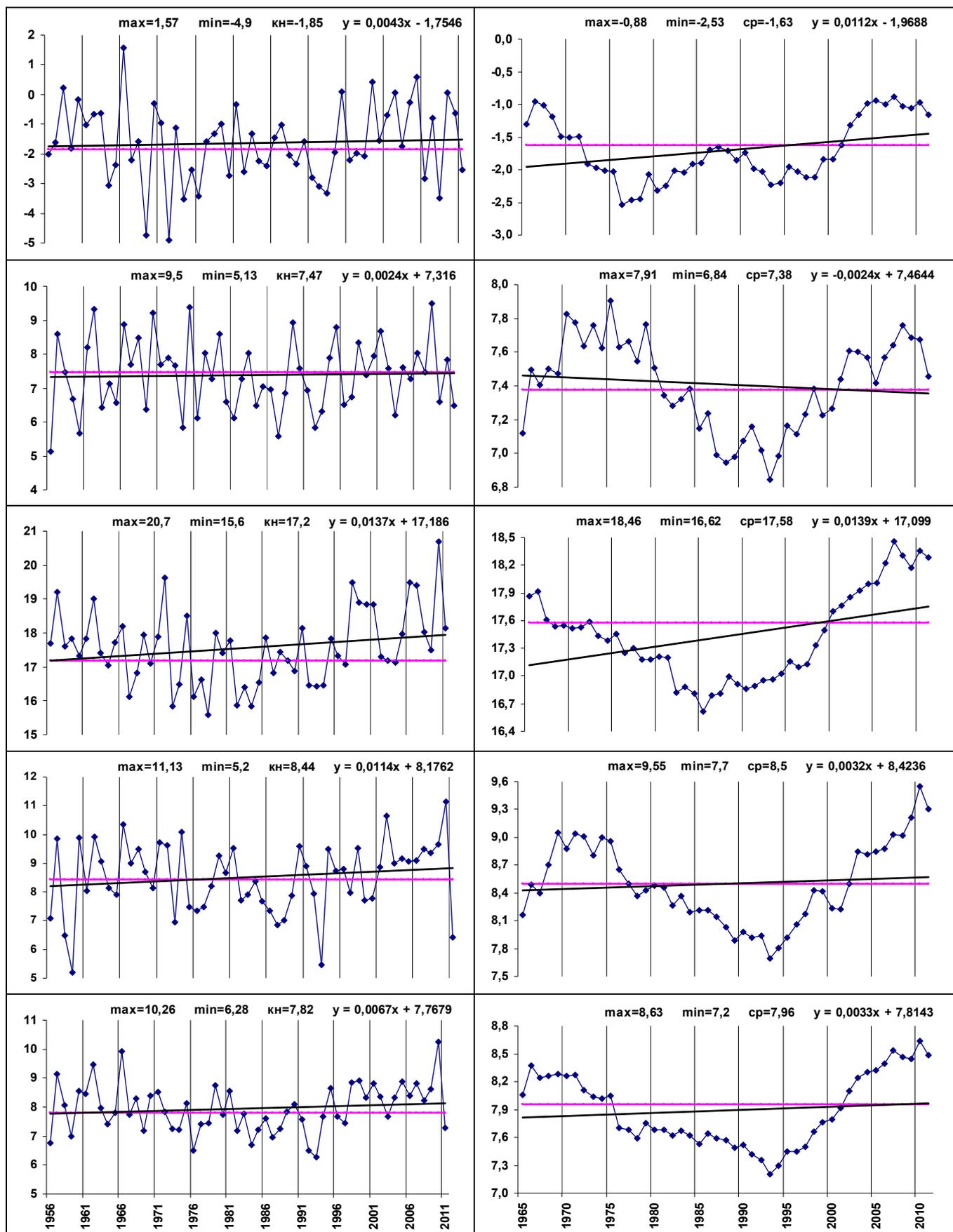
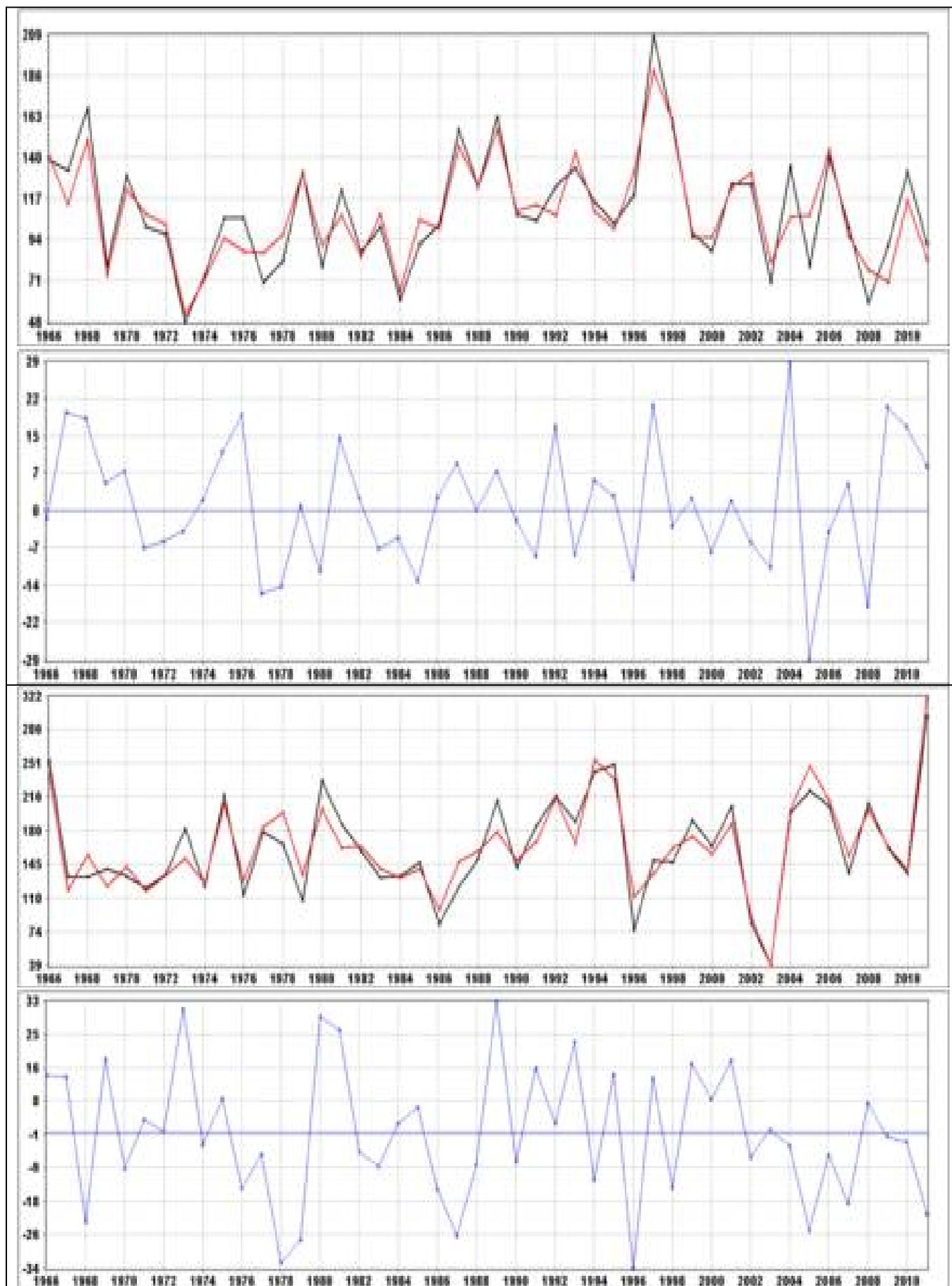


Рисунок 25. Средняя температура воздуха по сезонам и за год по данным МС Кисловодск

Приложения 3.



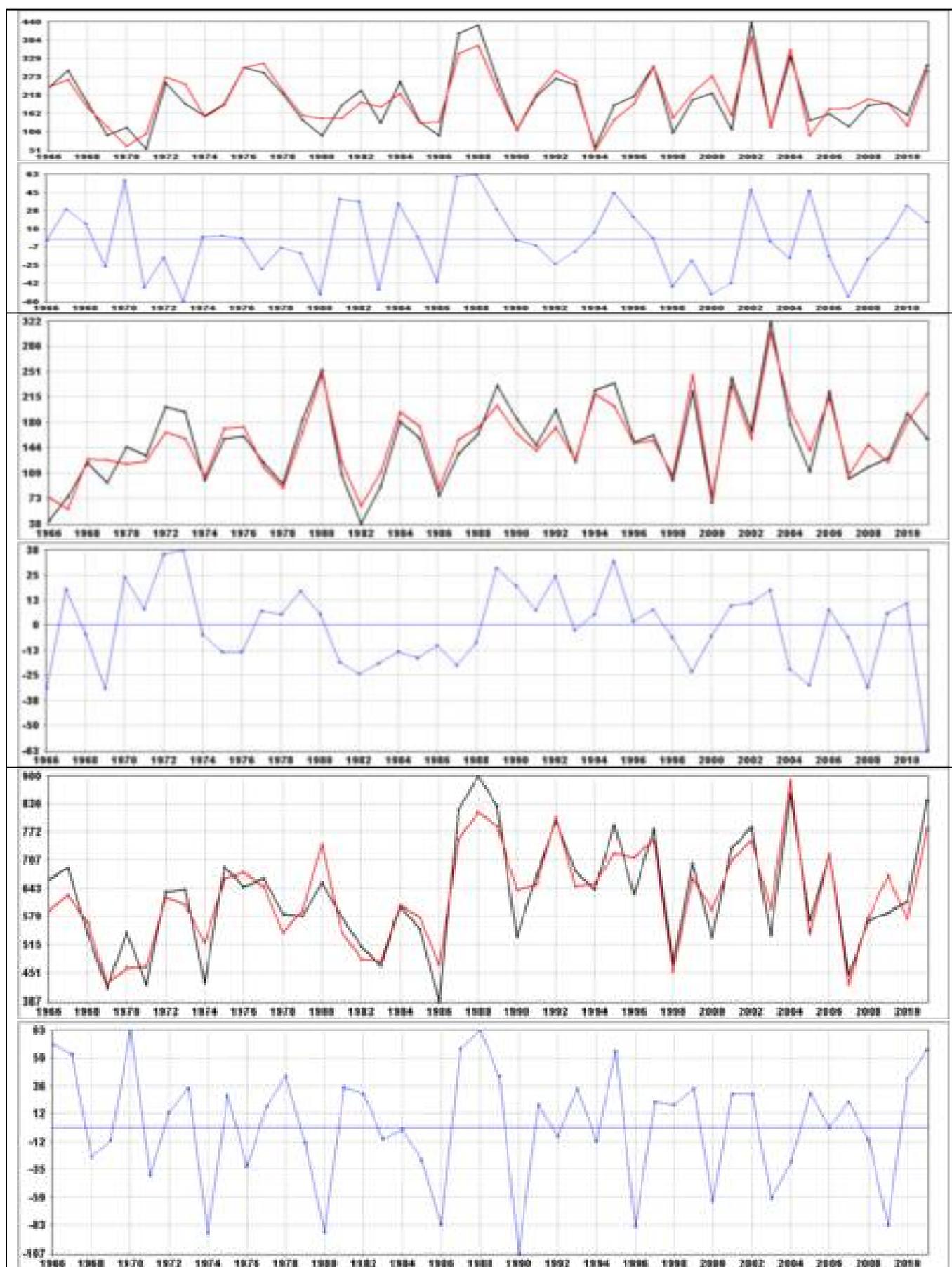
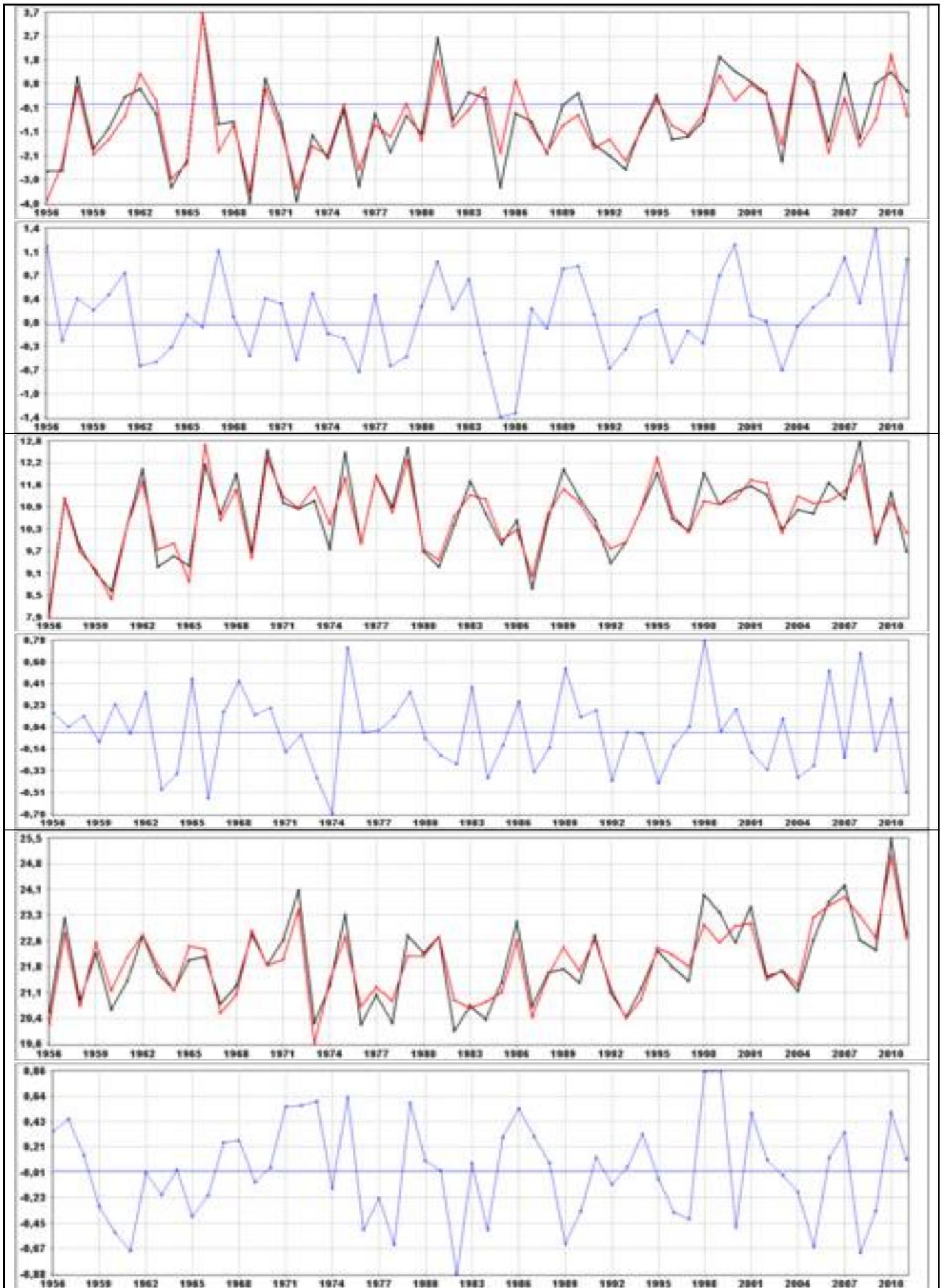


Рис. Разность остатков суммарного количества осадков по сезона и за год по данным МС Армавир



