

УДК 551.581.1

Канд. геогр. наук

Э.П. Кожаметова *

А.Р. Загидуллина *

Т.Б. Аппазова *

**ТОЧНОСТЬ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И
ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА КЛИМАТИЧЕСКИМ
АРХИВОМ CRU TS 2.1***ГЛОБАЛЬНЫЕ СЕТОЧНЫЕ АРХИВЫ, КЛИМАТИЧЕСКИЙ АРХИВ,
ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА, АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, КО-
ЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ*

В статье рассмотрены климатические данные (температура воздуха, атмосферные осадки) глобального сеточного архива CRU TS 2.1. Показано, что на территории Казахстана данные температуры и осадков архива CRU TS 2.1 воспроизводят данные наблюдений с существенными погрешностями.

В последние годы при исследовании климатических изменений часто используются глобальные сеточные архивы, полученные интерполяцией данных наблюдений на метеостанциях, либо посредством модельного реанализа. Частое использование таких климатических архивов объясняется в первую очередь их доступностью в условиях недостаточной плотности сети метеостанции и сложностью получения имеющихся данных. Так в работе [3] были рассмотрены наиболее распространенные сеточные архивы месячной дискретности университета Восточной Англии CRU TS 2.1 и университета Делавера, основанные на интерполяции данных наблюдений, а также два архива, полученные при помощи модельного реанализа (ERA-40 и NCEP-1). Авторами [3] было показано, что все они воспроизводят данные наблюдений температуры и осадков на территории России с существенными погрешностями, причем смещение оценок часто имеют характерные пространственные распределения. По мнению [3] это обусловлено, прежде всего, недостаточностью сети наблюдений в России, и, в меньшей степени, несовершенством алгоритмов, при помощи которых создаются сеточные архивы. Едва ли можно ожидать, что в ближайшие годы ситуация с наличием первичным данным измерений и доступом к ним пользователей кардинально улучшится.

* Институт географии, г. Алматы

Авторы [5] отмечают практическое совпадение глобальной величины осадков архивов W&M и CRU (697,2 и 697,6 мм/год), тогда как в [2] указывается, что точность этих архивов на территории России заметно меньше, чем в среднем по всему миру.

На бóльшую неопределенность воспроизведения современного состояния климата несколькими лучшими гидродинамическими моделями указывает результаты исследования Г.В. Груза с соавторами [2]. Было отмечено, что модели, достаточно хорошо воспроизводят современный тренд приземной температуры воздуха (0,37 °C/10 лет по моделям и 0,33 °C/10 лет по данным наблюдений), значительно занижают ее величину на всем рассматриваемом периоде (1961...2000 гг.). Сравнение осадков показало, что для всех регионов России за период 1961...2000 гг. практически во всех моделях они больше наблюдаемых [2].

Результаты еще одной работы [4] показывают, что климат в моделях со значительной погрешностью отражает «реальный» климат. По температуре воздуха наиболее заметные ошибки возникают в январе в Евразии (широтный пояс 35...45° с.ш.), а также на крайнем востоке Азии (завышение температуры воздуха на 2...8 °C из-за динамических причин). В июле отмечается завышение температуры воздуха в США, на Канадском архипелаге и арктическом побережье Азии до 4...8 °C [4]. Заметим, что в [4] при моделировании климата использованы данные за 17 лет (1979...1995 гг.) в рамках эксперимента AMIP 2, а для сравнения в качестве наблюдений использовались данные реанализа NCEP/MCAR за 1982...1994 гг.

В данной работе проведена оценка качества глобального сеточного архива CRU TS 2.1 приземной температуры воздуха и атмосферных осадков применительно к территории Казахстана. Для этого климатические характеристики, самой близкой ячейки сетки, сравнивались с данными наблюдений. Рассмотрим некоторые особенности архива CRU TS 2.1.

