

thermal comfort of the Tashkent city] // *Ilm-fan va innovatsion rivojlanish*, 2020. №2. – В. 74-82. (in Russian)

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Abdikulov F.I. Imom Al-Buhoriy majmuasi hududining bioiklimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the Imam Bukhari pilgrimage place] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*, 2021. №2. – В. 19-31. (in Uzbek)

Kholmatjanov B.M., Begmatov S.U. Buhoro shahrining bioiklimiy sharoitlari [Bioclimatic conditions of the Bukhara city] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*, 2022. №2. – В. 21-32. (in Uzbek)

Petrov Yu.V., Abdullayev A.K. K voprosu otsenki suhosti vozduha [On the problem of air dryness estimation] // *Meteorologiya i gidrologiya*. – М.: NIS “Planeta”, 2010. No 10, – S. 90-95. (in Russian)

Popov A.M. Raschetniye profili meteorologicheskikh harakteristik v planetarnom pogranichnom sloye atmosfery [Calculated profiles of meteorological characteristics in the planetary boundary layer of the atmosphere]. – L.: LGMI, 1975. – 98 s. (in Russian)

Zaitov Sh.Sh., Abdulakhatov E.I., Yarashev D.U. O‘zbekistonning shimoli-sharqiy daryo havzalarida 2010-2019 yillarda kuzatilgan qurg‘oqchilik havfini baholash [Assessment of drought risk in the north-eastern river basins of Uzbekistan in 2010-2019] // *Gidrometeorologiya va atrof-muhit monitoringi*, 2021. №4. – S. 30-43. (in Uzbek)

Electronic resources:

<https://lex.uz/ru/docs/4673605>

<https://lex.uz/docs/4971096>

УДК: 551.52:551.577.38

ОЦЕНКА ЗАСУШЛИВОСТИ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РЕАНАЛИЗА ЕСMWF ERA-5

Н.И. РАХМАТОВА^{1*}, Л.Ю. ШАРДАКОВА¹, Б.Э. НИШОНОВ¹,
В.С. РАХМАТОВА^{1,2}, Р.В. ТАРЯНИКОВА¹, Д.А. БЕЛИКОВ³

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, natella.rakhmatova@gmail.com, lyudmila.shardakova@gmail.com, bnishonov@mail.ru, traisa_5@mail.ru

² Университет Киото, Япония, valeria.rakhmatova@gmail.com

³ Университет Чиба, Япония, dmitry.a.belikov@gmail.com

Аннотация. *Узбекистан имеет аридный климат и расположен в зоне воздействия частых засух, которые усиливают влияние опустынивания и являются ключевым фактором в формировании пыльно-песчаных бурь. При анализе засушливости часто возникает проблема с метеорологическими данными из-за недостатка пункта наблюдений, к примеру, в отдаленных районах, богаре или пастбищах. В данной статье исследованы основные метеорологические параметры для оценки атмосферной засухи на основе данных реанализа ERA-5. В работе использован подход, в котором территория страны была условно разделена на пять зон с однородными географическими признаками, климатическими характеристиками, условиями водообеспеченности с привязкой к бассейнам основных рек. Проведен анализ внутригодовых изменений метеопараметров, получены долговременные тренды и территориальные изменения значений дефицита влажности воздуха, как показателя атмосферной засухи используемого Узгидрометом.*

Ключевые слова: *засуха, аридность, температура, осадки, дефицит влажности воздуха, ERA-5, реанализ, тренды, внутригодовая динамика, территориальное изменение, Узбекистан.*

* Ответственный автор: natella.rakhmatova@gmail.com, тел.: +998 90 916-44-46

Введение. Одним из доминирующих опасных гидрометеорологических явлений в Узбекистане, которое затрагивает все слои населения, ключевые отрасли экономики и негативно влияет на состояние окружающей среды, является засуха [Всемирный банк, 2019]. Усиление процессов засухи и расширение зон опустынивания создает комплекс условий для возникновения пыльных бурь. При подтверждении сценария, предлагаемого ООН с учетом нынешних темпов опустынивания, к 2025 году каждый пятый житель Земли будет проживать на территории, подверженной засухе [Вейсов и др., 2021]. Согласно выводам МГЭИК, ожидаемые глобальные климатические изменения приведут к увеличению частоты экстремальных метеорологических явлений, в том числе и засух [Change, 2013; Pachauri, 2014; IPCC, 2018]. По национальным оценкам [Спекторман, Плоцен, 2015; ПРООН, 2015; Третий..., 2016], на территории Узбекистана в силу географических условий (длительного жаркого и сухого лета), дефицита водных ресурсов и климатических изменений также будет наблюдаться рост частоты и продолжительности засух.

В Узбекистане оценка засухи (частота, степень и площадь охвата) проводится на основе данных сети репрезентативных метеостанций, которая, однако, не имеет регулярного покрытия и достаточного охвата в малонаселенных и труднодоступных территориях, необходимых для детальных оценок и прогнозов засухи. Для более точного анализа, а также предупреждения и управления засухой, необходимо развивать систему мониторинга и методы прогноза с использованием различных индикаторов, для расчета которых требуются метеорологические данные, покрывающие всю территорию страны с высоким пространственным и временным разрешением за продолжительный период времени.

В настоящее время для исследований климата и опасных гидрометеорологических явлений широко используются результаты реанализа, которые получены путем расчетов по глобальной модели с усвоением данных наблюдений (наземных, аэрологических, спутниковых) [Hersbach, 2020]. Проведенные исследования показали, что для территории Узбекистана данные реанализа ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) ERA-5 (температура, осадки и дефицит влажности) на сетке 0,1 градус хорошо согласуются с наземными наблюдениями по 74 станциям [Rakhmatova et al., 2021], что позволяет проводить более подробную оценку для всей территории страны.

