УДК: 551.524:575.1 https://doi.org/10.5281/zenodo.20785253

Омонов Н.О., Хурсандова Н.Р., Эшмуратова Г.Ш., Куранбоева З.Э.

Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Ташкент, Узбекистан

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ДАННЫМИ МЕЖДУНАРОДНЫХ БАЗ NASA POWER И CRU И МАТЕРИАЛАМИ НАЗЕМНЫХ МЕТЕОСТАНЦИЙ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫМ ОСАДКАМ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

Аннотация. *В статье проанализированы результаты верификации значений температуры воздуха и количества осадков, полученных из баз данных NASA POWER и CRU за период 1991–2020 гг. для территории Республики Узбекистан, на основе их сопоставления с данными наземных наблюдений температуры воздуха и годового количества осадков на 60 метеорологических станциях. Для оценки взаимосвязи между наборами данных были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона, при этом метеорологические станции были сгруппированы с учетом их высотного положения над уровнем моря. В результате анализа установлено, что для некоторых высотных групп данные CRU оказываются ближе к наземным наблюдениям по сравнению с данными NASA POWER. Вместе с тем, на ряде станций зафиксированы низкие значения корреляции, что объясняется влиянием местных природно-географических условий. На основе полученных результатов оценены возможности использования реанализа и спутниковых данных при изучении температурного режима и осадков на территории Узбекистана, а также показана необходимость введения корректировок для отдельных регионов.*

Ключевые слова: *температура воздуха, осадки, NASA POWER, CRU, метеорологическая станция, коэффициент корреляции Пирсона, реанализ, верификация.*

Omonov N.O., Khursandova N.R., Eshmuratova G.Sh., Quranboeva Z.E.

Hydrometeorological Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

EVALUATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DATA FROM THE INTERNATIONAL NASA POWER AND CRU BASES AND MATERIALS FROM GROUND-BASED METEOROLOGICAL STATIONS ON AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN THE TERRITORY OF UZBEKISTAN

Abstract. *This paper analyzes the results of verifying air temperature data obtained from the NASA POWER and CRU databases for the period 1991–2020 across the territory of the Republic of Uzbekistan by comparing them with ground-based air temperature observations from 60 meteorological stations. To assess the relationship between the datasets, the Pearson correlation coefficient was calculated, and the meteorological stations were grouped according to their elevation above sea level. The analysis showed that for certain elevation groups, CRU data are closer to ground observations than those from NASA POWER. At the same time, low correlation levels were recorded at several stations, which can be explained by local natural and geographical conditions. Based on the obtained results, the possibilities of using reanalysis and satellite data for studying the temperature regime and precipitation over the territory of Uzbekistan were assessed, and the necessity of introducing corrections for certain regions was also demonstrated.*

Key words: *air temperature, precipitation, NASA POWER, CRU, meteorological station, Pearson correlation coefficient, reanalysis, verification.*

Введение и постановка проблемы. В результате глобального изменения климата в различных регионах Земли наблюдаются заметные изменения в температурном режиме, количестве атмосферных осадков, их годовом распределении, видах и

интенсивности. В одних районах фиксируется увеличение количества осадков, тогда как в других — их сокращение; одновременно отмечаются устойчивые тенденции к повышению или изменению вариабельности температуры воздуха. Атмосферные осадки и температура воздуха относятся к числу наиболее важных и, в то же время, сложных метеорологических показателей, характеризующих изменение климата, и оказывают существенное влияние на состояние метеорологических и гидрологических систем.

Для повышения эффективности научных исследований большое значение имеют международные метеорологические базы данных. В частности, база данных Climatic Research Unit (CRU), разработанная Университетом Восточной Англии (Великобритания), широко используется в международном научном сообществе. Данная база позволяет частично восполнить дефицит данных в регионах с разреженной сетью метеорологических наблюдений и служит надёжным источником информации для климатических исследований [1,7]. База данных CRU охватывает показатели температуры воздуха, атмосферных осадков, испарения и других климатических параметров за период с 1901 года по настоящее время [13].

В настоящее время в области гидрометеорологии сформирован ряд научных направлений, таких как климатология, метеорология, агрометеорология, гидрология и гляциология, каждое из которых обладает собственными методами исследований. Несмотря на это, исследования в данных направлениях в основном базируются на анализе общих метеорологических параметров, прежде всего, атмосферных осадков и температуры воздуха. Известно, что различные сферы деятельности человека непосредственно связаны с погодными и климатическими условиями, а потребность в достоверной метеорологической информации существует с давних времён.

Регулярный мониторинг метеорологических параметров и формирование электронных баз данных имеют большое практическое значение. Однако в ряде случаев под воздействием технических, организационных или природных факторов непрерывность метеорологических наблюдений может нарушаться, что приводит к появлению разрывов во временных рядах данных, как по осадкам, так и по температуре воздуха. В таких ситуациях для восполнения пропусков и использования информации в научных и прикладных исследованиях возникает необходимость обращения к международным метеорологическим базам данных.

В данной статье проанализированы возможности использования базы данных CRU, разработанной Университетом Восточной Англии (Великобритания), а также данных NASA POWER (National Aeronautics and Space Administration) при исследовании параметров атмосферных осадков и температуры воздуха [5-6, 11-12, 15-16, 18].

Изученность вопроса. Вопрос использования международных климатических баз данных для оценки и анализа метеорологических параметров является одним из актуальных направлений современных климатических исследований. В условиях ограниченности и неравномерного пространственного распределения наземных метеорологических наблюдений особую значимость приобретают глобальные и региональные реаналитические и спутниковые массивы данных, такие как CRU и NASA POWER.

Одними из первых фундаментальных работ в данном направлении являются исследования P.D.Jones, M.New, M.Hulme и соавторов, в которых были разработаны методы пространственно-временной реконструкции климатических параметров XX века. В трудах [15-16] показана возможность формирования устойчивых климатических рядов на основе интеграции наземных наблюдений и интерполяционных методов, что заложило основу для последующего развития глобальных гридированных климатических баз данных.

Значительный вклад в развитие данного направления внесли авторы работы [15], которые предложили усовершенствованный метод построения баз месячных климатических наблюдений с высоким пространственным разрешением. На основе этих

методологических подходов была создана и последовательно обновлялась серия наборов данных CRU TS, получившая широкое распространение в климатологических и гидрометеорологических исследованиях.

Современный этап развития CRU связан с работами I.Harris, T.J.Osborn, P.D.Jones и D.Lister, которые представили версию CRU TS 4 – многопараметрический климатический массив данных высокого разрешения [3]. В данных исследованиях подчёркивается высокая надёжность CRU при анализе температурных режимов, а также указывается на определённые ограничения при изучении атмосферных осадков, связанные с их высокой пространственно-временной изменчивостью.

Параллельно развивалось направление использования спутниковых и модельных данных в рамках программ NASA, в частности базы POWER. Исследования, посвящённые применению NASA POWER, в основном ориентированы на задачи оценки климатических ресурсов, агрометеорологии и возобновляемой энергетики [2, 20]. В ряде работ подчёркивается, что данные POWER характеризуются высокой временной непрерывностью и глобальным охватом, что делает их удобными для анализа климатических тенденций, особенно в регионах с редкой сетью наблюдений. При этом, несмотря на наличие отдельных работ по сопоставлению данных NASA POWER с наземными наблюдениями, исследования, выполненные с использованием предлагаемого в статье методологического подхода, в научной литературе отсутствуют.

В мировой научной литературе накоплен значительный опыт верификации и калибровки глобальных климатических баз данных. Так, в работах [10, 13] рассматриваются методы коррекции смещения (bias correction) и масштабной адаптации климатических данных, показывается, что без дополнительных поправок использование данных может приводить к систематическим ошибкам на локальном уровне. Аналогичные выводы содержатся в исследованиях [14, 17], где подчёркивается необходимость учитывать региональные природно-географические особенности при интерпретации климатических рядов.

В работах, посвящённых анализу долгосрочных климатических изменений [4, 19], показано, что глобальные базы данных, включая CRU, являются надёжным инструментом для выявления климатических трендов на междесятилетних и вековых масштабах. Однако авторы также отмечают, что для исследований экстремальных и высокоизменчивых явлений, таких как атмосферные осадки, требуется обязательная верификация по данным наземных станций.

Следует отметить, что для территории Узбекистана комплексные исследования, направленные на оценку и верификацию данных базы CRU в сопоставлении с наблюдениями наземных метеостанций, практически не проводились, что определяет научную новизну настоящей работы.

Цель и задачи исследования. Целью данного исследования является выявление взаимосвязи между данными, полученными на метеорологических станциях Узбекистана, и данными международных баз, а также разработка рекомендаций по практическому использованию этих международных информационных ресурсов.

