

РЕГИОНАЛЬНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА СРЕДНЕЙ АЗИИ

Холматжанов Б.М., Петров Ю.В., Асатов А.П., Абдикулов Ф.И.

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,

Ташкент, Республика Узбекистан

bkhol@mail.ru, yuvpet@mail.ru

Введение. Сельскохозяйственное производство стран, расположенных в Средней Азии, как впрочем, и другие отрасли экономики, сильно зависит от климатических условий. Согласно оценкам многочисленных экспертов было показано, что в течение XXI века под воздействием ряда факторов климат Средней Азии будет изменяться [1]. Согласно их прогнозам, ожидается существенное повышение среднегодовой температуры воздуха, и как результат, значительное уменьшение количества атмосферных осадков. В результате таких изменений в регионе возможна экологическая катастрофа, заключающаяся в остром дефиците водных ресурсов, и как следствие этого резкое снижение производства сельхозпродуктов. В связи с этим обстоятельством возникает необходимость всестороннего исследования данной проблемы.

Целью работы является изучение изменения климата предгорных и горных районов Узбекистана (на примере Ташкентской области) в течение периода 1991-2012 гг. и выявление его причин.

Исходные материалы и методика исследования. В ходе выполнения исследований были использованы данные метеорологических наблюдений десяти станций Узбекистана, расположенных в Ташкентской области, а также календари синоптических процессов Средней Азии за период 1961-2012 гг. [3]. Применены общепринятые в метеорологических исследованиях методы – статистического и сравнительного анализа.

Результаты и их обсуждение. Количественная оценка степени изменения климата выполнена на основе сравнительного анализа двух основных климатических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков. Для температуры воздуха к анализу привлечены данные за базовый климатический (1961-1990 гг.) и текущий (1991-2012 гг.) периоды. Для определения изменений в структуре количества осадков были использованы данные за периоды 1976-2005 и 1991-2012 гг.

Территория Узбекистана делится на три основные ландшафтные зоны: пустыни и засушливые степи, предгорья и горы. Ташкентская область территориально располагается в предгорном и горном поясах.

Многолетние, среднемесячные и среднегодовые значения температуры воздуха, рассчитанные на основе данных метеорологических наблюдений станций Ташкентской области, приведены в таблице 1. Данные таблицы показывают, что в текущем климатическом периоде на всех рассматриваемых станциях произошло увеличение многолетней среднегодовой температуры воздуха относительно базового климатического

периода. Наименьшее увеличение произошло на станции Сукок, где изменение составило всего 0,2°C. Наибольшее повышение многолетней среднегодовой температуры отмечено на станциях Туябугуз и Каунчи (соответственно 1,1°C и 1,2°C).

Таблица 1

Средняя месячная и годовая температура воздуха в различные периоды наблюдений, °С (1 – 1961-1990 гг. [4], 2 – 1991-2012 гг.)

Станция	Высота н.у.м., м	Период	Месяцы												Год
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кокарал	340	1	-1,6	0,8	8,1	15,5	20,7	24,9	25,9	23,3	18,4	12,2	6,1	1,2	13,0
		2	-0,2	2,6	8,9	15,5	20,4	24,8	25,6	23,8	18,5	12,8	6,7	1,2	13,4
Каунчи	341	1	-1,4	1,1	8,2	15,4	20,8	25,8	27,1	24,5	19,3	12,6	6,4	1,4	13,4
		2	0,4	3,1	9,4	16,0	21,3	26,6	28,2	26,0	20,8	14,3	7,5	1,7	14,6
Туябугуз	404	1	-0,7	1,7	8,4	15,8	21,0	25,8	27,2	24,9	20,1	13,5	7,2	2,2	13,9
		2	1,0	3,6	9,7	16,4	21,4	26,4	27,7	26,8	21,5	15,0	8,4	2,5	15,0
Ташкент	477	1	0,6	2,5	8,5	15,4	20,3	25,6	27,6	25,5	20,0	13,3	7,8	3,4	14,2
		2	1,9	3,9	9,8	15,8	20,6	25,9	27,8	26,5	21,0	14,5	8,6	3,5	15,0
Алмалык	507	1	1,2	2,6	8,3	16,4	21,1	26,4	28,2	26,1	21,0	13,9	8,3	3,9	14,8
		2	1,4	3,8	9,7	16,4	21,2	28,0	28,1	26,5	21,5	15,0	8,7	3,0	15,3
Ангрен	942	1	0,1	1,1	6,4	13,7	18,4	23,7	26,2	24,2	19,3	12,5	7,1	2,8	13,0
		2	0,8	2,7	7,9	14,0	19,2	23,8	25,7	24,5	19,7	13,1	7,7	2,0	13,4
Пскем	1257	1	-3,6	-2,5	2,6	10,2	14,4	18,8	22,1	21,6	16,5	9,6	3,8	-0,8	9,4
		2	-3,1	-1,7	3,3	10,4	14,4	18,8	21,7	21,7	16,9	10,4	4,5	-0,9	9,7
Сукок	1352	1	-0,5	0,1	4,6	11,2	15,7	21,1	23,7	22,3	17,5	11,2	6,2	2,2	11,3
		2	-0,1	1,0	5,5	11,7	15,8	20,9	23,1	22,5	17,6	11,8	6,6	2,2	11,5
Камчик	2145	1*	-5,3	-5,2	-1,8	4,9	9,4	14,7	17,8	17,5	12,9	5,8	0,9	-3,2	5,7
		2	-5,6	-4,5	-0,4	5,6	10,1	15,1	17,5	17,3	12,8	6,6	1,3	-4,4	6,0
Ойгаинг	2151	1	-10,6	-9,7	-4,9	1,7	7,6	12,0	15,0	15,2	10,2	3,3	-3,9	-8,0	2,3
		2	-9,8	-8,9	-4,0	1,9	8,1	12,3	15,1	15,3	10,9	3,9	-2,2	-7,7	2,9