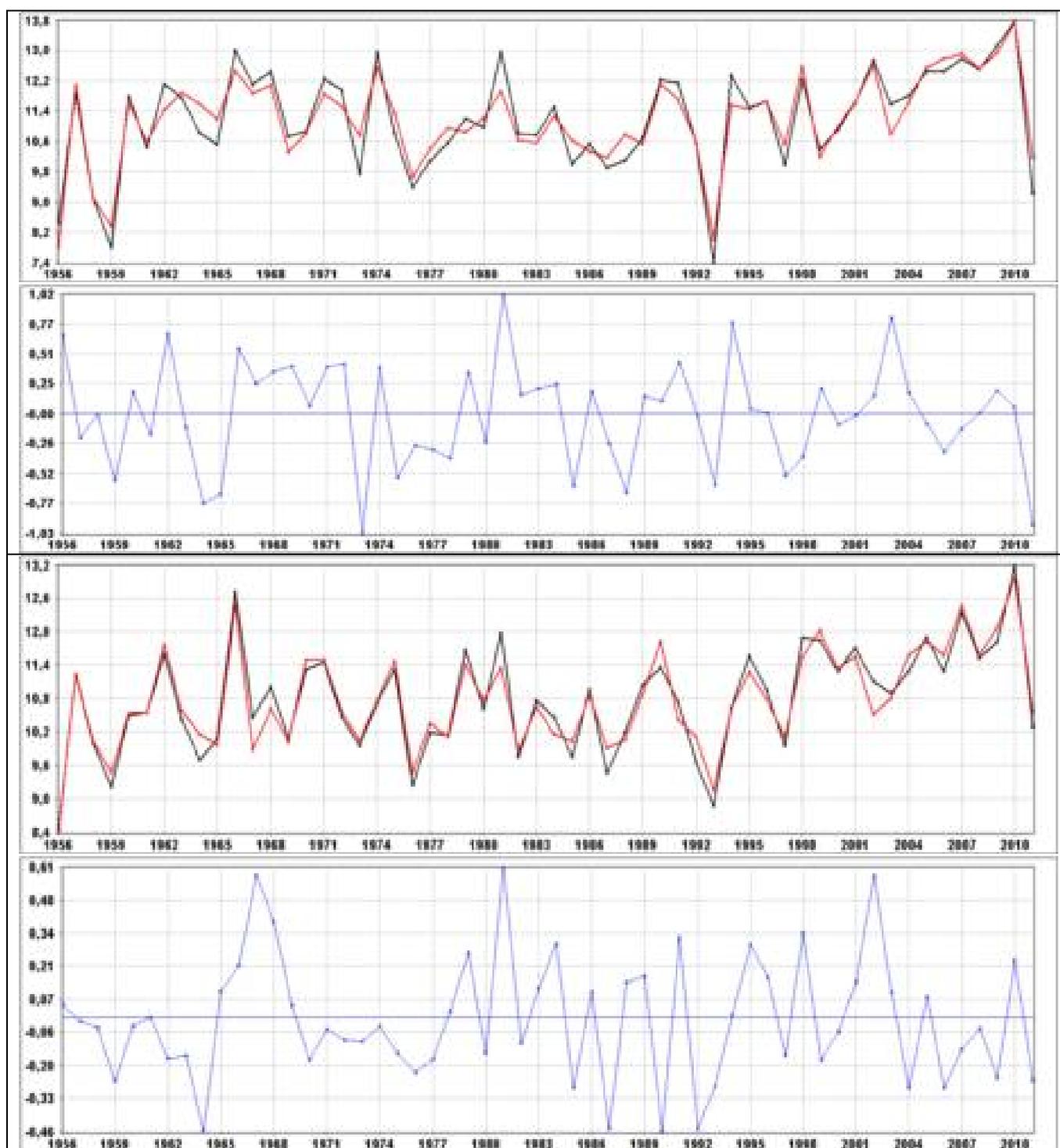
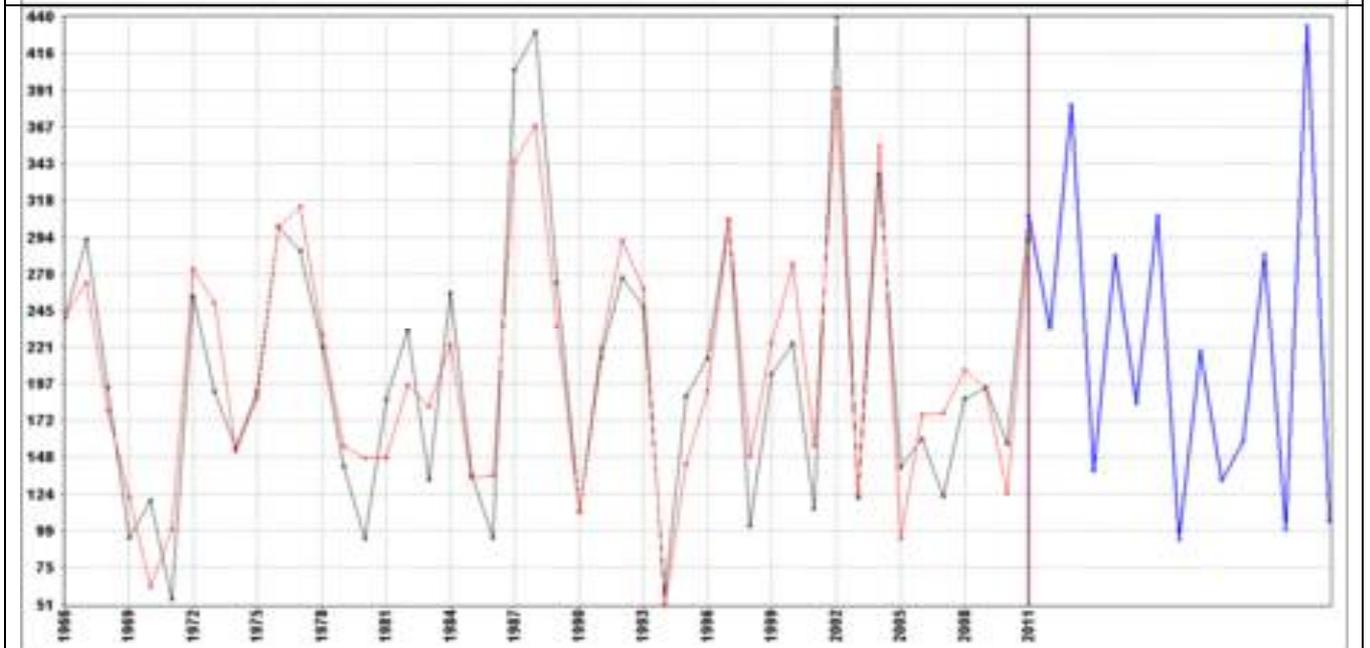
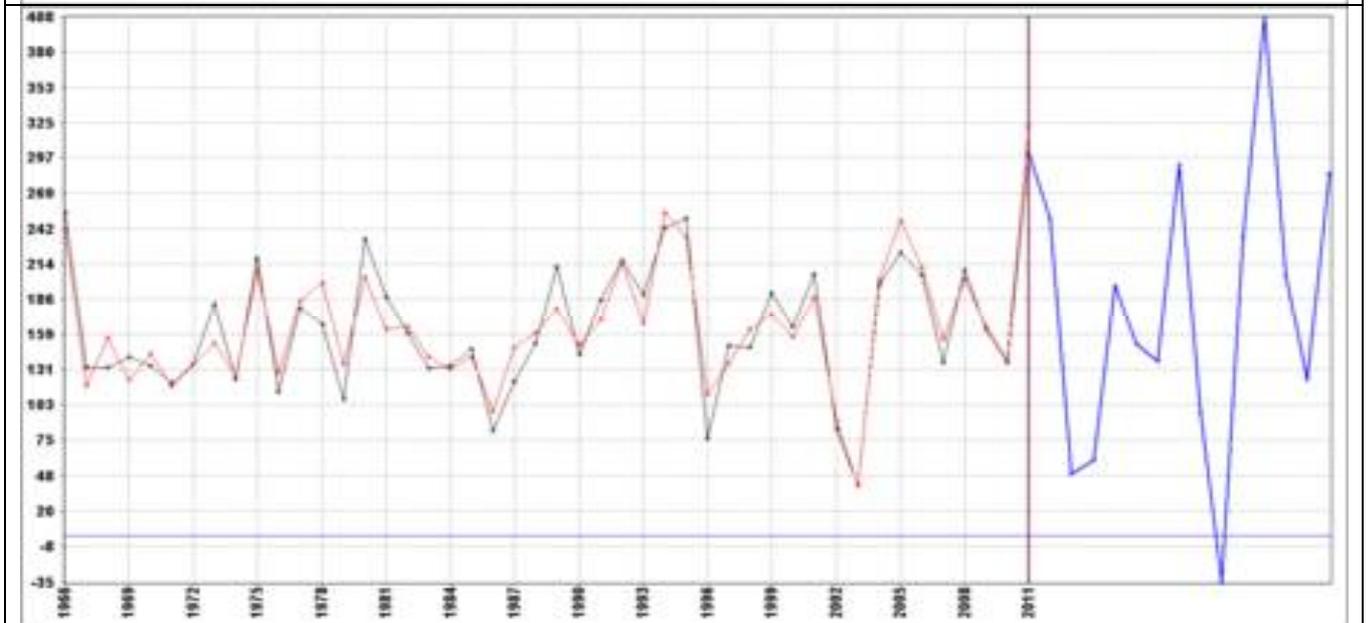
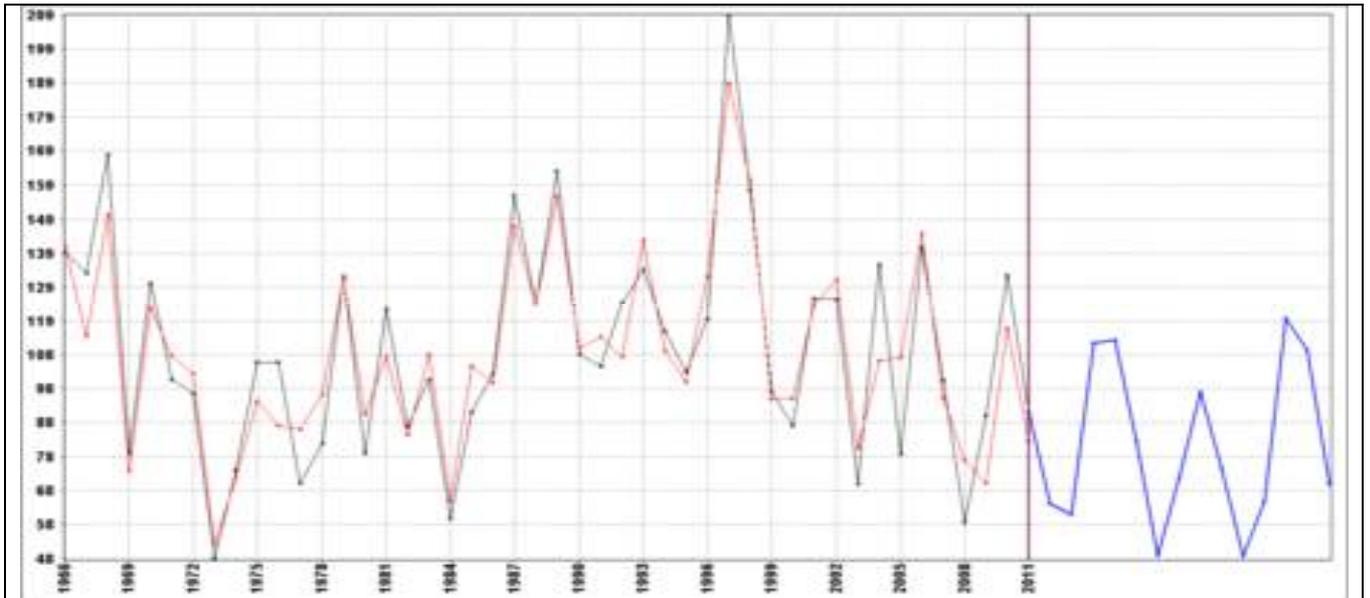


Рис. Разность остатков средней температуры воздуха по сезонам и за год по данным МС Армавир



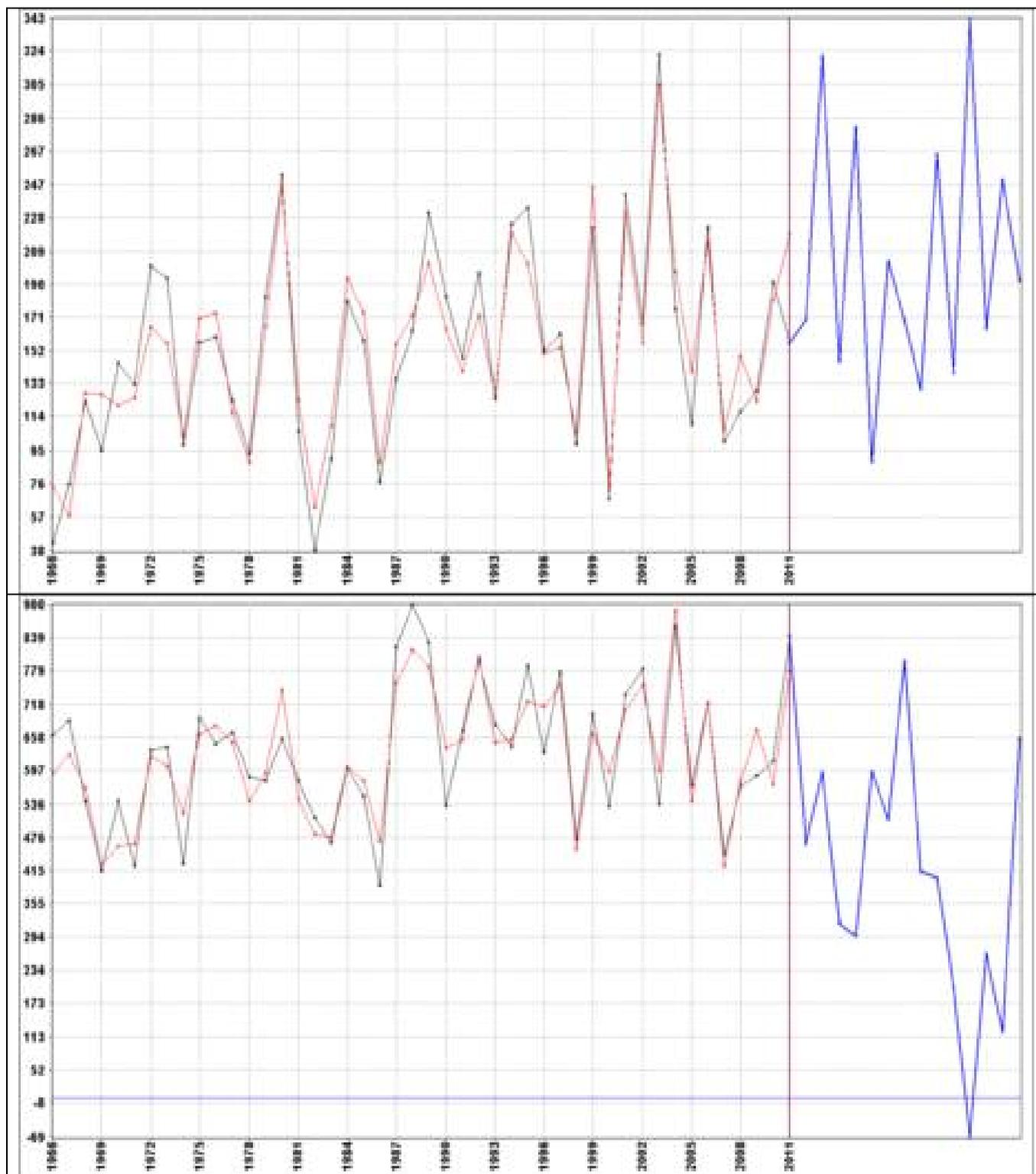
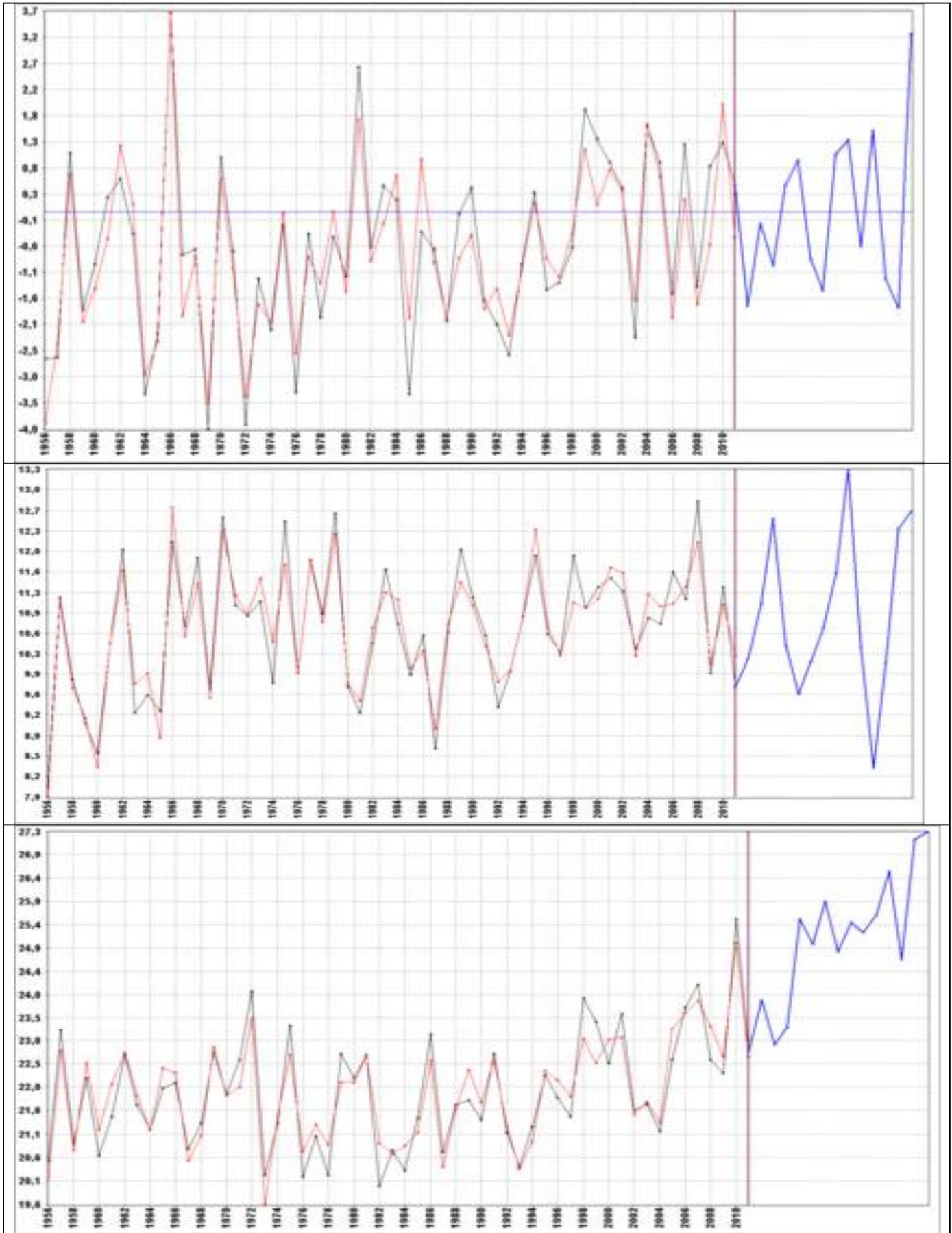