Задачи исследования:

- проанализировать особенности пространственно-временного распределения атмосферных осадков и температуры воздуха на территории Республики Узбекистан по данным наземных метеорологических наблюдений за период 1991–2020 гг.;

- оценить степень соответствия данных международных климатических баз CRU и NASA POWER данным метеорологических станций Узбекистана для различных высотных поясов;

- выявить региональные особенности и систематические отклонения данных CRU и NASA POWER относительно наземных наблюдений.

Материалы и методы. В исследовании использованы метеорологические показатели, характеризующие режим атмосферных осадков и температуры воздуха,

зафиксированные за период 1991–2020 гг. на 60 горных, предгорных и равнинных метеорологических станциях на территории Республики Узбекистан (рис. 1), а также данные об атмосферных осадках и температуре воздуха, представленные для данной территории в международных базах данных CRU и NASA POWER.

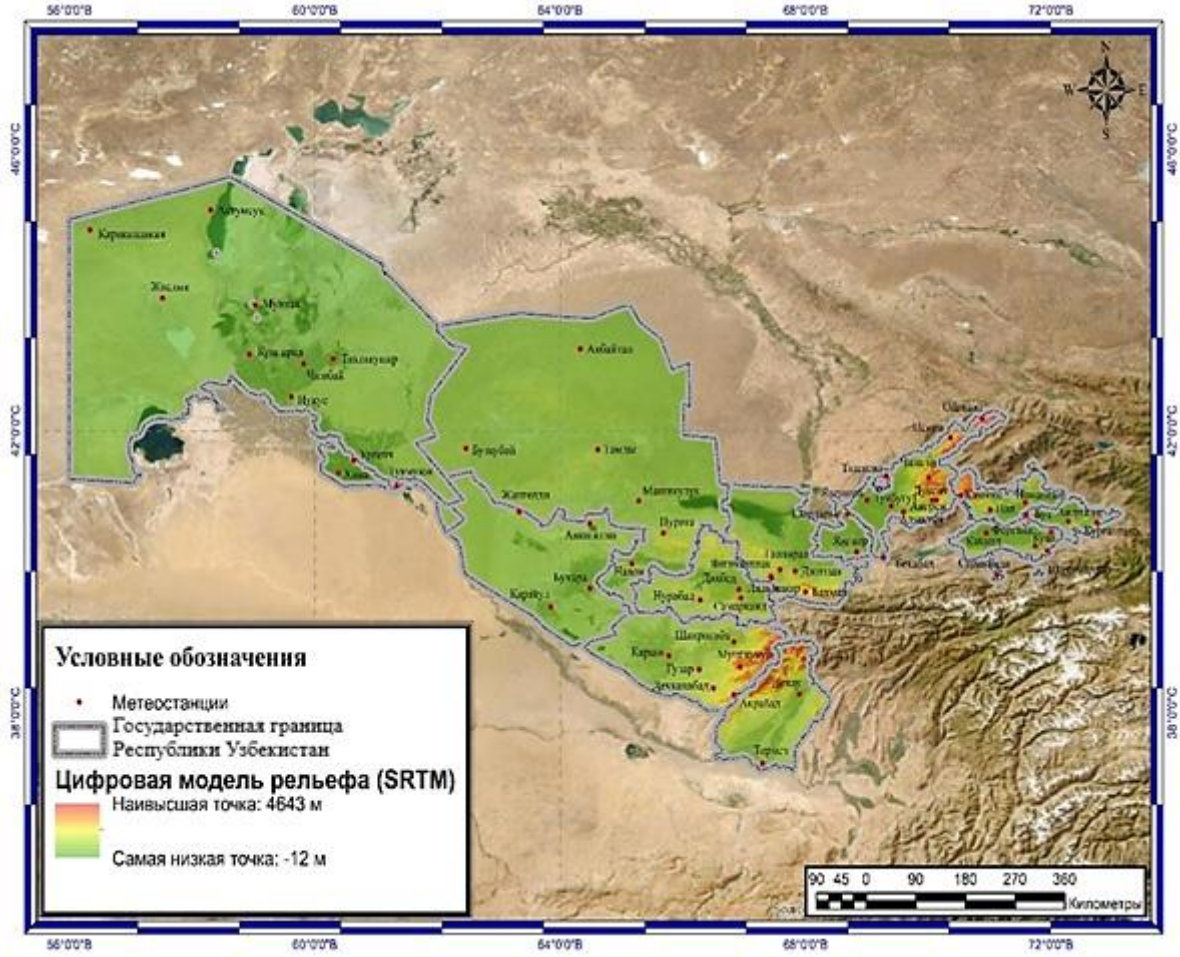


Рис. 1. Географическое расположение метеорологических станций на территории Узбекистана, данные по которым использованы в настоящем исследовании

Карта составлена авторами.

В качестве первичных данных в исследовании использовалась база данных Climatic Research Unit (CRU), разработанная Университетом Восточной Англии (Великобритания), а также база данных POWER (Prediction Of Worldwide Energy Resources) Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA).

База данных CRU разработана в сотрудничестве Университета Восточной Англии, Национального центра атмосферных наук, Центра океанических и атмосферных наук и Школы окружающей среды и в основном основана на данных наблюдений наземных метеорологических станций. При пространственной интерполяции данных применяются методы тригрид и триангуляции, что позволяет с использованием усреднённых значений охватывать обширные территории. Точность данных в узлах координатной сетки напрямую зависит от количества метеорологических пунктов наблюдений, расположенных в пределах соответствующей ячейки.

С помощью базы данных CRU можно получить ряды основных метеорологических параметров за период 1901–2021 гг. для всех регионов мира, за исключением Антарктиды, с пространственным разрешением от координатной сетки

5°×5° до 0,25°×0,25°. Это создаёт дополнительные возможности для проведения научных исследований в районах с недостаточной плотностью метеорологических станций или при их полном отсутствии. Вместе с тем следует отметить, что в начале XX века из-за ограниченности глобальной сети метеорологических наблюдений точность данных CRU была ниже, однако по мере увеличения числа станций она постепенно повышалась (рис. 2)[6].

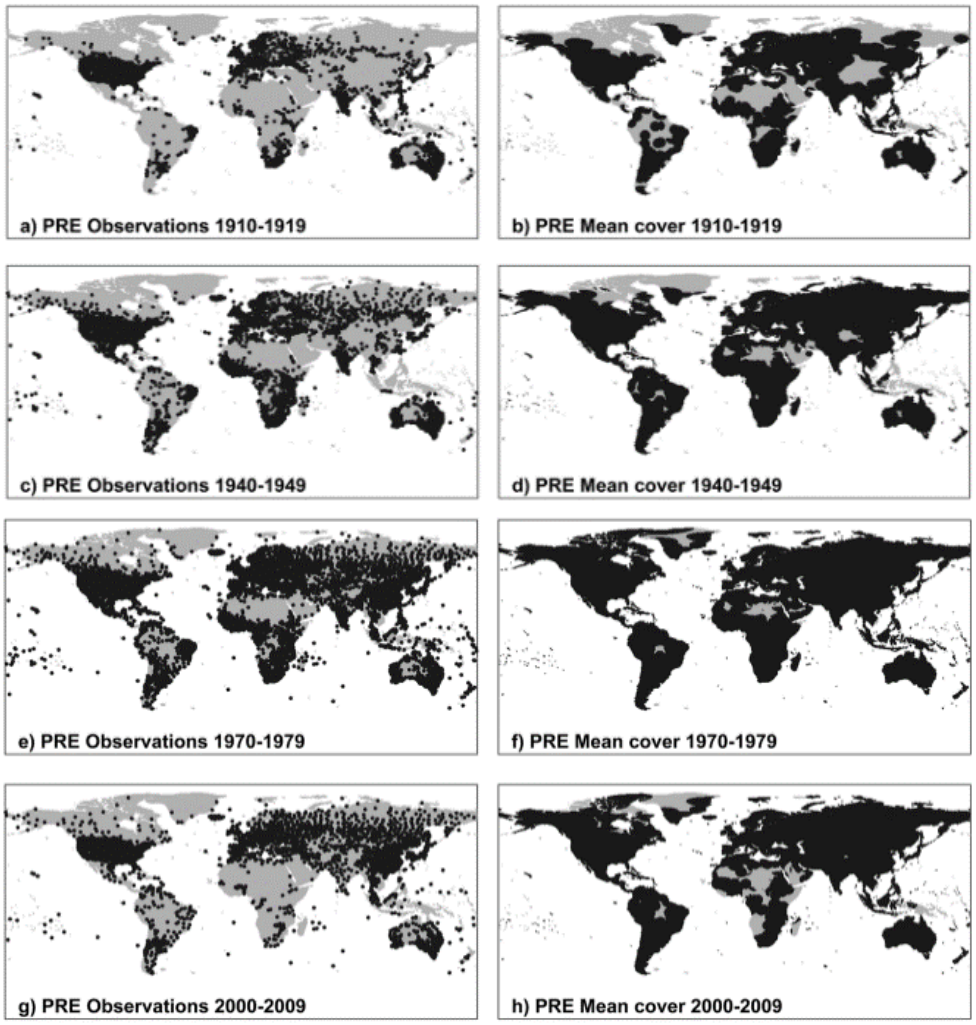


Рис. 2. Изменение распределения метеорологических станций по периодам
Источник: [7].

