

570

На правах рукописи

Тимур Шугунов

Шугунов Тимур Лионович



003052 156

**МОДЕЛИ АНАЛИЗА И ЭКСТРАПОЛЯЦИИ ДИНАМИКИ
РЯДОВ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ГОРНОЙ
ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ.**

25.00.30-Метеорология, климатология, агрометеорология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Нальчик 2007

Работа выполнена в ГУ «Высокогорный геофизический институт»
Росгидромета

Научный руководитель: доктор физико-математических наук
Калов Хажбара Мамизович

Официальные оппоненты: доктор географических наук,
профессор
Федченко Людмила Михайловна

доктор физико-математических наук
Куповых Геннадий Владимирович

Ведущая организация: Ставропольский государственный
университет.

Защита состоится 13 апреля 2007 года в 14 00 часов на заседании диссертационного совета Д327.001.01 при Высокогорном геофизическом институте по адресу : 360030, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУ «Высокогорный геофизический институт»

Автореферат разослан «12» марта _____ 2007

Ученый секретарь диссертационного
Совета доктор физ-мат наук, профессор

 Шаповалов А.В.

Общая характеристика работы.

Актуальность темы исследования. Важное практическое значение для народного хозяйства имеют региональные особенности погоды и климата. Общие модели климата не в состоянии учитывать эти особенности, т. к. их учет приводит к существенному усложнению модели, которое делает невозможным не только их решение, но и физическую интерпретацию полученных результатов. В связи с этим необходимы методы, позволяющие с требуемой для практики точностью определить региональные особенности климата. Кроме того, гидродинамические и синоптические методы не позволяют в настоящее время определить долгосрочные прогнозы на сезон или более продолжительные сроки.

О необходимости таких исследований свидетельствуют также приведенные в работе результаты исследований разных авторов, устанавливающие зависимости урожайности различных видов сельскохозяйственных культур от основных метеорологических параметров исследуемых регионов.

В данной работе для решения этой проблемы рассмотрены модели, основанные на использовании многолетних значений основных метеорологических параметров количества выпадающих осадков, температуры и влажности атмосферного воздуха.

Цель и задачи работы. Целью работы является статистический анализ данных метеорологических параметров, построение моделей, характеризующих режимы атмосферных осадков, температуры и влажности воздуха в горной зоне Центрального Предкавказья (на примере КБР) и экстраполяция их значений на последующие годы.

В соответствие с целью работы решались следующие задачи.

- Проведение исследования и разработка методов анализа временных рядов метеопараметров, характеризующих режимы осадков, температуры и влажности воздуха, в горной зоне республики.
- Выделение на основе анализа и разложения временных рядов метеопараметров трендов и циклических компонент.
- Построение моделей динамики метеопараметров в горной зоне республики.
- Прогнозирование динамики метеопараметров, характеризующих режимы атмосферных осадков, температуры и влажности воздуха, на основе построенных моделей с помощью временных рядов.

Научная новизна. В диссертационной работе впервые получены следующие основные результаты для горной зоны КБР:

- результаты разложения временных рядов метеопараметров на основ-

ные составляющие с использованием различных критериев случайности ряда и метода классической декомпозиции: среднегодовой и сезонной температуры, среднегодового и сезонного количества осадков, среднегодовой и сезонной относительной влажности воздуха;

- построены модели динамики временных рядов этих метеопараметров;

- разработан метод долгосрочного (20-25 лет) прогноза метеопараметров на основе разложения ряда на регулярную и случайную части с использованием различных критериев случайности ряда;

- разработан краткосрочный (3-5 лет) метод прогноза временных рядов метеопараметров на основе стохастических моделей;

- статистические связи различных метеопараметров, построены регрессионные уравнения, установлена их связь с антропогенными изменениями климата;

- определены скрытые периоды климатообразующих факторов

Практическая ценность. Практическая ценность работы состоит в получении закономерностей изменения природно-климатических характеристик горной зоны КБР, их прогнозных значений на перспективу, а также в задачах регулирования осадков и оценке их эффективности. Они могут быть использованы для исследования изменений агроклиматических ресурсов в различных зонах КБР.

Кроме того, полученные результаты могут быть использованы при разработке перспективных планов социально-экономического развития региона. В частности, они могут быть использованы для решения задачи организации производства с/х продукции.

Это позволяет:

- описывать динамический процесс метеопараметров;
- использовать в различных моделях климата для определения исходных данных;
- использовать при решении оптимизационных задач сельскохозяйственного производства;
- использовать при решении экологических задач с учетом природно-климатических факторов.

Предмет защиты:

1. Результаты статистического анализа и разложения временных рядов метеопараметров в горной зоне республики.
2. Модели и результаты расчетов прогнозных значений метеопараметров.
3. Результаты краткосрочного метода прогнозирования метеопараметров.