Рис. Исходные, восстановленные и прогнозные значения суммарного количества осадков по сезонам и за год по данным МС Армавир



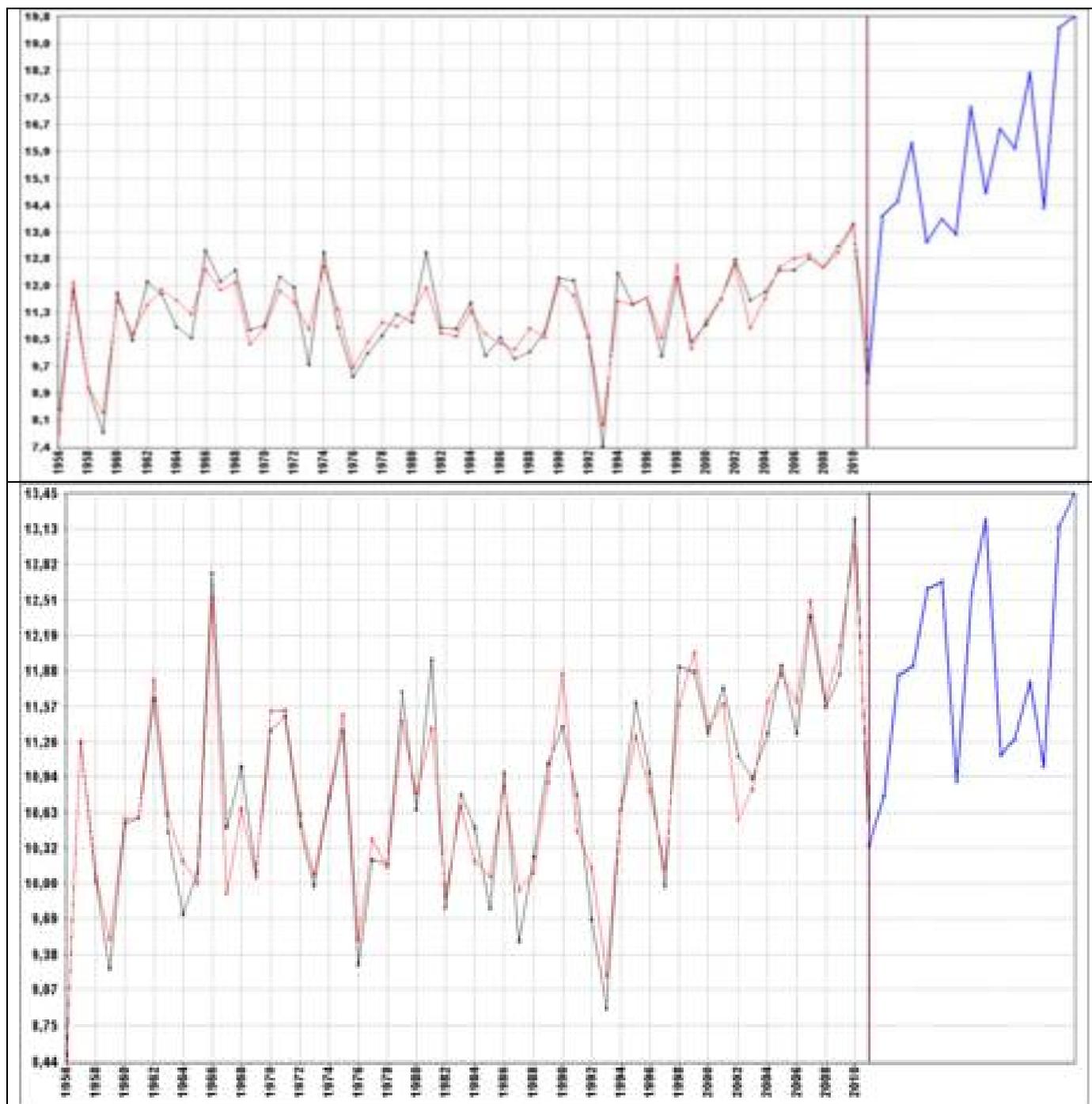
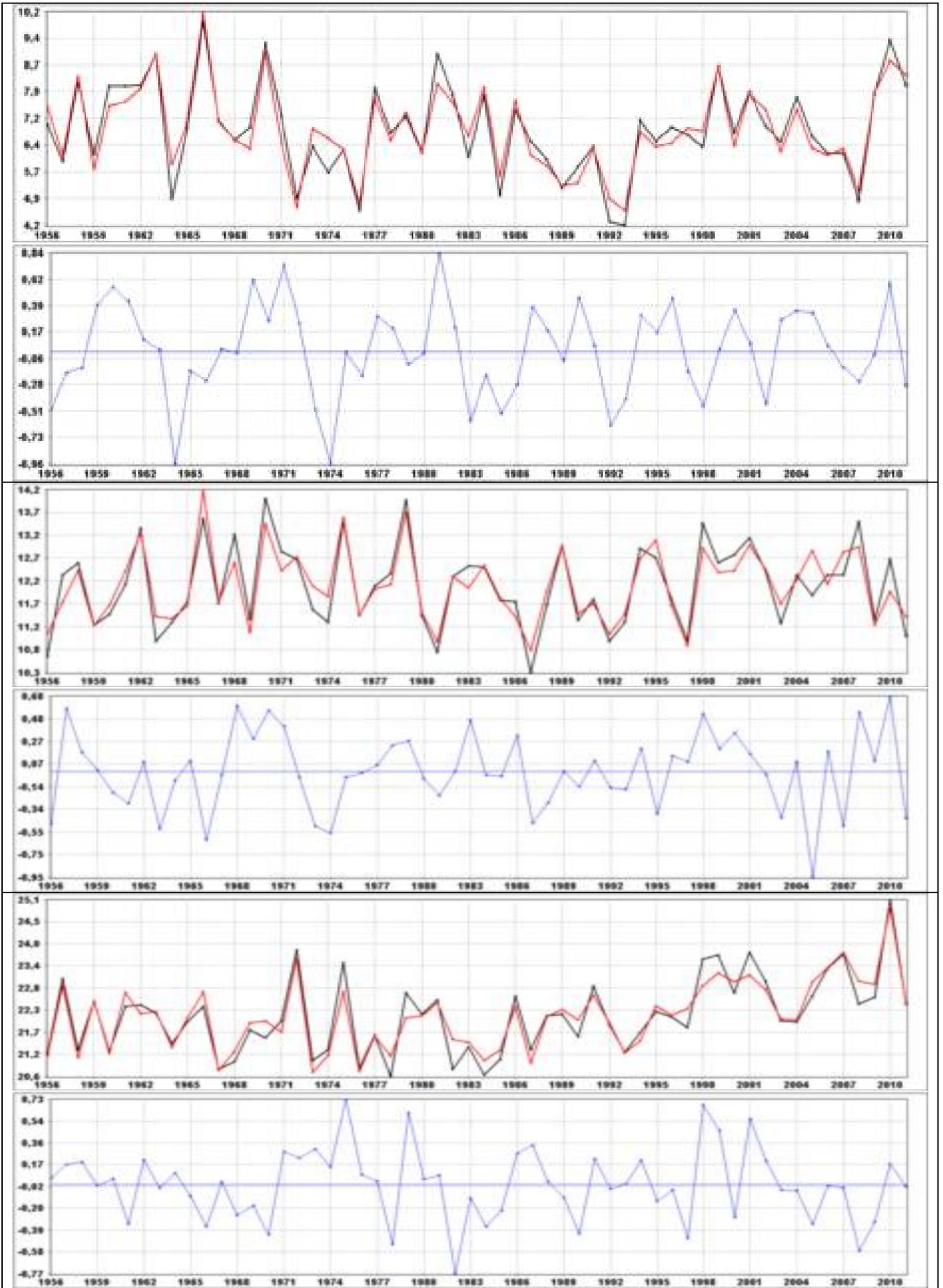


Рис. Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха по сезонам и за год по данным МС Армавир



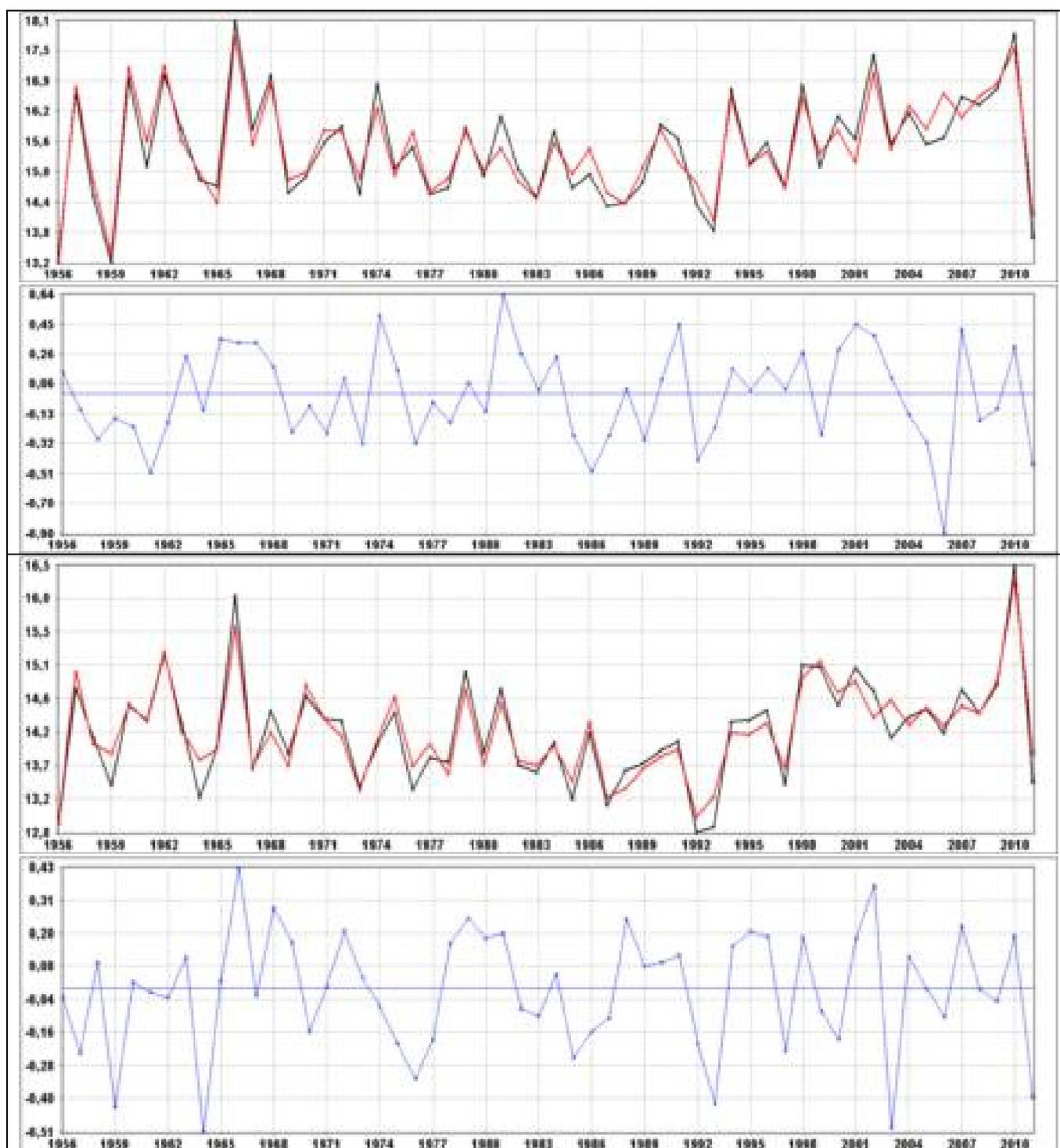
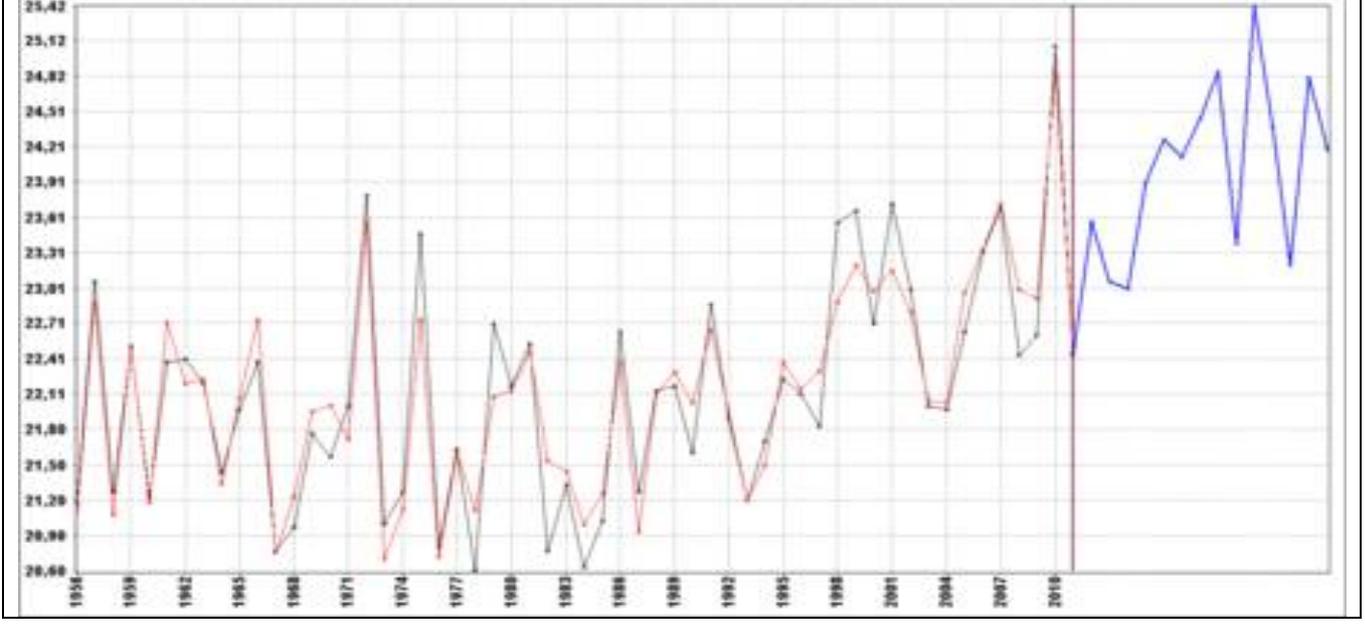
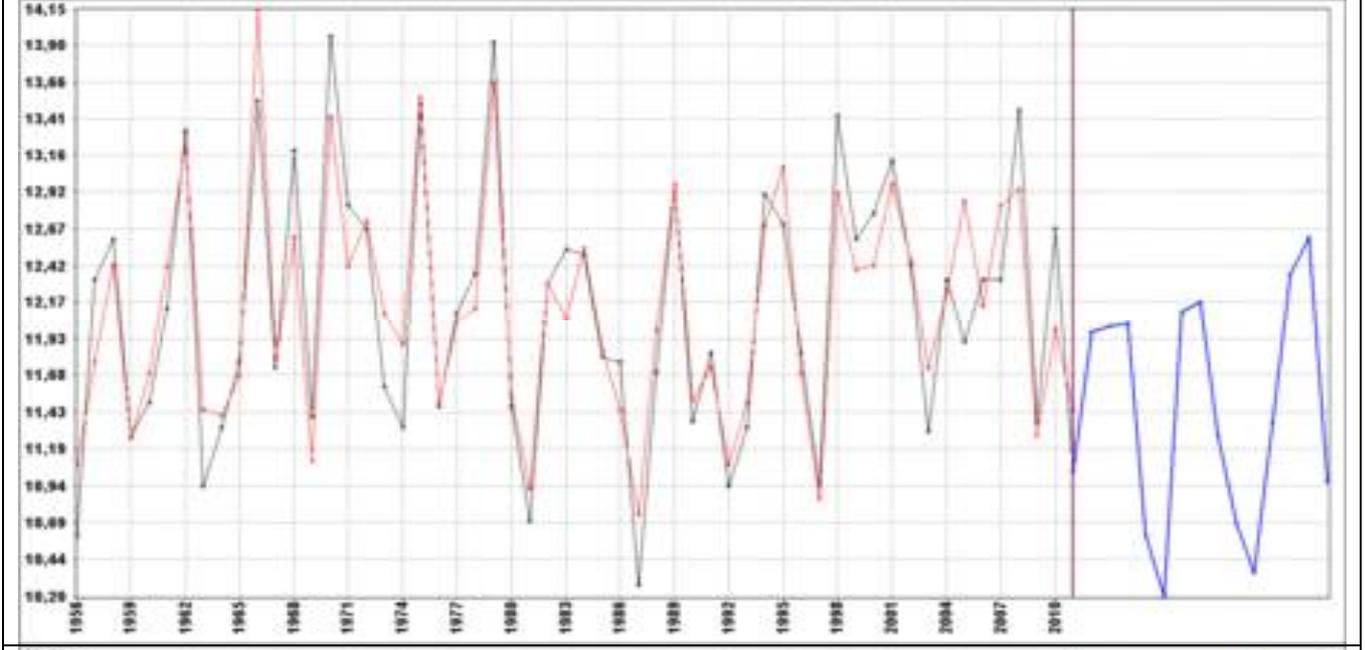
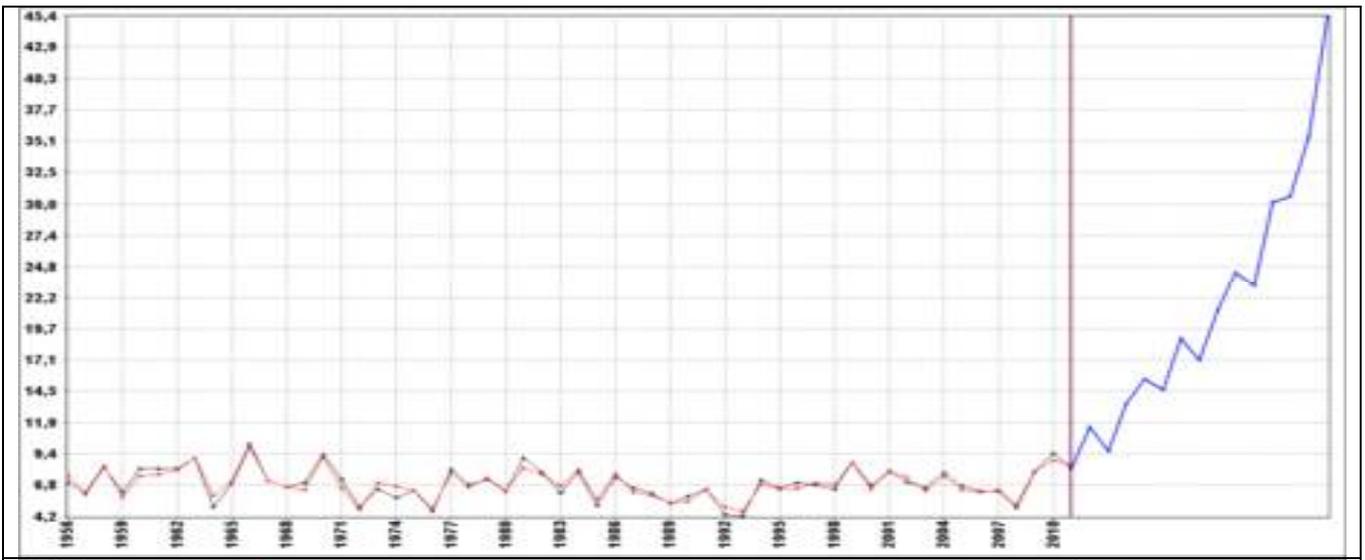