В регионах с большим количеством метеорологических станций расширение охвата данных наглядно показано на рис. 2 [6]. В частности, в части **a** представлено количество пунктов наблюдений в 1910–1919 гг., а в части **b** — охват данных за этот же период. В частях **c** и **e** показано увеличение числа станций в 1940–1949 и 1970–1979 гг., что привело к расширению охвата данных на изображениях **d** и **f**. Напротив, в части **g** сокращение числа станций в период 2000–2009 гг. привело к уменьшению охвата данных в части **h**.

Через базу данных CRU можно загрузить следующие среднемесячные метеорологические данные:

1. Температура воздуха;
2. Амплитуда температуры воздуха;
3. Атмосферные осадки;
4. Атмосферное давление.

CRU является подразделением климатических исследований Университета Восточной Англии и считается одним из ведущих научных центров по изучению

изменения климата. Данное подразделение формирует ряд климатических наборов данных, охватывающих температуру воздуха, осадки, атмосферное давление и амплитуду температуры в глобальном и региональном масштабах. Кроме того, на основе годовых данных CRU проводятся научные исследования изменений климата за последние 10 000 лет, а также климата Европы за последние 200 лет на основе температурных данных [22].

База данных NASA POWER разработана Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства США (NASA), созданным после принятия Закона о национальной аэронавтике и космосе 29 июля 1958 года. В рамках своих научных программ по изучению Земли NASA на протяжении многих лет поддерживает спутниковые системы, направленные на исследование климата и климатических процессов. База данных POWER содержит долгосрочные климатические средние значения метеорологических показателей и потоков солнечной энергии.

Данные представлены в виде временных рядов среднесуточных значений основных метеорологических и солнечных параметров и отличаются глобальным охватом и временной непрерывностью. Эти особенности позволяют формировать крупные архивы данных и создают удобные условия для анализа климатических процессов. В рамках программы прикладных наук Отдела наук о Земле NASA разработан удобный картографический веб-портал, через который обеспечивается свободный доступ к базе данных POWER. Для получения данных через соответствующий веб-адрес вводятся координаты точки расположения объекта и период исследования [21-22].

Статистическая взаимосвязь между данными метеорологических станций и баз данных определялась с использованием коэффициента корреляции Пирсона (формула1).

$$r_r = \frac{cov}{\sigma_{x^*}\sigma_y} = \frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2\Sigma(y-\bar{y})^2}} \qquad (1)$$

Здесь: **x, y** — переменные; **x̄, ȳ** — средние арифметические значения переменных; **cov** — коэффициент ковариации; **σx** и **σy** — среднеквадратические отклонения переменных **x** и **y**.

Результаты и их обсуждение. На данном этапе исследования значения температуры воздуха, зафиксированные на 60 метеорологических станциях на территории Узбекистана, были сопоставлены и проанализированы с данными базы NASA POWER [12] и базы данных CRU. Результаты сравнения были оценены по месяцам с использованием коэффициента корреляции Пирсона (r) (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительный анализ (корреляция) температур воздуха, наблюдаемых на метеорологических станциях, с данными баз NASA POWER и CRU

Метеостанции	База		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Акбайтал	CRU	r	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94	0,96	0,95	0,93	0,94	0,97	0,95
	NASA		0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,96	0,94	0,96	0,98	0,99	0,98	0,96
Акрабад	CRU	r	0,94	0,94	0,95	0,92	0,95	0,89	0,77	0,72	0,92	0,91	0,90	0,83
	NASA		0,77	0,82	0,83	0,74	0,67	0,33	0,51	0,68	0,69	0,60	0,74	0,59
Актумсук	CRU	r	0,96	0,99	0,98	0,96	0,96	0,98	0,98	0,96	0,91	0,98	0,81	0,88
	NASA		0,92	0,94	0,97	0,95	0,93	0,93	0,92	0,90	0,90	0,96	0,81	0,90
Алмалык	CRU	r	0,97	0,99	0,97	0,96	0,97	0,90	0,73	0,85	0,92	0,95	0,98	0,97
	NASA		0,97	0,99	0,99	0,95	0,96	0,95	0,87	0,91	0,98	0,97	0,98	0,94
Андижан	CRU	r	0,92	0,94	0,92	0,94	0,96	0,94	0,85	0,79	0,91	0,93	0,93	0,85
	NASA		0,87	0,92	0,96	0,90	0,97	0,93	0,89	0,84	0,93	0,91	0,85	0,63
Ангрен	CRU	r	0,98	0,99	0,96	0,95	0,97	0,94	0,88	0,89	0,87	0,95	0,95	0,92
	NASA		0,98	0,99	0,99	0,96	0,98	0,97	0,91	0,94	0,92	0,95	0,95	0,93
Аякагытма	CRU	r	0,98	0,97	0,97	0,97	0,98	0,92	0,96	0,93	0,95	0,98	0,98	0,95

	NASA		0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,94	0,94	0,94	0,95	0,98	0,98	0,95
Бахмал	CRU	r	0,93	0,97	0,96	0,93	0,95	0,91	0,76	0,63	0,78	0,92	0,91	0,86
	NASA		0,90	0,92	0,96	0,92	0,97	0,94	0,87	0,83	0,88	0,93	0,95	0,89
Бекабад	CRU	r	0,97	0,98	0,97	0,95	0,97	0,94	0,93	0,92	0,94	0,96	0,98	0,97
	NASA		0,95	0,98	0,99	0,96	0,95	0,90	0,91	0,86	0,95	0,94	0,95	0,90
Буз	CRU	r	0,92	0,94	0,92	0,93	0,95	0,93	0,78	0,86	0,89	0,92	0,91	0,81
	NASA		0,87	0,92	0,96	0,91	0,96	0,89	0,77	0,80	0,90	0,84	0,79	0,57
Бухара	CRU	r	0,99	0,98	0,97	0,97	0,98	0,93	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97
	NASA		0,97	0,97	0,98	0,98	0,95	0,89	0,89	0,85	0,90	0,97	0,98	0,96
Бузаубай	CRU	r	0,97	0,96	0,97	0,95	0,97	0,94	0,98	0,97	0,93	0,97	0,96	0,93
	NASA		0,96	0,95	0,97	0,96	0,94	0,94	0,94	0,92	0,94	0,98	0,98	0,93
Чимбай	CRU	r	0,97	0,98	0,98	0,96	0,98	0,95	0,97	0,93	0,96	0,93	0,93	0,94
	NASA		0,95	0,95	0,96	0,97	0,96	0,95	0,92	0,95	0,94	0,98	0,98	0,95
Чимган	CRU	r	0,92	0,96	0,95	0,93	0,97	0,91	0,90	0,88	0,91	0,92	0,88	0,75
	NASA		0,97	0,99	0,98	0,98	0,98	0,96	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,96
Дахбет	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,96	0,97	0,94	0,94	0,91	0,94	0,97	0,97	0,95
	NASA		0,98	0,97	0,98	0,97	0,95	0,89	0,89	0,90	0,95	0,96	0,99	0,95
Дехканабад	CRU	r	0,96	0,96	0,96	0,91	0,94	0,87	0,83	0,73	0,89	0,92	0,94	0,90
	NASA		0,92	0,94	0,97	0,97	0,98	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,94	0,89
Денау	CRU	r	0,91	0,97	0,94	0,93	0,95	0,88	0,66	0,64	0,74	0,93	0,90	0,88
	NASA		0,87	0,93	0,96	0,92	0,95	0,88	0,72	0,77	0,83	0,93	0,93	0,89
Дукент	CRU	r	0,92	0,95	0,95	0,92	0,96	0,91	0,90	0,87	0,92	0,89	0,87	0,74
	NASA		0,96	0,98	0,99	0,97	0,98	0,97	0,94	0,92	0,96	0,98	0,98	0,95
Фергана	CRU	r	0,95	0,97	0,92	0,92	0,94	0,95	0,88	0,85	0,92	0,93	0,97	0,93
	NASA		0,92	0,96	0,97	0,91	0,98	0,94	0,90	0,85	0,97	0,93	0,92	0,81
Галлярал	CRU	r	0,96	0,95	0,98	0,93	0,98	0,94	0,92	0,91	0,92	0,94	0,92	0,92
	NASA		0,93	0,91	0,96	0,88	0,95	0,72	0,81	0,79	0,90	0,89	0,87	0,88
Гузар	CRU	r	0,97	0,97	0,98	0,94	0,96	0,90	0,90	0,84	0,91	0,94	0,96	0,94
	NASA		0,96	0,98	0,97	0,97	0,96	0,88	0,91	0,91	0,95	0,97	0,98	0,92
Жаслык	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,96	0,94	0,94	0,92	0,97	0,89	0,94	0,92	0,95
	NASA		0,89	0,92	0,95	0,93	0,94	0,89	0,90	0,93	0,89	0,96	0,98	0,92
Джизак	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,90	0,87	0,89	0,87	0,94	0,98	0,96
	NASA		0,96	0,97	0,98	0,95	0,96	0,87	0,90	0,88	0,94	0,95	0,97	0,92
Джангельды	CRU	r	0,98	0,99	0,98	0,96	0,98	0,88	0,98	0,93	0,95	0,96	0,96	0,98
	NASA		0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,91	0,94	0,94	0,96	0,98	0,98	0,96
Ляльмикар	CRU	r	0,98	0,98	0,98	0,96	0,97	0,92	0,86	0,83	0,91	0,97	0,97	0,96
	NASA		0,98	0,98	0,99	0,96	0,97	0,91	0,88	0,93	0,97	0,98	0,99	0,97
Машикудук	CRU	r	0,97	0,98	0,97	0,95	0,98	0,91	0,96	0,95	0,96	0,97	0,98	0,97
	NASA		0,97	0,98	0,98	0,97	0,95	0,93	0,92	0,96	0,96	0,98	0,98	0,95
Мингчукур	CRU	r	0,90	0,92	0,91	0,90	0,93	0,86	0,73	0,67	0,88	0,85	0,81	0,75
	NASA		0,97	0,95	0,98	0,98	0,97	0,95	0,94	0,95	0,97	0,97	0,97	0,95
Муйнак	CRU	r	0,98	0,96	0,98	0,95	0,96	0,94	0,92	0,96	0,92	0,90	0,92	0,94
	NASA		0,90	0,92	0,95	0,94	0,91	0,85	0,76	0,85	0,86	0,92	0,97	0,95
Наманган	CRU	r	0,95	0,95	0,94	0,95	0,96	0,92	0,93	0,86	0,91	0,96	0,95	0,86
	NASA		0,90	0,94	0,97	0,93	0,97	0,93	0,92	0,87	0,95	0,95	0,91	0,73
Навои	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,93	0,94	0,90	0,94	0,96	0,97	0,97
	NASA		0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,91	0,86	0,89	0,92	0,97	0,98	0,97
Нукус	CRU	r	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,94	0,95	0,93	0,94	0,94	0,93	0,95