Целью данной работы является исследование основных метеорологических параметров на основе данных реанализа ERA-5 для оценки явления атмосферной засухи по территории страны. **Объектом исследования** является вся территория Узбекистана, для которой характерно разнообразие форм рельефа и климатических условий. **Предметом исследования** являются пространственно-временные характеристики атмосферной засухи.

Исходные данные и методы исследования. Оценка засушливости проводилась согласно районированию, предложенному Т.Хамзиной и Г.Хасанхановой [Хамзина и др., 2020]. Территория страны была условно разделена на пять зон с однородными географическими признаками, климатическими характеристиками, условиями водообеспеченности с привязкой к бассейнам основных рек:

- бассейн Амударьи – Южная зона, Среднее течение и Нижнее течение;
- бассейн Сырдарьи – Ферганская долина и Среднее течение.

Выделенные территории являются также однородными по степени уязвимости водного и сельского хозяйства к изменению климата, и служат зонами планирования в пределах бассейнов рек. Данное районирование условно, так как проводилось в рамках границ административных областей (табл. 1).

В Узбекистане метеорологические измерения, ведутся на 85 метеостанциях, 34 агрометеорологических постах и охватывают фактически всю территорию республики

[Кутвал Х., 2022], однако, значительные площади остаются вне зоны наблюдений, поэтому в работе использованы данные реанализа ERA-5 с шагом в 0,1 градус и временным разрешением 1 час для вышеуказанных зон, границы которых представлены в таблице 1.

Основанием для использования данных реанализа ERA-5 послужила ранее проведенная работа [Rakhmatova, 2021], результаты которой приведены в таблице 2.

Из области исследования были исключены горные территории с высотой 1000 м н.у.м. и выше, так как они вносят искажение в средний зональный показатель [Щеглов, 2017].

В данной работе рассматривается временной промежуток 1981-2020 гг. с акцентом на вегетационный период (апрель-сентябрь), поскольку сельское хозяйство наиболее уязвимо к засухе, а развитие пыльных бурь напрямую зависит от состояния растительного покрова, который влияет на процесс ветровой эрозии почвы.

Дневной дефицит влажности воздуха (d) является показателем атмосферной засухи, характеризующейся высокой температурой и пониженной влажностью. В Узбекистане, в качестве критерия атмосферной засухи одним из параметров является “Число дней с $d \geq 50$ гПа”. Согласно работе [Бабушкин, 1974], значение $d \geq 50$ гПа является критичным показателем и характеризует атмосферную засуху.

d – разность между содержанием влаги в воздухе и количеством влаги, которое может удерживать воздух в состоянии насыщения, рассчитывается по формуле:

$$d = E - e, \quad (1)$$

где, E – давление насыщения водяного пара, гПа; e – парциальное давление водяного пара, гПа.

Таблица 1

Районирование территории Узбекистана по зонам планирования [Хамзина Т. и др.]

Table 1

Zoning the territory of Uzbekistan according to planning zones [Khamzina T. et al.]

№	Зоны планирования	Административные территории	Бассейн реки	Схема регионального деления
1	ЮЗ – Южная зона	Области: Кашкадарьинская, Сурхандарьинская	Амударья	
2	СТА – среднее течение	Области: Бухарская, Навоийская, Самаркандская		
3	НТА – нижнее течение	Каракалпакстан, Хорезмская область		
4	ФД – Ферганская долина	Области: Андижанская, Наманганская, Ферганская	Сырдарья	
5	СТС – среднее течение	Области: Джизакская, Сырдарьинская, Ташкентская		

Таблица 2

Статистический анализ данных наземных наблюдений
и реанализа ERA-5 за период 1981-2018 гг. [Rakhmatova, 2021]

Table 2

Statistical analysis of ground-based observation data and
ERA-5 reanalysis for the period 1981-2018 [Rakhmatova, 2021]

Параметр	Коэффициент корреляции	Ошибка	Стандартное отклонение
Температура среднемесячная (Т, °С)	0,98	-0,62	2,25
Температура максимальная (Т _{max} , °С)	0,96	-2,04	2,98
Относительная влажность (f, %)	0,87	-3,72	9,60
Абсолютная влажность (а, г/м ³)	0,88	-2,24	1,88
Осадки (Р, мм)	0,80	-7,24	22,61

Далее давление водяного пара получено на основе уравнения Августа-Роша-Магнуса [Alduchov, 1996], согласно которому давление насыщения водяного пара над испаряющей поверхностью E_s выражается через температуру T по формуле:

$$E_s = 0,61094 \exp \left[\frac{17,625T}{T + 243,04} \right], \quad (2)$$

E_s рассчитывается по формуле (2) с применением значений температуры T по данным реанализа.

В работе на основании данных ERA-5, согласно вышеприведенному зонированию проведен анализ:

- внутригодовых изменений метеопараметров за период 1981-2018 гг.;
- разности значений параметров между двумя рассматриваемыми периодами: 1981-2010 гг. – базовым климатическим и за последнее десятилетие 2011-2020 гг.;
- долгосрочных трендов за вегетационный период и за июль – месяц с наиболее высоким значением d ;
- территориального изменения значений d за вегетационный период за 2011-2020 гг. относительно 1981-2010 гг.

Расчет метеопараметров приведен следующим образом:

- средние значения температуры воздуха;
- дневной d ;
- сумма осадков;
- сумма дней с $d \geq 50$ гПа.

Расчет d проводился за июль и весь вегетационный период, используя данные с максимальными температурами (в промежуток 14-17 ч. местного времени). Число дней с $d \geq 50$ гПа просуммировано за весь период вегетации для каждого года.

