

УДК 551.581.1

Э.П. Кожаметова, А.Р. Загидуллина, Т.Б. Аппазова*

ТОО «Институт географии», Республика Казахстан, г. Алматы

*E-mail: tolkyn.91@mail.ru

**О точности воспроизведения температуры и
осадков глобальным климатическим архивом CRU TS 2.1
на территории Казахстана**

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.

Ключевые слова: сеточный архив, изменение климата, ячейка сетки, интерполяция данных, корреляционная связь.

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 мәліметтерін елеулі дәлсіздікпен қайталайды.

Түйін сөздер: торлық архив, климат өзгеруі, тордың ұяшығы, мәліметтердің интерполяциясы, корреляциялық байланыс.

E.P. Kozhahmetova, A.R. Zagidullina, T.B. Appazova

**About precision of recalling of temperature and precipitation from
the climate archives CRU TS 2.1 on the territory of Kazakhstan**

The article deals with climate data (temperature, precipitation) of global grid archive CRU TS 2.1. It is shown, that in the territory of Kazakhstan, in temperature and precipitation data archive CRU TS 2.1 reproduce the observed data with significant errors.

Keywords: grid file, climate change, the grid cell, the interpolation of data correlation

В последние годы во многих исследованиях климатических изменений часто используются глобальные сеточные архивы, полученные интерполяцией данных наблюдений на метеостанциях либо посредством модельного реанализа. Частое использование таких климатических архивов в исследованиях

объясняется в первую очередь их доступностью в условиях недостаточной плотности сети метеостанции и сложностью получения имеющихся данных. Так в работе [1] 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 [1] было показано, что все они воспроизводят данные наблюдений температуры и осадков на территории России с существенными погрешностями, причем смещения оценок часто имеют характерные пространственные распределения. По мнению [1] 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 первичных данных измерений и доступом к ним пользователей кардинально улучшится.

Авторы [2] отмечают практическое совпадение глобальной величины осадков архивов W&M и CRU (697.2 и 697.6 мм/год), тогда как в [1] указывается, что точность этих архивов на территории России заметно меньше, чем в среднем по всему миру.

На большую неопределенность воспроизведения современного состояния климата несколькими лучшими гидродинамическими моделями указывает результаты исследования Г.В. Груза с соавторами [3]. Было отмечено, что модели, достаточно хорошо воспроизводя современный тренд приземной температуры воздуха ($0,37^{\circ}\text{C}/10$ лет по моделям и $0,33^{\circ}\text{C}/10$ 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 [3].

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 широтном поясе $35-45^{\circ}$ с.ш., а также на крайнем востоке Азии (завышение температуры воздуха на $2-8^{\circ}\text{C}$ из-за динамических причин). В июле отмечается завышение температуры воздуха в США, на Канадском архипелаге и арктическом побережье Азии до $4-8^{\circ}\text{C}$ [4]. Заметим, что в [4] для получения климата в модели использованы данные расчета на 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. В начале рассмотрим некоторые особенности архива CRU TS 2.1.

Архив CRU TS 2.1 разработан и поддерживается Тиндал центром в университете Восточной Англии, Великобритания [5]. Архив CRU TS 2.1 включает 1224 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 [6]. 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 на станциях. Каждый массив среднемесячных данных представляет собой интерполяцию данных, основанных 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 станций, а не абсолютных значений станций. Если сеть станций плотная, влияние наличия или отсутствия данных одной станции минимально. Однако там, где сеть станции 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 [7]), с

последующим восстановлением абсолютных значений с помощью архива норм за 1961-1990 гг. CRU CL 1.0. Значения температур приведены к высотам узлов сетки, которые заданы топографической моделью, сама модель также входит в сопутствующую документацию [5].

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 Казахстана за период 1961-2002 гг. (рисунок 1).