	NASA		0,96	0,96	0,97	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,93	0,98	0,98	0,95
Нурабад	CRU	r	0,97	0,96	0,96	0,94	0,95	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,94
	NASA		0,98	0,97	0,97	0,95	0,97	0,89	0,87	0,90	0,94	0,96	0,97	0,94
Нурата	CRU	r	0,97	0,97	0,97	0,96	0,98	0,94	0,96	0,93	0,94	0,96	0,98	0,96
	NASA		0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,92	0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,93
Ойгаинг	CRU	r	0,92	0,90	0,88	0,76	0,87	0,80	0,84	0,79	0,80	0,85	0,71	0,71
	NASA		0,93	0,93	0,93	0,88	0,88	0,90	0,95	0,93	0,95	0,96	0,89	0,84
Пап	CRU	r	0,96	0,97	0,94	0,96	0,96	0,93	0,91	0,89	0,93	0,97	0,95	0,85
	NASA		0,90	0,94	0,98	0,94	0,97	0,89	0,85	0,83	0,94	0,93	0,87	0,68
Пскем	CRU	r	0,94	0,97	0,93	0,94	0,96	0,88	0,88	0,83	0,90	0,90	0,87	0,79
	NASA		0,95	0,96	0,97	0,96	0,98	0,94	0,96	0,97	0,97	0,96	0,98	0,96
Камчик	CRU	r	0,91	0,95	0,94	0,92	0,95	0,91	0,84	0,82	0,89	0,89	0,85	0,74
	NASA		0,97	0,98	0,99	0,97	0,98	0,95	0,90	0,88	0,95	0,98	0,98	0,96
Карши	CRU	r	0,90	0,96	0,95	0,96	0,96	0,83	0,86	0,80	0,90	0,88	0,97	0,95
	NASA		0,89	0,98	0,94	0,97	0,97	0,90	0,83	0,91	0,91	0,88	0,98	0,95
Кунград	CRU	r	0,97	0,98	0,98	0,96	0,97	0,95	0,93	0,93	0,92	0,93	0,91	0,93
	NASA		0,92	0,96	0,96	0,95	0,96	0,95	0,91	0,93	0,92	0,98	0,97	0,95
Коканд	CRU	r	0,93	0,96	0,93	0,93	0,88	0,68	0,45	0,40	0,50	0,81	0,91	0,86
	NASA		0,87	0,92	0,96	0,86	0,92	0,76	0,60	0,45	0,65	0,79	0,88	0,69
Каракуль	CRU	r	0,99	0,98	0,98	0,97	0,98	0,90	0,94	0,34	0,34	0,32	0,97	0,98
	NASA		0,98	0,97	0,98	0,98	0,94	0,86	0,89	0,26	0,33	0,31	0,98	0,97
Каракалпакстан	CRU	r	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96	0,94	0,93	0,96	0,91	0,95	0,88	0,97
	NASA		0,88	0,93	0,95	0,96	0,97	0,92	0,90	0,96	0,86	0,95	0,98	0,92
Кургантепа	CRU	r	0,89	0,93	0,90	0,95	0,95	0,94	0,82	0,90	0,92	0,94	0,94	0,88
	NASA		0,89	0,92	0,96	0,91	0,98	0,92	0,85	0,87	0,95	0,93	0,91	0,77
Кува	CRU	r	0,93	0,94	0,91	0,94	0,96	0,92	0,78	0,85	0,92	0,92	0,94	0,87
	NASA		0,88	0,93	0,97	0,90	0,98	0,91	0,84	0,82	0,94	0,91	0,88	0,71
Самарканд	CRU	r	0,97	0,98	0,97	0,96	0,97	0,95	0,94	0,94	0,97	0,97	0,97	0,95
	NASA		0,96	0,98	0,98	0,94	0,93	0,84	0,88	0,86	0,95	0,95	0,98	0,94
Сариканда	CRU	r	0,91	0,96	0,93	0,94	0,95	0,95	0,86	0,88	0,92	0,94	0,93	0,82
	NASA		0,91	0,92	0,95	0,88	0,91	0,90	0,94	0,84	0,95	0,91	0,90	0,86
Шахрисабз	CRU	r	0,97	0,97	0,98	0,94	0,96	0,92	0,88	0,87	0,92	0,92	0,96	0,93
	NASA		0,95	0,97	0,97	0,93	0,95	0,86	0,91	0,86	0,92	0,92	0,95	0,90
Шахимардан	CRU	r	0,93	0,95	0,94	0,92	0,96	0,91	0,78	0,72	0,83	0,90	0,88	0,75
	NASA		0,97	0,97	0,97	0,95	0,97	0,89	0,77	0,76	0,88	0,93	0,97	0,95
Сырдарья	CRU	r	0,97	0,97	0,98	0,97	0,98	0,95	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,92
	NASA		0,97	0,96	0,99	0,95	0,96	0,90	0,86	0,89	0,91	0,95	0,95	0,89
Тахтакупыр	CRU	r	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,94	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,94
	NASA		0,95	0,95	0,96	0,97	0,95	0,95	0,92	0,94	0,95	0,98	0,97	0,95
Термез	CRU	r	0,93	0,97	0,97	0,93	0,95	0,87	0,77	0,74	0,91	0,93	0,92	0,92
	NASA		0,93	0,97	0,97	0,95	0,96	0,94	0,90	0,87	0,95	0,97	0,95	0,92
Тамды	CRU	r	0,98	0,97	0,98	0,96	0,97	0,91	0,97	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
	NASA		0,97	0,98	0,98	0,97	0,96	0,93	0,94	0,96	0,96	0,98	0,98	0,96
Ташкент	CRU	r	0,98	0,98	0,98	0,97	0,98	0,93	0,96	0,96	0,96	0,98	0,99	0,97
	NASA		0,97	0,99	0,99	0,95	0,94	0,92	0,93	0,88	0,94	0,95	0,98	0,94
Туябугуз	CRU	r	0,98	0,99	0,98	0,97	0,98	0,94	0,88	0,95	0,95	0,97	0,99	0,97
	NASA		0,97	0,98	0,99	0,94	0,96	0,95	0,92	0,94	0,97	0,98	0,97	0,92
Туямуюн	CRU	r	0,92	0,91	0,88	0,96	0,92	0,90	0,88	0,93	0,88	0,87	0,96	0,94

	NASA		0,92	0,92	0,87	0,97	0,90	0,93	0,87	0,90	0,87	0,87	0,99	0,95
Ургенч	CRU	r	0,98	0,97	0,98	0,96	0,97	0,91	0,95	0,95	0,97	0,96	0,95	0,95
	NASA		0,97	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,93	0,95	0,94	0,98	0,98	0,95
Хива	CRU	r	0,93	0,90	0,90	0,96	0,93	0,89	0,89	0,92	0,90	0,85	0,95	0,94
	NASA		0,92	0,92	0,90	0,96	0,92	0,94	0,87	0,92	0,87	0,89	0,99	0,96
Янгикишлак	CRU	r	0,97	0,98	0,98	0,97	0,98	0,96	0,95	0,93	0,94	0,96	0,98	0,95
	NASA		0,97	0,98	0,99	0,96	0,97	0,92	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	0,96
Янгиер	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,93	0,84	0,87	0,91	0,96	0,97	0,97
	NASA		0,98	0,97	0,99	0,97	0,97	0,95	0,91	0,94	0,96	0,95	0,97	0,94
Янгиюль	CRU	r	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97	0,95	0,92	0,96	0,95	0,98	0,98	0,96
	NASA		0,98	0,97	0,99	0,96	0,96	0,93	0,87	0,93	0,96	0,97	0,98	0,94

Примечание: цвета представляют уровни корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий). Расчёты произведены авторами по данным 60-ти метеорологичеких станций, данным NASA POWER и базы данных CRU.