Рис. Разность остатков средней температуры воздуха по сезонам и за год по данным МС Сочи



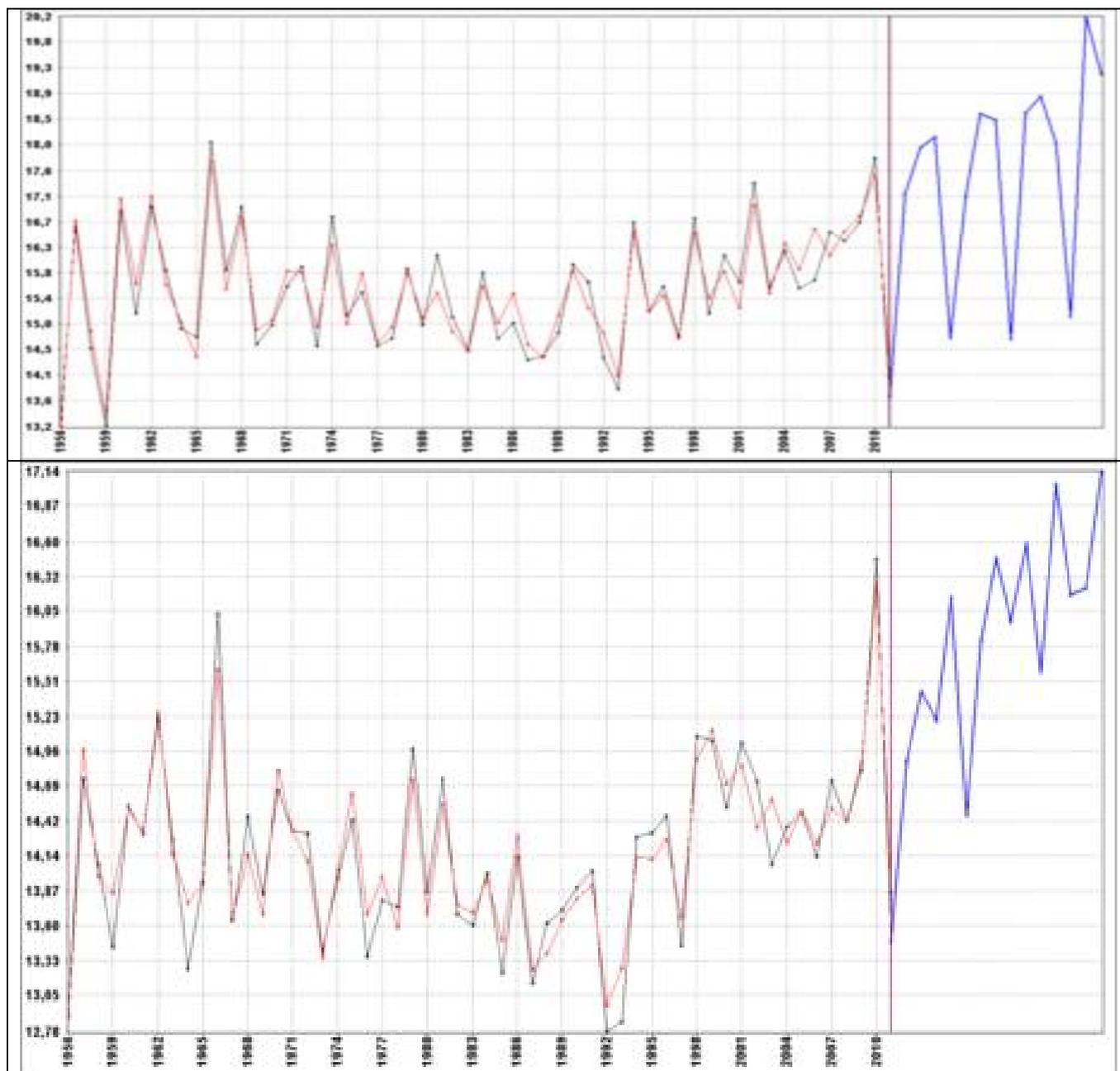


Рис. Исходные, восстановленные и прогнозные значения средней температуры воздуха по сезонам и за год по данным МС Сочи

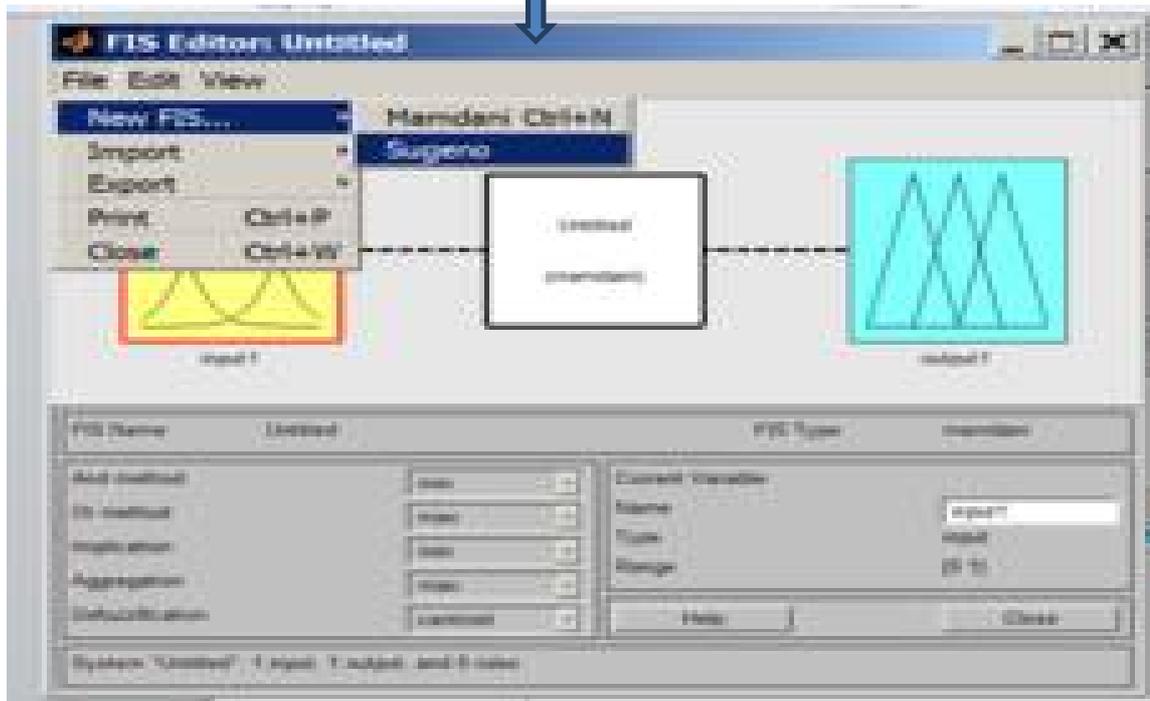
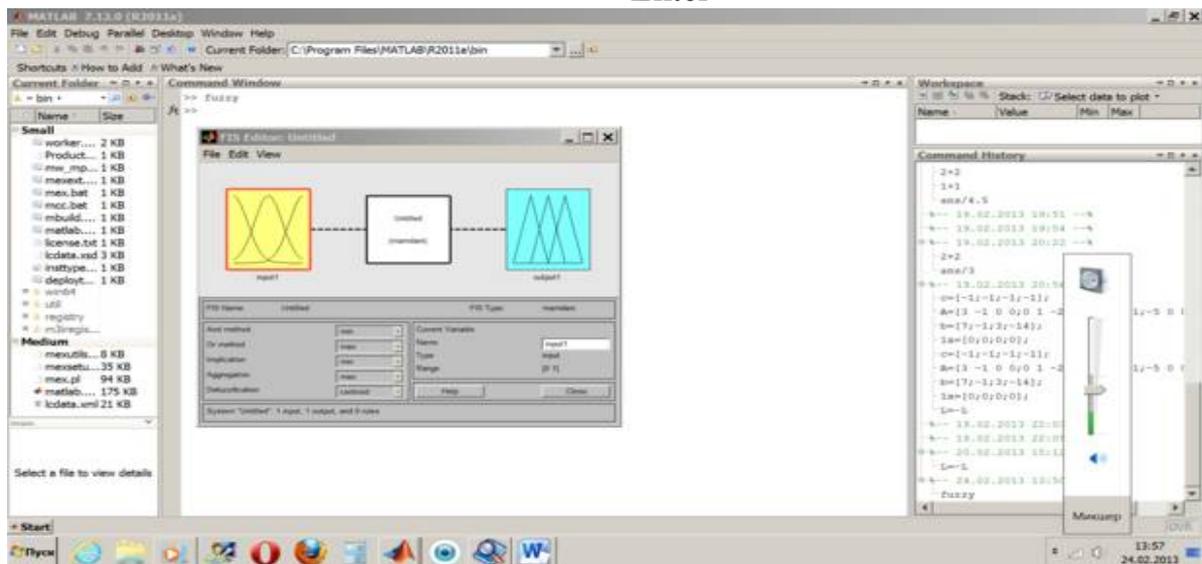
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Прогнозирование в MatLab (нечёткая логика)

1. Открытие файла

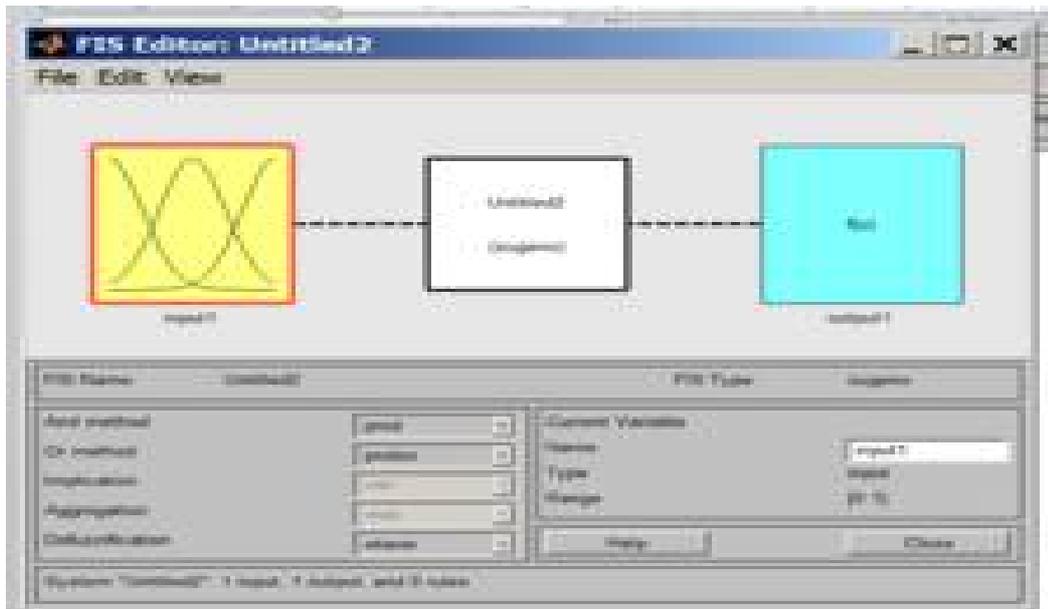
В окне Command Window набираем fuzzy



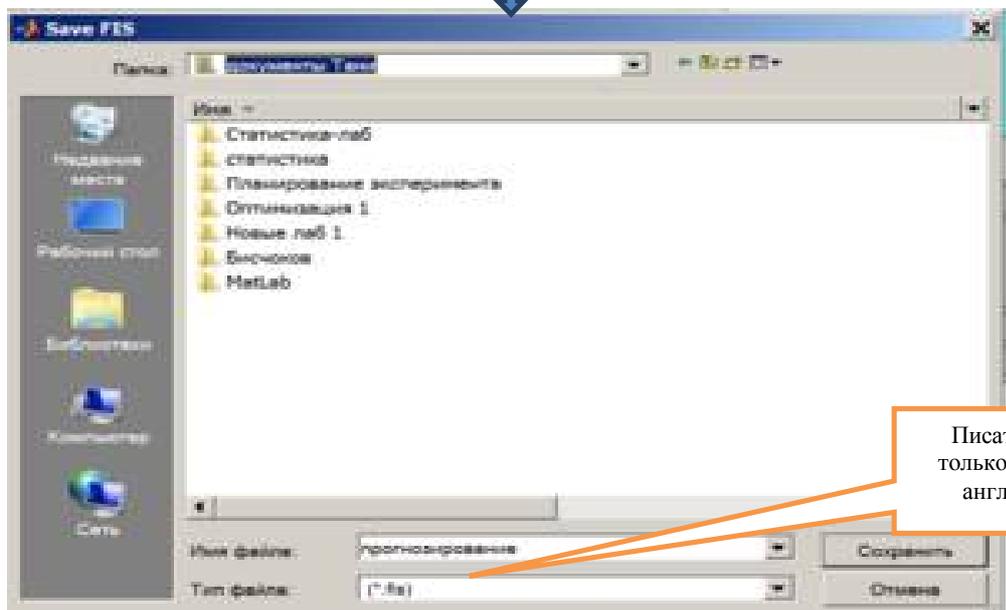
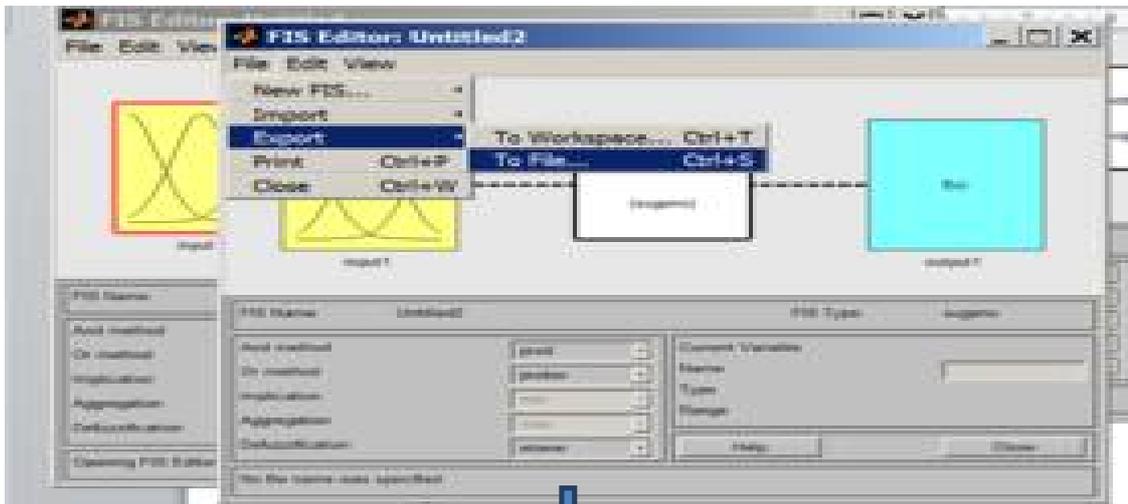
↓
Enter



