

УДК 551.583

В.Ф. Мартазинова, С.В. Савчук, И.В. Витвицкая

СОСТОЯНИЕ СРЕДНЕЙ СУТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И СУТОЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ ЗИМНЕГО СЕЗОНА В XX СТОЛЕТИИ ПО КИЕВУ

Проведено сравнительный анализ изменчивости средней суточной температуры воздуха и суточного количества осадков зимнего сезона в Киеве относительно изменения глобальной температуры в XX столетии. Средняя межсуточная изменчивость температуры Киева уменьшается в последний период глобального потепления и увеличивается на протяжении XX века от декабря к февралю. Исследование изменчивости средних значений суточного количества осадков в Киеве позволило установить, что к концу XX столетия при увеличении количества дней без осадков отмечается рост их среднесуточного количества за счёт увеличения сумм осадков в отдельные дни.

Введение

На протяжении XX столетия климат Земли претерпевал изменений, а вместе с ним – и глобальная температура воздуха [1-6, 9-11]. По материалам Климатической программы Украины, на фоне флуктуаций глобальной температуры изменяется средняя годовая температура воздуха на Украине [3, 11].

Согласно кривой распределения глобальной температуры в работе [3] выделены три приблизительно одинаковые тридцатилетние периоды: первый период глобального потепления (1910-1940 гг.), период релаксации или стабилизации глобальной температуры (1941-1975 гг.), второй период глобального потепления XX ст. (1976 г.- по настоящее время) с наибольшим темпом роста глобальной температуры. Особенно большой рост глобальной температуры отмечается с конца XX ст. по настоящее время [2, 3, 9-11].

В соответствии с глобальным потеплением отмечается потепление зимой в Украине с конца предыдущего века [2, 3]. В декабре с конца

предыдущего столетия происходит увеличение межсуточной изменчивости средней суточной температуры, что не было отмечено в предыдущих десятилетиях. Повышение или понижение средней суточной температуры воздуха на фоне тёплых зим, которые отмечаются неоднократно в течение каждого зимнего месяца, зачастую сопровождаются другими опасными метеорологическими явлениями [2, 12]. Поэтому исследование состояния современного зимнего температурного режима является важным и актуальным, особенно для успешного развития сельского хозяйства Украины.

Цель данной статьи – показать влияние глобального потепления на характер изменения средней суточной температуры воздуха и суточного количества осадков зимой на протяжении XX и начала XXI столетий на примере Киева.

Данные и метод исследования

В процессе данной работы подготовлены базы данных средней суточной температуры воздуха и суточного количества осадков в зимний сезон (декабрь-февраль) за 1910-2002 гг. для ст. Киев.

Для подготовки базы данных были использованы метеорологические архивы отдела КИ и ДПП УкрНИГМИ и архивы ЦГО. Массивы данных наблюдений по температуре и осадкам разделены на три периода согласно изменению глобальной температуры. В качестве метода исследования избраны методы физико-математической статистики.

Межсуточной изменчивостью средней суточной температуры воздуха принято считать разность средней суточной температуры смежных суток. Межсуточная изменчивость сглаживает влияние суточного хода и является показателем изменчивости погоды, вызванной адвекцией тепла или холода [7, 8].

В общем виде электронный архив массивов метеовеличин, в данном случае, синхронных данных по температуре (Т) и осадкам (R), представлен в виде матрицы:

$$X_k = |Y_{ij}|_k = \begin{vmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & Y_{n3} \end{vmatrix}_k, \quad (1)$$

где $k=1,2,3$ – номер первого, второго и третьего периодов глобального потепления XX века, i – годы исследуемого периода, $i=\overline{1,n}$, n –

количество лет в исследуемом периоде, j – месяцы зимнего сезона, $j = \overline{1, m}$, $m = 3$ – количество зимних месяцев – $\{XII, I, II\}$

Каждый элемент этой матрицы (1) представлен в виде вектора:

$$Y_{ij} = \{x_l\}_{ij} = \{x_1, x_2, \dots, x_d\}_{ij}, \quad (2)$$

где d – количество дней в месяце, $l = \overline{1, d}$, l – день месяца, x_l – значение метеовеличины в l - тый день месяца.