Согласно таблице 1, по показателю температуры воздуха на большинстве станций данные обеих баз демонстрируют высокую степень соответствия с наземными наблюдениями. Особенно на ряде станций значения коэффициента корреляции **r** на протяжении года сохраняются на высоком уровне, что подтверждает достаточную возможность использования данных NASA POWER и CRU для анализа температуры воздуха. Вместе с тем на отдельных станциях (в частности, Коканд, Каракуль и Акрабад) в некоторые месяцы отмечено заметное снижение уровня взаимосвязи. Эти случаи могут быть обусловлены местными природно-географическими условиями, сложностью рельефа, особенностями размещения станций, а также пространственным обобщением данных баз (интерполяцией и гридированием).

В ходе анализа также была выявлена сезонная особенность: в целом уровень корреляции температуры воздуха в холодное полугодие года (примерно с октября по март) является более стабильным и высоким, тогда как в тёплый сезон на ряде станций отмечается некоторое его снижение. Однако данное уменьшение не оказывает существенного влияния на общие результаты и свидетельствует о том, что данные обеих баз по температуре воздуха в целом являются надёжными.

Данные по атмосферным осадкам из баз NASA POWER и CRU были также оценены путём сопоставления с наземными наблюдениями (табл. 2). Результаты сравнения показали, что уровни корреляции значительно ниже по сравнению с температурой воздуха. Это объясняется природой атмосферных осадков: они характеризуются высокой пространственно-временной изменчивостью (дискретностью) и в значительной степени зависят от локальных конвективных процессов, условий рельефа, фронтальной активности и орографического подъёма. В связи с этим данные, представленные в виде сетки (особенно интерполированные пространственные поля), в ряде случаев не могут полностью отражать точечные наземные наблюдения.

Таблица 2

Корреляция атмосферных осадков, наблюдаемых на метеорологических станциях, с данными баз NASA POWER и CRU

Метеостанции	База		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Акбайтал	CRU	r	0,75	0,85	0,85	0,87	0,81	0,70	0,76	0,59	0,58	0,82	0,91	0,59
	NASA		0,84	0,87	0,82	0,87	0,87	0,88	0,89	0,87	0,52	0,72	0,93	0,68
Акрабад	CRU	r	0,83	0,73	0,70	0,71	0,77	0,66	0,85	0,67	0,55	0,67	0,89	0,91
	NASA		0,47	0,12	0,21	0,14	0,45	0,40	0,74	0,42	0,00	0,39	0,48	0,20
Актумсук	CRU	r	0,39	0,08	0,62	0,70	0,62	0,34	0,40	0,29	0,36	0,07	0,51	0,68
	NASA		0,47	0,27	0,80	0,81	0,82	0,71	0,11	0,42	0,59	-0,10	0,57	0,71
Алмалык	CRU	r	0,87	0,89	0,85	0,79	0,74	0,69	0,79	0,70	0,64	0,90	0,93	0,91
	NASA		0,80	0,92	0,83	0,76	0,82	0,50	0,83	0,55	0,78	0,86	0,90	0,45
Андижан	CRU	r	0,84	0,91	0,86	0,83	0,83	0,72	0,70	0,79	0,76	0,91	0,87	0,95

	NASA		0,87	0,79	0,85	0,77	0,92	0,74	0,39	0,52	0,60	0,89	0,74	0,91
Ангрен	CRU	r	0,83	0,83	0,82	0,92	0,83	0,56	0,64	0,60	0,71	0,90	0,88	0,90
	NASA		0,78	0,89	0,80	0,73	0,88	0,53	0,67	0,54	0,55	0,89	0,72	0,68
Аякагытма	CRU	r	0,78	0,51	0,76	0,72	0,79	0,44	0,64	0,72	0,29	0,79	0,82	0,85
	NASA		0,78	0,80	0,68	0,73	0,86	0,32	0,61	0,85	0,31	0,60	0,90	0,90
Бахмал	CRU	r	0,75	0,74	0,65	0,76	0,79	0,46	0,70	0,27	0,57	0,74	0,89	0,91
	NASA		0,75	0,66	0,67	0,78	0,74	0,23	0,19	0,41	0,76	0,76	0,78	0,82
Бекабад	CRU	r	0,68	0,86	0,82	0,83	0,77	0,62	0,80	0,36	0,82	0,78	0,87	0,83
	NASA		0,66	0,64	0,75	0,74	0,81	0,44	0,81	0,25	0,63	0,70	0,85	0,47
Буз	CRU	r	0,83	0,83	0,88	0,75	0,85	0,70	0,67	0,69	0,72	0,90	0,86	0,93
	NASA		0,65	0,65	0,71	0,54	0,85	0,56	0,54	0,51	0,44	0,83	0,79	0,89
Бухара	CRU	r	0,71	0,66	0,77	0,82	0,79	0,75	0,64	0,07	0,84	0,81	0,78	0,89
	NASA		0,86	0,91	0,83	0,90	0,81	0,75	0,68	0,43	0,87	0,81	0,94	0,92
Бузаубай	CRU	r	0,71	0,80	0,71	0,80	0,86	0,54	0,55	0,46	0,65	0,76	0,68	0,90
	NASA		0,55	0,81	0,41	0,69	0,87	0,36	0,37	0,82	0,53	0,83	0,56	0,81
Чимбай	CRU	r	0,70	0,64	0,78	0,85	0,90	0,71	0,27	0,58	0,65	0,87	0,83	0,88
	NASA		0,72	0,94	0,76	0,86	0,80	0,90	0,95	0,95	0,77	0,95	0,91	0,88
Чимган	CRU	r	0,74	0,82	0,85	0,75	0,83	0,68	0,74	0,77	0,86	0,96	0,90	0,84
	NASA		0,80	0,89	0,81	0,82	0,78	0,68	0,74	0,82	0,86	0,97	0,93	0,83
Дахбет	CRU	r	0,73	0,76	0,67	0,86	0,86	0,38	0,89	0,31	0,78	0,85	0,88	0,90
	NASA		0,78	0,83	0,75	0,90	0,81	0,86	0,83	0,77	0,79	0,89	0,93	0,89
Дехканабад	CRU	r	0,84	0,72	0,72	0,81	0,71	0,54	0,19	0,29	0,51	0,55	0,86	0,88
	NASA		0,74	0,81	0,60	0,84	0,56	0,67	0,15	0,83	0,57	0,86	0,90	0,82
Денау	CRU	r	0,69	0,45	0,61	0,85	0,65	0,54	0,46	0,18	0,63	0,69	0,72	0,81
	NASA		0,72	0,49	0,48	0,72	0,77	0,75	0,18	0,29	0,48	0,77	0,79	0,80
Дукент	CRU	r	0,79	0,77	0,89	0,86	0,85	0,62	0,83	0,30	0,75	0,91	0,92	0,84
	NASA		0,76	0,85	0,80	0,82	0,88	0,69	0,74	0,36	0,80	0,90	0,87	0,63
Фергана	CRU	r	0,79	0,84	0,76	0,75	0,83	0,60	0,83	0,63	0,59	0,86	0,76	0,92
	NASA		0,92	0,84	0,89	0,90	0,95	0,81	0,65	0,19	0,77	0,94	0,73	0,94
Галлярал	CRU	r	0,81	0,72	0,69	0,84	0,83	0,70	0,85	0,39	0,70	0,83	0,82	0,88
	NASA		0,54	0,53	0,31	0,65	0,75	0,69	0,50	0,78	0,09	0,71	0,65	0,75
Гузар	CRU	r	0,73	0,66	0,60	0,79	0,82	0,66	0,63	0,53	0,76	0,59	0,90	0,86
	NASA		0,82	0,81	0,67	0,54	0,85	0,66	0,74	0,49	0,67	0,78	0,94	0,93
Жаслык	CRU	r	0,48	0,36	0,56	0,62	0,56	0,36	-0,08	0,53	0,61	0,73	0,88	0,75
	NASA		0,92	0,74	0,93	0,91	0,75	0,70	0,89	0,48	0,79	0,88	0,87	0,93
Джизак	CRU	r	0,65	0,70	0,84	0,79	0,67	0,50	0,59	0,44	0,69	0,87	0,87	0,94
	NASA		0,77	0,85	0,83	0,90	0,86	0,63	0,71	0,69	0,73	0,89	0,93	0,69
Джангельды	CRU	r	0,76	0,70	0,71	0,56	0,78	0,18	0,62	0,71	0,01	0,83	0,75	0,86
	NASA		0,77	0,83	0,77	0,86	0,93	0,00	0,86	0,77	0,73	0,66	0,84	0,89
Ляльмикар	CRU	r	0,81	0,69	0,75	0,87	0,82	0,53	0,80	0,43	0,62	0,87	0,87	0,93
	NASA		0,76	0,81	0,81	0,91	0,84	0,56	0,66	0,86	0,90	0,91	0,92	0,82
Машикудук	CRU	r	0,74	0,43	0,72	0,67	0,77	0,54	0,70	0,55	0,54	0,58	0,80	0,77
	NASA		0,72	0,85	0,72	0,76	0,86	0,71	0,92	0,86	0,93	0,44	0,82	0,88
Мингчукур	CRU	r	0,76	0,80	0,78	0,71	0,81	0,62	0,60	0,81	0,49	0,66	0,81	0,80
	NASA		0,62	0,67	0,72	0,72	0,64	0,79	0,71	0,40	0,66	0,86	0,82	0,83
Муйнак	CRU	r	0,54	0,43	0,57	0,48	0,71	0,87	0,50	0,63	0,41	0,75	0,80	0,69
	NASA		0,39	0,58	0,33	0,41	0,62	0,72	-0,01	-0,01	0,36	0,57	0,63	0,62
Наманган	CRU	r	0,76	0,88	0,85	0,73	0,72	0,77	0,61	0,84	0,49	0,71	0,88	0,91
	NASA		0,78	0,90	0,88	0,87	0,90	0,93	0,69	0,79	0,78	0,87	0,86	0,92
Навои	CRU	r	0,72	0,58	0,72	0,80	0,78	0,43	0,78	0,77	0,69	0,75	0,90	0,91
	NASA		0,94	0,88	0,88	0,92	0,81	0,40	0,56	0,59	0,85	0,78	0,94	0,90
Нукус	CRU	r	0,78	0,58	0,63	0,89	0,88	0,55	0,10	0,72	0,75	0,86	0,77	0,91
	NASA		0,58	0,90	0,87	0,85	0,87	0,81	0,93	0,91	0,97	0,90	0,87	0,95
Нурабад	CRU	r	0,69	0,69	0,70	0,83	0,82	0,63	0,75	0,40	0,77	0,79	0,89	0,78
	NASA		0,80	0,90	0,63	0,65	0,74	0,42	0,79	0,56	0,66	0,81	0,94	0,87
Нурата	CRU	r	0,67	0,47	0,78	0,86	0,79	0,54	0,54	0,76	0,68	0,63	0,91	0,90
	NASA		0,92	0,96	0,94	0,95	0,99	0,94	0,95	0,98	0,81	0,83	0,95	0,97