Основные результаты и их обсуждение. На рисунке 1 для каждой из пяти зон представлено внутригодовое изменение средних многолетних значений метеорологических параметров (1981-2020 гг.), которое характеризует их климатические особенности:

– зоны ЮЗ и СТА являются территориями наиболее подверженными высоким температурам и d ; для них характерен максимальный d практически весь вегетационный период (с апреля по сентябрь);

– минимальная сумма осадков приходится на территории пустынь Аралкум и Кызылкум, зоны НТА и СТА, соответственно; максимальные значения осадков на предгорные зоны ФД и СТС.

На рисунке 2 представлена разность среднемесячных многолетних значений между двумя рассматриваемыми периодами (Δ):

$$\Delta = \bar{X}_{10} - \bar{X}_{30}, \quad (3)$$

где, \bar{X}_{10} – текущее десятилетие (2011-2020 гг.); \bar{X}_{30} – базовый климатический период (1981-2020 гг.)

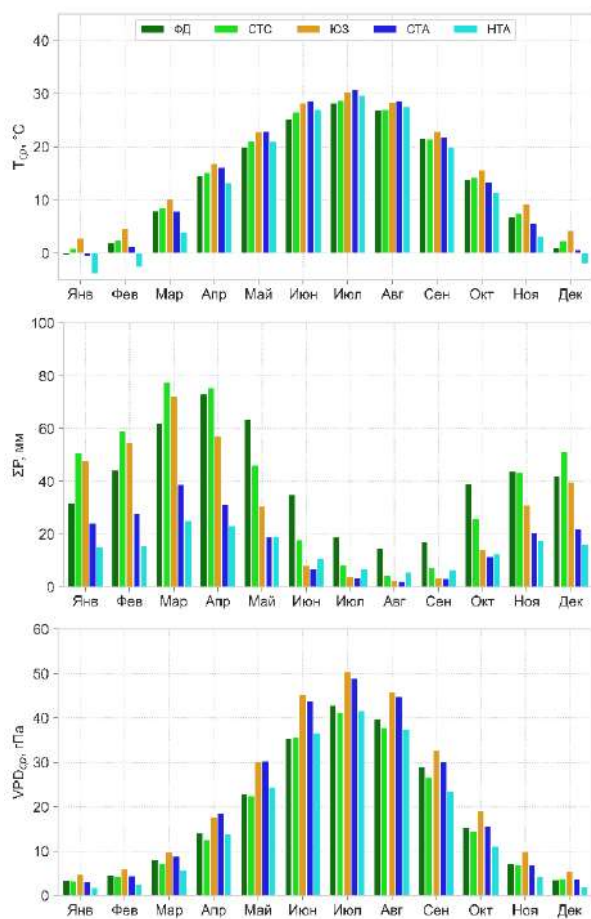


Рис. 1. Сезонное изменение средних многолетних значений метеорологических параметров (1981-2020 гг.) по зонам

Fig. 1. Seasonal change in long-term average values of meteorological parameters (1981-2020) by territorial zoning

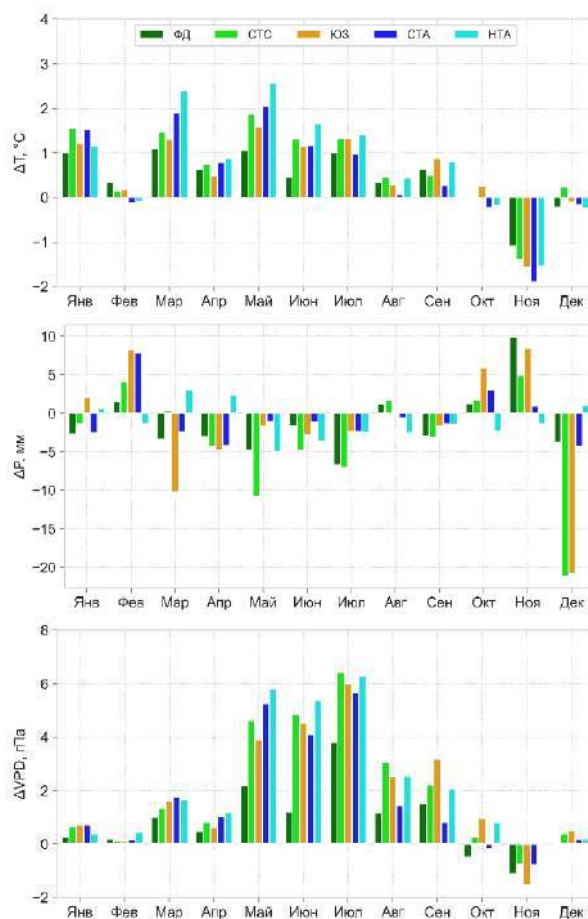


Рис. 2. Сезонное изменение разности средних значений метеорологических параметров за периоды (1981-2010 и 2011-2020 гг.) по зонам

Fig. 2. Seasonal change in the anomalies meteorological parameters for the periods (1981-2010 and 2011-2020) by territorial zoning

Рисунки 1(в), 2(в) показывают, что максимальные значения d и максимальные отклонения от базового периода наблюдаются в июле для всех зон, поэтому представляет интерес более детально сравнить изменения между периодами для июля (месяца с максимальными температурами, минимальными осадками и значительным уровнем d) и за вегетационный период.

Рисунок 2 показывает, что для последнего десятилетия характерно следующее:

– максимальное увеличение температуры наблюдается в зоне НТА в теплый период года – с марта по сентябрь;

– в ноябре отмечено снижение температуры по всей территории страны, что возможно обусловлено изменением продолжительности сезонов; как установлено в работе [Wang, 2021], по данным анализа температур за последние 30 лет летний сезон в средних широтах северного полушария увеличился на 17 дней, в то время как длительность остальных сезонов сократилась;

– с мая по август по всей территории растет d , самые значительные изменения (до 6-7 гПа) фиксируются в зонах НТА, СТА и ЮЗ;

– сокращение выпадения осадков наблюдается практически по всей территории в течение года, за исключением октября, ноября и февраля;

– максимальное сокращение осадков в СТС и ЮЗ составляет до 50% от среднемесячного многолетнего значения.