Личный вклад автора. Личный вклад автора состоит в выполнении исследований по анализу, разложению и прогнозу временных рядов метеопараметров, а также разработке программных средств и проведе-

нии расчетов с использованием современных средств обработки метеорологической информации.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на градовые процессы, Нальчик, на геофизических семинарах и научных семинарах в КБГСХА, ГУ «ВГИ» и опубликованы в 11 статьях автора.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения и четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы составляет 132 страницы машинописного текста, включая 23 таблицы, 34 рисунка, список используемой литературы насчитывает 86 наименований.

Содержание работы.

Во введении диссертационной работы обосновывается актуальность темы исследования, формулируются цель и задачи, характеризуются теоретические и методологические основы, предмет исследования, раскрываются научная новизна и практическая ценность результатов работы.

В первой главе кратко приведены основные характеристики погодо- и климатообразующих факторов. Приведены некоторые результаты исследований различных авторов, устанавливающие количественные связи между продуктивностью сельскохозяйственного производства и основными метеорологическими параметрами: количеством выпадающих осадков, температурой и влажностью воздуха и почвы.

Рассмотрены основные методы обработки временных рядов: выделения тренда временного ряда, разложения временного ряда на основные составляющие с использованием результатов спектрального анализа и метода классической декомпозиции для построения модели ряда, позволяющей получить долгосрочные прогнозы. Здесь же приведены основные положения метода краткосрочного прогнозирования рядов, основанного на использовании стохастических моделей и метода распределенных лагов для решения различных задач анализа и исследования временных рядов, используемых в работе.

Проведена постановка некоторых основных задач для эффективного использования природных факторов в сельскохозяйственном производстве и некоторые пути их решения.

Во второй главе приведены результаты анализа статистических характеристик температуры атмосферного воздуха в горной зоне республики. После выделения тренда, на основе спектрального анализа и выделения основных гармоник ряда с использованием различных критериев случайности остатка ряда, проведено разложение временного

ряда температуры воздуха на регулярную и случайную составляющие. По результатам такого анализа построены математические модели временных рядов температуры воздуха для различных сезонов года и среднегодовых значений в горной зоне республики. Проведены расчеты прогнозных значений среднегодовой температуры и температуры воздуха до 2025 года в различные сезоны года и минимальной температуры на основе построенных моделей.

В этой же главе приведены методика и результаты расчетов прогнозных значений температуры воздуха на основе стохастических моделей до 2010 года в горной зоне республики.

В результате таких исследований в этой главе получены следующие основные результаты

Приведены основные статистические характеристики температуры воздуха: средние значения, вариации, стандартные отклонения, максимальная и минимальная температуры. На основе полученных результатов проводится сравнительный анализ изменений температуры воздуха в различные сезоны года.

Для более детального анализа проводится разложение ряда на основные составляющие, для чего его представляют моделью вида

$$Y(t) = m(t) + C(t) + u(t), \quad (1)$$

где $m(t)$ - тренд ряда; $C(t)$ -циклическая составляющая; $u(t)$ -нерегулярная часть ряда (т.к. рассматриваемые ряды не содержат сезонной компоненты).

Выделение полиномиального тренда, затем исключение его из ряда проводится двумя методами. В первом методе, по характеру изменения временного ряда метеопараметра, устанавливается наличие и аналитический вид тренда. Методом аналитического выравнивания выбирается вид тренда, а его коэффициенты определяются методом наименьших квадратов. Во втором методе, используемом при краткосрочном прогнозировании (см. ниже), исключение тренда из ряда проводится взятием соответствующей разности ряда. Надо отметить, что эти два подхода дополняют друг друга, точнее второй метод является более объективным и позволяет «установить» вид полинома, не делая заранее никаких предположений. В свою очередь первый метод позволяет получить аналитический вид тренда. В частности получено, что временные ряды температуры содержат полиномиальные тренды первой степени, т. е. являются линейными.

Исключением тренда ряд приводится к стационарности, что необходимо для дальнейшего его анализа. Так как рассматриваемые ряды не содержат сезонной компоненты, то следующий этап анализа

состоит в отделении циклической составляющей от нерегулярной части ряда.

Пусть из физических соображений об исследуемом процессе известно, что он может содержать в общем случае циклические компоненты, т. е. является полигармоническим процессом вида

$$C(t) = \sum_{i=1}^q (A_i \cos \frac{2\pi}{T_i} t + B_i \sin \frac{2\pi}{T_i} t) \quad (2)$$

где неизвестные A_i, B_i, T_i в принципе можно определить из $3q$ уравнений. Определение A_i, B_i не вызывает особых затруднений. Основная трудность в определении T_i . Поэтому предложены различные методы решения этой задачи.

Для выявления циклических составляющих ряда используется спектральный анализ ряда. Известно, что среди всех селективных методов выделения циклической составляющей ряда, в настоящее время наиболее эффективными являются: метод Бью-Балло, периодограмма-анализ, корреляционное преобразование и интегральное преобразование Фурье (спектральный анализ). Все эти методы, как показано в работе, приводят к идентичным результатам, однако на практике предпочтение отдается спектральному анализу. Причем последние два метода «подавляют» случайную часть, что позволяет «свести» стохастическую задачу (1) к полигармоническому процессу (2).