Архив CRU TS 2.1 разработан и поддерживается Тиндал центром в университете Восточной Англии, Великобритания [1]. Он включает 1224 единицы месячных данных для каждой климатической переменной в каждой ячейке сетки за период 1901...2002 гг. и охватывает территорию всех континентов земного шара с разрешением 0,5 градусов по широте и долготе [7]. Первичные переменные, такие как температура воздуха, количество осадков, суточная амплитуда температуры воздуха, представленные в архиве CRU TS 2.1 были основаны только на метеорологических

наблюдениях. Каждый массив среднемесячных данных представляет собой интерполяцию, основанную на наборе данных станций, имеющихся для данного момента времени. От месяца к месяцу меняется сеть имеющихся в распоряжении станций. Было решено использовать этот метод интерполяции, чтобы получить наилучшую оценку пространственной картины климата в каждый момент времени. Однако это в действительности означает, что долговременные изменения в данной ячейке сетки не будут обуславливаться исключительно подлинными изменениями климата, но также и изменениями сети станций. Влияние таких колебаний минимизировано путем интерполяции аномалий значений станции, а не абсолютных значений станций. Если сеть станций плотная, влияние наличия или отсутствия данных одной станции минимально. Однако, там, где сеть станций разрежена, эта особенность может существенно влиять на временной ряд в ячейке сетки. Интерполяция аномалий метеорологических характеристик (по отношению к периоду 1961...1990 гг.) на метеостанциях в узлы широтно-долготной сетки $0,5 \times 0,5^\circ$ проведено с использованием метода сплайнов (описание метода приведено в [6]), с последующим восстановлением абсолютных значений с помощью архива норм за 1961...1990 гг. CRU CL 1.0. Значения температуры приведены к высотам узлов сетки, которые заданы топографической моделью, сама модель также входит в сопутствующую документацию [1].

Климатические данные (температура воздуха и атмосферные осадки) из архива CRU TS 2.1 сравнивались с фактическими данными температуры воздуха и атмосферных осадков на метеорологических станциях (М) Казахстана за период 1961...2002 гг. В табл. 1 представлены координаты точек, между которыми было проведено сравнение климатических данных. Нумерация от 1 до 18 отображает номер сравниваемых точек по табл. 1.

Сравнительный анализ среднегодовых температур воздуха показывает, что существует тесная связь между рядами температуры воздуха, полученными из данных метеорологических станций и архива CRU TS 2.1. (табл. 1). Такая корреляционная связь в первую очередь характерна для равнинных районов Казахстана. Корреляционная связь между данными температуры воздуха сеточного архива и метеорологическими станциями составляет 0,90...0,99 на равнине, 0,85...0,86 в горной местности. В то же время на равнинных районах в некоторые годы, например в 1974 г. и 1976 г. согласованность хода температур воздуха нарушается (рис. 1). Это в первую очередь относится к районам Северного и Центрального Казах-

стана. Так, например, на М Атбасар среднегодовая температура воздуха архива CRU TS 2.1 в 1976 году была завышена на 2,8 °С.

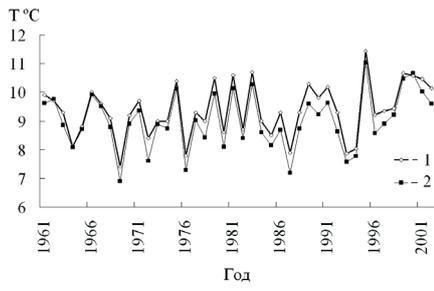
Таблица 1

Координаты метеорологических станций и ячеек, климатические данные которых получены из архива CRU TS 2.1 и корреляционная связь температуры между ними