Ойгаинг	**CRU**	**r**	0,75	0,74	0,86	0,85	0,62	0,60	0,79	0,66	0,72	0,88	0,86	0,70
	NASA		0,80	0,78	0,81	0,84	0,57	0,78	0,73	0,89	0,85	0,93	0,91	0,87
Пап	**CRU**	**r**	0,87	0,77	0,77	0,83	0,80	0,55	0,59	0,76	0,75	0,73	0,82	0,88
	NASA		0,58	0,79	0,76	0,40	0,79	0,44	0,53	0,53	0,41	0,65	0,71	0,72
Пскем	**CRU**	**r**	0,78	0,80	0,90	0,93	0,85	0,79	0,82	0,74	0,79	0,89	0,90	0,87
	NASA		0,89	0,91	0,91	0,84	0,86	0,90	0,92	0,89	0,91	0,95	0,97	0,89
Камчик	**CRU**	**r**	0,67	0,75	0,78	0,90	0,80	0,64	0,70	0,55	0,64	0,78	0,78	0,78
	NASA		0,58	0,83	0,74	0,77	0,81	0,68	0,60	0,54	0,62	0,86	0,78	0,79
Карши	**CRU**	**r**	0,56	0,68	0,66	0,81	0,87	0,54	0,65	0,37	0,75	0,55	0,86	0,77
	NASA		0,90	0,90	0,84	0,61	0,80	0,83	0,95	0,93	0,87	0,90	0,91	0,94
Кунград	**CRU**	**r**	0,68	0,56	0,66	0,52	0,88	0,60	0,21	0,70	0,58	0,70	0,69	0,79
	NASA		0,32	0,55	0,55	0,42	0,58	0,66	0,32	0,24	0,54	0,77	0,77	0,76
Коканд	**CRU**	**r**	0,79	0,68	0,76	0,72	0,70	0,60	0,64	0,43	0,63	0,44	0,79	0,85
	NASA		0,82	0,66	0,76	0,77	0,63	0,57	0,35	0,15	0,45	0,53	0,66	0,88
Каракуль	**CRU**	**r**	0,78	0,74	0,79	0,80	0,75	0,33	0,36	0,04	0,64	0,78	0,90	0,86
	NASA		0,84	0,91	0,85	0,91	0,91	0,54	0,55	0,52	0,83	0,82	0,95	0,92
Каракал-пакстан	**CRU**	**r**	0,49	0,40	0,80	0,82	0,66	0,46	0,56	0,49	0,58	0,71	0,81	0,74
	NASA		0,62	0,83	0,90	0,73	0,64	0,64	0,58	0,80	0,72	0,72	0,88	0,89
Кургантепа	**CRU**	**r**	0,89	0,87	0,86	0,82	0,84	0,49	0,67	0,73	0,64	0,95	0,86	0,89
	NASA		0,88	0,83	0,87	0,76	0,80	0,59	0,29	0,64	0,59	0,86	0,75	0,88
Кува	**CRU**	**r**	0,83	0,92	0,84	0,82	0,85	0,55	0,87	0,69	0,67	0,89	0,83	0,94
	NASA		0,94	0,87	0,89	0,86	0,85	0,60	0,56	0,15	0,70	0,95	0,69	0,96
Самарканд	**CRU**	**r**	0,75	0,73	0,53	0,87	0,85	0,63	0,90	0,34	0,75	0,79	0,89	0,90
	NASA		0,80	0,82	0,80	0,79	0,79	0,84	0,93	0,89	0,85	0,89	0,94	0,93
Сариканда	**CRU**	**r**	0,70	0,66	0,71	0,67	0,68	0,66	0,59	0,37	0,48	0,81	0,69	0,77
	NASA		0,56	0,46	0,60	-0,03	0,58	0,25	0,56	0,10	0,37	0,57	0,61	0,69
Шахрисабз	**CRU**	**r**	0,78	0,77	0,82	0,82	0,85	0,51	0,79	0,47	0,74	0,69	0,93	0,90
	NASA		0,64	0,79	0,76	0,70	0,83	0,41	0,79	0,73	0,71	0,85	0,93	0,86
Шахимардан	**CRU**	**r**	0,71	0,53	0,73	0,46	0,64	0,52	0,66	0,20	0,58	0,81	0,71	0,78
	NASA		0,58	0,52	0,41	0,13	0,56	0,68	0,60	0,21	0,31	0,56	0,74	0,61
Сырдарья	**CRU**	**r**	0,87	0,82	0,85	0,84	0,86	0,62	0,79	0,67	0,73	0,89	0,86	0,93
	NASA		0,85	0,96	0,83	0,92	0,90	0,66	0,89	0,92	0,86	0,96	0,98	0,43
Тахтакупыр	**CRU**	**r**	0,73	0,60	0,63	0,83	0,79	0,62	0,50	0,61	0,57	0,87	0,74	0,88
	NASA		0,64	0,84	0,70	0,75	0,76	0,78	0,33	0,87	0,81	0,86	0,88	0,87
Термез	**CRU**	**r**	0,63	0,27	0,72	0,81	0,91	0,35	0,00	0,00	0,00	0,56	0,57	0,95
	NASA		0,90	0,90	0,79	0,80	0,79	0,77	0,97	0,03	0,75	0,82	0,94	0,96
Тамды	**CRU**	**r**	0,82	0,43	0,73	0,70	0,81	0,49	0,82	0,74	0,21	0,78	0,77	0,79
	NASA		0,69	0,80	0,78	0,98	0,94	0,78	0,98	0,99	0,80	0,88	0,89	0,87
Ташкент	**CRU**	**r**	0,85	0,86	0,71	0,80	0,93	0,64	0,80	0,66	0,81	0,90	0,91	0,94
	NASA		0,89	0,94	0,84	0,91	0,88	0,90	0,80	0,84	0,90	0,96	0,98	0,78
Туябугуз	**CRU**	**r**	0,81	0,89	0,79	0,79	0,75	0,45	0,64	0,72	0,70	0,91	0,90	0,94
	NASA		0,80	0,96	0,79	0,90	0,76	0,64	0,81	0,85	0,79	0,94	0,96	0,42
Туямуюн	**CRU**	**r**	0,74	0,72	0,58	0,67	0,84	0,80	0,36	0,24	0,81	0,80	0,85	0,94
	NASA		0,80	0,80	0,78	0,64	0,94	0,66	0,28	0,45	0,79	0,75	0,90	0,86
Ургенч	**CRU**	**r**	0,88	0,74	0,81	0,76	0,87	0,77	0,79	0,49	0,85	0,91	0,87	0,94
	NASA		0,82	0,89	0,85	0,93	0,97	0,92	0,92	0,47	0,81	0,87	0,95	0,96
Хива	**CRU**	**r**	0,89	0,72	0,77	0,71	0,82	0,81	0,61	0,47	0,75	0,75	0,74	0,90
	NASA		0,63	0,83	0,71	0,77	0,90	0,83	0,37	0,51	0,50	0,61	0,77	0,85
Янгикишлак	**CRU**	**r**	0,66	0,71	0,74	0,79	0,67	0,49	0,52	0,53	0,81	0,79	0,87	0,85
	NASA		0,74	0,79	0,76	0,86	0,68	0,52	0,58	0,64	0,80	0,83	0,95	0,83
Янгиер	**CRU**	**r**	0,61	0,82	0,80	0,83	0,77	0,75	0,64	0,47	0,67	0,86	0,88	0,85
	NASA		0,67	0,73	0,76	0,76	0,82	0,78	0,64	0,31	0,49	0,78	0,86	0,26
Янгиюль	**CRU**	**r**	0,86	0,83	0,70	0,84	0,85	0,69	0,81	0,27	0,77	0,88	0,89	0,94
	NASA		0,90	0,96	0,85	0,93	0,86	0,83	0,86	0,63	0,86	0,96	0,97	0,40