Особое значение среди нелинейных преобразований занимает так называемое корреляционное преобразование, которое имеет следующий вид

$$x^{(1)}(t) = \frac{1}{2a} \int_{-a}^a x(t)x(t+\tau) d\tau \quad (3)$$

Показано, что преобразование вида (3) при достаточно общих предположениях дает

$$x^{(1)}(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^q A_i^2 \cos \omega_0 t + K_n(t) \quad (4)$$

Т.о. преобразование усиливает выделяемую гармонику и добавляется несущественная относительно гладкая функция $K_n(t)$, которая стремится к нулю при $t \rightarrow \infty$ особенно быстро, если случайная часть является белым «шумом».

На практике вместо (3) используется интегральное преобразование Фурье, которое приводит к тем же результатам.

$$F_L(\omega) = \frac{1}{L} \int_{-L}^L x(t) e^{-i\omega t} dt \equiv U(\omega) - iV(\omega), \quad (5)$$

где

$$A_j \approx U(\omega) = \frac{1}{L} \int_{-L}^L x(t) \cos \omega t dt, \quad B_j \approx V(\omega) = \frac{1}{L} \int_{-L}^L x(t) \sin \omega t dt. \quad (6)$$

Построение функций $U(\omega)$, $V(\omega)$ позволяет обнаружить в $x(t)$ периодические компоненты, т. е. определить параметры скрытых периодичностей.

Ни один из этих методов не позволяет получить точное решение этой сложной задачи. Поэтому для получения более точных результатов в этих методах используются разные приемы. В настоящей работе для решения этой задачи используется спектральный анализ, дополненный различными критериями случайности остатка ряда (случайной части), а также критерий регулярной части — метод классической декомпозиции. Такой совместный анализ регулярной и случайной частей ряда, по мнению автора, приводит к более надежным результатам.

В результате такого анализа проведено разложение временных рядов метеопараметров. Построены модели и проведены расчеты прогнозных значений метеопараметров.

В качестве примера на следующем рисунке приведены периодограмма и спектр среднегодовой температуры воздуха в горной зоне республики (пос. Каменноостокское).

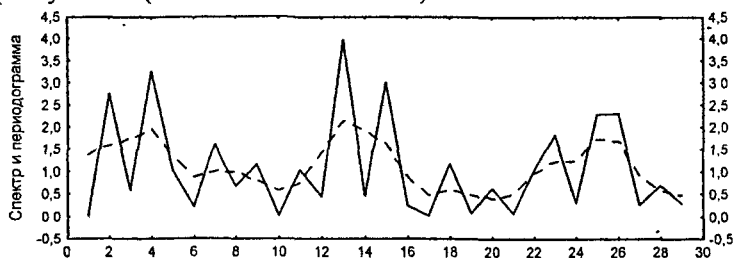


Рис. 1. Периодограмма и спектр ряда.

Периодограмма имеет сравнительно большое число близко расположенных пиков. Поэтому непонятно, какие гармоники ряда являются более значимыми, и для их выбора необходим дальнейший анализ ряда. Группируя близкие гармоники, получим области максимума периодограммы для выбора наиболее значимых из них. Это достигается «сглаживанием» периодограммы с использованием спектральных окон (Рис. 1., пунктирная линия).

После выбора и анализа пробных гармоник проводится анализ регулярной части ряда: полиномиального тренда и циклической составляющей ряда.

Ниже на рис. 2. в качестве примера приведены графики гистограмм (слева) и автокорреляционных функций (справа) остатка ряда среднегодовой температуры воздуха в горной зоне (пос. Каменноостокское) с учетом выделенных гармоник (3 и 12) ряда.

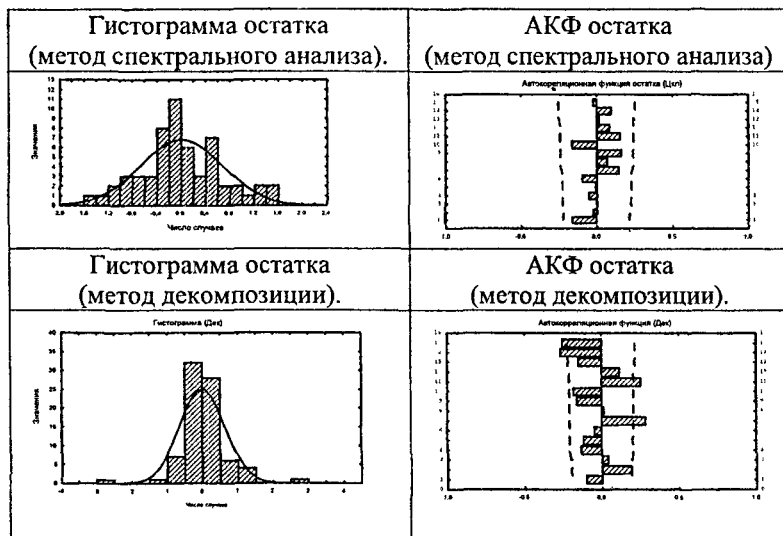


Рис. 2. Гистограмма и автокорреляционная функция.