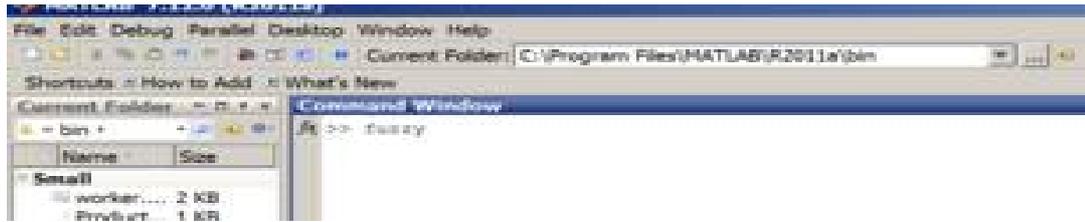
↓



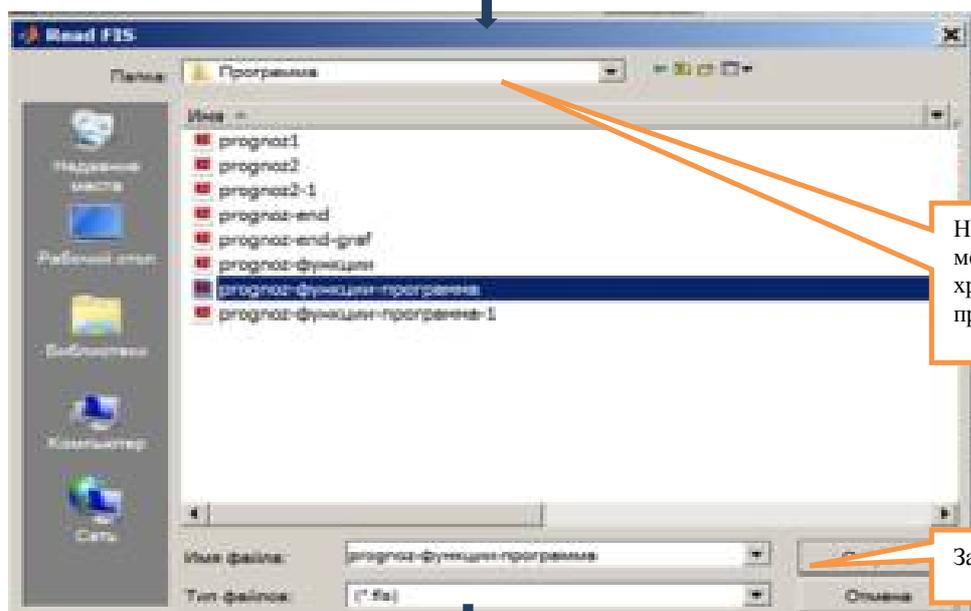
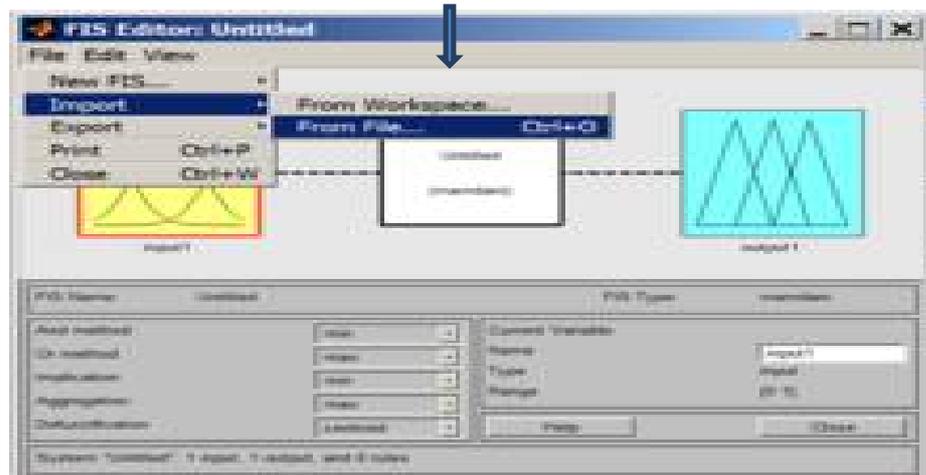
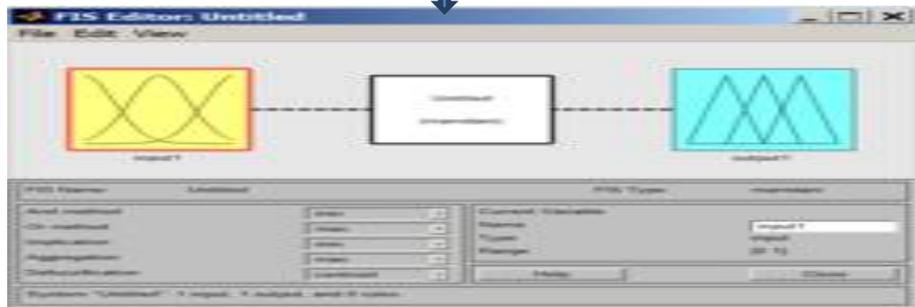
2. Сохранение файла

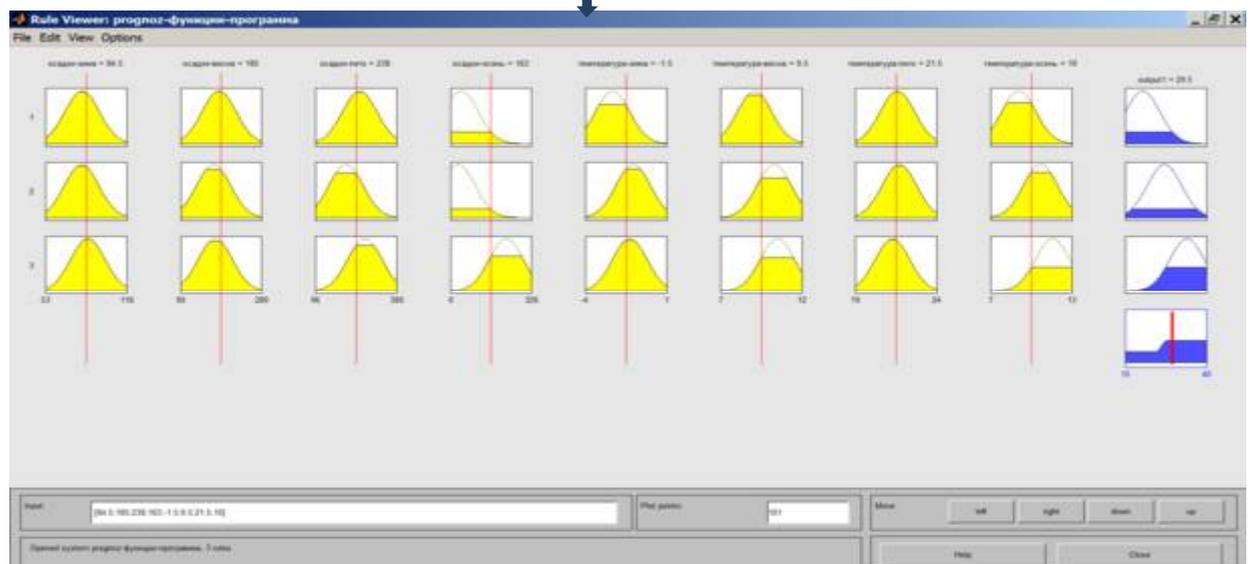
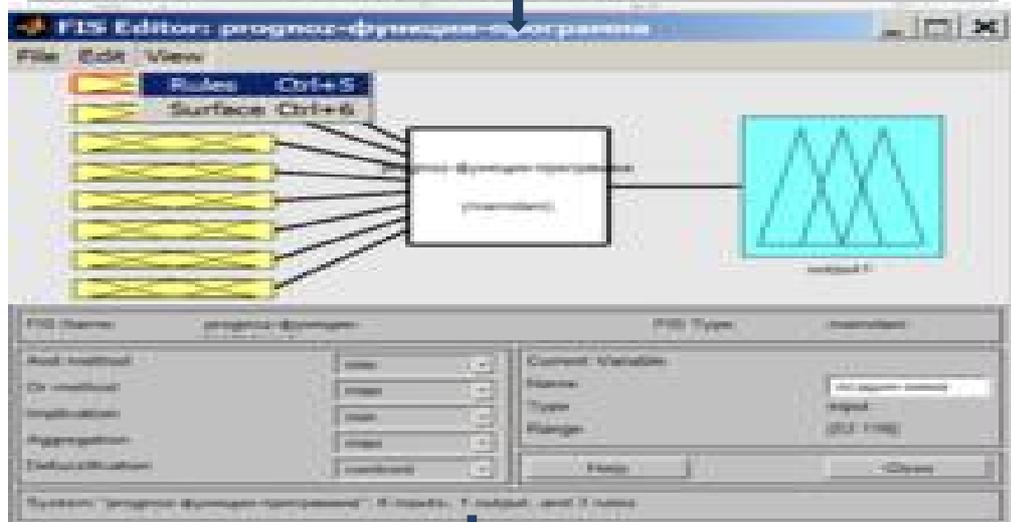
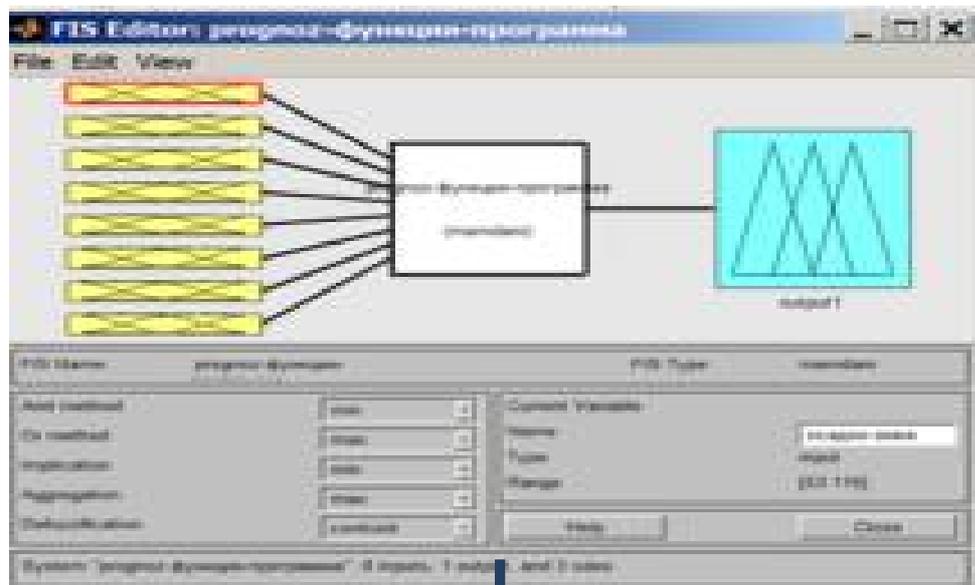


2.1. Вызов файла



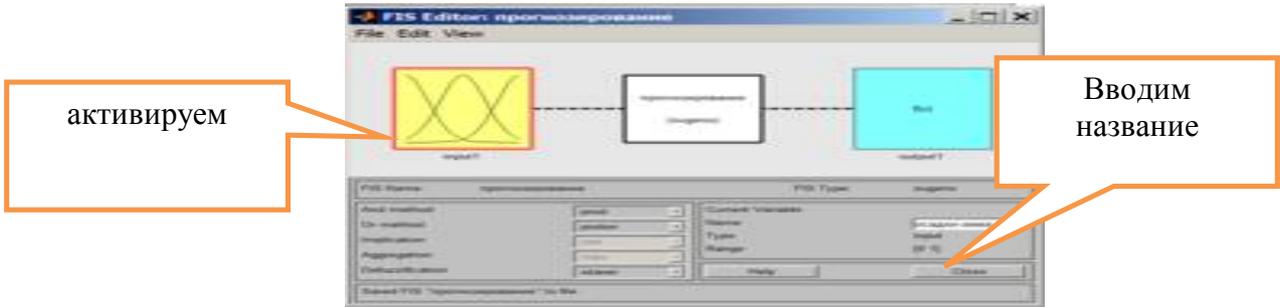
Enter



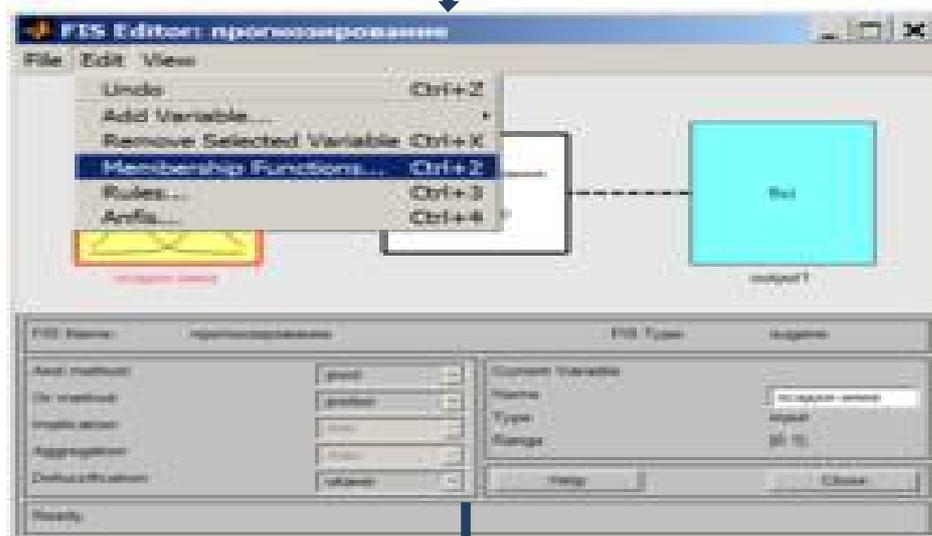
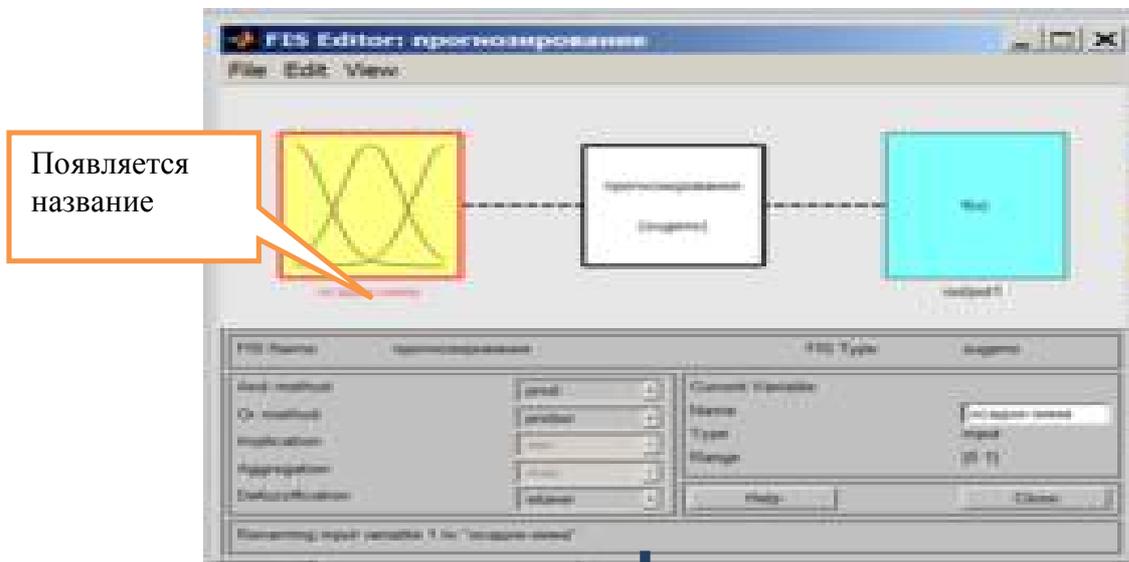