Для каждого периода глобального потепления получены средние значения для каждого зимнего месяца и сезона, например, для температуры:

$$\overline{T_{ij}} = \frac{1}{d} \sum_{l=1}^d t_{lij}; \quad \overline{T_i} = \frac{1}{3} \sum_{j=1}^3 \overline{T_{ij}}, \quad (3)$$

и многолетние суточные значения:

$$\overline{T_l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{il}, \quad (4)$$

где d – количество дней в месяце, $l = \overline{1, d}$, l – день месяца.

Аналогично были произведены вычисления для осадков.

Характер межсуточной изменчивости температуры воздуха ст. Киев на протяжении глобального потепления XX столетия

Хорошими сравнительными характеристиками метеорологических элементов и явлений, которые отражают общие закономерности суточного или годового хода, есть средние значения [7, 8].

Из рис. 1 следует, что средняя межсуточная изменчивость в зимнем сезоне XX века в Киеве увеличивается с начала декабря до середины февраля. В первом и втором периодах средняя межсуточная изменчивость хорошо согласуется со средней изменчивостью за предыдущее столетие. Рост изменчивости увеличивается в январе и сохраняется в феврале. Наименьшая средняя межсуточная изменчивость отмечается в первом зимнем месяце. Другой характер средней межсуточной изменчивости температуры отмечается в третьем периоде, который продолжается до наших дней. Отличие состоит в том, что первый рост межсуточной изменчивости наблюдается в первом зимнем месяце, а затем отмечается с конца января по начало февраля. Повышение средней межсуточной изменчивости температуры в первом и втором периодах наблюдается в те дни зимнего сезона, когда в третьем периоде наблюдается наименьшая изменчивость. Таким образом, к концу столетия происходит заметное

изменение в межсуточной изменчивости температуры воздуха в Киеве – наибольшая изменчивость отмечается в декабре и в конце января.

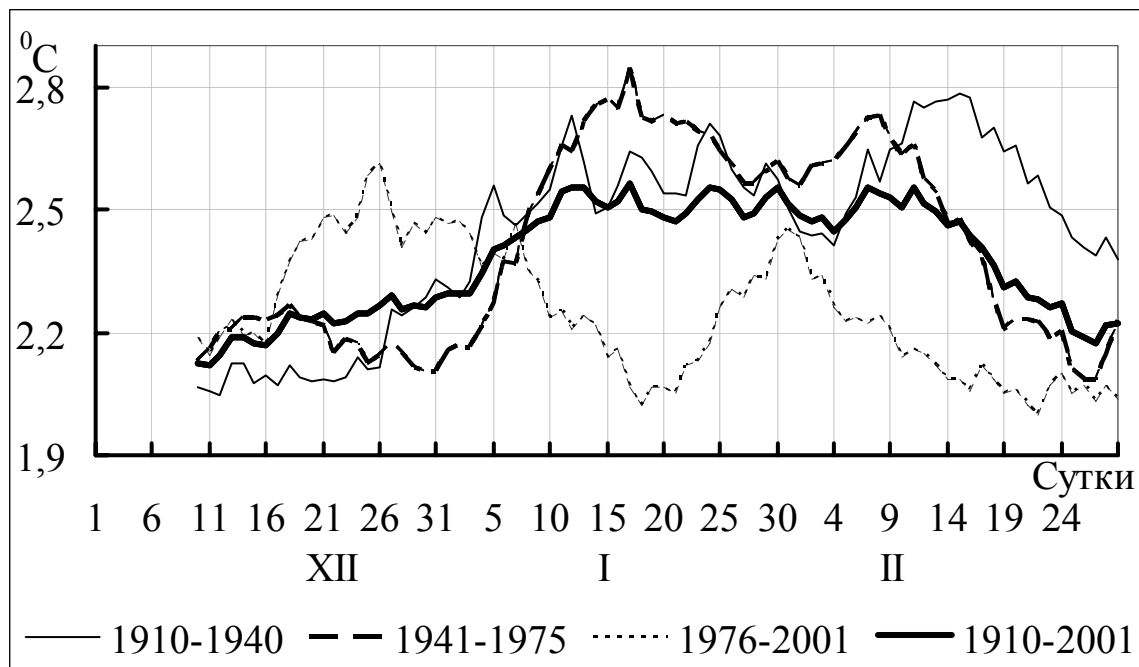


Рис. 1. Сглаженная по декадам средняя межсуточная изменчивость температуры воздуха за зимний сезон каждого периода изменения глобальной температуры. 1910-2001 гг. Киев