Из таблицы 3 следует по всем зонам наблюдается увеличение среднемесячных значений T , d , числа дней с $d > 50$ гПа. Разность температур между периодами находится в пределах 1,0 -1,7°C.

Анализ всего ряда данных (1981-2020 гг.) за июль месяц показал:

– в последнее десятилетие максимальный рост, среднемесячной температуры, d и числа дней с $d > 50$ гПа наблюдается в зонах НТА и ЮЗ;

– среднемесячное значение d для июля за период 2011-2020 возросло во всех зонах, и приблизился к значению 50 гПа, а в ЮЗ выше 50 гПа;

– увеличилось число дней с $d > 50$ гПа – особенно в зоне НТА и СТС; за весь период представленной информации максимальное число равное 28 дней с $d > 50$ гПа наблюдалось дважды: в 2015 г. – в ЮЗ и 2019 г. – в СТА.

Таблица 3

Изменение среднемесячных значений метеопараметров за июль по зонам за период 1981-2010 и 2011-2020 гг.

Table 3

Changes in the average monthly values of meteorological parameters for July by territorial zoning for the period 1981-2010 and 2011-2020

Зона	T , °C			d , гПа			Число дней с $d > 50$ гПа		
	1981-2010	2011-2020	Δ	1981-2010	2011-2020	Δ	1981-2010	2011-2020	Δ
ФД	33,9	35,0	1,1	43,1	46,8	3,7	10	14	4
СТС	33,6	35,2	1,6	37,3	43,5	6,2	5	12	7
ЮЗ	36,0	37,4	1,4	48,0	53,0	4,9	18	24	5
СТА	35,3	36,7	1,3	44,5	49,0	4,4	15	19	4
НТА	33,6	35,3	1,7	39,3	45,1	5,8	7	15	8

Результаты анализа динамики и трендов метеорологических параметров за вегетационный период (апрель-сентябрь) по всем зонам (рис. 3-7) показали:

– средняя температура в последние 10 лет выросла относительно базового периода (30 лет) в зоне НТА на $1,5^{\circ}\text{C}$, во всех остальных около 1°C , в ФД изменения незначительные (рис. 3);

– изменение количества осадков в среднем незначительно по всей территории страны (рис. 4);

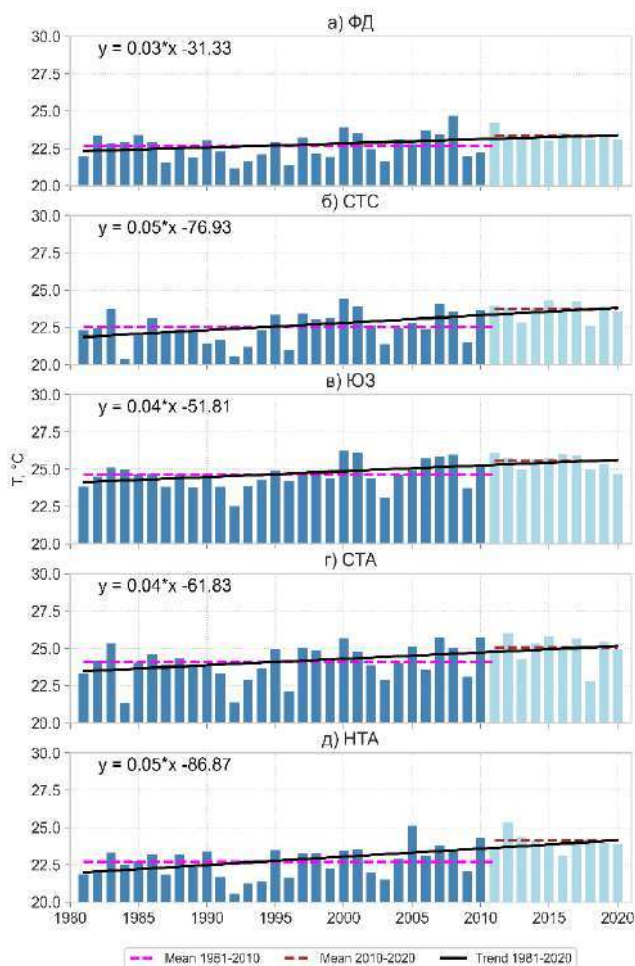


Рис. 3. Динамика средней температуры по зонам за вегетационный период 1981-2020 гг.

Fig. 3. The dynamics of the average temperature in territorial zoning for the vegetation season 1981-2020