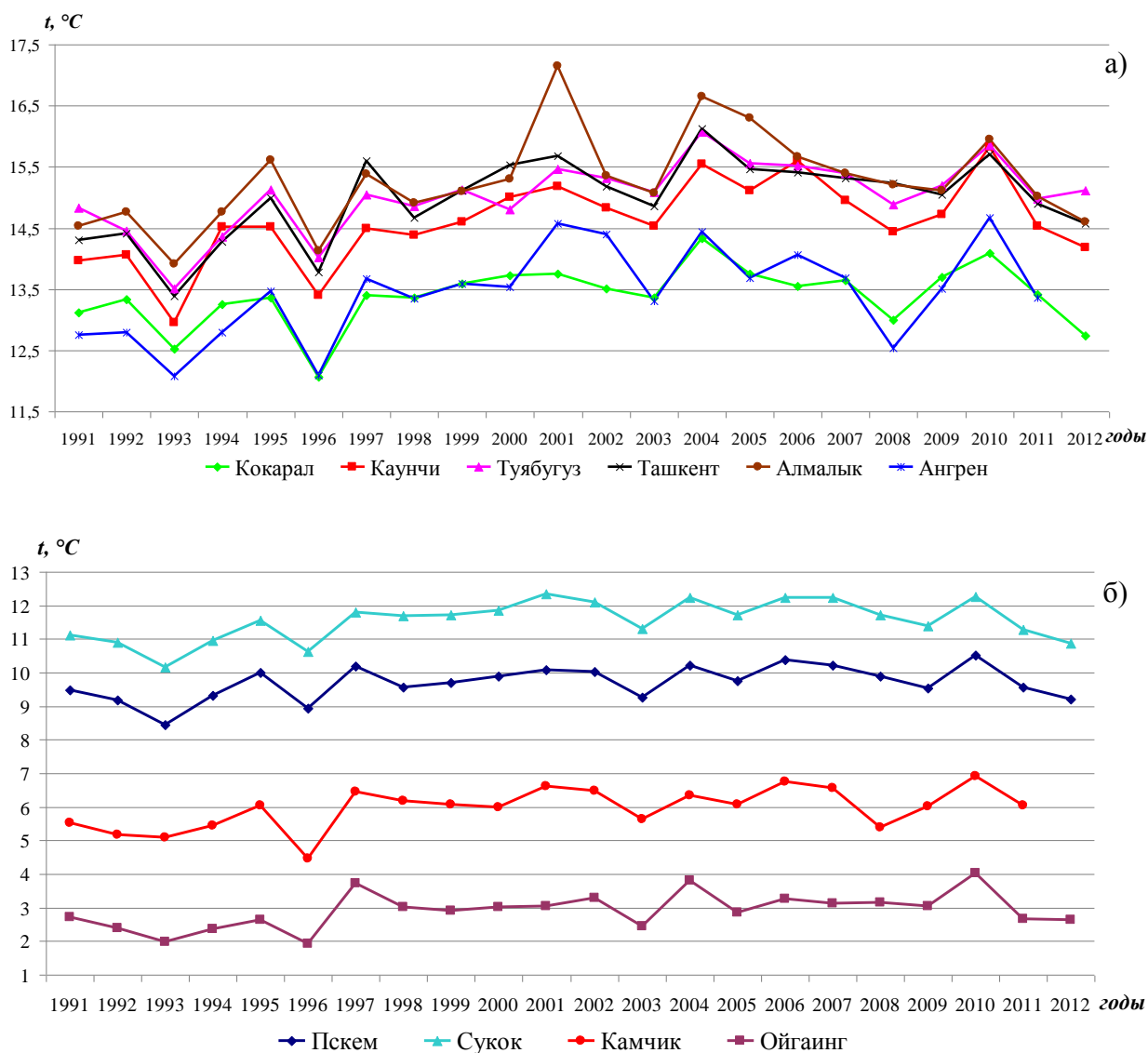
* данные 1971-2005 гг.

Анализ значений многолетних среднемесячных температур показал, что увеличение среднегодовой температуры произошло в основном за счет ее увеличения в холодное полугодие (октябрь-март) (см. табл. 1). При этом в предгорном поясе увеличение значений температуры больше, чем в горных районах.

Межгодовое изменение средней годовой температуры воздуха показывает, что на всех станциях наблюдалось увеличение данного показателя до 2004 г., после чего прослеживается тенденция ее понижения (рис. 1). Вместе с тем в межгодовом изменении амплитуда колебаний температуры воздуха в предгорьях значительно больше, чем в горах.

Как показывают данные многолетнего среднемесячного количества атмосферных осадков, в климатическом периоде 1976-2005 гг. максимум осадков в предгорьях наблюдался в марте, а в горах основной максимум приходился на апрель, второй максимум – на декабрь (табл. 2, рис. 2а). Исключением является станция Пскем, где основной максимум осадков наблюдался в декабре. В текущем периоде, кроме станций Кокарал и Алмалык, на предгорных станциях максимум осадков сместился на февраль. Некоторые изменения произошли в режиме осадков и на горных станциях. На всех этих станциях в декабре и январе количество осадков немного уменьшилось. В Пскеме основной максимум сместился на февраль, второй –

на ноябрь. На остальных станциях основной максимум сохраняется в апреле, второй максимум сместился на февраль (табл. 2, рис. 2б). Минимум атмосферных осадков на всех станциях наблюдается в августе.