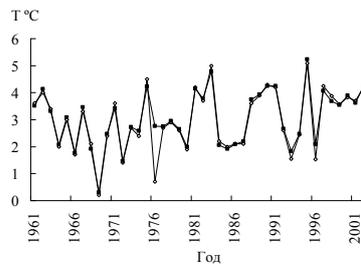
№	Координаты (название станции)	Координаты точек архива CRU TS 2.1	r
1	47,1° с.ш.; 51,8° в.д. (Атырау)	47,25° с.ш.; 51,25° в.д.	0,98
2	53,2° с.ш.; 63,6° в.д. (Костанай)	53,25° с.ш.; 63,25° в.д.	0,95
3	54,7° с.ш.; 69,1° в.д. (Петропавловск)	54,25° с.ш.; 69,25° в.д.	0,94
4	49,8° с.ш.; 73,1° в.д. (Караганда)	49,25° с.ш.; 73,25° в.д.	0,93
5	52,3° с.ш.; 76,9° в.д. (Павлодар)	52,25° с.ш.; 76,75° в.д.	0,91
6	50,3° с.ш.; 83,6° в.д. (Лениногорск)	50,25° с.ш.; 83,25° в.д.	0,85
7	43,6° с.ш.; 68,9° в.д. (Ащысай)	43,25° с.ш.; 68,75° в.д.	0,86
8	44,8° с.ш.; 65,5° в.д. (Кызылорда)	44,25° с.ш.; 65,25° в.д.	0,93
9	42,9° с.ш.; 71,3° в.д. (Тараз)	42,75° с.ш.; 71,25° в.д.	0,96
10	43,4° с.ш.; 77,5° в.д. (Есик)	43,25° с.ш.; 77,25° в.д.	0,93
11	44,5° с.ш.; 78,7° в.д. (Когалы)	44,25° с.ш.; 78,75° в.д.	0,91
12	46,8° с.ш.; 75,1° в.д. (Балхаш)	46,25° с.ш.; 75,25° в.д.	0,97
13	43,1° с.ш.; 76,9° в.д. (Алматы)	43,25° с.ш.; 76,75° в.д.	0,94
14	46,8° с.ш.; 61,7° в.д. (Аральское море)	46,25° с.ш.; 61,25° в.д.	0,98
15	49,1° с.ш.; 57,7° в.д. (Уил)	49,25° с.ш.; 54,75° в.д.	0,97
16	51,8° с.ш.; 68,4° в.д. (Атбасар)	51,75° с.ш.; 68,25° в.д.	0,90
17	47,5° с.ш.; 84,9° в.д. (Жайсан)	47,25° с.ш.; 84,75° в.д.	0,99
18	50,3° с.ш.; 52,6° в.д. (Жамбейта)	50,25° с.ш.; 52,75° в.д.	0,96

Во все годы рассматриваемого периода в Северном Прибалхашье, М Жайсане и М Таразе температура воздуха сеточного архива завышена. Наибольшая разница температур воздуха между наблюдаемыми на метеостанции и архивом имеет место в Балхаше, где среднегодовые температуры воздуха архива CRU TS 2.1 за период 1961...2002 гг. были завышены от 0,7 °С (в 1966 г.) до 1,9 °С (в 1962 г.). Среднегодовые температуры воздуха архива в Таразе от 0,3 до 1,4 °С, Жайсане от 0,2 до 1,1 °С. Следует отметить, что наибольшие различия температуры воздуха на М Балкаш и М Кызылорда приходятся на один и тот же год (1962 г.).

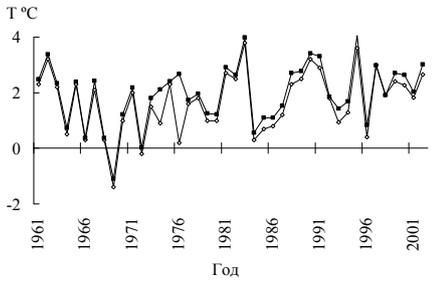
На ММ Костанай, Кызылорда, Караганда, Павлодар, Аральское море, Атбасар и Жамбейты среднегодовая температура воздуха архива CRU TS 2.1 завышены от 0,1...0,3 °С до 2,5...2,8 °С и занижены от 0,1 °С до 0,7 °С.