Как и следовало ожидать гистограмма остатка ряда, полученная методом декомпозиции, более «нормальна», чем полученная методом спектрального анализа, а автокорреляционная функция- «хуже». Это связано с тем, что метод декомпозиции скорее метод сглаживания, чем метод выбора составляющей ряда, поэтому спектральный анализ лучше устраняет зависимость остатка ряда, а метод декомпозиции дает остаток ряда более «нормальный». Аналогичные результаты получены и по остальным параметрам и сезонам года.

Как отмечено выше, в анализе временных рядов метеопараметров были использованы различные критерии случайности остатка ряда. Ниже в таблицах приведены результаты таких расчетов.

В таблице 1. приведены теоретические и фактические значения некоторых критериев случайности остатка ряда, среднегодовых значений температуры воздуха в горной зоне республики (пос. Каменноостокское).

Таблица 1.

Теоретические и фактические значения некоторых критериев случайности остаточного ряда.

Критерии	Фактические	Теоретические
Дарбина-Уотсона	2,03	2,00
Число поворотных точек	35	36
Знак первой разности (полож.)	26	27,5
Знак первой разности (отриц.)	27	27,5

Из данных таблицы видно, что теоретические и фактические значения остатка ряда, полученного с учетом выделенной регулярной части ряда, находятся в хорошем согласии. Отсюда следует, что регулярная часть ряда выделена достаточно четко и ее можно использовать для построения модели динамики среднегодовой температуры воздуха в рассматриваемой зоне.

На основе такого анализа получено, что основные характеристики среднегодовой температуры воздуха в горной зоне республики (пос. Каменноостское) описываются моделью вида

$$\begin{aligned}
 Y(t) = & 7,175 + 0,012 t + 0,291 \cos\left(\frac{\pi}{28} 3t\right) - 0,17816 \sin\left(\frac{\pi}{28} 3t\right) - \\
 & - 0,17814 \cos\left(\frac{\pi}{7} 3t\right) + 0,3318 \sin\left(\frac{\pi}{7} 3t\right) \quad (7)
 \end{aligned}$$

Из формулы видно, что температура воздуха определяется двумя составляющими ряда: полиномиальным трендом (линейной моделью) и циклической составляющей с периодами $T_1=19$ лет и $T_2=5$ лет.

Наиболее полную картину изменений температуры воздуха дает график многолетних наблюдений средней температуры воздуха. На рис 3. приведены фактические и прогнозные значения среднегодовой температуры воздуха в горной зоне КБР (пос. Каменноостское).

Из графика прогноза видно, что колебательный характер ряда сохраняется и в будущем, однако здесь просматриваются определенные закономерности. В частности, в изменении температуры (как это видно из формулы) содержится линейный тренд, этим объясняется средний рост температуры в будущем. Наряду с этим процессом происходят сложные периодические изменения относительно тренда.

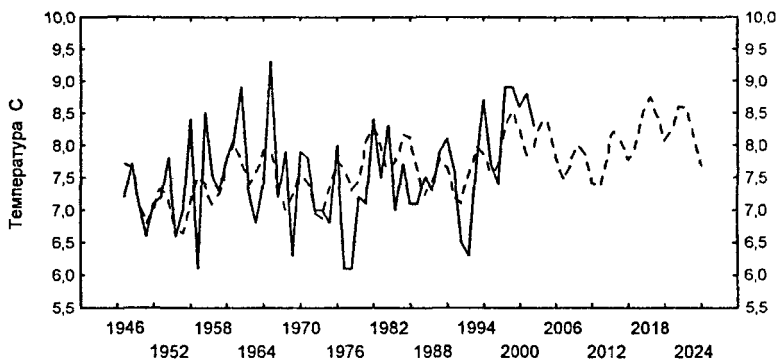


Рис. 3. Фактические и прогнозные значения температуры воздуха.

На рисунке сплошной линией обозначены фактические значения, а пунктирной линией- прогнозные значения среднегодовой температуры. Фактические значения этого метеопараметра изменяются сложным образом и по графику невозможно определить какую-либо закономерность в поведении ряда. Нетрудно заметить, что сглаженные значения хорошо отслеживают фактические значения ряда. Из графика прогнозных значений следует, что в 2006-2010 годы ожидаются относительно низкие температуры воздуха, а 2018-2022 годы- повышение температуры. Изменения средней температуры воздуха находится в пределах от минимального около 7,5 градусов тепла до 8,8 градуса тепла.

Проведена оценка точности метода и показано, что относительная ошибка прогноза изменяется от 4% до 11%, а средняя равна около 7%. На следующем рисунке приведены результаты такого анализа.