**Рисунок 1. Межгодовое изменение среднегодовой температуры воздуха
а) предгорные станции, б) горные станции**

На всех станциях, за исключением Каунчи, в текущем периоде произошло увеличение среднегодового количества атмосферных осадков относительно к периоду 1976-2005 гг. Наибольшее увеличение количества осадков наблюдается на станциях Пскем (+46,1 мм), Сукок (+43,2 мм) и Камчик (+57,4 мм). Сравнение значений количества осадков за холодный и теплый полугодия показало, что увеличение годовых значений данного показателя произошло за счет увеличения количества осадков в холодное полугодие.

Таблица 2

Среднее месячное и годовое количество осадков в различные периоды наблюдений, мм (1 – 1976-2005 гг. [4], 2 – 1991-2012 гг.)

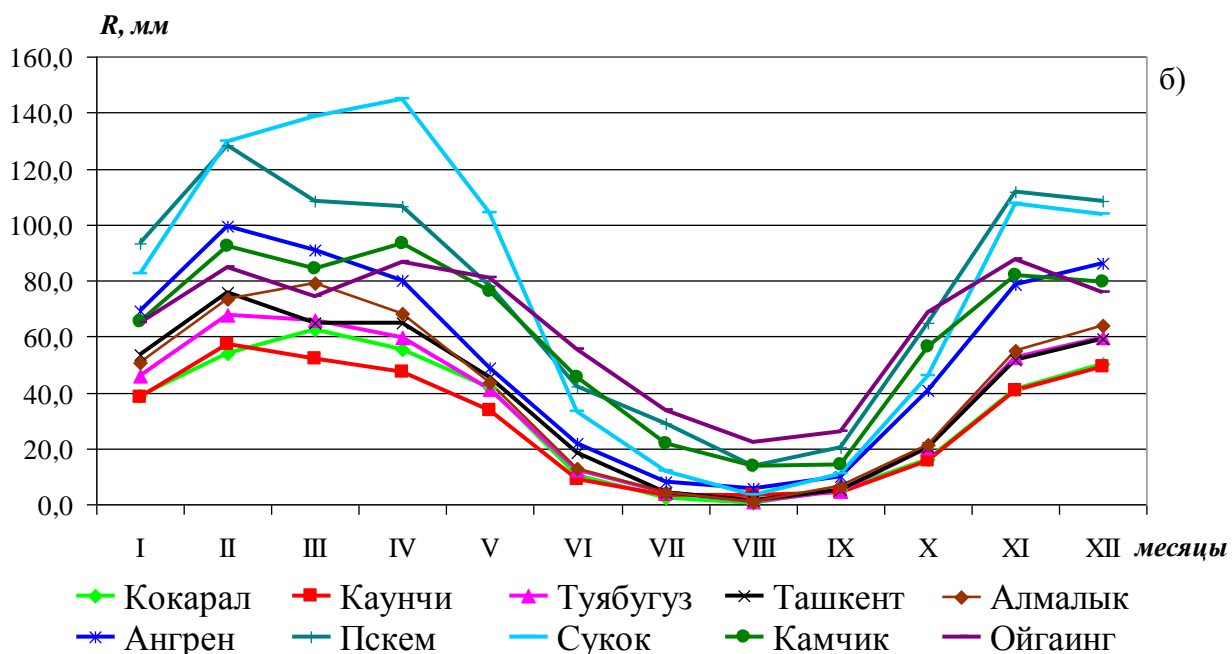
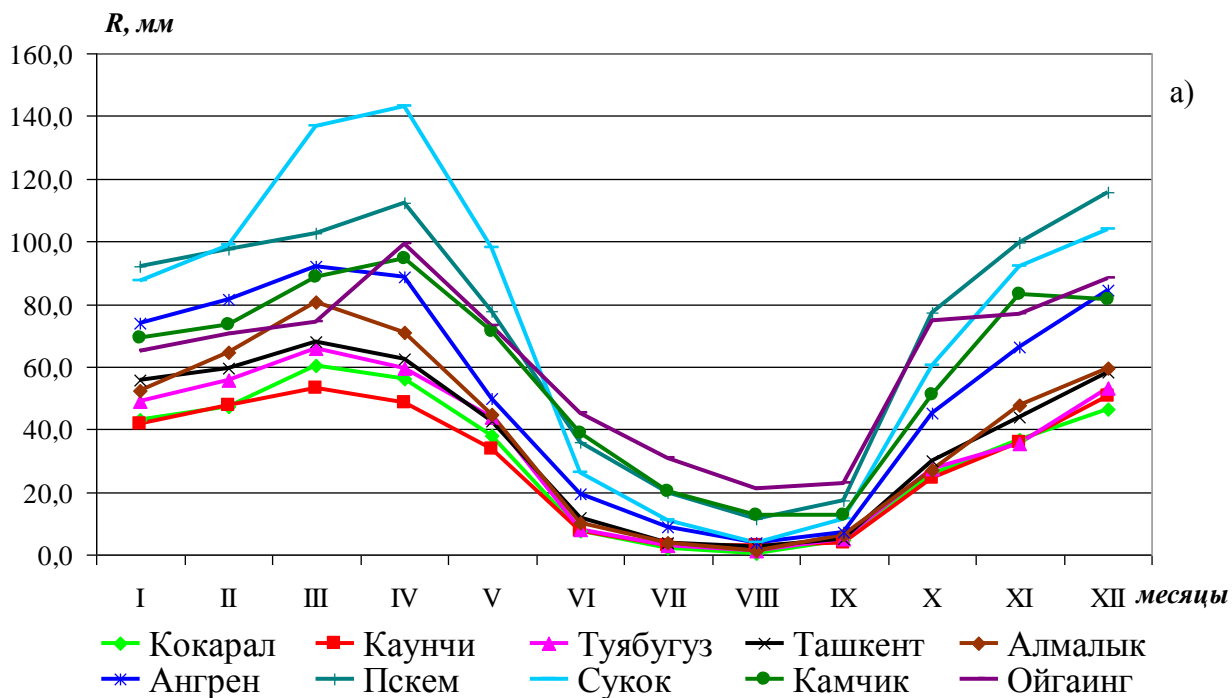
Станция	Период	Месяцы												XII	ТП	Год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
Кокарал	1	43,1	47,3	60,3	56,1	37,8	7,4	2,2	0,4	4,6	25,8	36,6	46,5	233,8	134,3	368,1
	2	38,9	54,1	62,7	55,5	41,6	10,2	2,2	0,5	5,3	16,0	41,4	50,4	247,5	131,2	378,8
Каунчи	1	41,8	47,6	53,3	48,6	33,9	7,5	3,0	3,0	4,0	24,6	35,8	50,5	229,0	124,6	353,6
	2	38,2	57,3	52,2	47,2	33,7	8,8	3,2	3,5	4,3	15,6	40,6	49,0	237,3	116,3	353,5
Туябугуз	1	49,0	55,8	65,9	59,4	43,8	7,9	2,8	1,2	4,9	27,3	35,3	53,2	259,4	147,3	406,7
	2	46,0	67,7	66,0	59,8	41,1	12,1	4,0	0,8	4,7	20,2	52,4	59,7	291,9	142,8	434,7
Ташкент	1	55,6	59,4	68,0	62,3	42,7	11,9	4,0	2,7	5,0	30,1	44,0	58,1	285,1	158,7	443,8
	2	53,5	75,8	65,1	64,7	45,4	18,3	4,2	1,6	5,0	20,5	51,6	59,3	305,3	159,7	465,0
Алмалык	1	52,4	64,7	80,5	71,1	44,6	10,2	3,6	1,2	6,4	27,2	47,8	59,6	305,0	164,3	469,3
	2	50,7	73,3	78,9	68,3	43,7	12,6	4,3	1,2	6,4	21,3	55,0	63,8	321,7	157,7	479,4
Ангрен	1	74,0	81,6	92,0	88,7	49,9	19,6	9,0	4,0	7,0	45,0	66,3	84,4	398,3	223,2	621,5
	2	69,0	99,2	90,9	80,2	48,9	21,6	8,1	5,6	10,0	40,8	78,4	86,1	423,5	215,2	638,7
Пскем	1	92,0	97,6	102,7	112,1	77,5	35,7	20,0	11,6	17,5	77,3	99,5	115,8	507,6	363,7	859,3
	2	93,4	128,2	108,6	106,4	78,3	42,3	29,1	13,9	20,4	65	111,5	108,2	549,9	355,5	905,4
Сукок	1	87,5	98,6	136,9	143,2	98,1	26,2	11,1	3,9	11,6	60,5	91,9	103,7	518,6	354,5	873,2
	2	82,3	129,8	138,8	144,7	104,1	33,4	11,9	3,5	10,7	46,1	107,4	103,8	562,1	354,3	916,4
Камчик	1	69,2	73,5	88,5	94,4	71,3	38,9	20,4	12,6	12,8	51,1	83,1	81,4	347,4	319,5	666,9
	2	65,2	92,4	84,3	93,5	76,1	45,5	21,6	13,7	14,4	56,1	81,1	79,7	403,4	320,9	724,3
Ойгаинг	1	64,9	70,3	74,5	99,1	73,0	45,0	31,0	20,9	22,9	74,8	76,8	88,3	374,8	366,7	741,5
	2	64,8	84,9	74,5	86,4	81,1	55,6	33,7	22,1	25,9	68,6	87,3	75,7	387,3	373,5	760,7