Средние величины не отражают всё многообразие ситуаций, наблюдаемых в реальных условиях. Основные метеорологические величины, в том числе температурные характеристики, владеют большой изменчивостью во времени. В результате средние значения межсуточной изменчивости не совпадают со значениями их в отдельные годы, а в отдельные аномальные годы значительно отклоняются от среднего. Однако такие значения отмечаются очень редко [7]. Приведенные данные рис. 2 показывают, что изменчивость среднесуточной температуры от года к году на протяжении всего периода глобального потепления – величина неустойчивая. С помощью этого рисунка можно отметить, что наименьшая изменчивость отмечается в декабре, независимо от периода изменения глобальной температуры. Однако необходимо отметить, что в первом и третьем периодах относительно второго периода отмечается повышенная изменчивость от года к году в декабре. Наиболее стабильное и низкое относительно других периодов изменение среднесуточной изменчивости отмечается в январе последнего периода потепления. Это указывает на устойчивость суточных температур воздуха на протяжении

месяца. Особенно это сказывается в температурных режимах январей последнего десятилетия. Аномально высокие температуры воздуха января практически не изменяются на протяжении всего месяца.

За два периода глобального потепления в Киеве наблюдалось резкое изменение температуры воздуха в феврале. Наибольшие значения, т.е. изменение около 3°C от суток к суткам, наблюдалось со второй половины первого потепления. Самые стабильные и низкие изменения температуры от суток к суткам отмечаются в наше второе потепление. В целом можно отметить, что в последнем периоде потепления произошло увеличение изменчивости средней суточной температуры в декабре и резко снизилась межсуточная изменчивость в январе и феврале. Поэтому современный температурный режим в январе и феврале в Киеве устойчивый.

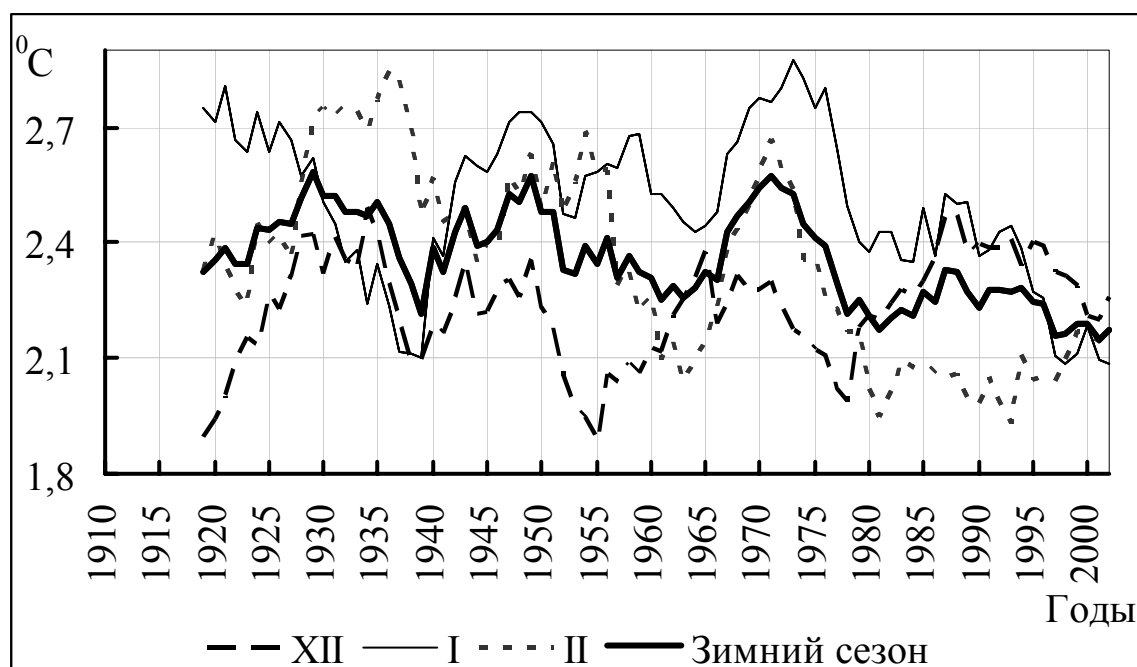


Рис. 2. Сглаженная по десятилетиям средняя межсуточная изменчивость температуры воздуха за зимний сезон. 1910-2001 гг. Киев