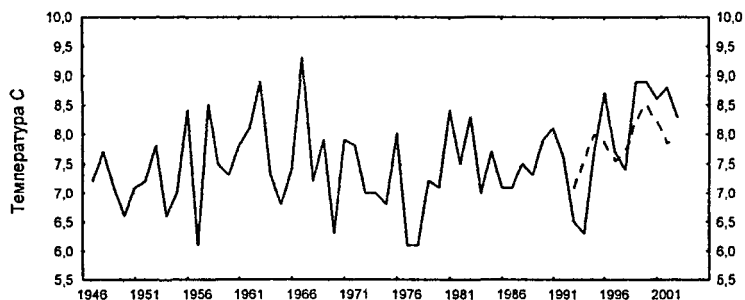


Рис. 4. Фактические (сплошная) и прогнозные (пунктирная) значения температуры воздуха.

Из графиков рисунка следует, что прогнозные значения последних членов ряда, полученные в предположении, что они неизвестны

заранее, хорошо согласуются с их фактическими значениями.

Сравнение полученных результатов с аналогичными результатами, полученными в ранее выполненных работах для предгорной и степной зон республики, показывает, что они качественно согласуются, в частности, наблюдается рост весенней температуры в предгорной и в горной зонах. Однако средняя летняя температура понижается в горной зоне, а в предгорной зоне наблюдается ее рост. По-видимому это расхождение связано с тем, что сравниваемые зоны, а также методы анализа различны.

В третьей главе приведены результаты анализа и прогноза временных рядов количества выпадающих осадков в горной зоне республики в различные сезоны года, аналогичные полученным во второй главе результатам для температуры воздуха.

В таблице приведены результаты прогноза количества выпадающих осадков в горной зоне (пос. Заюково) в различные сезоны года.

Таблица 2.

Прогноз количества выпадающих осадков в горной зоне КБР.

Годы	Зима	Весна	Лето	Осень	Ср. год
2003	56,0	152,6	240,2	102,4	591,7
2004	64,2	162,4	275,2	104,2	601,8
2005	46,2	176,6	277,8	120,5	608,1
2006	57,1	187,0	238,5	110,1	609,9
2007	63,2	188,0	211,8	90,4	607,3
2008	54,0	180,2	234,2	99,1	600,8
2009	63,1	170,4	269,5	109,8	591,4
2010	56,3	166,4	264,2	91,9	580,4
2011	59,4	172,3	229,0	79,2	569,5
2012	72,5	185,3	222,5	94,8	560,3
2013	55,7	197,8	261,4	99,6	553,9
2014	61,4	202,5	294,6	80,1	551,6
2015	74,1	197,2	280,0	78,8	553,7
2016	62,1	186,3	247,4	99,2	560,2
2017	68,9	177,8	252,7	97,7	570,4
2018	68,3	178,1	292,0	81,5	583,4
2019	65,5	187,4	307,4	91,9	597,6
2020	80,0	199,7	274,8	111,8	611,6
2021	66,7	206,9	240,8	103,5	623,7
2022	65,6	204,2	252,6	92,7	632,6
2023	82,8	193,2	286,7	110,7	637,4
2024	70,5	181,0	285,9	123,7	637,8
2025	77,8	175,5	246,8	108,4	633,9

Минимальное значение среднезимних осадков в данной зоне около 46 мм ожидается в 2005 году, а максимальное 82,8 мм - в 2023 году. Весной количество осадков за прогнозируемый период изменяется от 152,6 мм (2003 г) до 207 мм (2021 г). Количество ожидаемых осадков в летний период в данном пункте меняется от 212 мм (2007 г) до 307,4 мм (2019 г). Осенью ожидаемое количество осадков изменяется от 78,8 мм (2015 г) до наибольшего за прогнозируемый период значения около 124 мм (2024 г). Наиболее сильные осенние осадки ожидаются в 2003-2009 и 2020-2025 годах, а более сухая осенняя погода ожидается в 2010-2019 годах.

Среднегодовое количество осадков в данном пункте наблюдения изменяется от 551 мм (2014 г) до наибольшего за прогнозируемый период значения около 638 мм (2024 г). Наибольшие значения среднегодовых осадков - более 600 мм ожидаются в 2004-2008 и 2020-2025 годах, а наименьшие - в 2009-2019 годах.

Отсюда следует, что в рассматриваемом пункте наблюдения количество выпадающих осадков колеблется от минимального значения 46 мм (в зимний период) до максимального 307,4 мм (в летнее время).

На следующем рисунке приведены тренд-циклические составляющие количества выпадающих осадков в горной зоне, рассчитанные двумя различными методами: предлагаемым, основанном на спектральном анализе ряда, и методом классической декомпозиции Нетрудно заметить согласие приведенных кривых.