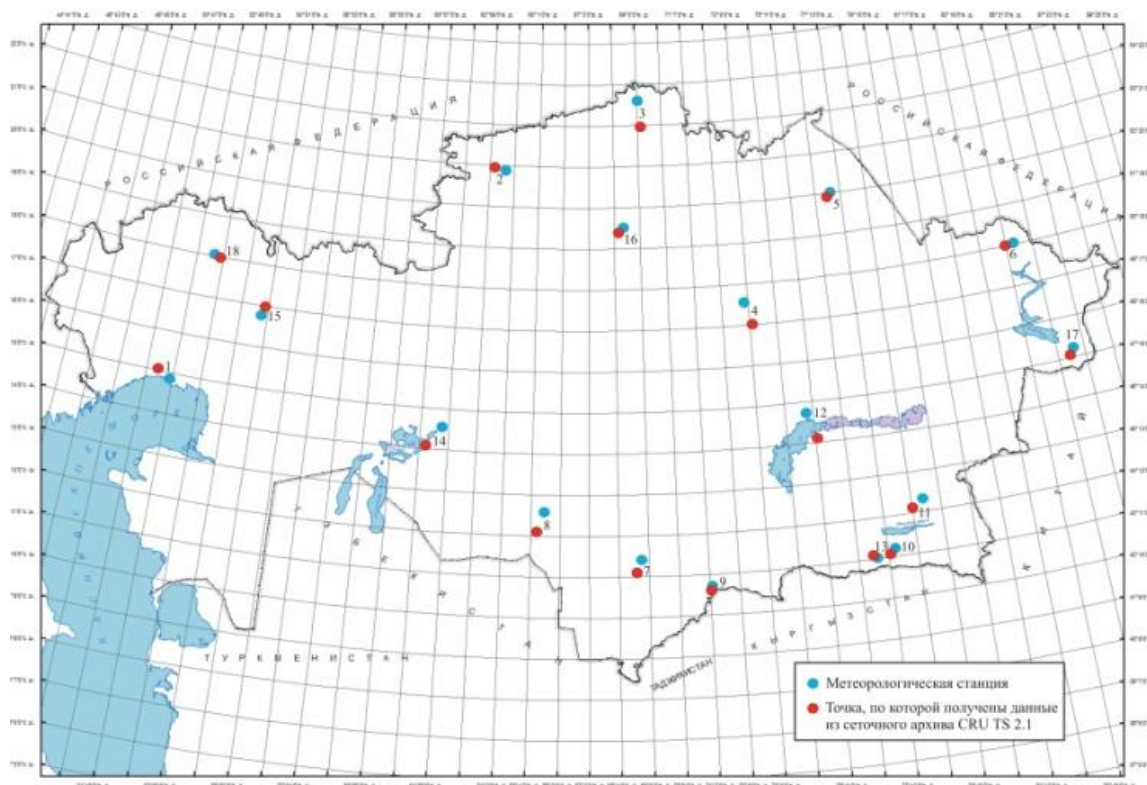


Рисунок 1 – Метеорологические станции и точки, климатические данные которых получены из архива CRU TS 2.1

Сравнительный анализ среднегодовых температур воздуха показывает, что существует тесная связь между рядами температуры воздуха, полученных из метеорологической станции, и архива CRU TS 2.1. (таблица 1). Такая корреляционная связь в первую очередь характерна для равнинных районов Казахстана. Корреляционная связь между данными температуры воздуха сеточного архива и метеорологических станций 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. Это в первую очередь относится к районам Северного и Центрального Казахстана. Так, например, в Атбасаре среднегодовые температуры воздуха архива CRU TS 2.1 в 1976 году были завышены на $2,8^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1 – Корреляционная связь между данными средней годовой температуры воздуха и суммой осадков сеточного архива и метеостанции

Название МС	r (Температура воздуха)	r (Сумма осадков)
Атырау	0,98	0,87
Костанай	0,95	0,98
Петропавл	0,94	0,92
Караганда	0,93	0,97
Павлодар	0,91	0,56
Лениногорск	0,85	0,60
Ащысай	0,86	0,62
Кызылорда	0,93	0,89
Тараз	0,96	0,63
Есик	0,93	0,82
Когалы	0,91	0,81
Балкаш	0,97	0,85
Алматы	0,94	0,83
Аральское море	0,98	0,87
Уил	0,97	0,94
Атбасар	0,90	0,87
Зайсан	0,99	0,65
Жамбейта	0,96	0,76

На рисунке 2 изображен временной ход температуры воздуха метеорологических станций и архива CRU TS 2.1 за период 1961-2002 гг. Но станции представлены выборочно, где наблюдаются наиболее и наименее значительные разницы данных метеорологических станций и архива. Во все годы рассматриваемого периода в Северном Прибалкашье, Жайсане и Таразе температура воздуха сеточного архива завышены. Наибольшая разница температур воздуха между наблюдаемыми на метеостанции и архива имеет место в Балкаше, где среднегодовые температуры воздуха архива CRU TS 2.1 за период 1961-2002 гг. были завышены от 0,7⁰С (в 1966 г.) до 1,9⁰С (в 1962 г.). Среднегодовые температуры воздуха архива в

Таразе от 0,3 до 1,4⁰С, Жайсане от 0,2 до 1,1⁰С. Следует отметить, что наибольшие различия температур воздуха между наблюдаемыми на метеостанции и архива в Балкаше и Кызылорде приходятся на один и тот же год (1962 г.).

В Костане, Кызылорде, Караганде, Павлодаре, Аральском море, Атбасаре и Жамбейты среднегодовая температура воздуха архива CRU TS 2.1 завышена от 0,1-0,3⁰С до 2,5-2,8⁰С и занижена от 0,1⁰С до 0,7⁰С.