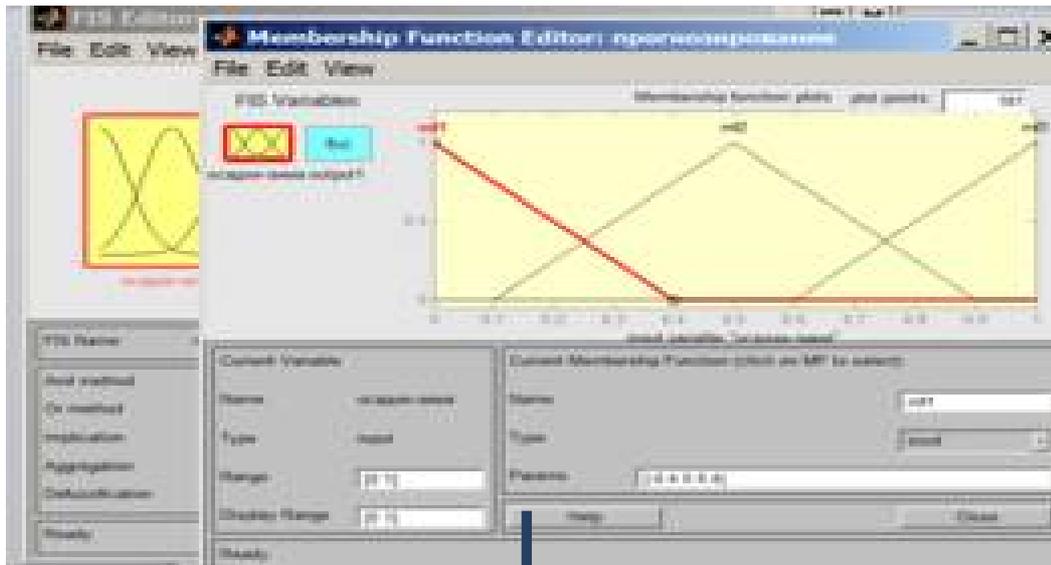
3. Создание программы

3.1. Программирование входов

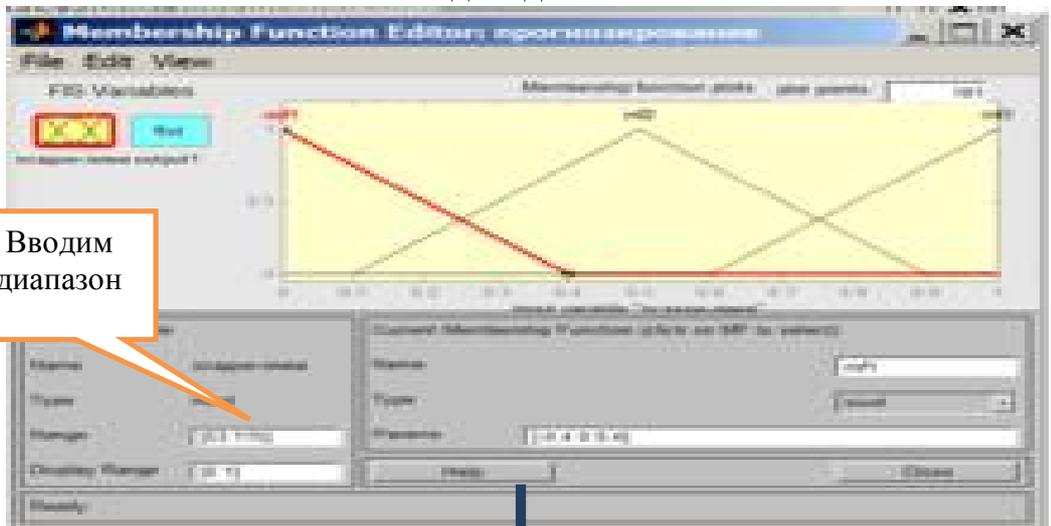


Enter

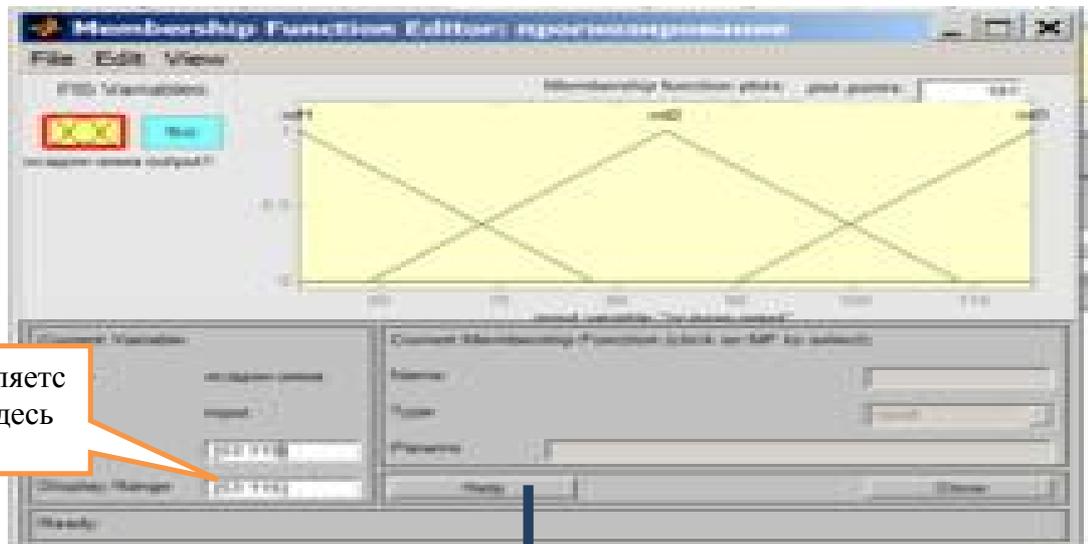




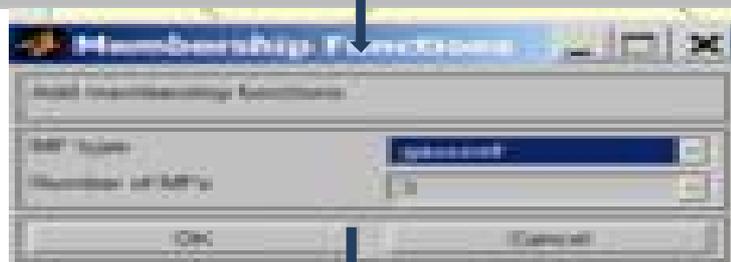
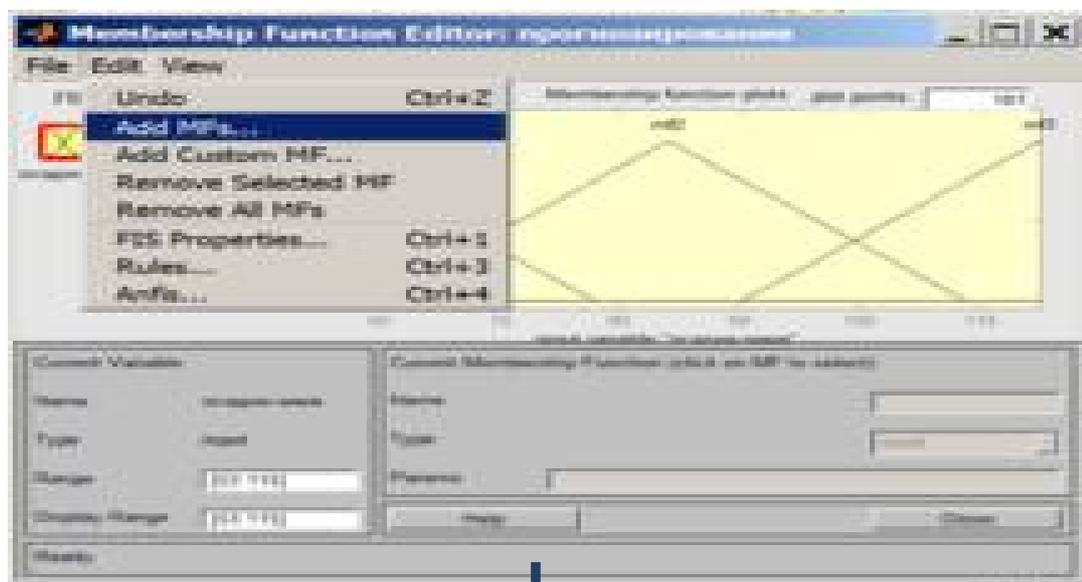
Вводим диапазон



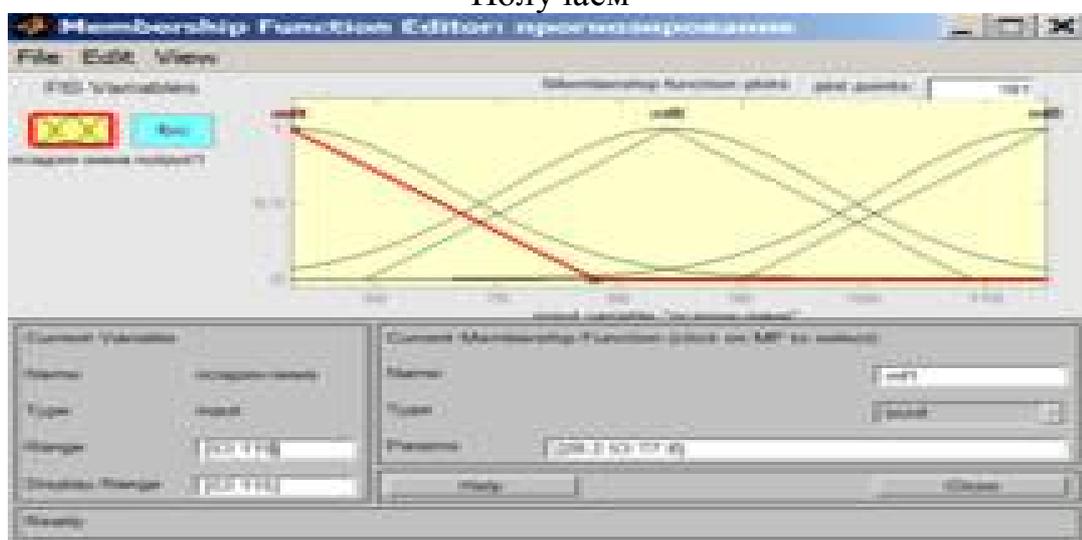
Enter



Устанавливаем количество линий и их распределения

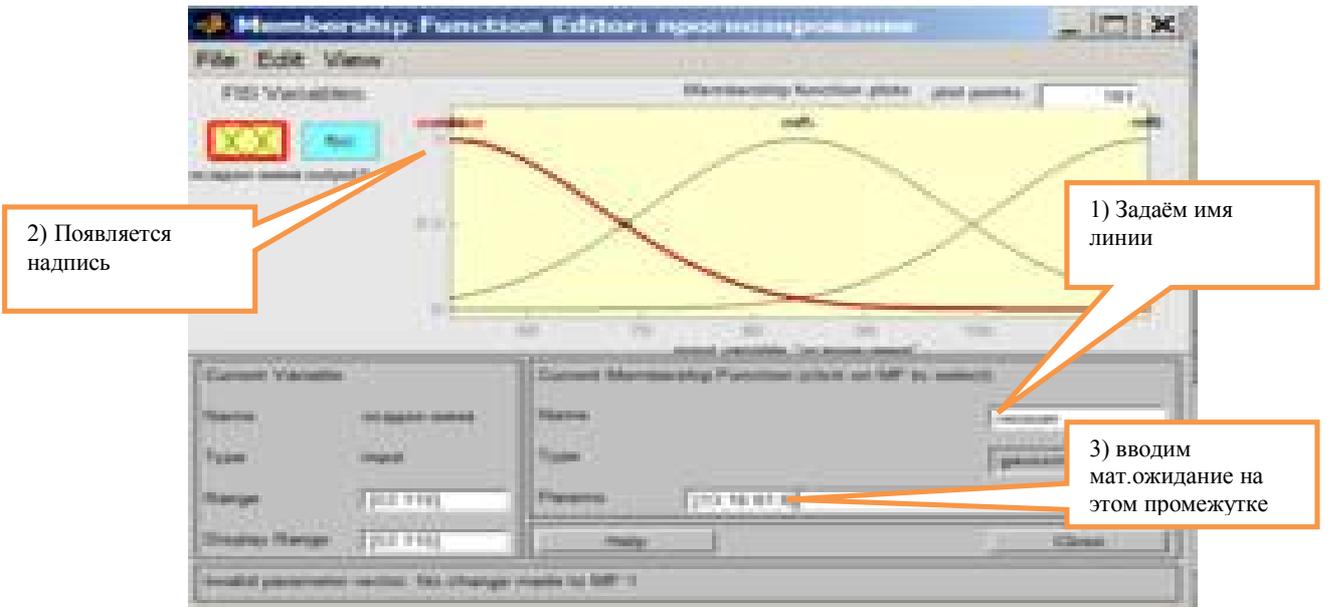


Получаем



Лишние линии удаляем (щёлкаем по линии, она активируется → Delete)





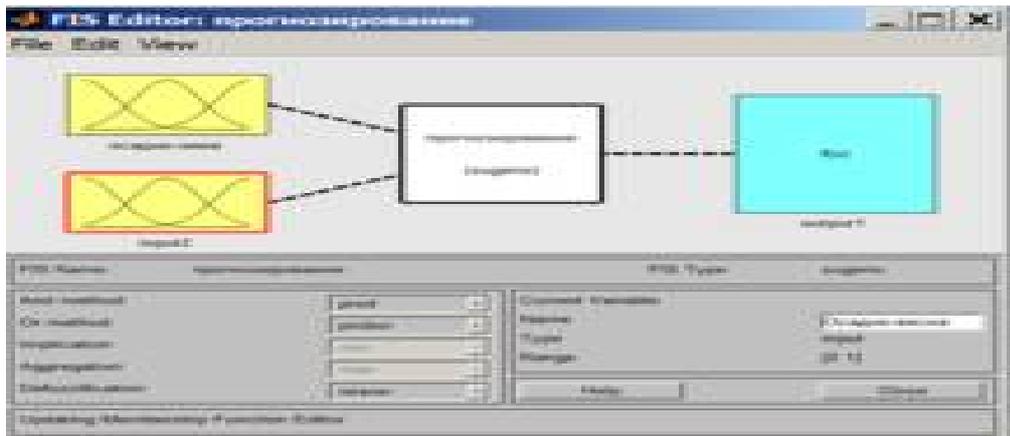
Enter

Активируем другую линию: вводим имя – Средняя и мат.ожидание на этом промежутке. Аналогично с Высокой