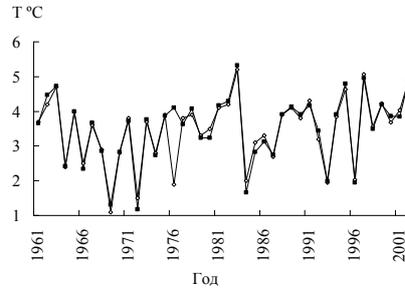
1



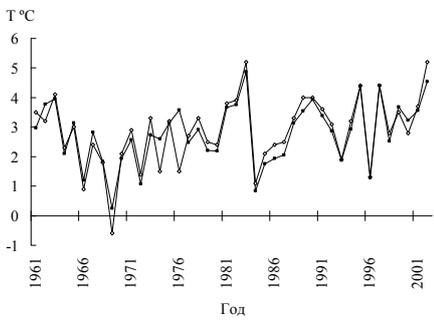
2



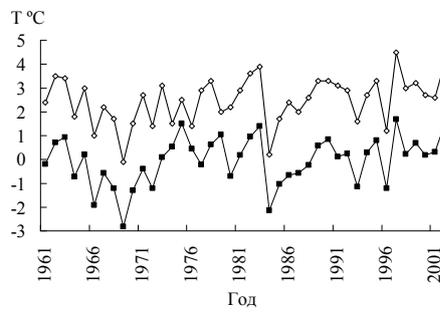
3



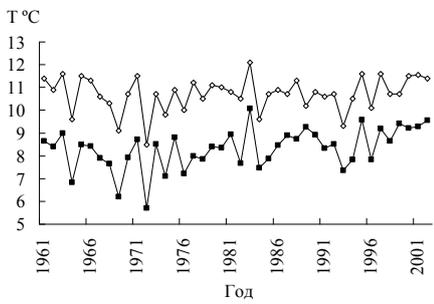
4



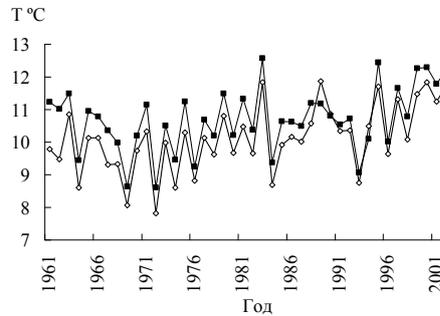
5



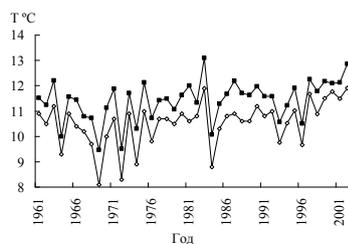
6



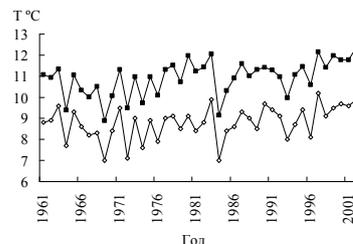
7



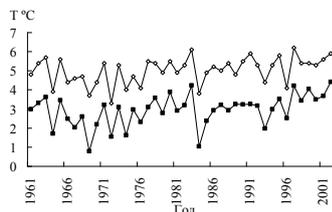
8



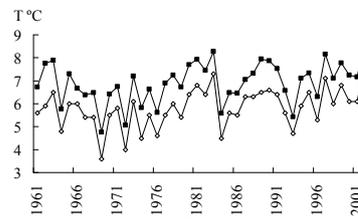
9



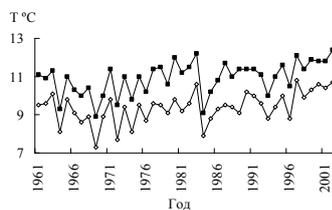
10



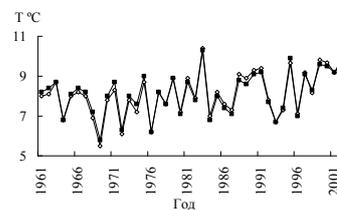
11



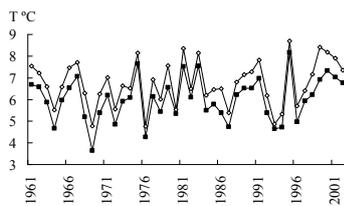
12



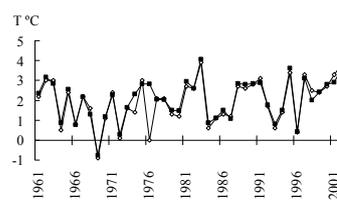
13



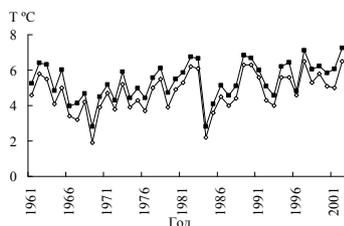
14



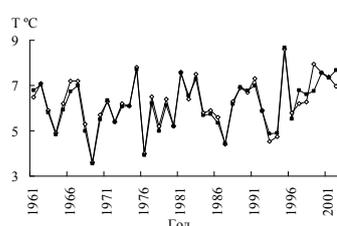
15



16



17



18

Рис. 1. Временной ход среднегодовых температур воздуха за период 1961...2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. 1 – фактические данные метеорологических станции, 2 – данные архива CRU TS 2.1. Нумерация метеостанций 1 – 18, см. табл. 1.