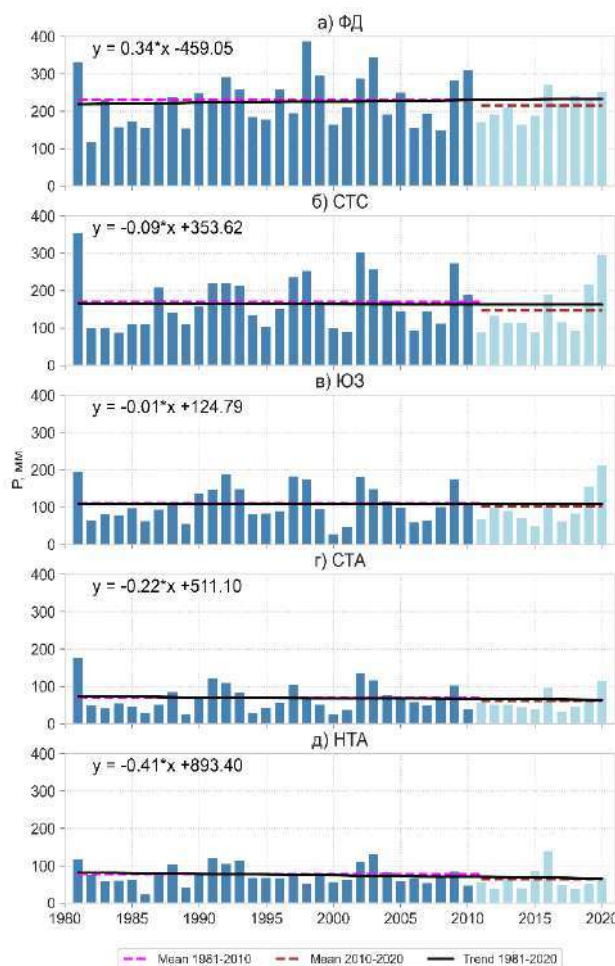


Рис. 4. Динамика суммы осадков по зонам за вегетационный период 1981-2020 гг.

Fig. 4. The dynamics of the precipitation in territorial zoning for the vegetation season 1981-2020

– изменения средних значений d (рис. 5) за периоды 1981-2010 гг. и 2011-2020 гг. незначительные, колеблются в пределах 2-4 гПа; наиболее стабильная ситуация наблюдается в ФД, в остальных зонах характер колебаний синхронный;

– наиболее подверженной атмосферной засухе является ЮЗ, в которой в последнее десятилетие в среднем наблюдается более 60 дней с числом дней с $d > 50$ гПа, и самый большой прирост по сравнению с климатическим периодом – 18 дней;

– в зоне СТА в среднем за период 2011-2020 гг. число дней с $d \geq 50$ гПа достигает 50, в отдельные годы (2014, 2015, 2017, 2018) это значение увеличивается до 60 дней;

– рост числа дней с $d > 50$ гПа более двух недель наблюдается в зонах НТА, СТС и ЮЗ (рис. 6).

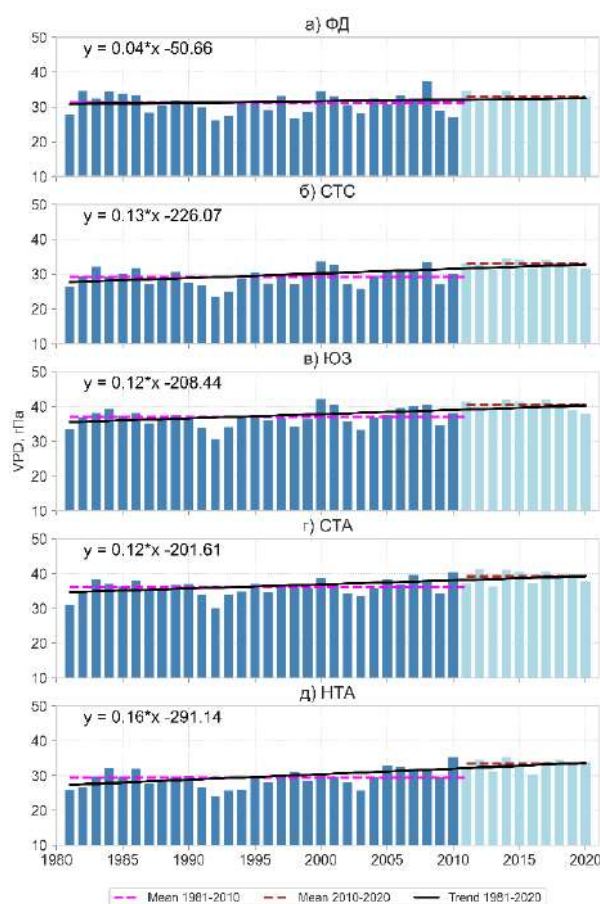


Рис. 5. Динамика среднего значения d по зонам за вегетационный период 1981-2020 гг.

Fig. 5. The dynamics of the average value of the d for territorial zoning for the growing season 1981-2020

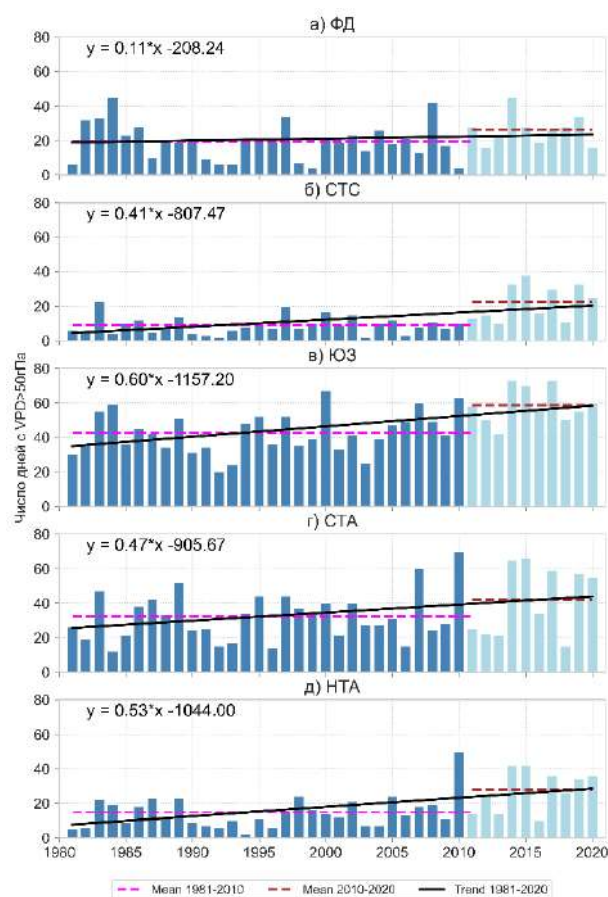


Рис. 6. Динамика числа дней с $d > 50$ гПа по зонам за вегетационный период 1981-2020 гг.