Характер изменчивости суточного количества осадков г. Киева на протяжении глобального потепления XX столетия

На первом этапе исследования режима зимних осадков в Киеве было определено многолетнее среднесуточное количество осадков \bar{R} и среднее число дней с осадками \bar{n} для декабря, января, февраля в каждом периоде изменения глобальной температуры. Необходимо отметить, что среднее

значение суточного количества осадков определяли как среднее по числу дней с осадками, а не по общему числу случаев выборки.

Данные табл. 1 показывают, что на протяжении предыдущего века от периода к периоду глобального потепления среднее суточное количество осадков \bar{R} сохраняется, но количество дней с осадками \bar{n} заметно уменьшается к третьему периоду.

Таблица 1

Средние значения суточных осадков (\bar{R} , мм/сут) и числа дней (\bar{n} , число случаев) с осадками. Киев

Период	\bar{R} , мм/сут			\bar{n} , число случаев		
	Декабрь	Январь	Февраль	Декабрь	Январь	Февраль
I	2,6	2,3	2,5	19	18	16
II	2,7	2,6	2,7	17	16	16
III	2,7	2,3	3,0	14	14	13
I-III	2,7	2,4	2,7	17	16	15

Это указывает на то, что в целом по Киеву в декабре количество осадков в третьем периоде уменьшилось. Аналогично можно сказать о характере осадков по Киеву в январе третьего периода. В феврале к концу предыдущего столетия \bar{R} увеличивается, а \bar{n} уменьшается, что указывает на повышение суточного количества осадков, хотя в целом сумма осадков по Киеву от периода к периоду практически остается одинаковой. Таким образом, данные табл. 1 показали, что сумма осадков в целом к третьему периоду по Киеву для декабря и января уменьшилась, а для февраля практически не изменилась, хотя количество выпавших осадков за сутки увеличилось. В результате проведенного исследования динамики среднего числа дней с осадками было установлено, что к концу XX столетия происходит уменьшение количества дней с осадками, что характерно для всех зимних месяцев (табл. 1).

Это позволяет сделать вывод об определенных изменениях в режиме зимних осадков в конце века по сравнению с первым и вторым периодами глобального изменения температуры. В то время как количество дней с осадками уменьшается, в феврале осадки стали более интенсивными, вследствие увеличения многолетнего среднесуточного количества осадков; в декабре и январе количество осадков не изменилось, но уменьшилось количество дней, когда они выпадают.

Для более детального изучения ряда наблюдений за осадками по Киеву, было построено распределение сумм осадков по определенным градациям. Такая работа была проведена для всего периода 1910-2002 гг. и по каждому 30-летнему периоду изменения глобальной температуры.

Частота каждой градации осадков определяется количеством дней с осадками-(без осадков): 0,0; 0,1-1,0; ... ; 20,1-30,0; $\geq 30,1$ мм/сут. Наиболее вероятное значение суточного количества осадков группируется в пределах градации – 0,0 и 0,1-1,0 мм/сут (табл. 2, 3). Такое распределение осадков позволяет определить, что количество дней с осадками в декабре составляет 55,4% или 17 дней (табл. 1). 41,1% дней от числа дней с осадками составляют осадки до 3,0 мм; около 6,0% – 3,1-5,0 мм/сут; 8,4% – 5,1 мм/сут и больше. Примерно то же на протяжении предыдущего века отмечалось по Киеву в январе и феврале. Таким образом, зимой наиболее вероятной является ситуация, когда осадки не выпадают вообще или количество осадков не превышает 1,0 мм/сут.