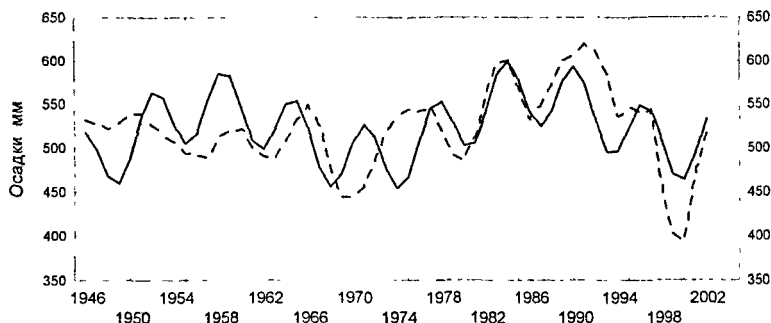


Рис. 5. Тренд-циклические составляющие количества выпадающих осадков.

Для краткосрочных прогнозов, как отмечено выше, используются методы, основанные на использовании стохастических моделей.

Прогнозные значения временных рядов в разностной форме при $k \leq q$, описываемых моделью авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего-АРПСС(p,d,q), определяются формулой

$$X_i^*(k) = \phi_1 [X_{i+k-1}]_i + \phi_2 [X_{i+k-2}]_i + \dots + \phi_p [X_{i+k-p}]_i - \theta_1 [a_{i+k-1}]_i - \theta_2 [a_{i+k-2}]_i - \dots - \theta_q [a_{i+k-q}]_i, \quad (8)$$

где при $j \geq 1$ $[X_{i+j}]_i = X_i^*(j)$, при $j \geq 0$ $[X_{i-j}]_i = X_{i-j}$
и $[a_{i-j}]_i = a_{i-j}$, при $j \geq 1$ $[a_{i+j}]_i = 0$,

k - упреждение, а на основании последних соотношений при $k > q$ члены, содержащие a_j , равны нулю.

На рис. 5 приведены результаты такого анализа во втором пункте наблюдения (пос. Заюково) горной зоны республики.

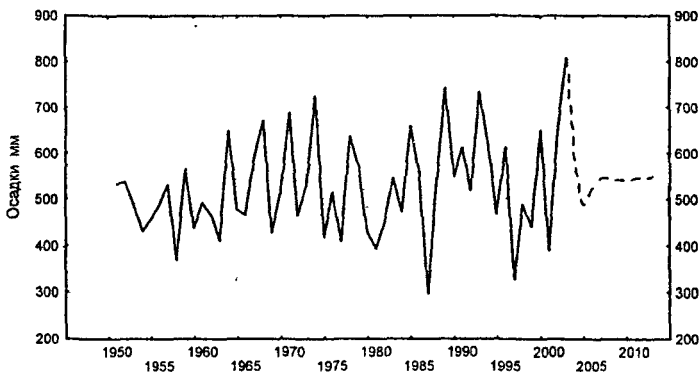


Рис. 6. Фактические и прогнозные значения количества выпадающих осадков.

Из графика, приведенного на рисунке 6, видно, что количество выпадающих осадков совершает ряд быстрых изменений в годы наблюдений.

Можно заметить, что прогнозные значения этого метеопараметра быстро уменьшаются и достигают своего минимального значения, равного около 490 мм, затем начинают расти, после чего наблюдается некоторое уменьшение. Совершив ряд таких колебательных движений, к концу прогноза они принимают значение равное около 550 мм.

Анализ различных пар метеопараметров показал, что между метеопараметрами существуют статистические связи, особенно сильные

корреляционные связи, наблюдаются внутри зон. Тогда при достаточно высоких связях между параметрами удастся получить регрессионные уравнения, позволяющие построить один временной ряд по значениям другого, причем результаты, получаемые при этом, достаточно точно воспроизводят основные характеристики временных рядов.

Часто в наблюдаемых рядах отсутствуют некоторые данные и возникает необходимость оценки этих значений, т. е. интерполяции рядов точнее их участков.

В настоящей работе данные в пос. Заюково за 1976, 1981-1987 гг. по количеству осадков отсутствуют. Для решения таких задач в данной работе используется метод распределенных лагов. Идея метода состоит в определении статистических связей между различными рядами и построении на их основе регрессионных уравнений. Такой подход дает достаточно хорошие результаты, если между ними существуют сильные статистические связи.

Из физических соображений ясно, что между близко расположенными пунктами горной зоны Каменноостокское и Заюково должна существовать достаточно сильная корреляция данных метеопараметров. Тогда, рассматривая известный ряд (в данном случае ряд Каменноостокское) как функцию- аргумент, можно построить регрессионное уравнение.

По результатам такого анализа для количества выпадающих осадков в пос. Заюково, построен ряд по лаговым соотношениям, где в качестве функции-аргумента выбраны данные пос. Каменноостокского, и получено регрессионное уравнение вида

$$Y(i) = 476.8 + 1.6 * (i-5) + 0.5495 * Z(i) + 0.242 * Z(i-4) . \quad (9)$$

На рисунке приведены графики многолетних рядов количества выпадающих осадков в горной зоне республики. Сплошной линией обозначен график фактического количества выпадающих осадков в пос. Заюково, пунктирной линией- график пос. Заюково, построенный по лаговым соотношениям.