Рассмотрим распределение количества осадков по высотным поясам. Согласно данным табл. 2 с увеличением высоты количество осадков увеличивается в слое 300-500 м со средним градиентом 70 мм/100 м, в слое 500-1000 м – 40 мм/100 м, в слое 100-1300 м – 90 мм/100 м, а в вышележащем 800-метровом слое (1300-2100 м) уменьшается со средним градиентом –30 мм/100 м. Определенным различием между предгорным и горным поясами является выпадение достаточно большого количества осадков в теплое полугодие в горах. Так, на станциях Пскем, Сукок, Камчик и Ойгаинг в теплое полугодие выпадают осадки, количество которых составляют примерно годовое значение количества осадков на станциях Кокарал и Каунчи. В этом полугодии в предгорных районах выпадают незначительное количество осадков. Период июль-сентябрь является особенно сухим, сумма месячных осадков не превышает 10-15 мм.

Межгодовое изменение годового количества атмосферных осадков для всех станций показывает большую нелинейность их распределения (рис. 3). Абсолютный максимум количества осадков в текущем климатическом периоде наблюдался в 1993 году. Последующие ярко выраженные максимумы отмечены в 1998 и 2003 годах. В межгодовом изменении амплитуда колебаний среднегодовой суммы осадков в горах больше, чем в предгорьях. К концу рассматриваемого периода, особенно на предгорных станциях, амплитуда колебаний заметно уменьшается.