Таблица 2

Повторяемость (%) числа дней с количеством осадков $\leq 9,0$ мм/сут (R, мм/сут) за период 1910-2002 гг. Киев

Месяц	Количество осадков										
	Без R-0,0	0,1-0,5	0,6-1,0	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	4,1-5,0	5,1-6,0	6,1-7,0	7,1-8,0	8,1-9,0
ХІІ	44,6	19,4	8,8	8,1	4,8	3,4	2,5	1,6	1,1	1,0	1,2
І	46,0	19,9	7,8	8,6	4,5	3,8	2,2	1,7	1,3	0,8	0,5
ІІ	48,6	17,8	7,6	7,5	4,9	3,0	2,4	1,7	1,5	0,7	0,9

Таблица 3

Повторяемость (%) числа дней с количеством осадков $\geq 9,1$ мм/сут (R, мм/сут) за период 1910-2002 гг. Киев

Месяц	Количество осадков			
	9,1-10,0	10,1-20,0	20,1-30,0	$\geq 30,1$
ХІІ	0,5	2,3	0,6	0,1
І	0,5	2,0	0,4	0,0
ІІ	0,4	2,4	0,5	0,1

Повторяемость суточного количества осадков в различных градациях была исследована также по трем периодам изменения глобальной температуры. Результаты расчетов были представлены в виде гистограмм (рис. 3).

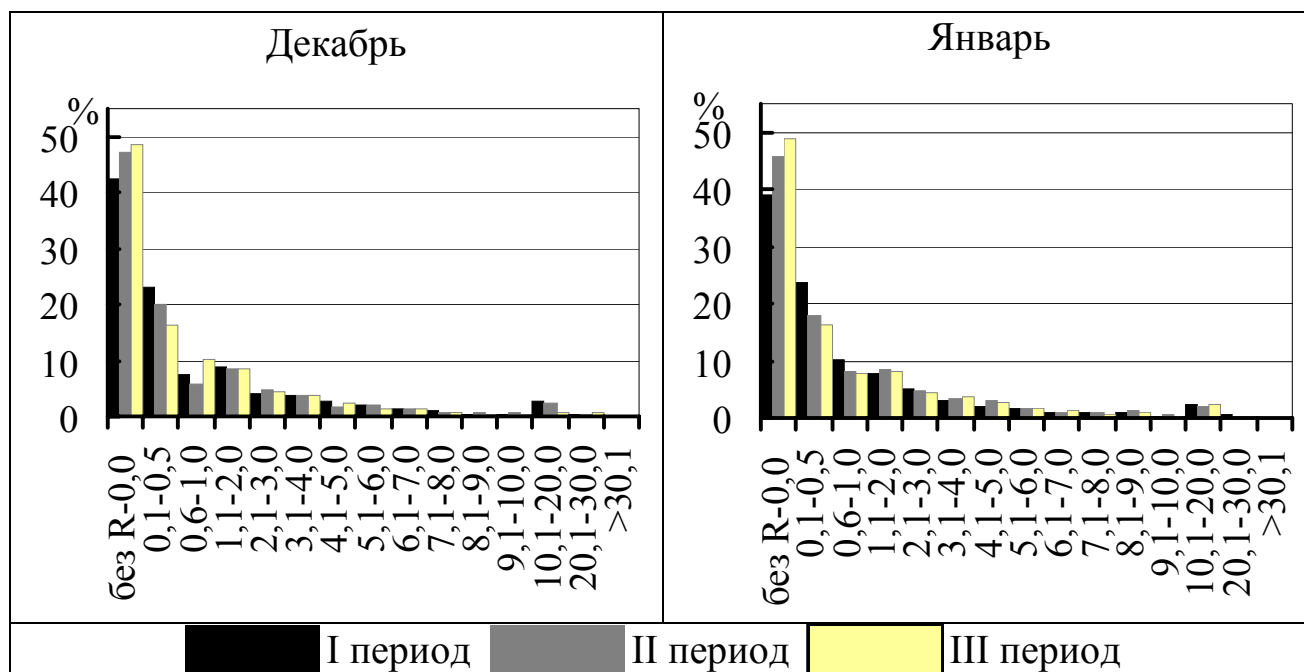


Рис. 3. Число дней (%) с осадками (R, мм/сут) различных градаций по 30-летиям относительно периодов глобального потепления XX ст. Киев