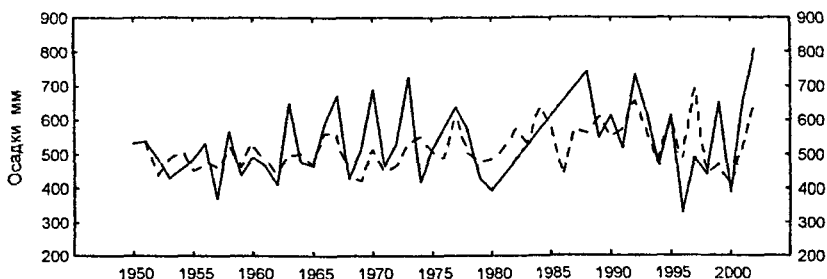


Рис. 7. Фактические (сплошная линия) и рассчитанные по лаговым соотношениям (пунктирная линия) значения количества осадков.

Сравнение графиков показывает, что ряд, построенный по лаговым соотношениям, практически повторяет основные характеристики исходного ряда в годы наблюдений. Это дает основание предположить, что и на небольшом участке интерполяции ряда эти изменения будут также близки между собой. В самом деле, на участке интерполяции 1981-1987 гг. изменение ряда, полученного по лаговым соотношениям (пунктирная линия), более «естественно» передает характер изменения ряда, чем линейная интерполяция ряда (сплошная линия) на этом участке.

Четвертая глава посвящена анализу временных рядов относительной влажности воздуха в горной зоне республики в различные сезоны года, аналогичному, проведенному в предыдущих разделах.

В таблице 3. приведены фактические и прогнозные значения относительной влажности воздуха в горной зоне КБР.

Таблица 3.

Прогноз относительной влажности (пос. Каменномостское).

Годы	Зима	Весна	Лето	Осень	Ср г
1988	81,1	75,4	73,5	77,3	75,8
1989	81,6	77,2	73,8	77,5	75,7
1990	76,8	77,5	74,6	78,2	73,6
1991	79,7	74,2	75,7	78,9	75,9
1992	83,3	74,8	76,6	79,0	75,2
1993	79,9	78,3	76,8	78,3	76,3
1994	82,0	77,1	76,4	77,0	76,9
1995	82,7	75,0	75,7	75,7	74,6
1996	76,1	77,6	75,1	74,9	75,4
1997	76,3	78,4	75,1	75,0	72,9
1998	77,7	75,3	75,7	75,9	73,4
1999	74,2	76,1	76,6	77,1	74,5
2000	78,4	79,9	77,3	78,0	74,4
2001	82,9	79,3	77,6	78,0	77,6
2002	80,1	77,9	77,2	77,3	76,7
2003	82,4	81,0	76,6	76,2	77,7
2004	83,5	82,0	76,2	75,2	77,1
2005	77,7	78,2	76,2	74,9	75,0
2006	79,1	77,9	76,8	75,3	76,3
2007	81,8	80,4	77,8	76,1	74,5
2008	79,0	78,6	78,6	76,8	76,5
2009	83,1	76,5	78,9	76,7	77,2
2010	86,5	79,4	78,6	75,8	76,7

В данной зоне ожидаемые значения относительной влажности воздуха в зимнее время меняются от 74,2 % до 86,5 %. Малые значения относительной влажности воздуха ожидаются в 1996-1999 годах, а относительно большие значения приходятся на периоды. 1994-1995, 2001-2004 и 2009-2010 годы. Аналогично изменяется влажность воздуха в остальные сезоны и в течение года.

Из данных таблицы следуют также, что в рассматриваемом пункте наблюдения относительная влажность воздуха колеблется от минимального значения 73,5 % (в летний период) до максимального-86,5 % (в зимнее время).

Заключение.

В работе проведен анализ основных метеорологических параметров: количества выпадающих осадков, температуры и относительной влажности воздуха за последние 50 лет и определены их прогнозные значения на предстоящие 20-25 лет в горной зоне Центрального Предкавказья.

1. Проведено разложение временных рядов метеопараметров на основные составляющие. Выделены регулярные и нерегулярные части ряда на основе спектрального анализа с использованием различных критериев случайности остатка ряда. Проведено сравнение полученных результатов разложения с результатами разложения ряда методом классической декомпозиции.

2. Приведены методики построения краткосрочного и долгосрочного прогнозирования метеопараметров. Предложены два подхода решения задач прогнозирования различных показателей: краткосрочный метод прогноза (сроком на 3-5 лет) и долгосрочный (на 20-25 лет).

Краткосрочный прогноз проведен с использованием метода стохастических моделей.

Долгосрочный прогноз - на основе построения модели ряда по результатам его разложения на основные составляющие.

3. На основе анализа измененных статистических характеристик временных рядов метеорологических параметров, характеризующих режим температуры в различные сезоны года, получено, что в горной зоне Центрального Предкавказья среднемноголетняя (за 55 лет) температура принимает значения от 6,1 до 9,3⁰ С. Анализ сезонных значений температуры показывает, что максимальная вариация температуры воздуха (8,8) приходится на зимний период, а в летний период она более стабильна (4,3). В весенний и осенний периоды температура претерпевает практически одинаковые вариации (5-6) и их абсолютные значения также близки между собой.