Fig. 6. Dynamics of the number of days from the $d > 50$ GPA for the territorial zoning for the growing season 1981-2020

На основе данных ERA-5 была построена карта распределения разности d за вегетацию между базовым периодом (1981-2010 гг.) и последним десятилетием (2011-2020 гг.). Наибольшие изменения, более 5 гПа, наблюдаются в ЮЗ (рис. 7), в зоне НТА преобладают территории с изменениями в 3-4 гПа, в зоне ФД ситуация осталась фактически неизменной.

Выводы. Анализ метеорологических данных реанализа ERA-5 для периода 1981-2020 гг. позволил выявить следующие особенности:

– внутригодовое изменение средних многолетних значений метеорологических параметров показывает, что зоны ЮЗ, СТА и НТА являются территориями наиболее подверженными высоким температурам и d ; наименьшие изменения температуры и d наблюдаются в ФД;

– изменения температуры, осадков относительно базового периода, в весенне-осенний сезоны подтверждают выводы, приведенные в работе [Wang, 2021], указывающие на увеличение продолжительности лета; такие изменения являются негативными так как

увеличивают период сухой и жаркой погоды, что создает соответствующие условия для формирования пыльно-песчаных бурь;

– по результатам расчета числа дней с $d \geq 50$ гПа за вегетационный период наиболее значительные изменения с признаками засушливости проявляются в зонах ЮЗ и НТА, особенно в 2011, 2014, 2015 и 2017 гг.; в зоне НТА, возможно, это связано с последствиями Аральского кризиса; изменения, происходящие в ЮЗ вероятней всего обусловлены характером циркуляционных процессов, требующими изучения.

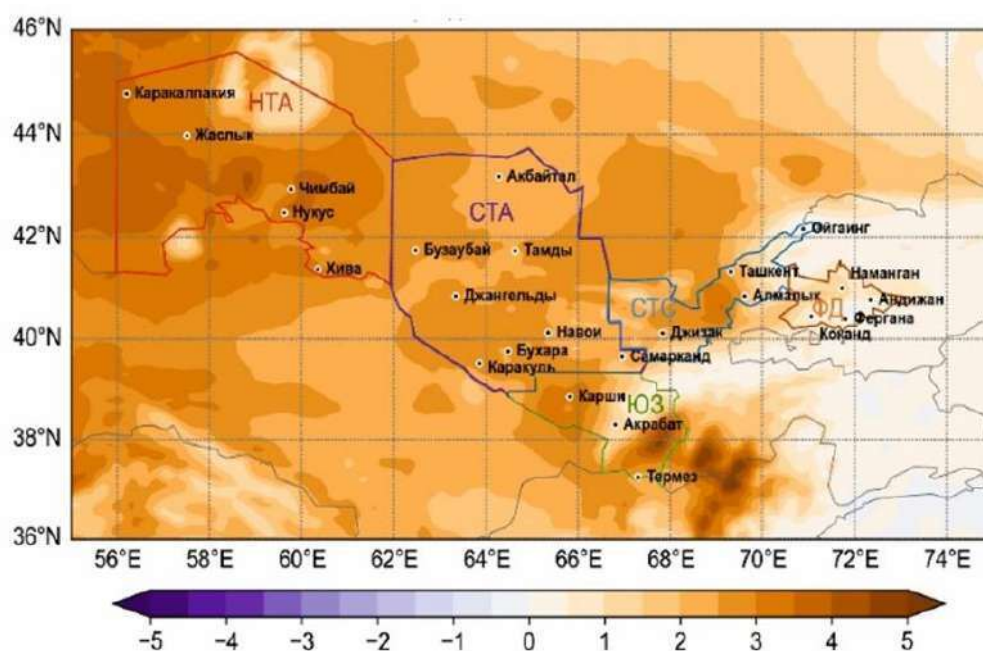


Рис. 7. Распределение разности d за вегетацию между периодами 1981-2010 гг. и 2011-2020 гг.

Fig. 7. Distribution of the d anomaly for the growing season between 1981-2010 and 2011-2020

Из вышесказанного следует, что в дальнейших исследованиях:

- целесообразно рассмотреть локальные особенности синоптических процессов в обозначенных зонах;
- необходимо уделить особое внимание изучению горных территорий, которые следует выделить как «подзоны»;
- для более детального исследования и выявления мелкомасштабных особенностей следует перейти к разбиению на большее количество зон; например, в работе [Kholmatjanov, 2020] рассматривается территориальное деление на 14 регионов;
- в результате незначительного изменения осадков, заметного роста температур и числа дней с $d \geq 50$ гПа для диагностики засухи необходимо рассматривать комплексные индексы засухи, которые учитывают не только осадки, но и температуру воздуха, например SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index);
- изучить взаимосвязь территорий подверженных засухе с очагами возникновения пыльно-песчаных бурь.

Благодарности. Настоящее исследование выполнена в рамках прикладного проекта АЛ-5721122055 “Разработка технологии системы мониторинга пыльных бурь с

использованием наземных и спутниковых данных”, финансируемого Министерством инновационного развития Республики Узбекистан.

Вклад авторов. Н.И. Рахматова: методология, написание текста, производство расчетов. **Л.Ю. Шардакова:** методология, написание текста, визуализация данных. **Б.Э. Нишонов:** постановка задачи, общее руководство, редактирование текста. **В.С. Рахматова:** сбор данных, обработка данных. **Р.В. Таряникова:** обоснование актуальности исследований. **Д.А. Беликов:** сбор данных, обработка данных, систематизация материала, анализ, визуализация данных. Все авторы прочитали и согласны с подготовленной к публикации версией рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

Бабушкин Л.Н. О климатической характеристике летней воздушной засухи и суховеев в хлопковой зоне Узбекистана. В кн.: Суховеи и их происхождение, и борьба с ними. 1974. – С. 59-64.