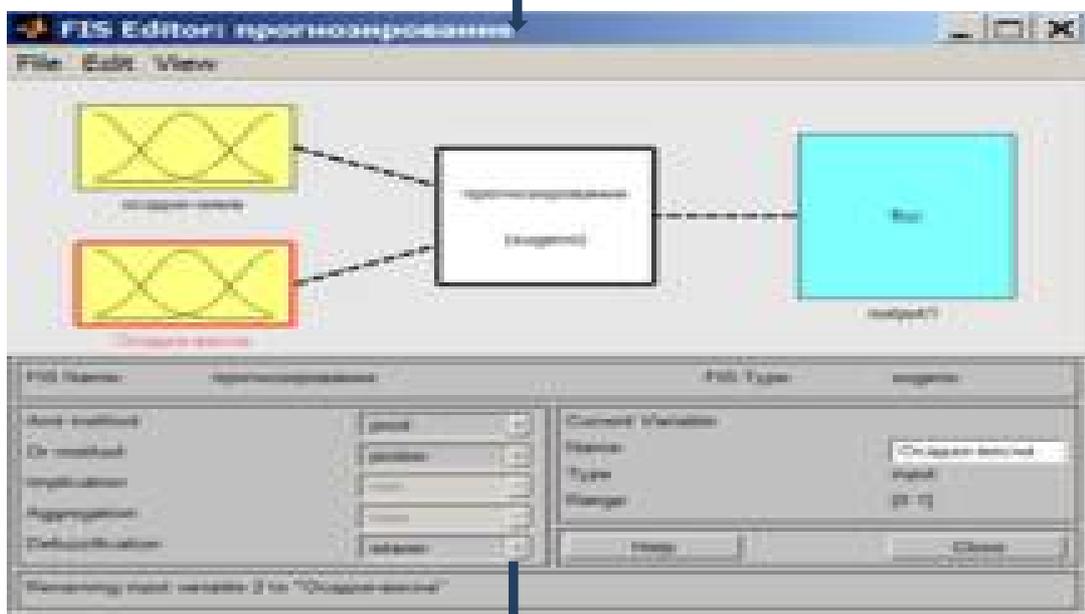


3.2. Программирование 2-го входа и последующих

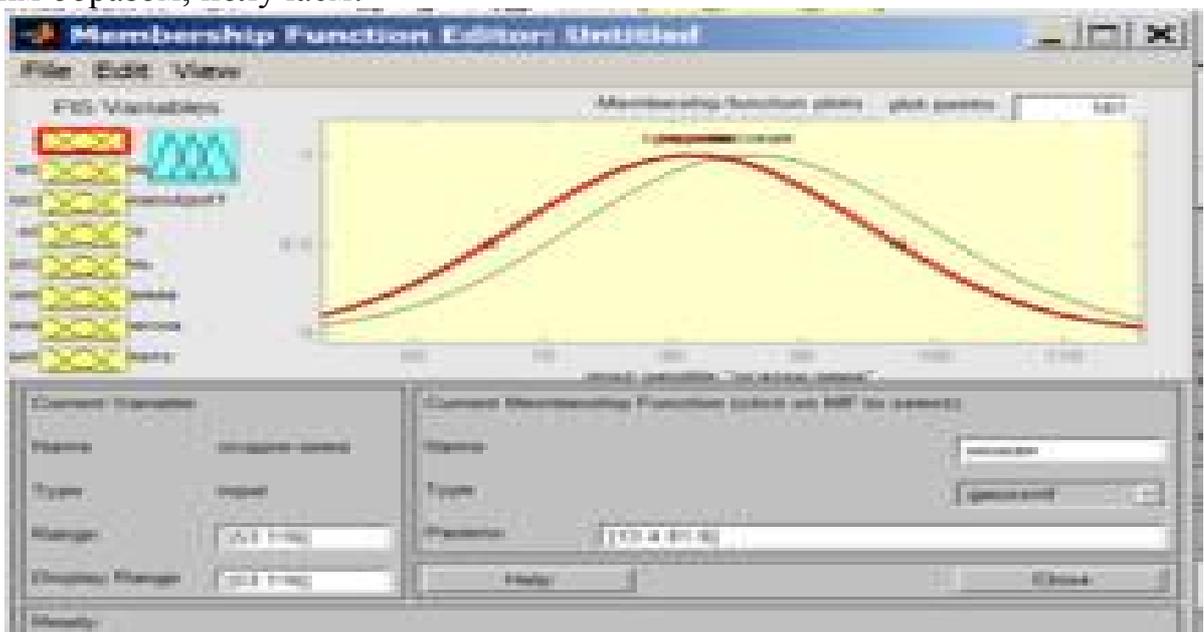


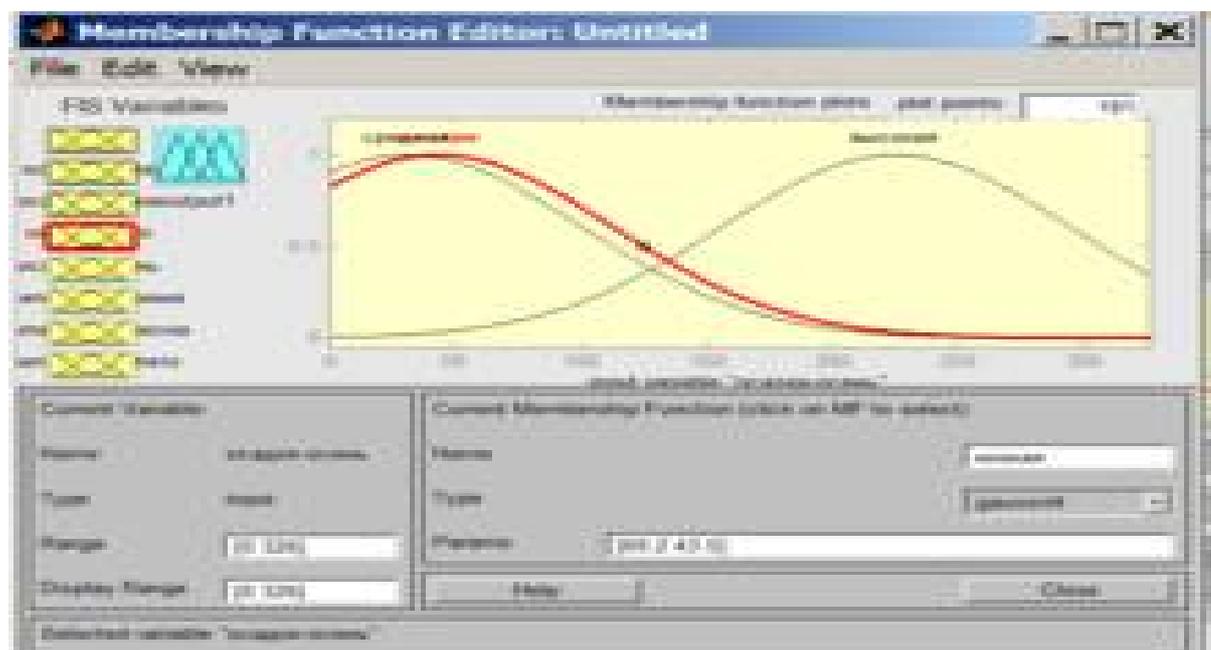
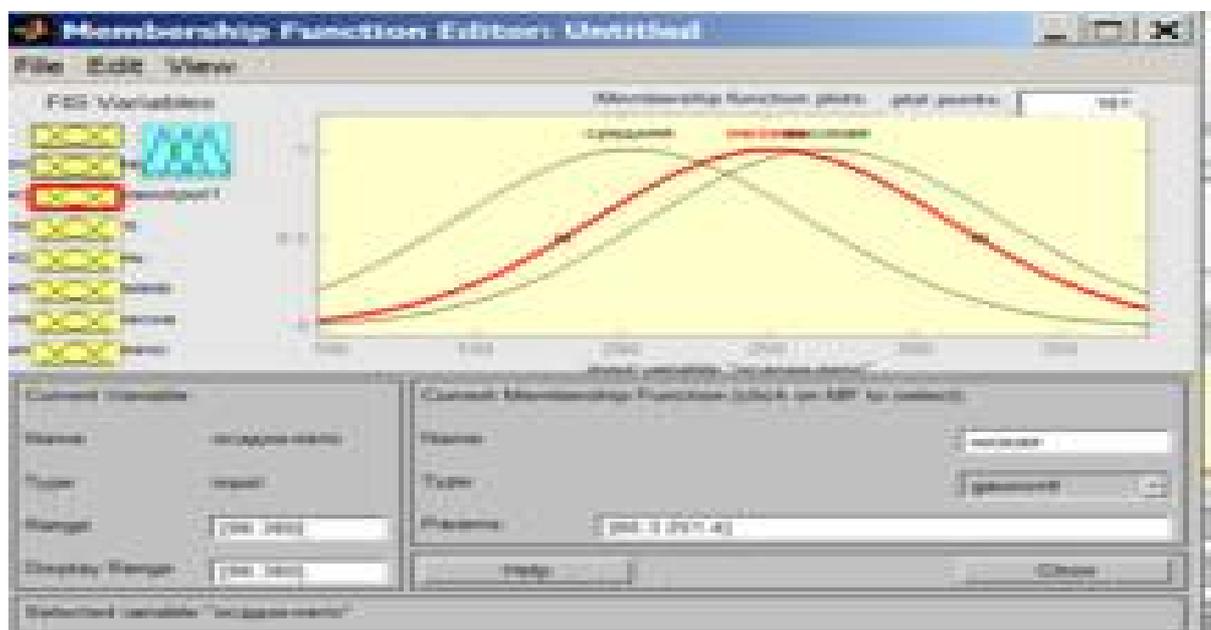
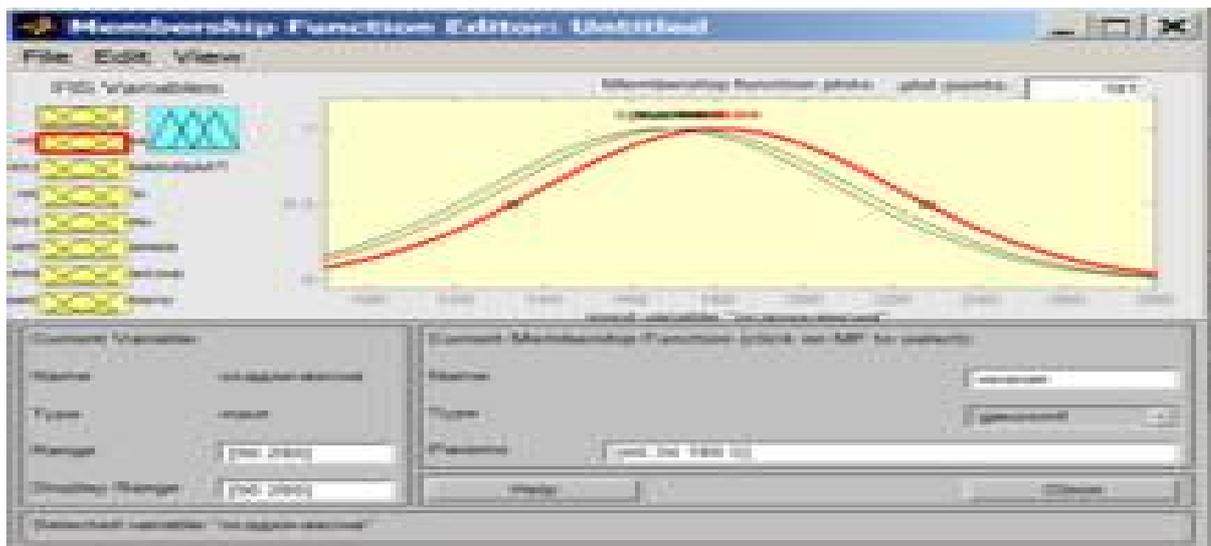


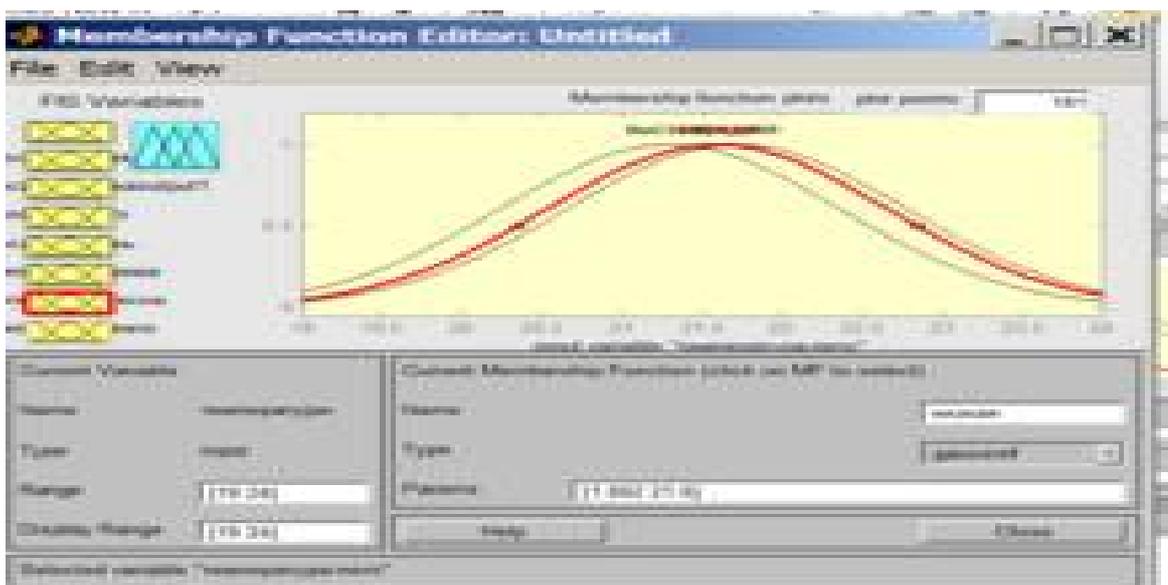
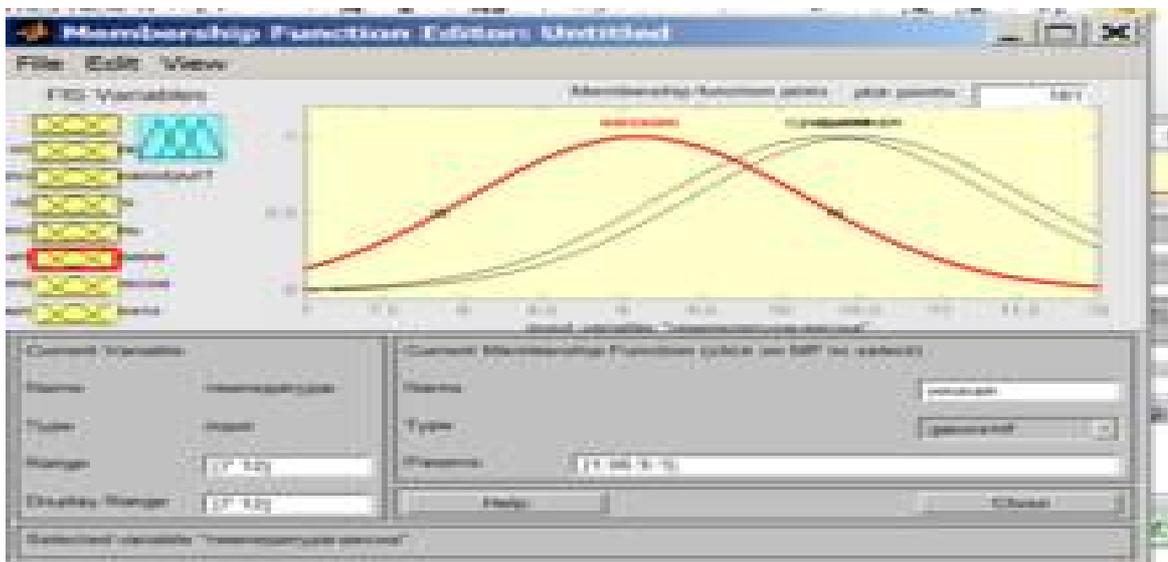
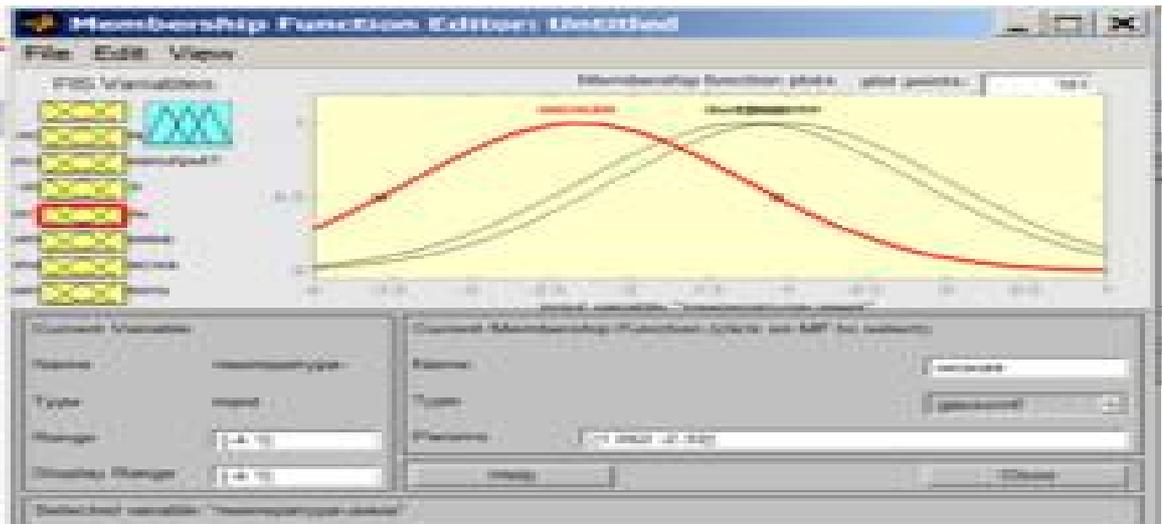
Enter

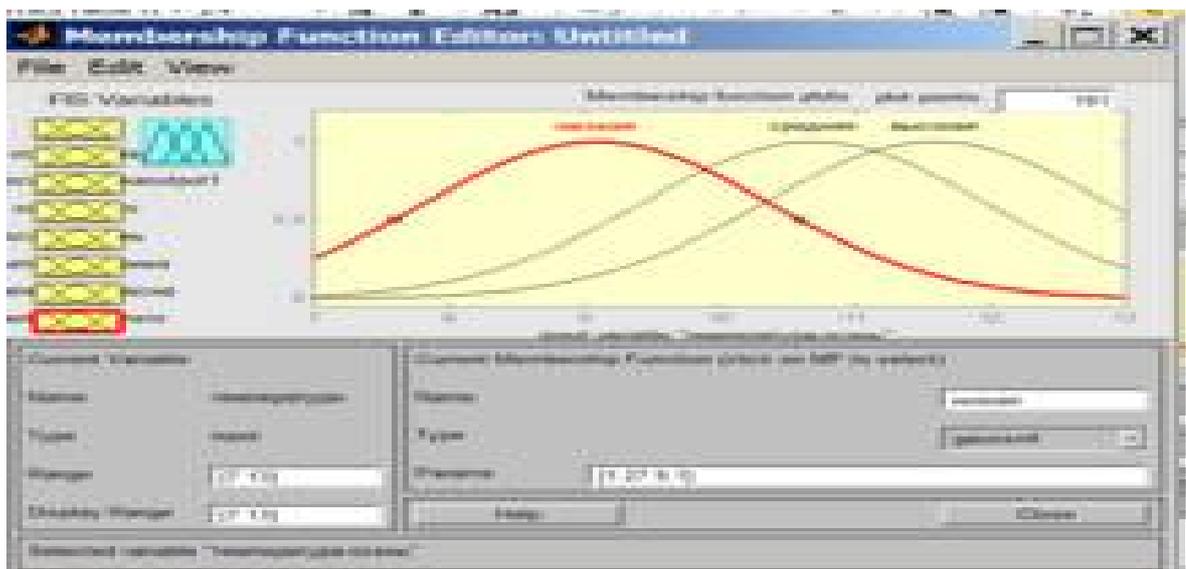


Далее, как в Осадки-зима.
Таким образом, получаем:



