

УДК 551: 631.6

АНТРОПОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Жемухов Р.Ш., Машукова Ф.Э.

*ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: bsk@kbsu.ru*

Работа посвящена актуальной теме – оценке последствий для сельского хозяйства на региональном уровне при глобальных антропогенных изменениях климата. Рассмотрена задача расчета режима орошения и оросительных норм для различных сельскохозяйственных культур и водопотребность сельского хозяйства по годам для условий Кабардино-Балкарской Республики. Для этого территория республики разбита на две зоны, равнинную и предгорную. Каждая из выделенных зон относится к метеостанциям, расположенным в соответствующих зонах. Расчеты проводятся за 1944–2004 гг. Проведен статистический анализ метеорологических параметров за 60-летний период, с оценкой математического ожидания, дисперсии, среднеквадратического отклонения, изучены их связи, с выявлением тесноты связи и построены соответствующие регрессионные зависимости. Все промежуточные расчеты по режиму орошения и оросительным нормам велись в декадном разрезе.

Ключевые слова: климат, антропогенные процессы, статистическая обработка, регрессионные зависимости, режим орошения

ANTHROPOGENIC CLIMATE CHANGE AND ITS IMPLICATIONS FOR AGRICULTURE AT THE REGIONAL LEVEL

Zhemukhov R.Sh., Mashukova F.Eh.

Kabardino-Balkarian State University name after Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: bsk@kbsu.ru

The work is devoted to the topical theme – the implications for agriculture at regional level with global anthropogenic climate change. We consider the problem of calculation of the irrigation regime and irrigation norms for different crops and the water requirement of agriculture for years for the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic. For this purpose, the territory of the Republic is divided into two zones, plains and foothills. Each of the zones refers to the meteorological stations located in respective zones. The calculations are carried out for the 1944–2004. The statistical analysis of meteorological parameters over a 60 – year period, with an estimate of mathematical expectation, variance, standard deviation, studied their relationship, with the identification of the closeness of the connection constructed and the corresponding regression curves. All the intermediate calculations on the irrigation regime and irrigation norms was conducted in the context of the decade.

Keywords: climate, anthropogenic processes, statistical analysis, regression curves, the irrigation regime

Идущие в мире быстрые изменения климата ставят абсолютно новые проблемы перед мировой экономикой и экономиками отдельных стран. Среди экономических секторов сельское хозяйство может подвергнуться наиболее существенным изменениям [3, 9]. Тем самым могут трансформироваться условия и объемы производства продовольствия – основы существования и развития человечества.

При рассмотрении влияния изменения климата на сельское хозяйство России можно рассмотреть, по крайней мере три сценария:

1. Изменение климата скажется позитивно.
2. Изменение климата приведет к негативным последствиям.
3. Климат в ближайшем будущем останется стабильным, и влияние климатического фактора будет соответствовать последним десятилетиям.

Критическим порогом считается глобальное потепление на $2,5^{\circ}\text{C}$ – ниже этого порога изменения объемов сельскохозяйственного производства могут быть незначительными, выше – возможно существенное сокращение объемов.

В России сельское хозяйство в значительной степени зависит от климатических условий и их колебаний. В основных районах производства зерна на протяжении 20 века возросла засушливость климата. Чаще всего сильные засухи наблюдались в Нижнем Поволжье и на юге Урала. Последние 10–15 лет оказались самыми теплыми и влажными в России за минувшее столетие. Особенно заметно возросла повторяемость летних засух на европейской территории страны в последнее десятилетие прошлого века. Погодные условия были засушливыми в 1996, 1998, 1999 гг. и в некоторой степени в 2002 г. Заметно изменились зимние условия. На европейской

части уменьшение высоты снежного покрова было связано с повышением температуры воздуха зимой, уменьшением зимних осадков и частыми оттепелями.

Прогнозировать качественные последствия для России в результате глобального изменения климата очень сложно в силу неопределенности многих природных изменений. В частности, в этой области необходимо совершенствовать аппарат моделирования и прогнозирования [2, 7, 8]. Сейчас при разработке сценариев воздействия изменения климата на сельское хозяйство в мире и России широко используются модели глобальной циркуляции атмосферы и их модификации: GFDL R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA) и CCC T32 (Climate Centre, Canada).

частоты и повторяемости засух и повышения засушливости на территориях ряда регионов.

Связанное с изменением климата потепление в России может проявиться значительно, чем, например, в тропиках. Существенно повысится температура в регионах с неразвитым сельским хозяйством: к середине 21 века ожидается ее повышение на 3–4°C в Западной Сибири, на 2–3°C – на севере европейской территории страны, в Якутии и на всем арктическом побережье.