Вейсов С.К., Карибаева К.Н., Николаев Н.В., Исаходжаев Р.С., Бекмухамедов Н.Э. Ситуационный анализ: Песчаные и пыльные бури в Центральной Азии, Алматы 2021. – 74 с.

Государственный кадастр зон повышенной природной опасности часть: зоны повышенной опасности гидрометеорологических явлений (Ежегодное издание). Часть I (2005-2017 гг.). – Ташкент: Узгидромет.

Кутвал Х., Симонов Ю., Флеминг Д., Циркунов В., Гафуров А., Кулла Д. Укрепление гидрометеорологической службы и системы раннего оповещения о многофакторных опасных явлениях в Узбекистане. Дорожная карта. Всемирный банк. 2022.

ПРООН. Профиль климатических рисков Узбекистана. 2015. – 88 с.

Сводный отчет об оценке риска бедствий в странах Центральной Азии и Кавказа. Инициатива по управлению риском бедствий в Центральной Азии и на Кавказе. Всемирный Банк. 2019. – 206 с.

Спекторман Т.Ю., Плоцен М.А. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы территории Узбекистана // Изменение климата, причины, последствия и меры реагирования. – Бюллетень № 9. 2015. – С. 40-52.

Третье национальное сообщение об изменении климата Республики Узбекистан. Узгидромет, 2016. – 246 с.

Хамзина Т., Хасанханова Г., Денисова Е., Ибрагимов Р. Оценка уязвимости сельского и водного хозяйства к изменению климата для планирования и принятия решений в Узбекистане. Отчет проекта ГЭФ/ЮНЭП/Узгидромет «Узбекистан: Подготовка Четвертого Национального Сообщения и Первого Двухгодичного отчета по обновленным данным (ПДО) по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН)», 2020. (неопубликовано)

Щеглов Д.И., Громовик А.И. Основы геоморфологии: учебное пособие. Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ. 2017. – 178 с.

Alduchov O.A., Eskridge R.E. Improved Magnus form approximation of saturation vapor pressure // Journal of Applied Meteorology and Climatology. 1996. Т. 35. №. 4. – PP. 601-609.

Change I.C. et al. The physical science basis // Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 2013. Т. 1535. – P. 2013.

Dee D.P., Uppala S.M., Simmons A.J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., ... & Vitart F. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system // Quarterly Journal of the royal meteorological society. 2011. Т. 137. № 656. – PP. 553-597.

Hersbach H. et al. The ERA5 global reanalysis // Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Т. 146. № 730. – PP. 1999-2049.

IPCC A. IPCC Fifth Assessment Report – Synthesis Report. 2014.

IPCC. IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C. Summary for policy makers. October, 2018.

Kholmatjanov B.M., Petrov Yu.V., Khujanazarov T., Sulaymonova N.N., Abdikulov F.I., & Tanaka K. Analysis of Temperature Change in Uzbekistan and the Regional Atmospheric Circulation of Middle Asia during 1961–2016 // *Climate*. 2020. Т. 8. № 9. – P. 101.

Pachauri R.K., Allen M.R., Barros V.R., Broome J., Cramer W., Christ R., ... & van Ypserle J.P. Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, 2014. – 151 p.

Rakhmatova N., Arushanov M., Shardakova L., Nishonov B., Taryannikova R., Rakhmatova V., & Belikov D. Evaluation of the perspective of ERA-Interim and ERA5 reanalyses for calculation of drought indicators for Uzbekistan // *Atmosphere*. 2021. Т. 12. № 5. – P. 527.

Wang J., Guan Y., Wu L., Guan X., Cai W., Huang J., ... & Zhang B. Changing lengths of the four seasons by global warming // *Geophysical Research Letters*. 2021. Т. 48. № 6.

ЎЗБЕКИСТОН ХУДУДИДА ҚУРҒОҚЧИЛИКНИ ЕСМWF ERA-5 РЕАНАЛИЗ МАЪЛУМОТЛАРИ АСОСИДА БАҲОЛАШ

**Н.И. РАХМАТОВА¹, Л.Ю. ШАРДАКОВА¹, Б.Э. НИШОНОВ¹,
В.С. РАХМАТОВА^{1,2}, Р.В. ТАРИЯНИКОВА¹, Д.А. БЕЛИКОВ³**

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, natella.rakhmatova@gmail.com, lyudmila.shardakova@gmail.com, bnishonov@mail.ru, traisa_5@mail.ru

² Киото университети, Япония, valeria.rakhmatova@gmail.com

³ Чиба университети, Япония, dmitry.a.belikov@gmail.com

Аннотация. Ўзбекистон арид иқлим эга ва тез-тез такрорланувчи қурғоқчиликлар зонасида жойлашган бўлиб, улар чўлланиш жараёнлари таъсирини кучайтиради ва қум-чанг бўронлари ҳосил бўлишининг асосий омилли ҳисобланади. Қурғоқчиликни таҳлил қилишда кузатиш пунктларини етишмаслиги сабабли метеорологик маълумотлар муаммоси, масалан, узоқда жойлашган ҳудудларда, лалми ерларда ёки яйловларда, кузатилади. Мақолада атмосфера ERA-5 реанализ маълумотлари асосида қурғоқчиликни баҳолаш учун асосий метеорологик кўрсаткичлар тадқиқ қилинган. Ишда мамлакат ҳудуди асосий дарёлар ҳавзаларига боғланган ва географик белгилари, иқлимий характеристикалари, сув билан таъминланганлиги бир хил беишта зонага бўлинган ҳолда ўрганилган. Метеорологик кўрсаткичларнинг йил ичидаги ўзгаришлари таҳлил қилинган, Ўзгидрометда атмосфера қурғоқчилиги кўрсаткичи сифатида қўлланиладиган ҳаво намлиги дефицитининг узоқ муддатли трендлари ва ҳудудий ўзгаришлари аниқланган.