Если рассматривать горные районы Казахстана, то было установлено как завышение, так и занижение температуры воздуха сеточного архива (рис. 1). На М Лениногорск, М Ащысай и М Когалы значения температуры воздуха сеточного архива занижены на 1,0...3,1 °С, 0,9...3,2 °С и 1,5...2,9 °С соответственно. В предгорьях и низкогорьях Иле Алатау температура воздуха завышена от 1,1 до 2,8 °С (М Алматы, М Есик).

Особый интерес климатологов представляют климатические данные среднегорий и высокогорий. В связи с чем, нами был проведен сравнительный анализ данных сеточного архива и метеорологических станции, расположенных на хр. Иле Алатау. Установлено, что температура воздуха сеточного архива CRU TS 2.1 плохо отражает реальную температуру воздуха на высоте 2500...3000 м над уровнем моря, полученную путем наблюдений на метеорологических станциях. Так, например, ряды температуры воздуха сеточного архива отличалась от наблюдаемой температуры воздуха на среднегорной метеостанции оз. Улькен Алматы на 8,0...10,9 °С (положительная разница). Такое различие данных объясняется разреженностью сети станции данных районов. В архиве CRU TS 2.1 если для какого-либо месяца узел сетки оказывался более чем на 1200 км дальше от самой близкой станции, где имеются измерения температуры, то в этом узле за этот месяц присваивалось оценочное значение. В качестве такового бралось среднемноголетнее значение за период 1961...1990 гг. за этот месяц в этом узле сетки из архива CRU CL 1.0. Эта было сделано для того, чтобы массив данных был гарантированно полон как по пространству, так и по времени. При этом допускается, что если нет никакой характерной информации для данного момента времени, наилучшая оценка для этого момента времени – среднее многолетнее [5].

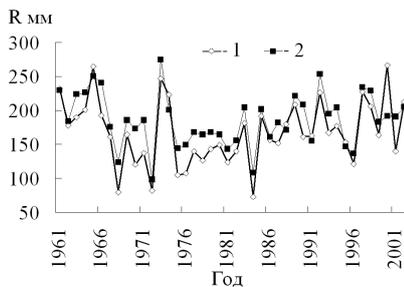
Сравнительный анализ годовых сумм осадков метеорологической станции и архива CRU TS 2.1. показывает, что существует хорошая согласованность хода осадков (табл. 2). На равнинной части территории Казахстана, между годовыми осадками метеостанций и архивом корреляционная связь высокая: 0,85...0,98. Однако на М Павлодар, М Тараз, М Жайсан и М Жамбейты корреляционная связь составляет 0,56, 0,62, 0,65 и 0,76 соответственно.

Разница между годовыми суммами осадков на М Тараз значительная (рис. 2). При этом годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 завышены от 0,6 мм (в 1981 г.) до 102,4 мм (в 1964 г.) и занижены от 15,6 мм (в 1987 г.) до 202 мм (в 1972 г.). На М Павлодар и М Жайсан годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 завышены от 3...4 мм до 76...84 мм и занижены от 8...12 мм до 158...164 мм. Тогда как на Жамбейтах завышены от 4 до 156 мм, занижены от 37 до 62 мм (рис. 2).

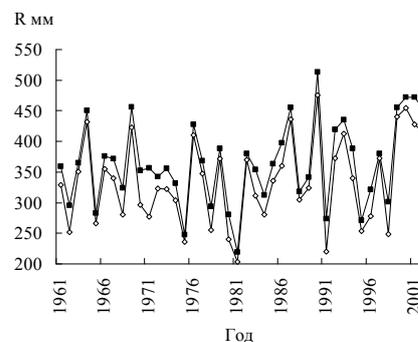
Таблица 2

Корреляционная связь между годовыми суммами осадков сеточного архива и метеостанций