Наивысших приростов урожайности следует ожидать в северных и центральных регионах. В наиболее неблагоприятных условиях с вероятным снижением урожайности зерновых окажутся Северо-Кавказский, Западно-Сибирские и Восточно-Сибирские регионы (табл. 1).

Таблица 1

Реакция урожайности сельскохозяйственных культур на возможные изменения климата и рост содержания CO₂ в атмосфере (в % от современного уровня урожайности)

Регион	Кормовые культуры			Зерновые культуры		
	Срок реализации сценария (годы)					
	30–40 лет	60–70 лет	90–100 лет	30–40 лет	60–70 лет	90–100 лет
Северный	22	32	31	26	24	13
Северо-Западный	21	24	30	22	12	22
Калининградский	22	22	20	34	25	29
Центральный	19	24	17	27	25	13
Волго-Вятский	21	30	19	20	26	11
ЦЧО	20	24	7	15	15	–7
Поволжье, Сев.	24	30	8	16	19	–10
Поволжье, Юг	5	14	1	7	30	20
Северо-Кавказский	2	3	–7	–6	–7	–13
Уральский	14	28	17	11	16	–7
Западно-Сибирский	6	19	1	–7	–1	–23
Восточно-Сибирский	0	0	–4	–12	–18	–24
Дальневосточный	6	13	7	10	12	5
Россия	13	21	11	11	14	–1

Источники: Национальный доклад по проблемам изменения климата. М.: Минэкономразвития России, 2002, С. 11.

В экономике России сельскохозяйственное производство в наибольшей степени зависит от возможных изменений климата. По оценкам специалистов воздействие на сельское хозяйство таких изменений будет неоднозначным, позитивные последствия могут сочетаться с негативными. Во многих климатических сценариях и прогнозах подчеркивается, что трансформация климатических условий будет связана с переменной частоты неблагоприятных для сельского хозяйства явлений. Опасным может стать рост вероятности низких урожаев в результате увеличения

Вместе с тем во многих прогнозах выделяются и негативные последствия глобальных изменений для сельского хозяйства. Отмечается значительное изменение погодных условий для сельскохозяйственного производства в традиционных аграрных районах, что будет связано не только с тем, что климат будет более теплым, но он станет и более сухим. Смещение природно-климатических поясов на север может повлечь за собой негативные процессы. Площадь подверженной засухе степной и лесостепной зоны,

где сейчас сосредоточено основное сельскохозяйственное производство, возрастет в 1,8 раза. И эта зона распространится к северу. Особенно далеко к северу продвигутся степи Сибири. На юге России начнется аридизация, сухие степи Поволжья и Северного Кавказа могут превратиться в пустыни. Все это отрицательно скажется на традиционных аграрных регионах.

Из последних климатических прогнозов следует отметить исследование специалистов из МГУ, Центра проблем экологии и продуктивности лесов РАН и Университета города Касселя (Германия). Был сделан прогноз погоды для России на 2020-е и 2070-е гг. Кроме того, исследователи попытались представить, как ожидаемые изменения климата повлияют на производство сельскохозяйственной продукции. Для России в ближайшие десятилетия сценарии дают сходные оценки изменения климата: повышение среднегодовых температур на 1,8–2,8 градуса. К 2070-м гг. средняя температура вырастет уже на 4–6 градусов, в основном за счет потепления на севере, в южных областях России лето станет жарче всего на 1 градус. Северные зимы станут более влажными, а на юг придет засуха. Согласно некоторым расчетам, предстоящие засухи в основных сельскохозяйственных районах (особенно в Ставропольском и Краснодарском краях) вызовут падение сельскохозяйственного производства, причем наиболее существенные изменения придется на ближайшие два-три десятилетия, как на естественное, так и искусственное плодородие:

- нарастание экологических проблем;
- негативные социальные процессы на селе;
- появление новых видов болезней и вредителей сельскохозяйственных растений;
- неразвитость сферы инфраструктуры и переработки;
- возможное уменьшение конкурентоспособности сельского хозяйства в результате вступления России в ВТО.

В статье рассматривается один из возможных подходов к решению задачи [1, 4, 5, 6].

В рамках рассматриваемой задачи оценки влияния глобальных изменений климата на региональном уровне выполнен анализ рядов наблюдений за метеофакторами для условий КБР.

На территории КБР систематические наблюдения ведутся только на двух метеостанциях: м/с Нальчик, м/с Прохладный.

Период наблюдений: с 1944 г. по 2004 г. по 5 характеристикам. Это такие характеристики, как осадки, температура, влажность, дефицит влажности воздуха и максимальная скорость ветра. При этом территория Кабардино-Балкарской Республики была поделена на две зоны:

1. Предгорная зона (г. Нальчик, Чегемский, Баксанский, Урванский, Лескенский, Черекский и Зольский административные районы), которая представлена м/с Нальчик.