Калит сўзлар: қурғоқчилик, аридлик, ҳарорат, ёгинлар, ҳаво намлиги дефицити, ERA-5, реанализ, йил ичидаги ўзгаришлар, ҳудудий ўзгаришлар, Ўзбекистон.

ARIDITY ASSESSMENT OF UZBEKISTAN TERRITORY BASED ON REANALYSIS DATA ECMWF ERA-5

**N.I. RAKHMATOVA¹, L.Yu. SHARDAKOVA¹, B.E. NISHONOV¹,
V.S. RAKHMATOVA^{1,2}, R.V. TARYANNIKOVA¹, D.A. BELIKOV³**

¹ Hydrometeorological Research Institute, natella.rakhmatova@gmail.com, lyudmila.shardakova@gmail.com, bnishonov@mail.ru, traisa_5@mail.ru

² Kyoto University, Japan, valeria.rakhmatova@gmail.com

³ Chiba University, Japan, dmitry.a.belikov@gmail.com

Abstract. Uzbekistan has an arid climate and is located in the area affected by frequent droughts, which increase the impact of desertification and are a key factor in the formation of dust and sand storms. When analyzing aridity, there is often a problem with meteorological data due to the lack of an observation points, for example, in remote areas, rainfed areas or pastures. This article explores the main meteorological parameters for assessing atmospheric drought based on ERA-5 reanalysis data. The

work used an approach in which the country's territory was conditionally divided into five zones with homogeneous geographical features, climatic characteristics, water supply conditions with reference to the basins of the main rivers. An analysis of intra-annual changes in meteorological parameters was carried out, long-term trends and territorial changes in the values of air humidity deficit were obtained as an indicator of atmospheric drought used by Uzhydromet.

Keywords: drought, aridity, temperature, precipitation, air humidity deficit, ERA-5, reanalysis, trends, intra-annual dynamics, territorial change, Uzbekistan.

REFERENCES

Babushkin L.N. O klimaticheskoi harakteristike letnei vozdushnoi zasuhi i suhoveev v hlopkoy zone Uzbekistana [On the climatic characteristic of summer air drought and dry winds in the cotton zone of Uzbekistan]. V kn.: Sukhovei i ikh proiskhozhdenie, i borba s nimi. 1974. – S. 59-64. (in Russian)

Vejsov S.K., Karibaeva K.N., Nikolaev N.V., Isakhodzhaev R.S., Bekmukhamedov N.E. Situatsionnyi analiz: Peschanye i pylnye buri v Centralnoi Azii [Situational analysis: Sand and dust storms in Central Asia]. Almaty, 2021. – 74 s. (in Russian)

Gosudarstvennyi kadastr zon povyshennoi prirodnoi opasnosti chast: zony povyshennoi opasnosti gidrometeorologicheskikh yavlenii (Ezhegodnoe izdanie) [State cadastre of zones of increased natural hazard part: zones of increased danger of hydrometeorological phenomena (Annual Edition)]. Chast I (2005-2017 gg.). – Tashkent: Uzgidromet. (in Russian)

Kutval Kh., Simonov Yu., Fleming D., Czirkunov V., Gafurov A., Kulla D. Ukreplenie gidrometeorologicheskoi sluzhby i sistemy rannego opoveshheniya o mnogofaktornykh opasnykh yavleniyakh v Uzbekistane [Strengthening the hydrometeorological service and early warning system for multifactorial hazards in Uzbekistan]. Dorozhnaya karta. Vsemirnyj bank. 2022. (in Russian)

UNDP. Profil klimaticheskikh riskov Uzbekistana [Uzbekistan Climate Risk Profile]. 2015. – 88 s. (in Russian)

Svodnyi otchet ob ocenke riska bedstvii v stranakh Centralnoi Azii i Kavkaza. Initsiativa po upravleniyu riskom bedstvii v Centralnoi Azii i na Kavkaze [Consolidated Report on Disaster Risk Assessment in Central Asia and the Caucasus. Disaster Risk Management Initiative in Central Asia and the Caucasus]. Vsemirnyj bank. 2019. – 206 s. (in Russian)

Spektorman T.Yu. Ploczen M.A. Vliyanie izmenenie klimata na agroklimaticheskie resursy territorii Uzbekistana [Impact of climate change on the agroclimatic resources of the territory of Uzbekistan] // *Izmenenie klimata, prichiny, posledstviya i mery reagirovaniya.* – Byulleten No. 9. 2015. – S. 40-52. (in Russian)

Tret'e nacionalnoe soobshhenie ob izmenenii klimata Respubliki Uzbekistan [Third National Communications on Climate Change of the Republic of Uzbekistan]. Uzgidromet, 2016 – 246 s. (in Russian)

Khamzina T., Khasankhanova G., Denisova E., Ibragimov R. Ocenka uyazvimosti selskogo i vodnogo khozyajstva k izmeneniyu klimata dlya planirovaniya i prinyatiya reshenii v Uzbekistane. [Assessing the vulnerability of agriculture and water to climate change for planning and decision-making in Uzbekistan]. Otchet proekta GEF/UNEP/Uzgidromet «Uzbekistan: Podgotovka Chetvertogo Natsionalnogo Soobshheniya i Pervogo Dvukhgodichnogo otcheta po obnovlennym dannym (PDO) po Ramochnoy Konvensii OON ob izmenenii klimata (RKIK OON)», 2020. (unpublished) (in Russian)

Sheglov D.I., Gromovik A.I. Osnovy geomorfologii [Fundamentals of geomorphology]. Uhebnoe posobie. Voronezhskii gosudarstvennyi universitet. – Voronezh: Izdatelskiy dom VGU. 2017. – 178 s. (in Russian)