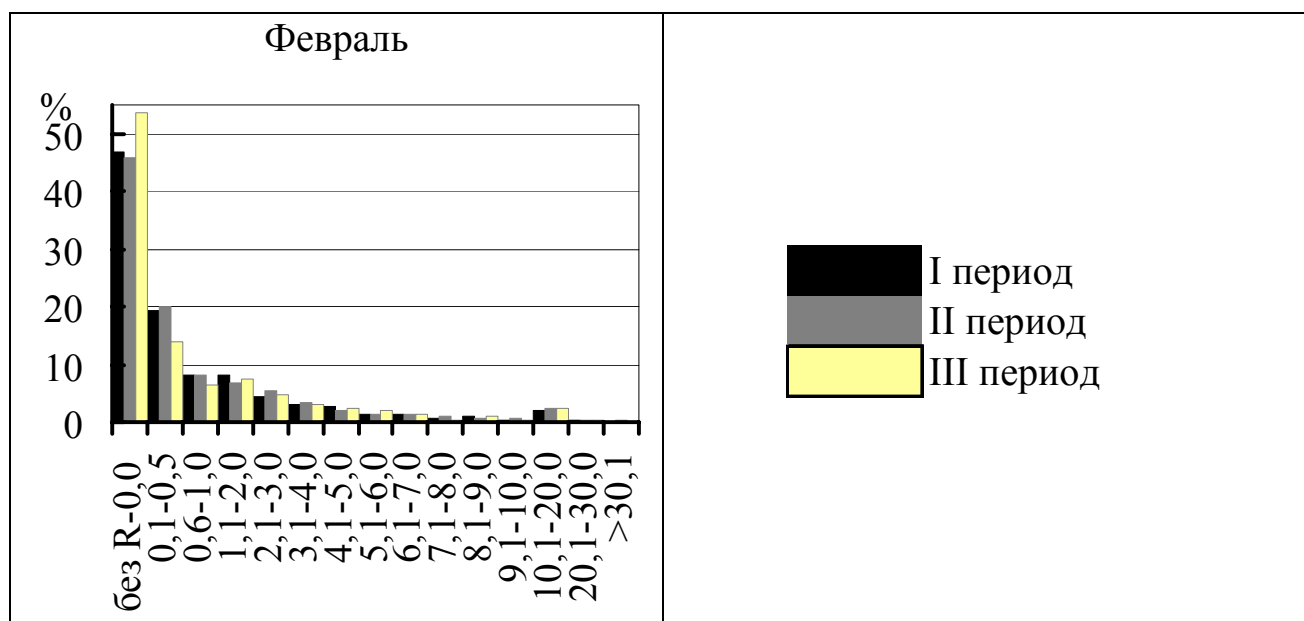


Рис. 3. Число дней (%) с осадками (R, мм/сут) различных градаций по 30-летиям относительно периодов глобального потепления XX ст. Киев

При их сравнении было замечено, что во все месяцы наблюдается увеличение повторяемости числа дней без осадков, которое от первого периода к третьему составляет +10% в декабре, около 6% в январе, около 7% в феврале.

Таким образом, к концу XX века происходит уменьшение повторяемости дней, когда выпадают осадки, а также уменьшение повторяемости дней с осадками градации 0,1-1,0 мм/сут.

Практическое значение имеют осадки больше 10,1 мм/сут, поэтому была сделана выборка таких осадков и рассчитана их повторяемость (табл. 4). Согласно таблице, повторяемость осадков 10,1-20,0 мм/сут в декабре и феврале от первого периода к третьему увеличилась, тогда как в январе наблюдается сильное уменьшение повторяемости осадков 10,1-20,0 мм/сут. Повторяемость осадков 20,1-30,0 мм/сут в декабре уменьшается, но в январе и феврале от первого периода к третьему увеличилась. Особенно заметно увеличение больше, чем в 3 раза повторяемости сильных осадков к настоящему времени в январе. Осадки $\geq 30,1$ мм/сут к концу столетия в Киеве исчезли.

Таким образом, можно отметить, что в современном климате Киева отмечается увеличение (+1%) количества дней с сильными осадками в феврале (10,1-20,0 мм/сут) и январе (20,1-30,0 мм/сут), но в градации 10,1-20,0 мм/сут в январе отмечается заметное уменьшение (-3%) количества дней с сильными осадками.