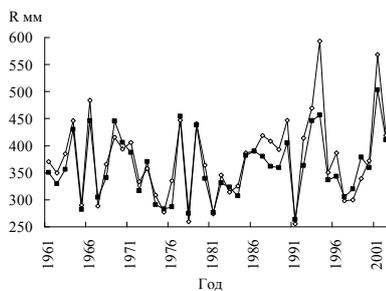
Номер сравниваемых точек	r
1	0,87
2	0,98
3	0,92
4	0,97
5	0,56
6	0,60
7	0,62
8	0,89
9	0,63
10	0,82
11	0,81
12	0,85
13	0,83
14	0,87
15	0,94
16	0,87
17	0,65
18	0,76



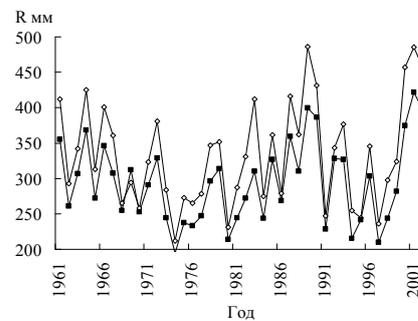
1



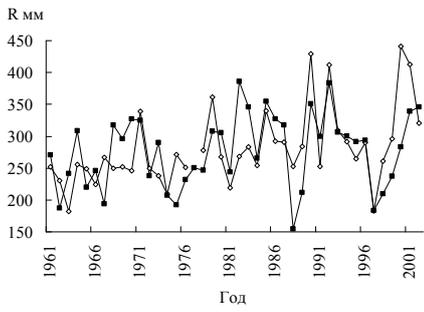
2



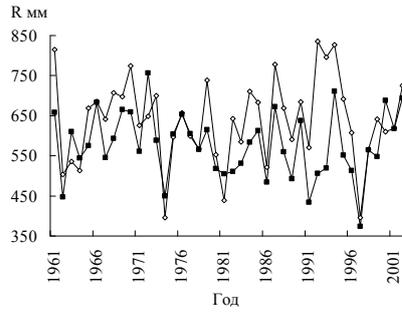
3



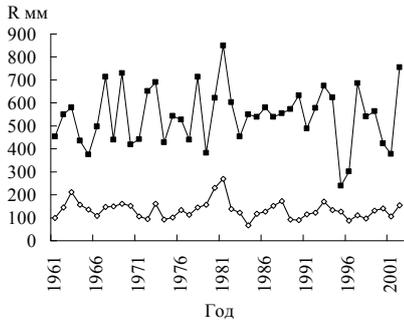
4



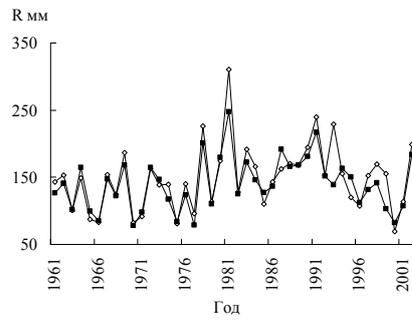
5



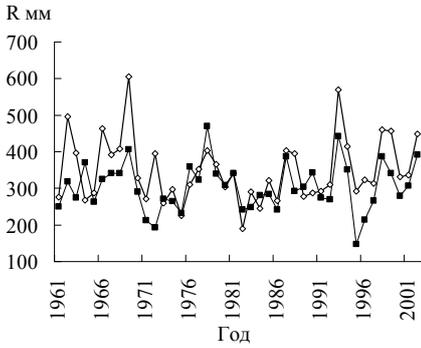
6



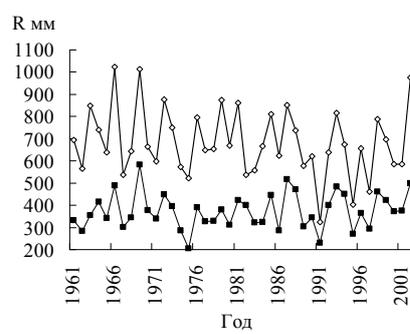
7



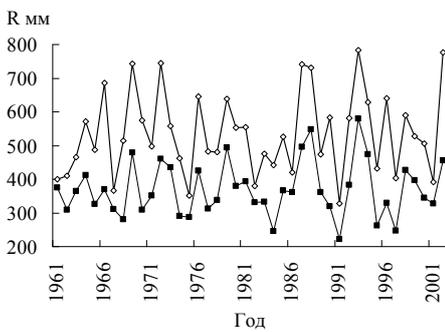
8



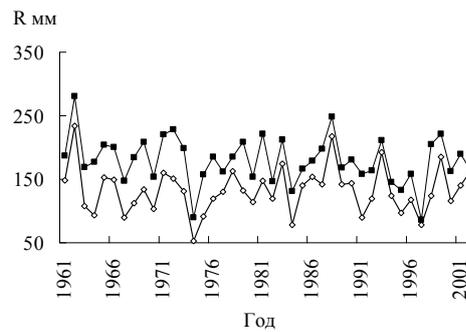
9



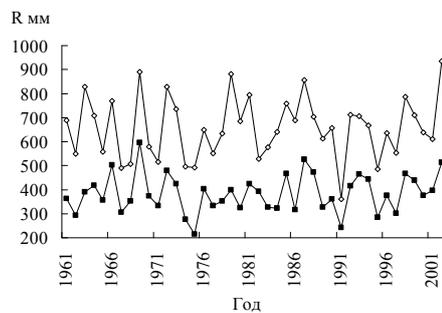
10



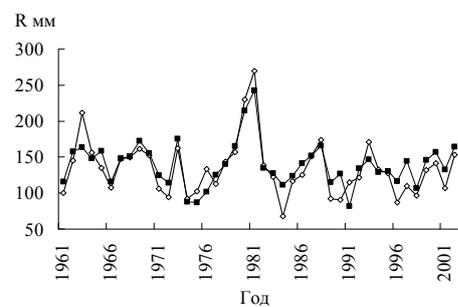
11



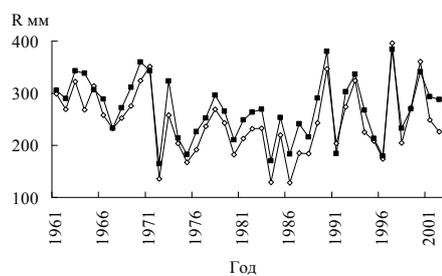
12



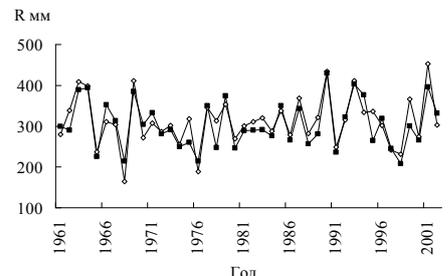
13



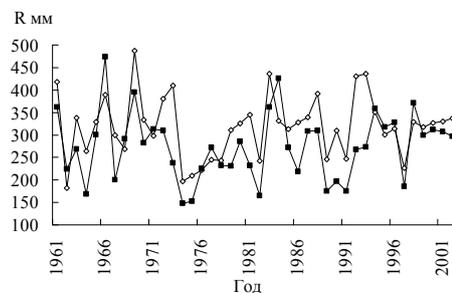
14



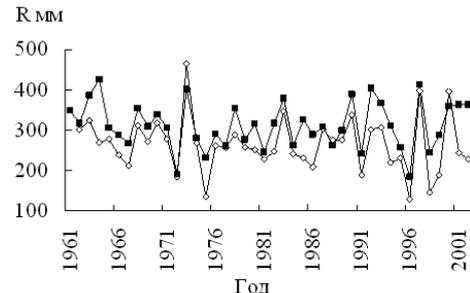
15



16



17



18

Рис. 2. Временной ход годовых сумм осадков за период 1961...2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. 1 – фактические данные метеорологических станций, 2 – данные архива CRU TS 2.1. Нумерация метеостанций 1 – 18, см. табл. 1.

В северном Прибалхашье разница между годовой суммой осадков на метеостанции Балхаш и годовой суммой осадков архива CRU TS 2.1 составляет от 2 мм (в 2002 г.) до 84 мм (в 1964 г.), при этом во все годы периода 1961...2002 осадки архива были завышены. Для территории со скудным увлажнением, к которой относится Северное Прибалхашье, такое различие в осадках считается значительным. Использование осадков архива CRU TS 2.1 для данной территории могут давать ошибочные результаты, например в долгосрочном прогнозировании.