2. Равнинная зона (Прохладненский, Майский и Терский административный районы), тяготеющая к м/с Прохладный.

Оптимальный вариант площадей орошения для каждой из зон получен на основе решения соответствующей оптимизационной задачи.

По каждой из этих двух метеостанций ведутся систематические наблюдения начиная с 1944 г. При анализе метеофакторов по каждой из метеостанций, вся исходная информация была разбита в декадном разрезе (10–11 дней).

Анализировались метеофакторы:

1. Сумма осадков – x .
2. Средняя температура воздуха – y .
3. Максимальная скорость ветра – z .
4. Влажность воздуха – u .
5. Дефицит влажности воздуха – v .

В рамках установления связи между изучаемыми метеофакторами получены оценки тесноты связи между ними. Также построены регрессионные уравнения, связывающие метеофакторы при наличии связи между ними (табл. 2, 3).

Таблица 2

Числовые характеристики метеофакторов по м/с Нальчик и Прохладная

Числовые характеристики	м/с Нальчик				
	Метеопараметры				
	x	y	z	u	v
Математическое ожидание	9,777	4,284	77,562	16,980	9,800
Дисперсия	88,436	13,144	100,766	–694,102	21,923
м/с Прохладный					
Математическое ожидание	10,137	4,806	77,973	121,849	10,377
Дисперсия	98,814	19,048	112,633	–603,744	20,499

Таблица 3

Теснота связи между метеопараметрами

м/с Нальчик					
Метеопараметры					
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>u</i>	<i>v</i>
<i>x</i>		0,775	-0,578	0,288	0,172
<i>y</i>			-0,819	0,151	0,206
<i>z</i>				-0,029	-0,268
<i>u</i>					0,181
м/с Прохладный					
<i>x</i>		0,888	-0,751	0,260	0,227
<i>y</i>			-0,875	0,110	0,214
<i>z</i>				-0,042	-0,291
<i>u</i>					0,147

Для каждой метеостанции в результате статистического анализа информации были построены многомерные регрессионные зависимости, связывающие температуру воздуха с другими метеофакторами. Они имеют вид:

м/с Прохладный

t – температура, *x*₁ – скорость ветра, *x*₂ – осадки, *x*₃ – относительная влажность, *x*₄ – дефицит влажности;

по среднегодовым показателям

$$t(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,00252 + 0,05863 \cdot x_1 + 0,14118 \cdot x_2 + 0,04068 \cdot x_3 + 0,94602 \cdot x_4;$$

по сезонам:

зима

$$t(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,02361 + 0,10214 \cdot x_1 + 0,02048 \cdot x_2 - 0,06299 \cdot x_3 + 3,23649 \cdot x_4;$$

весна

$$t(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,0015 - 0,09527 \cdot x_1 + 0,11852 \cdot x_2 + 0,04599 \cdot x_3 + 1,31785 \cdot x_4;$$

лето

$$t(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,0018 - 0,00034 \cdot x_1 + 0,00838 \cdot x_2 + 0,18877 \cdot x_3 + 0,8834 \cdot x_4;$$

осень

$$t(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,00851 + 0,09208 \cdot x_1 - 0,01476 \cdot x_2 + 0,08569 \cdot x_3 + 0,79516 \cdot x_4.$$