Таблица 4

Повторяемость (%) осадков (R, мм/сут) 10,1-20,0; 20,1-30,0; $\geq 30,1$ мм/сут
в декабре, январе, феврале по 30-летиям относительно периодов
глобального потепления XX ст. Киев

Месяц	Количество осадков								
	10,1-20,0			20,1-30,0			$\geq 30,1$		
	Период			Период			Период		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Декабрь	4,1	3,9	4,7	1,4	0,9	0,9	0,2	0,2	-
Январь	4,7	4,9	1,6	0,4	0,4	1,4	-	0,2	-
Февраль	4,1	4,6	5,1	0,9	0,7	1,1	0,2	0,4	-

Наглядно вышеописанное преобразование осадков от периода к периоду изменения глобальной температуры на протяжении XX века можно видеть на рис. 4.

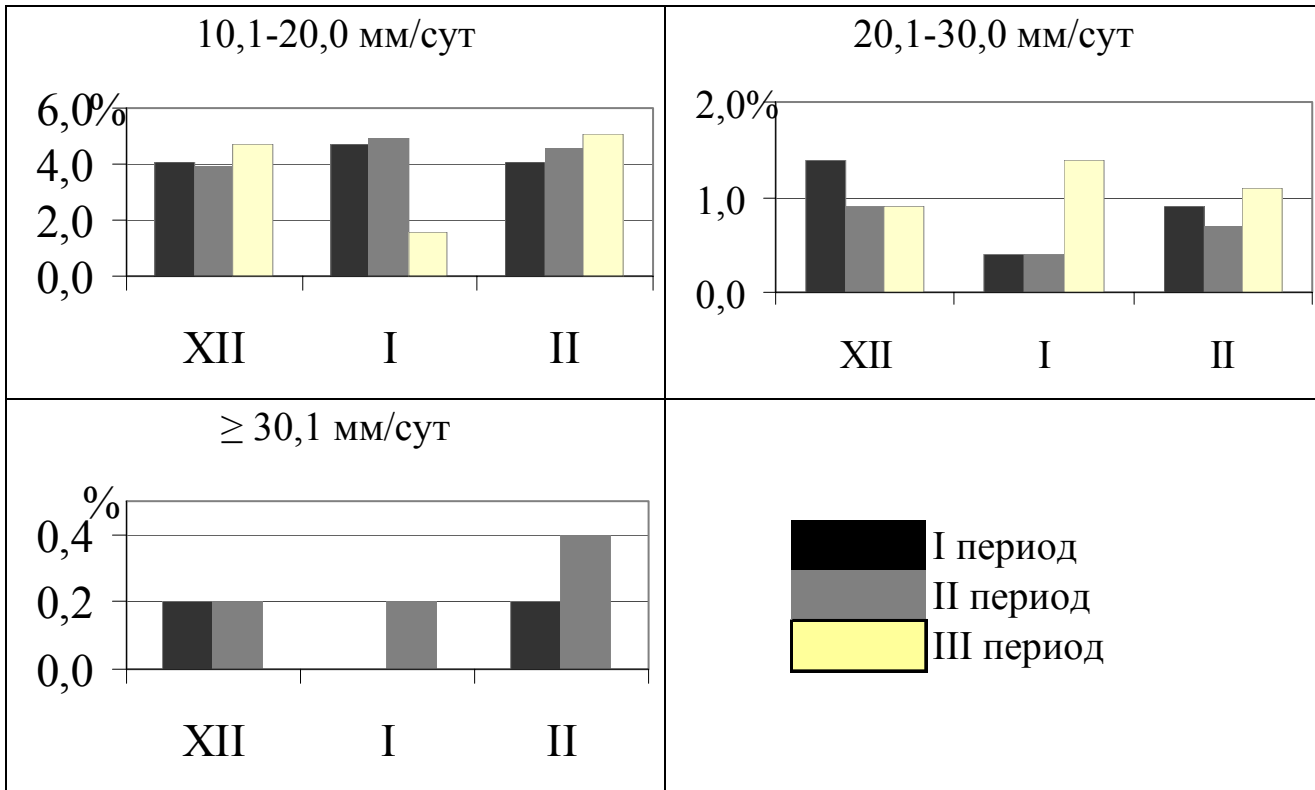


Рис. 4. Повторяемость (%) дней с осадками 10,1-20,0; 20,1-30,0; $\geq 30,1$ мм/сут по 30-летиям относительно периодов глобального потепления XX ст. Киев.