Что касается горных районов, то и здесь разница между годовыми количествами осадков значительная. В горных районах Балхаш-Аллакольского бассейна корреляционная связь между годовыми суммами осадков метеостанций и архива составляет 0,81...0,83. Осадки архива CRU TS 2.1 занижены в Есике от 94 мм (в 1991 г.) до 534 мм (в 1966 г.), в Когалах – от 64 (в 1975 г.) до 321 мм (в 2002 г.), в Алматы – от 225 мм (в 1994 г.) до 438 мм (в 1963 г.).

Корреляционная связь между фактическими данными годовых сумм осадков метеостанции Лениногорск и годовых сумм осадков архива CRU TS 2.1 составляет 0,60. В некоторые годы суммы осадков архива завышены от 7 мм (в 1975 г.) до 108 мм (в 1972 г.) и занижены от 1 мм (1978 г.) до 330 мм (в 1992 г.).

В центральной части хр. Каратау (Ащысай) годовые суммы осадков архива CRU TS 2.1 занижены от 58,3 мм (в 1964 г.) до 425,6 мм (1967 г.). Теснота связи между ними составляет 0,62.

В среднегорье хребта Иле Алатау (оз. Улькен Алматы) годовые суммы осадков сеточного архива значительно меньше данных метеорологической станции (285...625 мм).

Таким образом, климатические данные представленные в архиве CRU TS 2.1 достаточно хорошо характеризуют климат равнинной части (там где плотная сеть станций) Казахстана, следовательно их вполне можно использовать для исследования. Это в первую очередь касается температуры воздуха. Осадки архива CRU TS 2.1 имеют большие погрешности. Выбор климатических данных по горным районам из архива необходимо проводить после тщательного анализа, в связи со значительными погрешностями данных. Результаты авторов следует считать предварительными, так как только на основе глубоких оценок точности данных архива CRU TS 2.1 применительно к территории Казахстана, с использованием всех имеющихся данных архива (в том числе и месячных) в узлах регулярной сетки можно сделать конкретные выводы. Тем не менее, на основе предварительных результатов, очевидно, что точность воспроизведения температуры воздуха на территории Казахстана глобальным климатическим архивом CRU TS 2.1 высокая (там, где плотная сеть станций), чем у осадков. Отметим, что для многих исследований альтернативы использованию сеточных климатических архивов на территории Казахстана пока не существует (кроме климатических данных РГП «Казгидромет»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. Климат Казахстана – основа формирования водных ресурсов. Т. 5 / Под науч. ред. В.Г. Сальникова. – Алматы, 2012. – 430 с.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Аристова Л.Н., Клещенко Л.К. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России. // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 10. – С. 5-23.
3. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальным климатическим архивом // Метеорология и Гидрология. – 2009. – № 10. – С. 79-89.
4. Переведенцев Ю.П. Теория климата: Учебное пособие. 2 изд. перераб. и доп. – Казань: Казан. гос. унив., 2009. – 504 с.
5. Fekete B.M., Vorosmarty C.J., Roads J.O., and Willmott C.J.. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates. // Journal of Climate. – 2004. – № 1. – P. 294-304.
6. New M., Hulme M., Jones P. Representing twentieth-century space time climate variability. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology // J. Climate. – 1999. – №3 – Vol. 12. – P. 829-856.
7. Mitchel T. CRU TS 2.1. Documentation: Introduction. [Электрон. ресурс].–2013. – URL: http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/CRU_TS_2_1.html (дата обращения: 28.05.2013 г.).

Поступила 3.09.2013

Геогр. ғылымд. канд. Э.П. Кожаметова
А.Р. Загидуллина
Т.Б. Аппазова

CRU TS 2.1 КЛИМАТТЫҚ МҰРАҒАТЫНЫҢ ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ АУА ТЕМПЕРАТУРАСЫ МЕН ЖАУЫН- ШАШЫНДЫ ҚАЙТАЛАУ ДӘЛДІГІ

Мақалада CRU TS 2.1 жаһандық кесте мұрағатының климаттық мәліметтері (ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын) қарастырылған. Қазақстан территориясында CRU TS 2.1 мұрағатының ауа температурасы мен жауын-шашын мәліметтері бақыланған мәліметтерді елеулі дәлсіздікпен қайталайды.