В 1996 году на станциях Пскем, Камчик и Ойгаинг, в 2006 году на станциях Пскем и Ойгаинг, в 2009 году на станции Сукок прослеживаются ощутимые различия от общего режима количества осадков. Анализ данных метеорологических наблюдений показал, что в эти годы на указанных станциях в теплое полугодие выпало больше осадков, чем в холодное полугодие. В апреле 1996 года на станциях Пскем, Камчик и Ойгаинг, в апреле 2009 года на станции Сукок выпало 2,2-2,6 месячных нормы, в

октябре 2006 года на станциях Пскем и Ойгаинг зарегистрировано 3 месячных нормы осадков.



**Рисунок 2. Внутригодовое изменение многолетнего среднемесячного количества атмосферных осадков
а) 1976-2005 гг., б) 1991-2012 гг.**

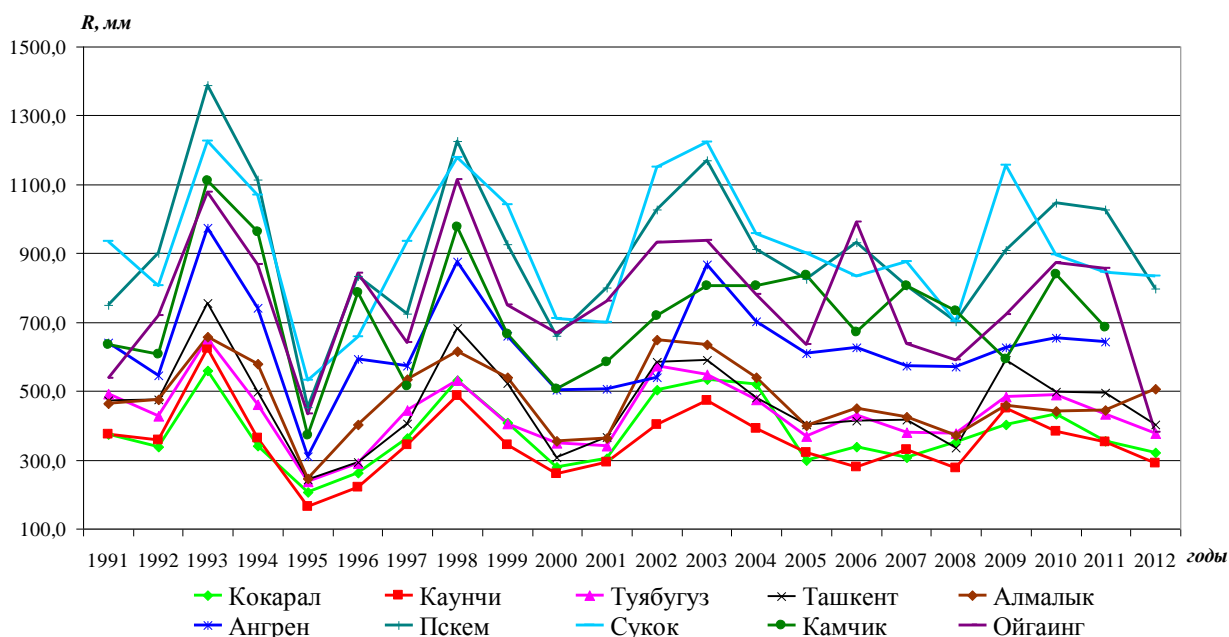


Рисунок 3. Межгодовое изменение годового количества атмосферных осадков

Возникает естественный вопрос – «Следствием каких процессов являются отмеченные нами изменения?».

С динамической точки зрения погода и климат Средней Азии определяется региональной циркуляцией атмосферы над Средней Азии, которая является составной частью общей циркуляции атмосферы [2]. Все разнообразие естественных синоптических процессов над Средней Азией, принято подразделять на следующие типы:

- 1 – южнокаспийский циклон;
- 2 – мургабский циклон;
- 3 – верхнеамударьинский циклон;
- 4 – широкий вынос теплого воздуха;
- 5 – северо-западное холодное вторжение;
- 6 – северное холодное вторжение;
- 7 – волновая деятельность на холодном фронте;
- 8 – малоподвижный циклон над Средней Азией;
- 9 – юго-западная периферия антициклона;
- 9а – юго-восточная периферия антициклона;
- 9б – южная периферия антициклона;
- 10 – западное вторжение;
- 11 – летняя термическая депрессия;
- 12 – малоградиентное поле повышенного давления;
- 13 – малоградиентное поле пониженного давления;
- 14 – западный циклон;
- 15 – ныряющий циклон.

Появление синоптических процессов 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 14 и 15 сопровождаются в Средней Азии, особенно в горных ее районах, выпадением атмосферных осадков, остальные типы обуславливают погоду без осадков.

Сравнение атмосферной циркуляции над Средней Азией в прошлые, базовый и текущий климатические периоды показал, что от периода к периоду происходят значительные изменения в ее структуре. Количественными мерами таких изменений являются повторяемость типов синоптических процессов и их суммарная продолжительность. Исходя из этого, в последние годы все более возрастает интерес к изучению статистических характеристик типов синоптических процессов Средней Азии [2, 3].