4. В результате прогнозирования температуры воздуха (на период

до 2025 года) видно, что ожидаемая средняя зимняя температура воздуха в горной зоне отрицательна и принимает значения от минус 1 до минус 4,5° С, а летняя от 16,1° С до 17,6° С, весенняя и осенняя - от плюс 6° С до 10° С. Осенняя температура воздуха выше весенней на 2-3° С. Ожидается рост средней температуры воздуха от плюс 7,7 до 8,2° С, испытывая при этом относительные понижения и повышения температуры на 1-2 градуса. На период прогнозирования ожидается незначительный рост минимальной температуры воздуха, определяемой линейной моделью тренда ряда. Вместе с тем происходят периодические изменения температуры, в частности, ожидается понижение температуры в 2008-2010 гг. (до 7,5 градуса), а относительное повышение в 2003-2006 гг. (до 8,6 градуса).

5. На основе спектрального анализа и с использованием стохастических моделей построены модели временного ряда количества выпадающих осадков в горной зоне КБР за предыдущие 50 лет и его прогнозные значения на предстоящие 20 лет.

Среднегодовое количество выпадающих осадков за последние 50 лет составляет 521 мм со стандартным отклонением 108 мм. Среднесезонные осадки составляют: зимой- 49,4 мм, весной- 166,3, летом- 225,5, осенью-98,4 мм. Максимальные вариации количества осадков приходятся на зимний период (66 мм), а минимальные- на среднегодовое количество выпадающих осадков (110,5 мм).

Прогнозные значения среднегодового количества выпадающих осадков на период до 2025 на 5,5% больше, чем за предыдущие 50 лет.

6. Относительная влажность воздуха в горной зоне республики за предыдущие годы менялась от 73,5% в летний период до 86,5% в зимний сезон. Среднегодовое прогнозное значение относительной влажности воздуха в приземном слое тропосферы на 6,8% больше чем ее значение за предыдущие годы.

Полученные в работе результаты могут найти применение при планировании производства сельскохозяйственной продукции в горной зоне Кабардино-Балкарской Республики с учетом прогнозируемых природно-климатических изменений.

В дальнейшем предполагается проведение исследований, направленных на решение задачи оптимизации производства сельскохозяйственной продукции на территории КБР с учетом изменений ее природно-климатических характеристик.

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

- 1 Калов Х.М., Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Динамика временных рядов метеопараметров в горной зоне КБР. ОПиПМ, Москва 2005. –С. 981
- 2 Калов Х.М., Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Результаты анализа и разложения временных рядов метеопараметров для горной зоны КБР. Тезисы всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 28-30 сентябрь, г. Нальчик 2005.- С. 118.
- 3 Калов Х.М., Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Использование методов классической декомпозиции в анализе временных рядов метеопараметров в горной зоне КБР. Тезисы всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 28-30 сентябрь, г. Нальчик 2005.- С. 119.
4. Корчагина Е.А., Шаповалов А.В., Шугунов Т.Л. Численное моделирование микрофизических процессов в конвективном облаке. Тезисы всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 28-30 сентябрь, г. Нальчик 2005.- С. 68.
5. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Анализ временных рядов метеорологических параметров на территории КБР, с использованием стохастических моделей. ОПиПМ, Москва 2005. С. 1139-1140.
6. Л.Ж. Шугунов , Т.Л Шугунов. Об одном подходе к решению задач линейного программирования. Тр. Всероссийского симпозиума "Математическое моделирование и компьютерные технологии " г. Кисловодск, апрель 1997г.-С.14.
7. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Стохастические модели в анализе временных рядов метеорологических параметров. Тезисы всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 28-30 сентябрь, г. Нальчик 2005 - С. 120-121.
8. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Анализ распределенных лагов временных рядов метеопараметров в горной зоне КБР. Тезисы всесоюзной конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 28-30 сентябрь, г. Нальчик 2005.- С. 120.
9. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л. Исследование и анализ средне-годовой температуры на основе методов спектрального анализа и классической декомпозиции. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Ростов-на-Дону. 2006.-С. 83-88.

10. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т.Л.. Стохастические модели в анализе временных рядов метеопараметров. Вестник КБГУ. серия физические науки. Выпуск. г. Нальчик 2005,-С. 46-49.
11. Шугунов Л.Ж., Шугунов Т. Л., Калов Х.М. Особенности климатических зон КБР и возможности регулирования осадков. г. Нальчик, КБГСХА.2006.- 226 с.

Лицензия ПД № 00816 от 18 10 2000 г

Сдано в набор 08 02 2007. Подписано в печать 15 02 2007
Гарнитура Таймс Печать трафаретная. Формат 60x84^{1/16}
Бумага писчая Усл. п. л 1. Тираж 100 экз. Заказ № 968

Типография ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарская
государственная сельскохозяйственная академия»
360004 г. Нальчик, ул Тарчокова, 1а