Примечание: цвета представляют уровни корреляции (красный – низкий, зеленый – высокий). Расчёты произведены авторами по данным 60-ти метеорологичеких станций, данным NASA POWER и базы данных CRU.

В таблице 2 отмечено, что в отдельные месяцы более высокая степень взаимосвязи наблюдается для данных NASA POWER, тогда как в ряде случаев для данных CRU фиксируются более низкие значения корреляции. Это может быть связано с тем, что данные CRU имеют «площадной» характер, то есть формируются на основе интерполяции данных наблюдательной сети. Вместе с тем ряд случаев, выделенных в таблице жёлтым цветом, указывает на «удовлетворительный» уровень соответствия для данных по осадкам и свидетельствует о необходимости проявлять осторожность при прямом использовании базовых данных по данному параметру.

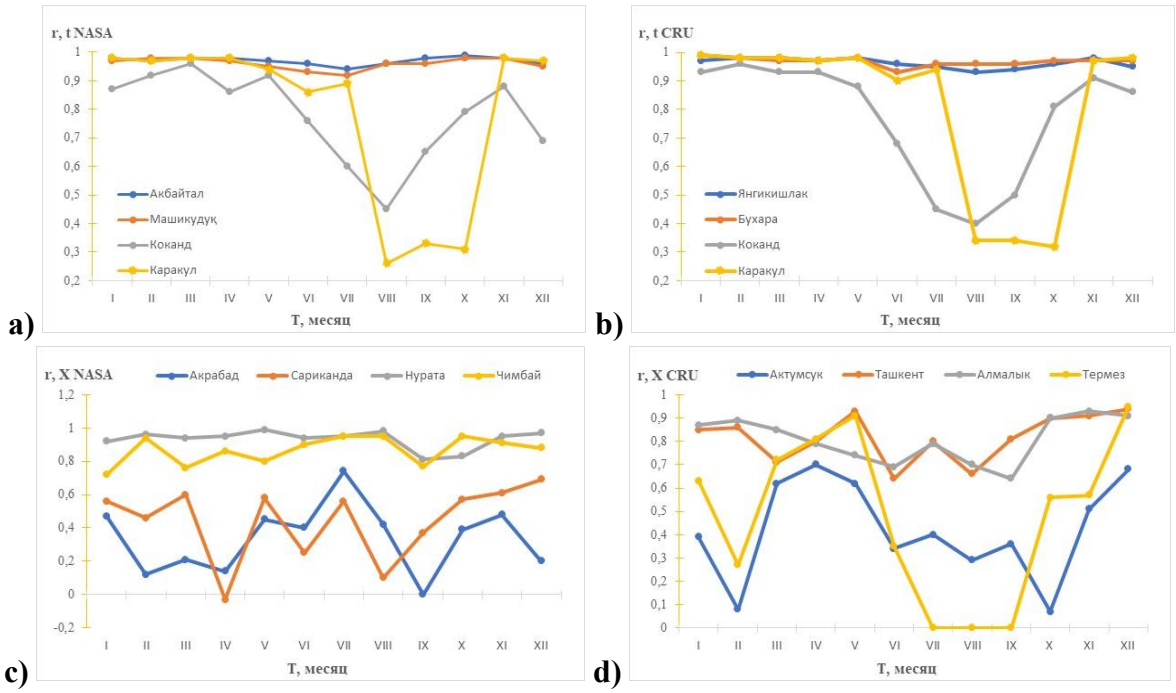


Рис. 3. Графики взаимосвязи значений температуры воздуха и атмосферных осадков на метеорологических станциях с данными баз NASA POWER и CRU

Рисунок составлен авторами.

Взаимосвязь значений температуры воздуха и атмосферных осадков по материалам наблюдений на метеостанциях с данными баз NASA POWER и CRU (их изменение во времени) представлена в графическом виде, при этом данные материалы дополнительно подтверждают результаты, полученные в таблицах (рис. 3a–b). Согласно графическому анализу, на станциях Акбайтал, Машикудук, Бухара, Янгикишлак, Нурата, Чимбай, Ташкент и Алмалык уровень взаимосвязи является стабильно высоким. Напротив, на станциях Каракуль, Коканд, Акрабад, Сариканда, Термез и Актумсук в отдельные месяцы и по ряду параметров наблюдается низкая степень соответствия (рис. 3c–d).

Заключение. Результаты проведённой верификации позволяют сделать более конкретные и научно обоснованные выводы для территории Узбекистана. Установлено, что по параметру температуры воздуха данные баз NASA POWER и CRU демонстрируют высокую степень согласованности с наблюдениями наземных метеорологических станций: на большинстве исследованных станций коэффициенты корреляции характеризуются как высокие, а систематические отклонения незначительны. Это позволяет рекомендовать использование указанных баз данных для анализа температурного режима, выявления долгосрочных трендов и восполнения пропусков в рядах наблюдений, особенно в районах с редкой сетью метеостанций.

В отношении атмосферных осадков полученные результаты свидетельствуют о существенно более низком уровне согласованности. Выявлено, что расхождения между данными NASA POWER, CRU и наземными наблюдениями носят, как случайный, так и систематический характер, что обусловлено высокой пространственно-временной изменчивостью осадков, а также влиянием орографических факторов. В связи с этим использование указанных баз данных для анализа осадков без дополнительной обработки является ограниченно допустимым. Для повышения точности рекомендуется обязательное применение методов корректировки, таких как коррекция смещения (bias correction), масштабирование и калибровка на основе данных метеорологических станций.

Анализ по отдельным метеостанциям показал, что степень соответствия варьирует в зависимости от физико-географических условий территории: на равнинных участках согласованность данных выше, тогда как в горных и предгорных районах наблюдаются более значительные расхождения. Это указывает на необходимость дифференцированного подхода к использованию глобальных климатических баз данных с учётом региональных особенностей.

Таким образом, базы данных NASA POWER и CRU могут рассматриваться как надёжный источник климатической информации для территории Узбекистана при анализе температуры воздуха. В то же время их применение для оценки атмосферных осадков требует обязательной верификации и корректировки, что существенно повышает научно-практическую значимость получаемых результатов и обеспечивает более достоверное использование данных в гидрометеорологических и климатических исследованиях.

Использованная литература:

1. Дехканбаева М.Н. Основные характеристики сезонных изменений климата Узбекистана // Журнал междисциплинарных инноваций и научных исследований в Узбекистане. 2022. Т. 2. № 13. С. 445–450.

2. Зубова Н.В., Шевченко В.А. Оценка потенциала солнечной энергии Чукотского автономного округа // АгроЭкоИнженерия. 2018. № 2 (95). С. 57–66.

3. Хурсандова Н.Р., Куранбаева З.Е., Омонов Н.О. Применение данных CRU на практике (на примере Кашкадарьинской области) // Интеграция проблем изменения климата в Узбекистане в систему образования. Труды Международной конференции. Ташкент, 2024. С. 77-80 (на узб.)