Рассмотрим изменения в структуре повторяемости типов синоптических процессов (рис. 4). В базовом климатическом периоде (1961-1990 гг.) самую большую повторяемость имела юго-западная периферия антициклона (35,0 случаев) и западное вторжение (33,4 случая) (рис. 4а). В холодное полугодие этот показатель составляет 23,0 и 16,3 случаев и 12,0 и 17,1 случаев в теплое полугодие, соответственно (рис. 4б, в). Южная периферия антициклона (тип 9б) в течение года наблюдалась в 20,2 случаях. Следующие места по значимости занимали малоградиентное поле повышенного давления (19,4 случаев), северо-западное холодное вторжение (18,6 случаев), малоградиентное поле пониженного давления (17,5 случаев), южнокаспийский циклон (12,2 случаев), волновая деятельность на холодном фронте (9,9 случаев), малоподвижный циклон над Средней Азией (9,4 случаев), северное холодное вторжение (8,3 случаев) и юго-восточная периферия антициклона (7,4 случаев). Остальные типы относятся к редким и их повторяемости невелики. Необходимо подчеркнуть, что типы 5, 6, 9а, 12, 13 имеют большую повторяемость в теплое полугодие, а типы 1, 2, 7, 8 – в холодное.

В текущем климатическом периоде в структуре повторяемости синоптических процессов произошли существенные изменения. Повторяемость западных вторжений стала занимать первое место (38,2 случаев), юго-западная периферия антициклона стала наблюдаться немного меньше (34,5 случаев). Существенно увеличилась повторяемость малоградиентных полей повышенного и пониженного давлений (32,1 и 28,5 случаев, соответственно). Увеличились повторяемости типов 1, 2, 9а и 9б (24,5, 13,2, 9,6 и 9,5 случаев, соответственно). Значительно уменьшились повторяемости типов 5 и 6, и как следствие типа 7. Также значительно уменьшилась повторяемость 8 типа.

Изменения произошли и в структуре продолжительности типов синоптических процессов (рис. 5). В базовом климатическом периоде типы 9 и 10 имели наибольшую суммарную продолжительность: 63,2 и 63,5 дней, соответственно. В текущем периоде их продолжительность немного уменьшилась, и составила 58,0 и 58,8 дней, соответственно. Существенные изменения произошли в продолжительности типов 12 и 13. Так, если их продолжительности в базовом климатическом периоде составляли 30,4 и 38,5 дней, то в текущем периоде этот показатель был равен 55,1 и 66,7 дням, соответственно. Незначительно увеличились продолжительности типов 9а и 9б. Разница между продолжительностями этих типов в базовом и текущем

климатическом периодах составило 3,4 и 1,7 дней. Достаточно большие изменения произошли и в продолжительностях типов 1, 5, 6, 7 и 8.

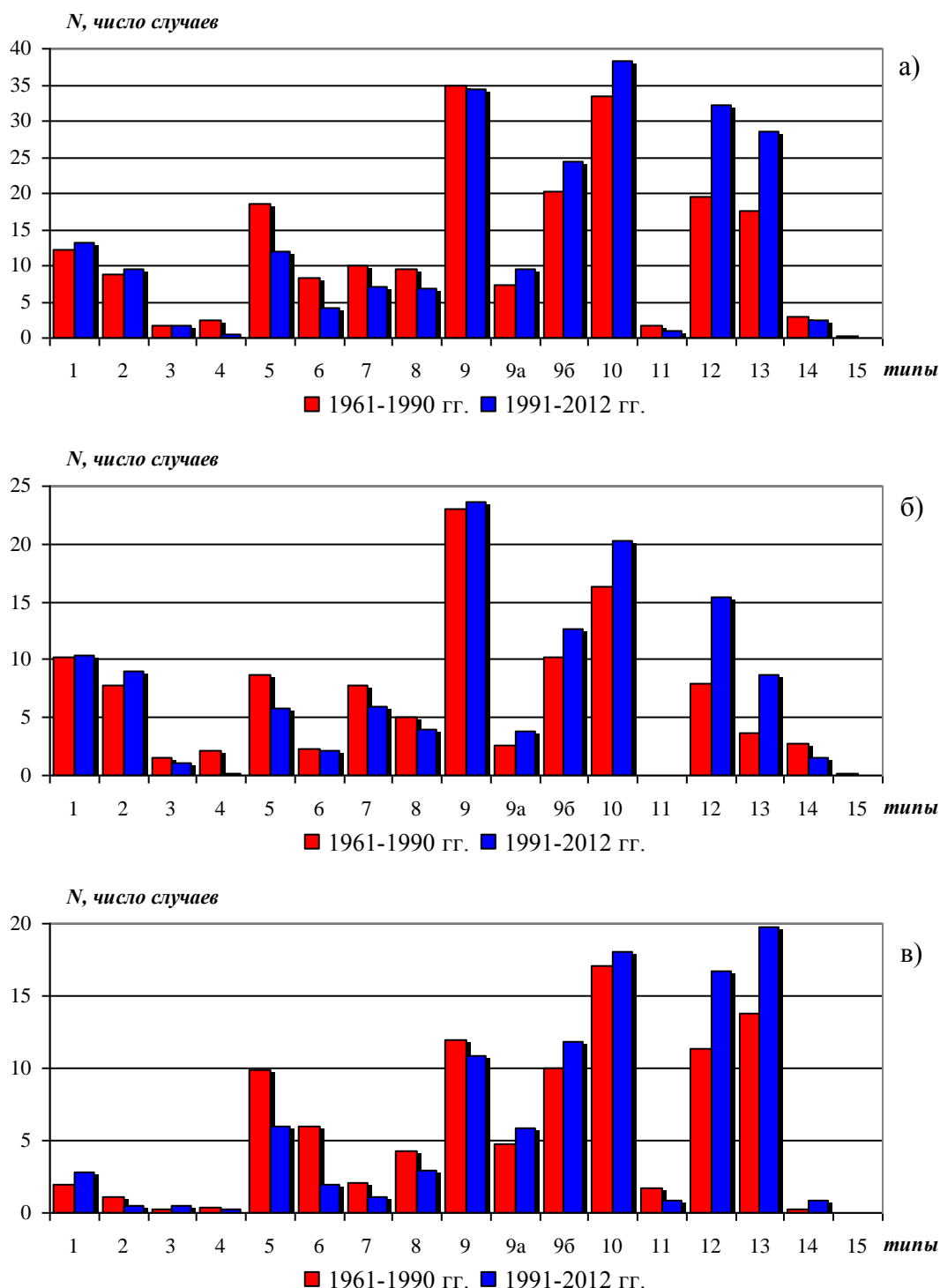


Рисунок 4. Повторяемости типов синоптических процессов Средней Азии в зависимости от их продолжительности (число случаев)