Если рассматривать горные районы Казахстана, то было установлено как завышение, так и занижение температур воздуха сеточного архива (рис. 2). На Лениногорске, Ащысай и Когалы значения температуры воздуха сеточного архива

занижены на 1,0-3,1 °C, 0,9-3,2 °C и 1,5-2,9 °C соответственно. В предгории и низкогории

Иле Алатау температура воздуха завышена от 1,1 до 2,8 °C (Алматы, Есик).

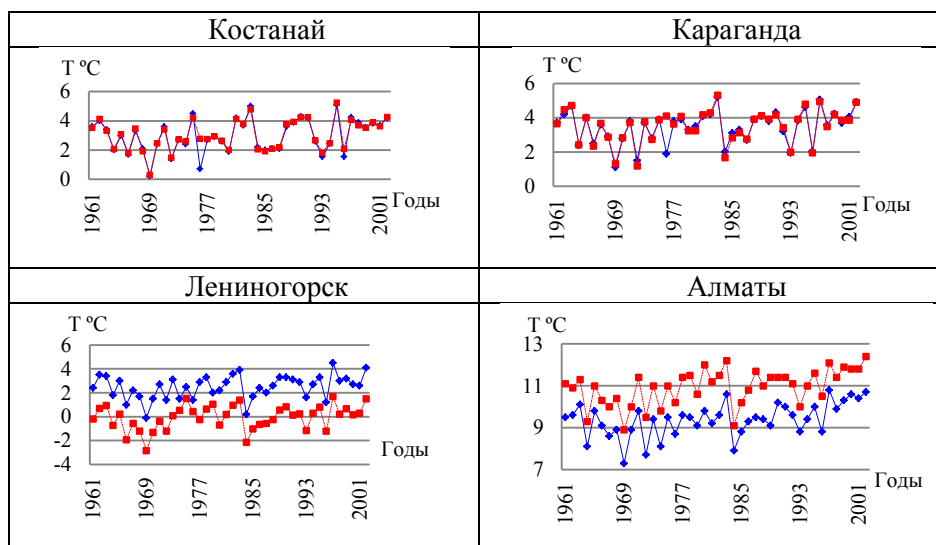


Рисунок 2 - Временной ход среднегодовых температур воздуха за период 1961-2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. —◆— фактические данные метеорологических станций, ---■--- данные архива CRU TS 2.1.

Особый интерес климатологов представляет климатические данные среднегорий и высокогорий. В связи с чем, нами был проведен сравнительный анализ данных сеточного архива и метеорологических станций, 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 температур воздуха сеточного архива отличались от наблюдаемой температуры воздуха на среднегорной метеостанции оз. Улькен Алматы на 8,0-10,9 °C (положительная разница). Такое различие данных температур воздуха объясняется разряженностью сети станций на данных районах. 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 сетки за этот месяц присваивалось оценочное значение. В качестве такого значения бралось среднеемноголетнее значение

за период 1961-1990 гг. за этот месяц в этом узле сетки из архива CRU CL 1.0. Это 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 [2].

Сравнительный анализ годовых сумм осадков метеорологической станции и архива CRU TS 2.1. показывает, что существует хорошая согласованность хода осадков (таблица 1). На равнинной части территории между годовыми осадками метеостанции и архива корреляционная связь высокая: 0,85-0,98. Однако в Павлодаре, Таразе, Жайсан и Жамбейта корреляционная связь составляет 0,56, 0,62, 0,65 и 0,76 соответственно.

Разница между годовыми суммами осадков в Таразе значительная (рисунок 3). 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.) мм и занижены от 15,6 мм (в 1987 г.) до 202 мм (в 1972 г.).