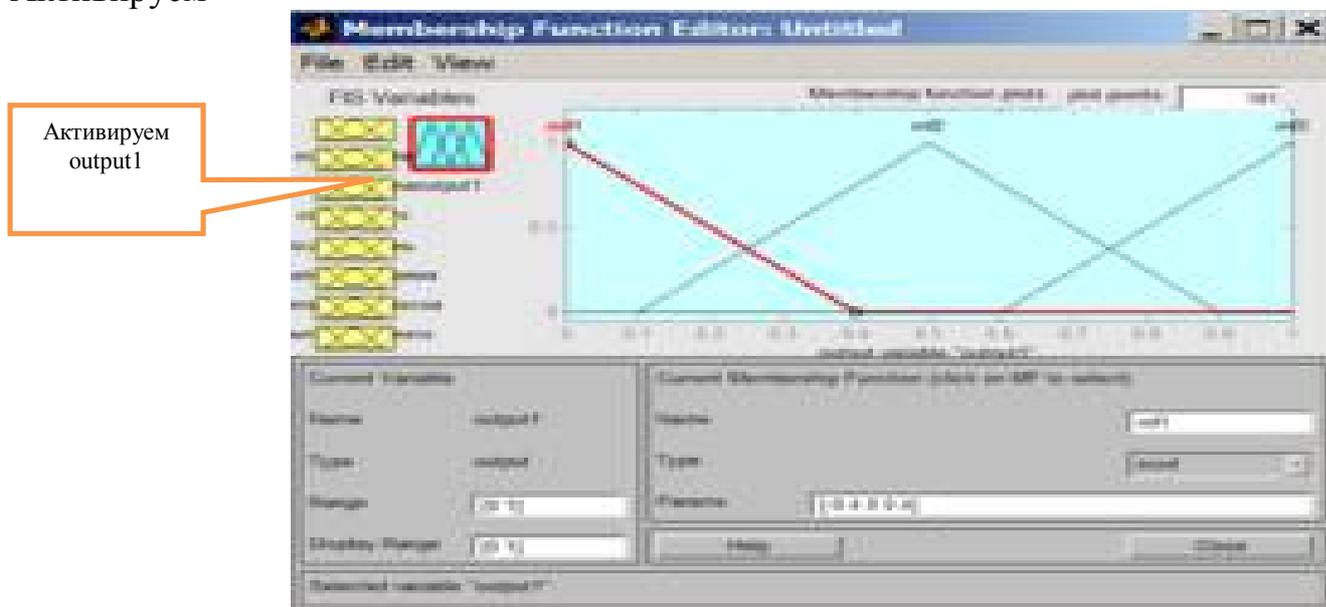




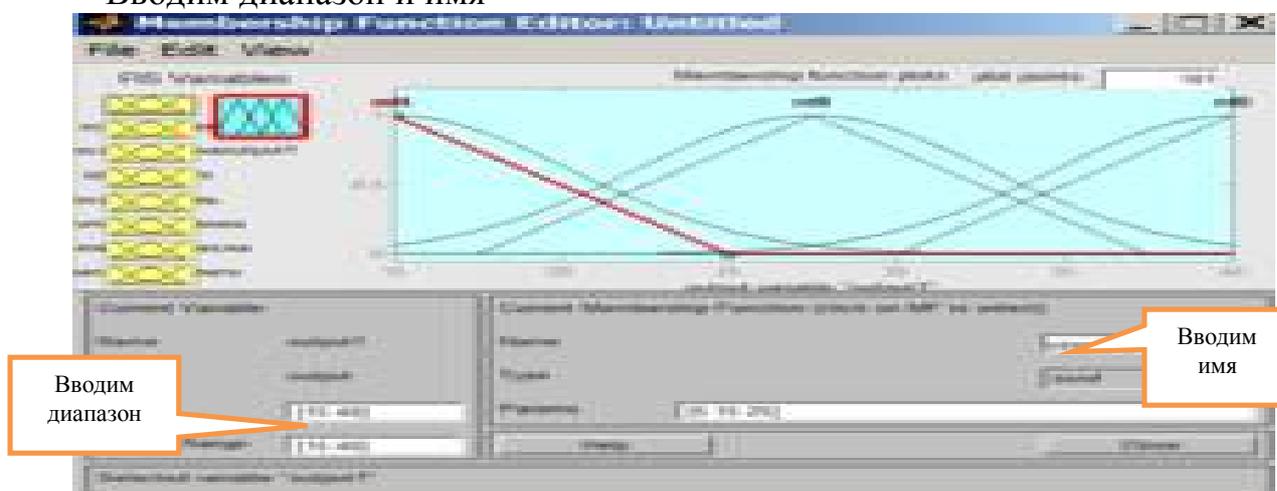


4. Программирование выхода

Активируем

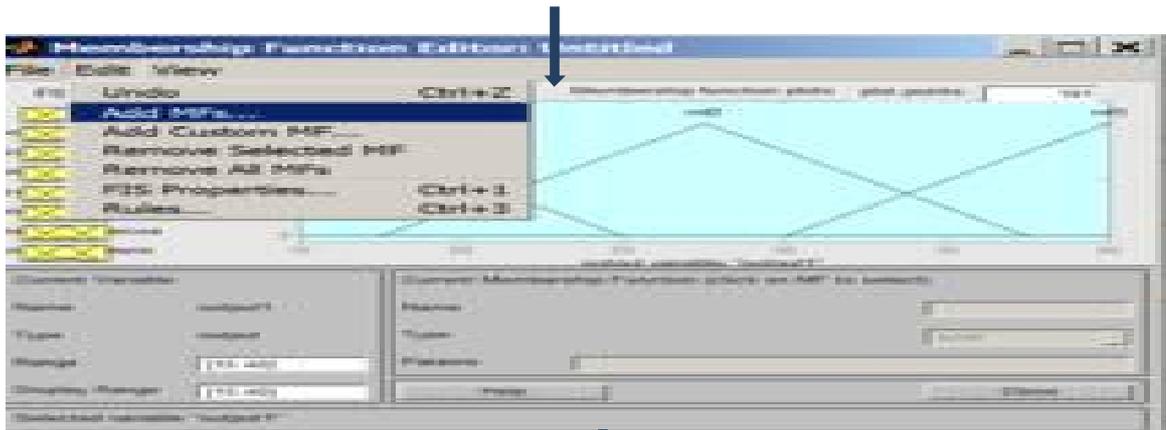
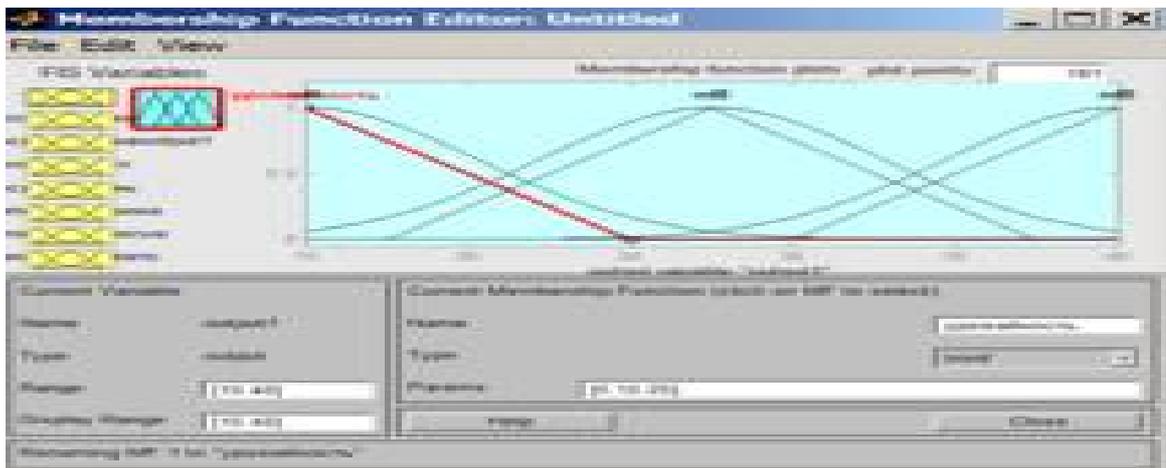


Вводим диапазон и имя

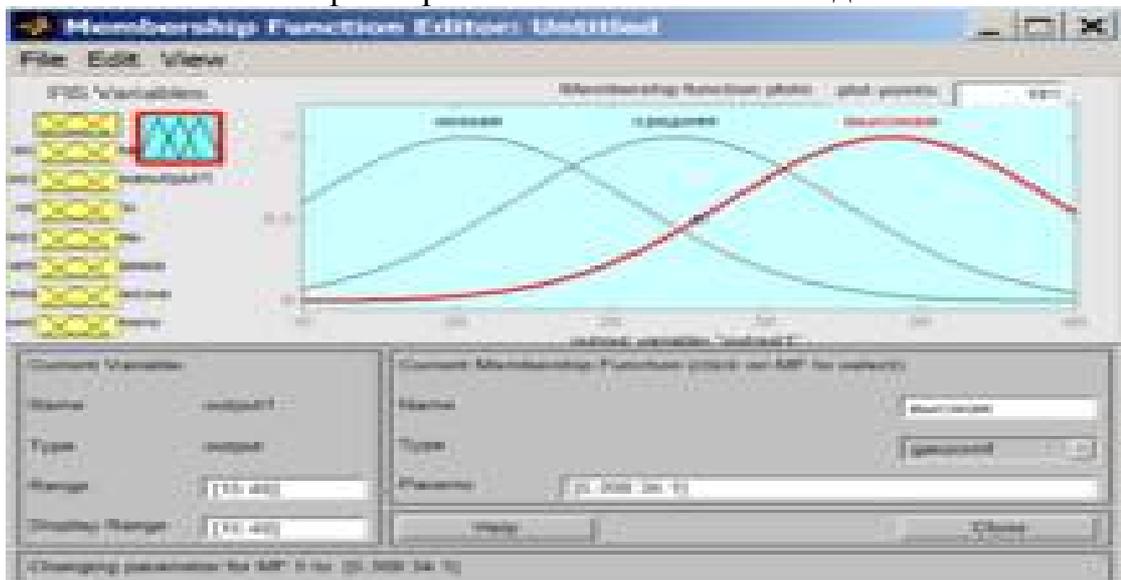


Enter



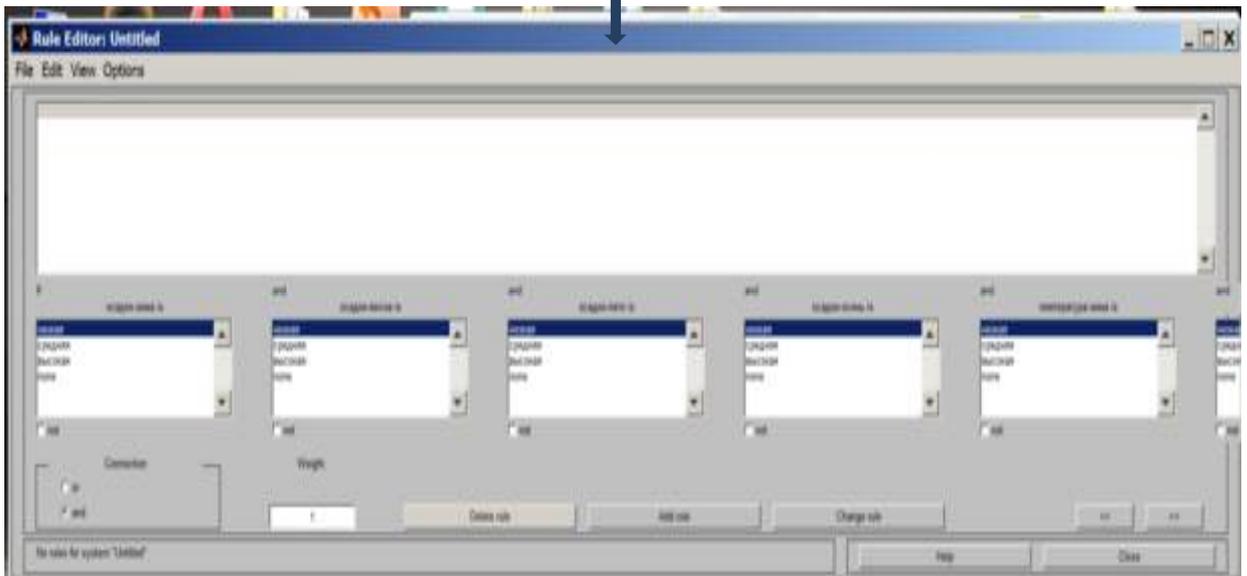
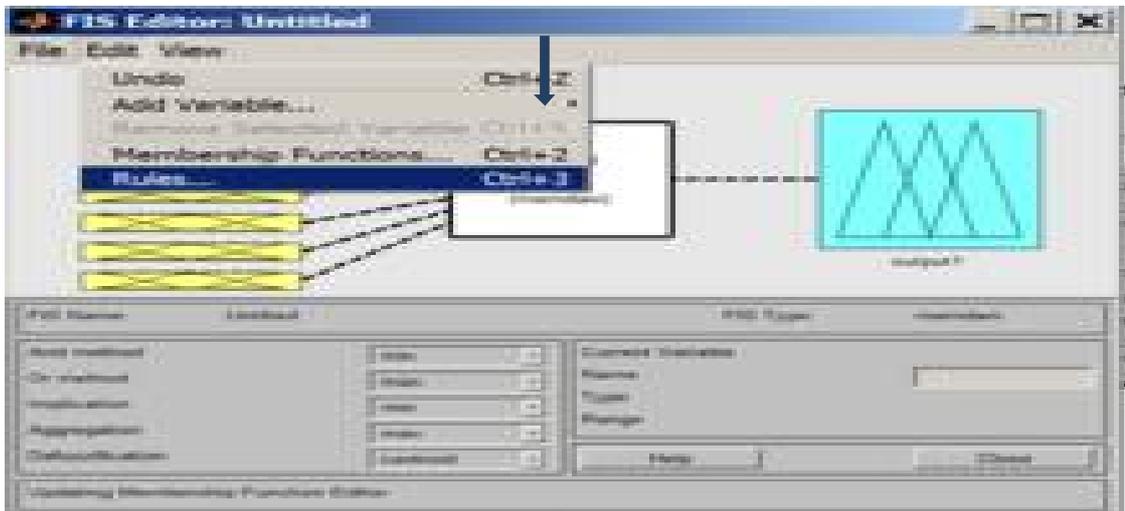
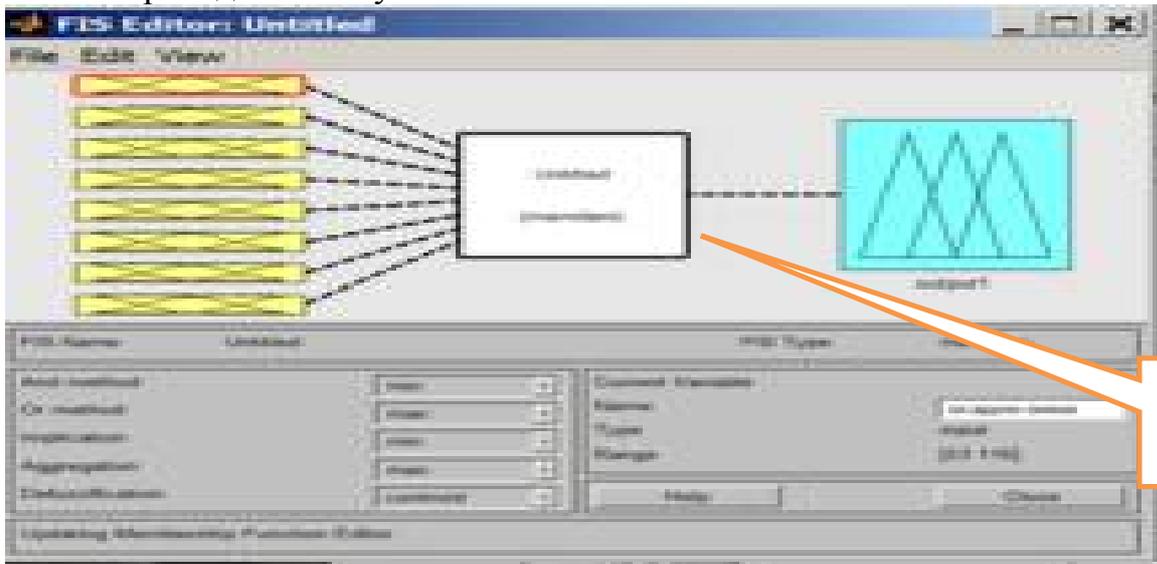


Затем выставляем параметры линий аналогично входам



5. СВЯЗЫВАНИЕ ВХОДОВ И ВЫХОДОВ

Переходим к окну



6. Запуск программы