Тенденция изменения годовой суммарной продолжительности всех типов характерно как для холодного, так и теплого полугодия. Исключением является тип 10, для которого в уменьшении годовой суммарной продолжительности решающим оказалось теплое полугодие.

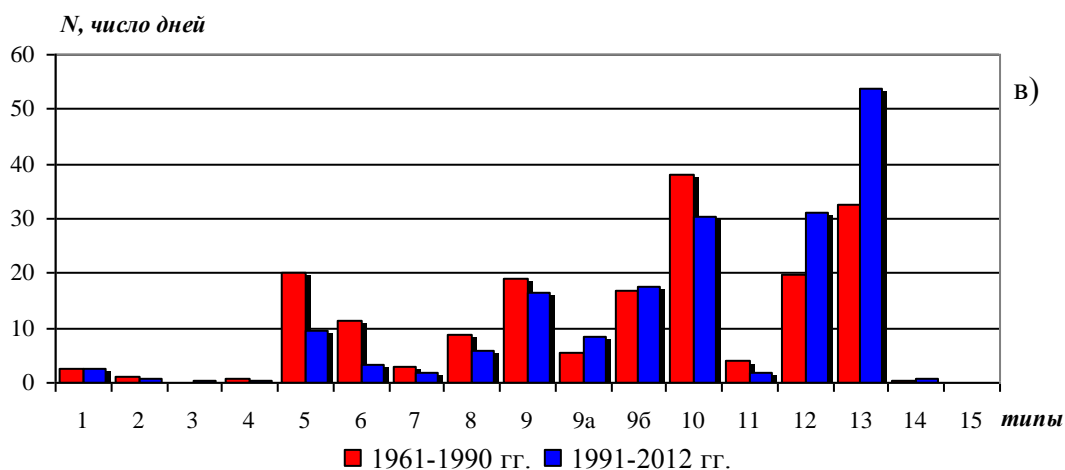
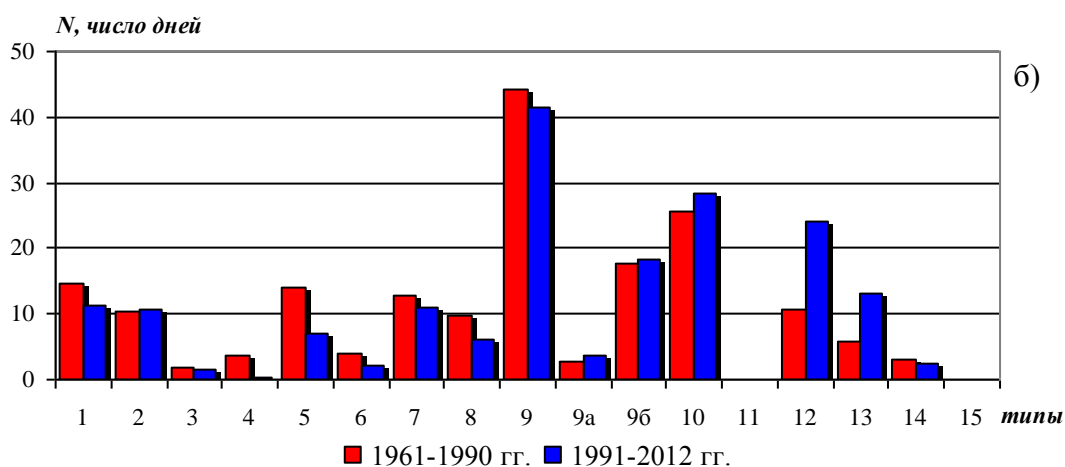
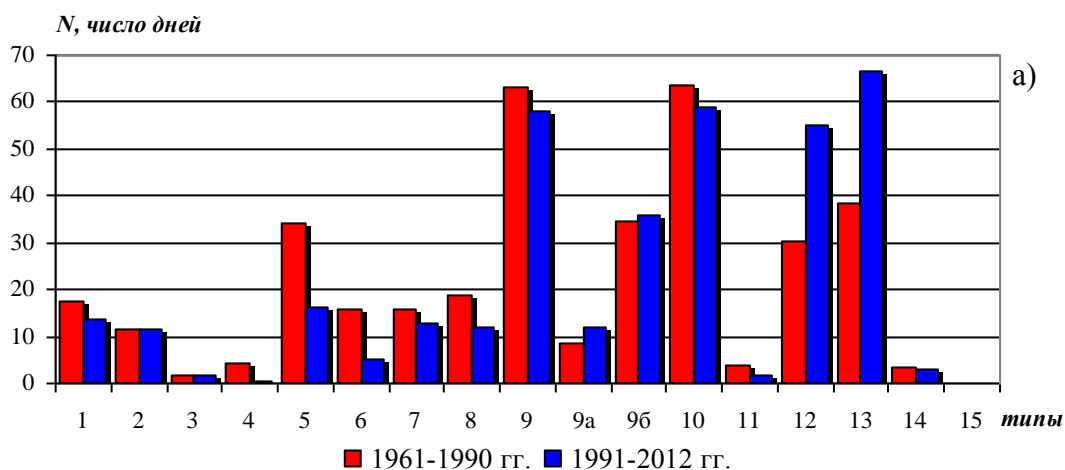