Выводы

В данном исследовании рассмотрена изменчивость средней суточной температуры воздуха и суточных сумм осадков за периоды разных режимов глобальной температуры на протяжении XX столетия – 1910-1940 гг., 1944-1975 гг., 1976-2002 гг. Анализ исследований по современному климатическому режиму г. Киева позволил сделать следующие выводы:

1. Величина изменчивости среднесуточной температуры на протяжении глобального потепления XX столетия является неустойчивой. Наименьшая изменчивость отмечается в декабре.

2. К концу столетия происходит заметное изменение в межсуточной изменчивости температуры воздуха в Киеве – увеличение изменчивости

средней суточной температуры в декабре и резкое снижение межсуточной изменчивости в январе и феврале.

3. Наиболее стабильное и низкое относительно других периодов изменение среднесуточной изменчивости отмечается в январе последнего периода потепления. Это указывает на устойчивость суточных температур воздуха Киева на протяжении месяца. Особенно это сказывается в температурных режимах январей последнего десятилетия. Аномально высокие температуры воздуха января практически не изменяются на протяжении всего месяца.

4. К концу XX столетия во все зимние месяцы в Киеве наблюдается увеличение повторяемости числа дней без осадков и уменьшение количества дней с осадками.

5. К концу XX столетия произошло уменьшение суточной суммы осадков в декабре и январе и поэтому наиболее вероятной зимой является ситуация, когда осадки не выпадают вообще или количество осадков не превышает 1,0 мм/сут.

6. В современном климате Киева отмечается увеличение количества дней с сильными осадками в определенные месяцы.

* *

Проведено порівняльний аналіз мінливості середньої добової температури повітря і добової кількості опадів зимового сезону в Києві щодо зміни глобальної температури в XX сторіччі. Середня міждобова мінливість температури Києва зменшується в останній період глобального потепління і збільшується впродовж XX століття від грудня до лютого. Дослідження мінливості середніх значень добової кількості опадів в Києві дозволило встановити, що до кінця XX сторіччя при збільшенні кількості днів без опадів відмічається зростання їх середньодобової кількості за рахунок збільшення сум опадів у певні дні.

* *

1. Бабиченко В.Н., Рудышина С.Ф. Низкие температуры воздуха // Тр. УкрНИГМИ. – Вып. 110. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – С. 197-207.
2. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменения и современное состояние // Тр. УкрНИГМИ. – 1998. – Вып. 246. – С. 21-27.
3. Мартазинова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX

- века и её влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине // Геофизич. журнал. – 2006. – №1. – Т. 28. – С. 51-60.
4. Будыко М.И. Эмпирическая оценка предстоящих изменений климата // Метеорология и гидрология. – 1989. – №10. – С. 5-15.
 5. Свердлик Т.А. Эволюция крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха Северного полушария во второй период современного глобального потепления климата // Наук. пр. УкрНДГМІ. – Вип. 247. – 1999. – С. 63-75.
 6. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П. Вероятность аномально теплых и холодных, аномально сухих и влажных вёсен в Украине при глобальном потеплении климата // Тр. УкрНИГМИ, 1991. – Вып. 239. – С. 82-94.
 7. Справочник по климату СССР / Отв. ред. Мисюра Л.И. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Вып. 10. – Ч. II. – 608 с.
 8. Температура воздуха на Украине / Под ред. Бабиченко В.Н.. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
 9. Рубинштейн Е.С. Средние широтные температуры воздуха на земном шаре и их связь с изменением климата // Тр. ГГО, 1970. – Вып. 269. – С. 3-21
 10. Гедеонов А.Д. Изменение температуры воздуха на Северном полушарии за 90 лет. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 148 с.
 11. Клімат України / За ред. Лінінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
 12. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Особенности тропосферных и стратосферных атмосферных процессов при резких потеплениях и похолоданиях на территории Украины в тёплый период года // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 63-75.

*Украинский научно-исследовательский
гидрометеорологический институт, Киев*