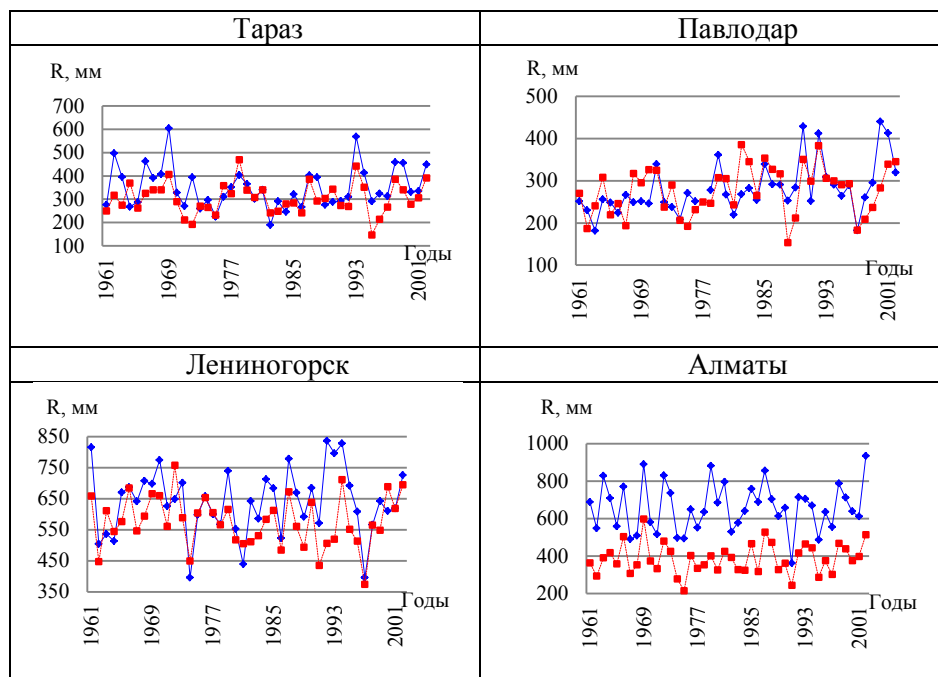


Рисунок 3 - Временной ход годовых сумм осадков за период 1961-2002 гг. на метеорологических станциях Казахстана и в ячейках, данные которых получены из архива CRU TS 2.1. —◆— фактические данные метеорологических станций; ---■--- данные архива CRU TS 2.1.

В Павлодаре и Жайсане 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 Жамбейта завышены от 4 до 156 мм, занижены от 37 до 62 мм.

В северном Прибалкашье разница между годовой суммой осадков на метеостанции Балкаш 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 с 1961 г. по 2002 г. осадки архива были завышены. Для территории со скудным увлажнением, к которому относится Северное Прибалкашье такое различие в осадках считается значительным. Использование осадков архива CRU TS 2.1 для данной территории могут дать ошибочные результаты, например в долгосрочном прогнозировании.

Что касается горных районов, то и здесь разница между годовыми количествами осадков значительная. В горных районах Балкаш-Алакольского бассейна корреляционная связь между годовыми суммами осадков метеостанции 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 Коголы – 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 годовой суммы осадков метеостанции Лениногорск и годовой суммы осадков архива CRU TS 2.1 составляет 0,60. В некоторые годы годовые 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.) (рисунок 3).

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 (о. Улькен Алматы) количество годовой суммы осадков сеточного архива значительно меньше данных метеорологической станции на 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 местностям из архива необходимо проводить после тщательного анализа, в связи со значительными погрешностями данных. Наши результаты 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 данных) 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 станции), чем у осадков. Отметим, что для многих исследований альтернативы использованию сеточных климатических архивов на территории Казахстана пока не существует (кроме климатических данных РГП «Казгидромет»).

Литература

- 1 Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальным климатическим архивом // Метеорология и Гидрология. – 2009. – № 10. – 79-89 с.
- 2 Fekete B.M., C.J. Vorosmarty, J.O. Roads, and C.J. Willmott. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates. – Journal of Climate, 2004. – № 1. – P. 294-304.
- 3 Груза Г.В., Ранькова Э., 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.
- 4 Переведенцев Ю.П. Теория климата: учебное пособие. 2-е изд. перераб. и доп. / Ю. П. Переведенцев. – Казань: Казан. гос. унив., 2009. – 504 с.
- 5 Оценка ресурсов и прогноз использования природных вод Казахстана в условиях антропогенно и климатически обусловленных изменений. Оценить современные пространственно-временные тенденции изменения гидрометеорологического режима республики: Отчет о НИР / МОН РК, «Институт географии». – Алматы, 2010. – 190 с.
- 6 http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/CRU_TS_2_1.html
- 7 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. – №3 –1999. – Vol. 12. – P. 829-856.

Reference

- 1 Zhiltsova E.L., Anisimov O.A. On the fidelity of temperature and precipitation on the territory of Russian global climate archive // Meteorology and Hydrology. – 2009. – № 10. – P. 79-89.
- 2 Fekete B.M., Vorosmarty C.J., Roads J.O., and C.J. Willmott. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates. – Journal of Climate, 2004. – № 1. – P. 294-304.
- 3 Cargo G.V., Rankova E., Aristova L.N., Kleshenko L.K. On the indeterminacy of some scenarios of climate forecasts of air temperature and precipitation on the territory of Russia. - Meteorology and Hydrology, 2006. – № 10. – Pp. 5-23.
- 4 Perevedentsev U.P. The theory of climate change: the manual. 2nd ed. rev. and add. / P. Perevedentsev. - Kazan: Kazan. State. univ., 2009. – 504 p.
- 5 Resource assessment and forecast of natural waters of Kazakhstan in terms of anthropogenic and climate-driven changes. Assess the current spatial and temporal trends in hydrometeorological regime of the Republic: Research report / MES, "Institute of Geography" - Almaty, 2010. – 190 p.
- 6 http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/grid/CRU_TS_2_1.html
- 7 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. – №3. – 1999. – Vol. 12. – P. 829-856.