Рисунок 5. Суммарная продолжительность типов синоптических процессов Средней Азии (число дней)

Таким образом, изменения в структуре, как повторяемости, так и продолжительности отдельных типов синоптических процессов обусловили вышеизложенные изменения в режимах температуры воздуха и атмосферных осадков в Ташкентской области. Если повышение температуры воздуха было связано в основном с уменьшением повторяемости и продолжительности северо-западных и северных холодных вторжений и значительным увеличением повторяемости и продолжительности малоградиентных полей

повышенного и пониженного давлений, то увеличение количества атмосферных осадков объясняется увеличением повторяемости 1, 2 и 10 типов, а также увеличением продолжительности типа 10 в холодное полугодие. Необходимо отметить, что хотя частота появления типов 1, 2 и 10 увеличилась, длительность их протекания немного сократилась.

Все вышеизложенные факты свидетельствуют о том, что в структуре региональной циркуляции атмосферы произошло уменьшение меридиональной и увеличение зональной составляющих.

Для количественной оценки изменения продолжительности осадкообразующих типов синоптических процессов предлагаем использовать следующий индекс циркуляции:

$$C = \frac{n_1 - n_2}{n_1},$$

где, n_1 – годовая суммарная продолжительность осадкообразующих синоптических процессов, n_2 – годовая суммарная продолжительность типов синоптических процессов, не дающих осадков.

Многолетний ход данного индекса представлен на рис. 6. Как видно из рисунка, индекс показывает тенденцию сильного уменьшения.

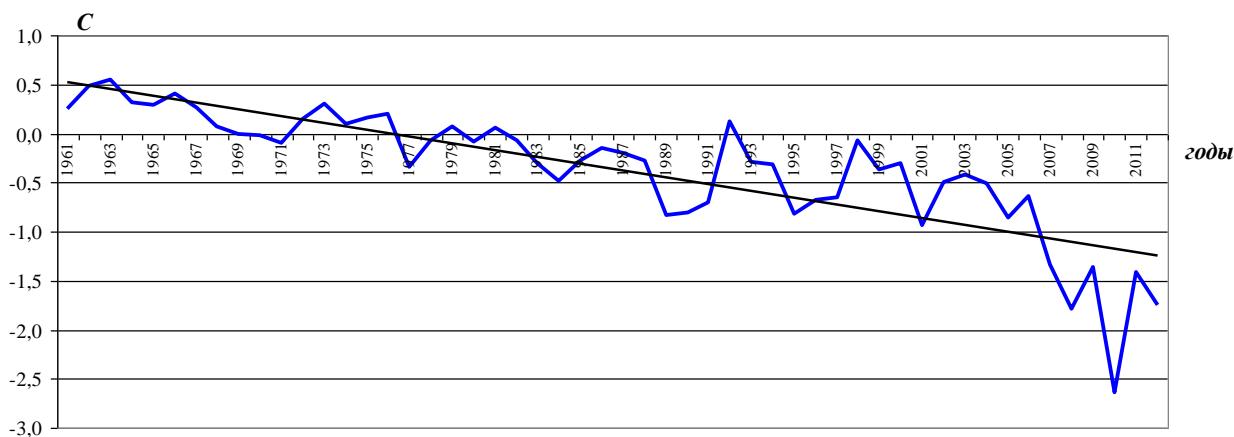


Рисунок 6. Межгодовое изменение индекса циркуляции

Заклучение. Подводя итоги данного исследования, отметим следующие. Во-первых, произошло увеличение средней для периода температуры воздуха, что соответствует климатическим прогнозам. Однако, после 2004-2005 гг. наблюдается тенденция к уменьшению данного показателя. Во-вторых, произошло достаточно ощутимое увеличение количества атмосферных осадков, что противоречит климатическим прогнозам. В-третьих, эти изменения в режимах температуры воздуха и атмосферных осадков объясняются изменениями в структуре региональной циркуляции атмосферы. В-четвертых, статистические показатели повторяемости и продолжительности синоптических процессов не в полной мере отражают климатическое изменение в регионе. Сдвиг

продолжительности в сторону процессов, не благоприятных для выпадения осадков, к их уменьшению не привёл. Напротив, количество осадков возросло как в тёплое, так и в холодное полугодие года. Этот кажущийся парадокс объясняется тем, что увеличилось влагосодержание воздушных масс, поступающих в Узбекистан с акватории Атлантического океана.

Полученные результаты убедительно утверждают, что основной причиной регионального потепления климата является изменение формы циркуляции атмосферы в северном полушарии: а именно преобладающим стал тип W.

Таким образом, под влиянием одного из основных климатообразующих факторов – циркуляционного, происходило региональное потепление в Средней Азии.

Список использованной литературы

1. Изменение климата. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в подготовку третьего доклада МГЭИК / Под ред. Т. Уотсона. – Женева, 2003.
2. Инагамова С.И., Мухтаров Т.М., Мухтаров Ш.Т. Особенности синоптических процессов Средней Азии. – Ташкент: САНИГМИ, 2002. – 486 с.
3. Календари типов синоптических процессов Средней Азии / Под ред. С.И. Инагамовой. – Ташкент: НИГМИ, 2013. Вып. 1-4.
4. Чанышева С.Г., Смирнова Е.Н. Климатическое описание Ташкентского вилоята. – Ташкент: НИГМИ, 2011. – 162 с.