4. Deji et al. (2017), Warming and wetting climate during last century revealed by an ice core *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 487, pp. 270–277.

5. Grijsen J. (2014), *Understanding the impact of climate change on hydropower: the case of Cameroon*, Washington, 166 p.

6. Harris I., Osborn T. J., Jones P. D., Lister D. H. (2020), Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, Vol. 7, Art. 109. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3

7. Harris I. C., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H. (2013), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset, *International Journal of Climatology*, Vol. 34, pp. 623–642.

8. Iwamura T., Wilson K. A., Venter O., Possingham H. P. (2010), Climatic stability approach to conservation investments, *PLoS ONE*, Vol. 5(11), p. 15103.

9. Kemp D. D. (1998), *Glossary of Regional Environment*, London & New York, 1998, 464 p.

10. Miao C., Su L., Sun Q., Duan Q. (2016), A nonstationary bias-correction technique, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 121, pp. 5718–5735.

11. Mitchell T. D., Carter T. R., Jones P. D., Hulme M., New M. (2004), A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe, *Tyndall Centre Working Paper*, No. 55.

12. Mitchell T. D., Jones P. D. (2005), An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids, *International Journal of Climatology*, Vol. 25, pp. 693–712.

13. Nabat P. et al. (2015), Aerosol radiative effect on Mediterranean climate variability, *Climate Dynamics*, Vol. 44, pp. 1127–1155.

14. Nagavciuc V. et al. (2019), Stable oxygen isotopes in Romanian oak tree rings record summer droughts, *Climate Dynamics*, Vol. 52, pp. 6557–6568.

15. New M., Hulme M., Jones P. D. (1999), Representing twentieth-century space–time climate variability. Part I: Development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology, *Journal of Climate*, Vol. 12, pp. 829–856.

16. New M., Hulme M., Jones P. D. (2000), Representing twentieth-century space–time climate variability. Part II: Development of 1901–96 monthly grids of terrestrial surface climate, *Journal of Climate*, Vol. 13, pp. 2217–2238.

17. Renard D., Tilman D. (2019), National food production stabilized by crop diversity, *Nature*, Vol. 571, pp. 257–260.

18. Vollmer M. K. et al. (2005), Deep-water warming trend in Lake Malawi, East Africa, *Limnology and Oceanography*, Vol. 50, pp. 727–732.

19. Wang J., Yang B., Ljungqvist F. C., Zhao Y. (2013), Relationship between the Atlantic Multidecadal Oscillation and temperature variability in China, *Journal of Quaternary Science*, Vol. 28, pp. 653–658.

20. Weedon G. P. et al. (2014), WFDEI meteorological forcing data set, *Water Resources Research*, Vol. 50, pp. 7505–7514.

21. NASA POWER database. https://power.larc.nasa.gov

22. CRU data portal. https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.06

References:

1. Dehkanbaeva M. N. (2022), Main characteristics of seasonal climate changes in Uzbekistan, *Journal of Interdisciplinary Innovations and Scientific Research in Uzbekistan*, Vol. 2, No. 13, pp. 445–450. (in Russian).

2. Zubova N. V., Shevchenko V. A. (2018), Assessment of the solar energy potential of the Chukotka Autonomous Okrug, *AgroEcoEngineering*, No. 2(95), pp. 57–66. (in Russian).

3. Khursandova N. R., Kuranbaeva Z. E., Omononov N. O. (2024), Application of CRU data in practice (a case study of the Kashkadarya region), *Integration of Climate Change Issues in Uzbekistan into Education: Proceedings of the International Conference*, Tashkent, p. 77-80 (in Uzbek).

4. Deji et al. (2017), Warming and wetting climate during last century revealed by an ice core *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 487, pp. 270–277.

5. Grijsen J. (2014), *Understanding the impact of climate change on hydropower: the case of Cameroon*, Washington, 166 p.

6. Harris I., Osborn T. J., Jones P. D., Lister D. H. (2020), Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset, *Scientific Data*, Vol. 7, Art. 109. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3

7. Harris I. C., Jones P. D., Osborn T. J., Lister D. H. (2013), Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 dataset, *International Journal of Climatology*, Vol. 34, pp. 623–642.

8. Iwamura T., Wilson K. A., Venter O., Possingham H. P. (2010), Climatic stability approach to conservation investments, *PLoS ONE*, Vol. 5(11), p. 15103.

9. Kemp D. D. (1998), *Glossary of Regional Environment*, London & New York, 1998, 464 p.

10. Miao C., Su L., Sun Q., Duan Q. (2016), A nonstationary bias-correction technique, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 121, pp. 5718–5735.

11. Mitchell T. D., Carter T. R., Jones P. D., Hulme M., New M. (2004), A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe, *Tyndall Centre Working Paper*, No. 55, p. …-…

12. Mitchell T. D., Jones P. D. (2005), An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids, *International Journal of Climatology*, Vol. 25, pp. 693–712.

13. Nabat P. et al. (2015), Aerosol radiative effect on Mediterranean climate variability, *Climate Dynamics*, Vol. 44, pp. 1127–1155.

14. Nagavciuc V. et al. (2019), Stable oxygen isotopes in Romanian oak tree rings record summer droughts, *Climate Dynamics*, Vol. 52, pp. 6557–6568.

15. New M., Hulme M., Jones P. D. (1999), Representing twentieth-century space–time climate variability. Part I: Development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology, *Journal of Climate*, Vol. 12, pp. 829–856.

16. New M., Hulme M., Jones P. D. (2000), Representing twentieth-century space–time climate variability. Part II: Development of 1901–96 monthly grids of terrestrial surface climate, *Journal of Climate*, Vol. 13, pp. 2217–2238.

17. Renard D., Tilman D. (2019), National food production stabilized by crop diversity, *Nature*, Vol. 571, pp. 257–260.

18. Vollmer M. K. et al. (2005), Deep-water warming trend in Lake Malawi, East Africa, *Limnology and Oceanography*, Vol. 50, pp. 727–732.

19. Wang J., Yang B., Ljungqvist F. C., Zhao Y. (2013), Relationship between the Atlantic Multidecadal Oscillation and temperature variability in China, *Journal of Quaternary Science*, Vol. 28, pp. 653–658.

20. Weedon G. P. et al. (2014), WFDEI meteorological forcing data set, *Water Resources Research*, Vol. 50, pp. 7505–7514.

21. NASA POWER database. https://power.larc.nasa.gov

22. CRU data portal. https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.06

Сведения об авторах:

Омонов Нурмухаммад Одил угли – Научно-исследовательский гидрометорологический институт (НИГМИ) Узгидромета (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: oomonov506@gmail.com

Хурсандова Наргиза Рашидовна – Научно-исследовательский гидрометорологический институт (НИГМИ) Узгидромета (Ташкент, Узбекистан), базовый докторант. E-mail: nargizarashidovnan1307@gmail.com

Эшмуратова Гулчехра Шавкатовна – Научно-исследовательский гидрометорологический институт (НИГМИ) Узгидромета (Ташкент, Узбекистан), базовый докторант. E-mail: eshmuratovaguli@gmail.com

Куранбоева Зулфия Элмурод кизи – Научно-исследовёательский гидрометорологический институт (НИГМИ) Узгидромета (Ташкент, Узбекистан), младший научный сотрудник. E-mail: zulfiyamarsova9@gmail.com

Information about the authors:

Nurmukhammad Omonov – Hydrometeorological Research Institute of UzHydroMet (Tashkent, Uzbekistan), the junior research fellow. E-mail: oomonov506@gmail.com

Nargiza Khursandova – Hydrometeorological Research Institute of UzHydroMet (Tashkent, Uzbekistan), basic doctoral student. E-mail: nargizarashidovnan1307@gmail.com

Gulchekhra Eshmuratova – Hydrometeorological Research Institute of UzHydroMet (Tashkent, Uzbekistan), basic doctoral student. E-mail: eshmuratovaguli@gmail.com

Zulfiya Kuranbayeva – Hydrometeorological Research Institute of UzHydroMet (Tashkent, Uzbekistan), the junior research fellow. E-mail: zulfiyamarsova9@gmail.com

Для цитирования:

Омонов Н.О., Хурсандова Н.Р., Эшмуратова Г.Ш., Куранбоева З.Э. Оценка взаимосвязи между данными международных баз NASA POWER и CRU и материалами наземных метеостанций по температуре воздуха и атмосферным осадкам на территории Узбекистана // Центральноазиатский журнал географических исследований. 2026. № 1-2. С. 97-112.

For citation: Omonov N.O., Khursandova N.R., Eshmuratova G.Sh., Quranboeva Z.E. (2026), Evaluation of the relationship between data from the international NASA POWER and CRU bases and materials from ground-based meteorological stations on air temperature and precipitation in the territory of Uzbekistan, *Central Asian Journal of Geographical Researches*, No. 1-2, pp. 97-112. (In Russ.).