Водопотребность

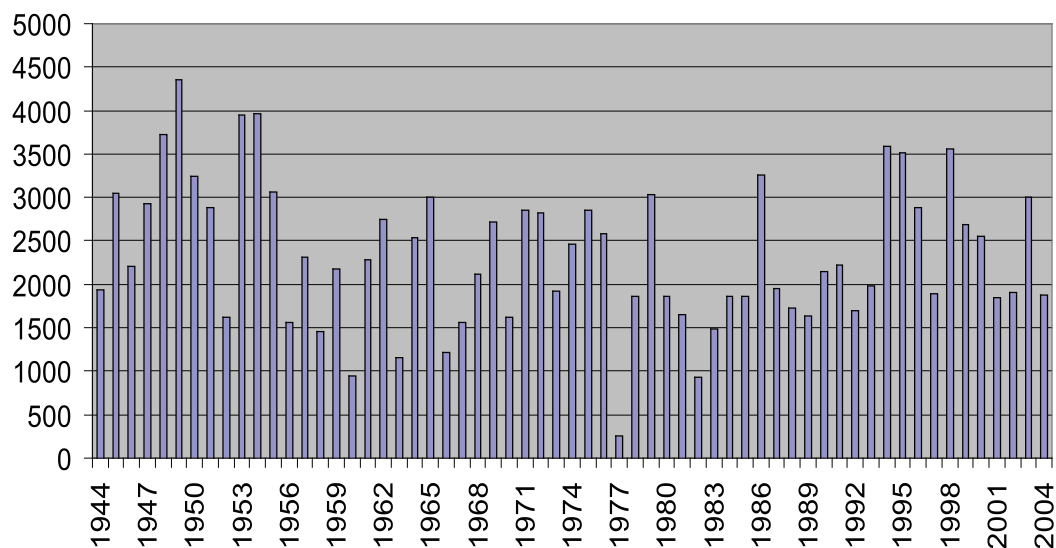


Рис. 1. Ирригационная водопотребность, млн куб. м

Озимая пшеница - Нальчик

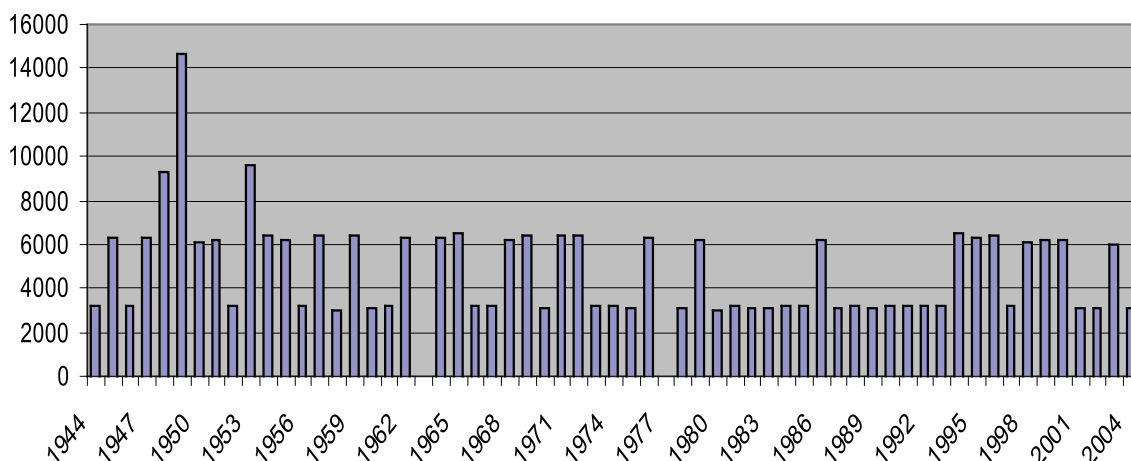


Рис. 2. Оросительная норма для озимой пшеницы по годам, куб. м, м/с Нальчик

Аналогичные результаты получены и для метеостанции Нальчик.

На рис. 1 отображена суммарная водопотребность в целом для всей территории республики по годам, млн м куб.

Суммарная ирригационная водопотребность складывается из сумм оросительных норм для каждой сельскохозяйственной культуры с учетом занимаемых ими площадей. Результаты расчетов по оросительным нормам озимой пшеницы приводятся на рис. 2.

Список литературы

1. Алоев Т.Б., Асланова Е.М., Жемухов Р.Ш., Жемухова М.М. Оптимальное планирование развития водохозяйственной системы // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2015. – № 3. – С. 267–270.
2. Белов П.Н., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 375 с.
3. Бudyко М. И, Анисимов О.А и др. Прогноз антропогенных изменений климата и их последствия и проблемы ги-

дрометеорологии и окружающей среды на пороге 21 века // Труды Международной теоретической конференции. – СПб., 2002. – 339 с.

4. Жемухов Р.Ш., Жемухова М.М., Алоев Т.Б., Асланова Е.М. Автоматизация водохозяйственных расчетов на региональном уровне (часть I) // Новые технологии. – Майкоп, 2014. – № 4. – С. 38–42.

5. Жемухов Р.Ш., Жемухова М.М., Алоев Т.Б., Автоматизация водохозяйственных расчетов на региональном уровне (часть II) // Новые технологии. – Майкоп, 2015. – № 1. – С. 47–53.

6. Жемухов Р.Ш., Жемухова М.М., Алоев Т.Б., Асланова Е.М. Система математических моделей для оценки ирригационного водопотребления при антропогенных изменениях климата // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-19244>.

7. Жемухов Р.Ш., Нагоров А.Л. К задаче оценки последствий изменения климата для сельского хозяйства на рациональном уровне // Проблемы информатизации общества: материалы Всероссийской конференции (с международным участием). – Нальчик, 2008. – С. 226–228.

8. Матвеев Л.Т. Динамика облаков. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 311 с.

9. Национальный доклад по проблемам изменения климата. – М., 2002. – 29 с.