

Жексенбаева А.К.

АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ ИЗБЫТОЧНО ВЛАЖНЫХ И СУХИХ ПЕРИОДОВ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ КАЗАХСТАНА

A.K. Zheksenbaeva

ATMOSPHERIC CIRCULATION OF THE EXUBERANTLY WET AND DRY PERIODS OF THE NORTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN

УДК: 55.556.551.5. (50,57).569.589

На основе статистической оценки среднемесячных сумм осадков за 1936-2008 гг. определены тенденции их изменчивости в холодный и теплый периоды, а также в целом за год на 5 метеорологических станциях Северного Казахстана. Составлены каталоги дефицита, нормы и избытка осадков в теплый и холодный периоды. Проанализирована изменчивость атмосферных осадков за различные периоды: 1936-2008, 1936-1980, 1961-1990, 1981-2008 и 1991-2008 гг. А также рассмотрены связи между аномалиями сумм осадков за год, теплый и холодные периоды, формами атмосферной циркуляции М.Х. Байдала и североатлантическим колебанием (I_{NAO}).

Ключевые слова: осадки, аномалия, атмосферная циркуляция, североатлантическое колебание, индекс I_{NAO} .

On the basis of statistical assessment of the average monthly sums of rainfall for 1936-2008 tendencies of their variability during the cold and warm periods, and also for the whole year at 5 meteorological stations of Northern Kazakhstan are defined. Catalogs of deficiency, norm and surplus of rainfall during the warm and cold periods are made. Variability of an atmospheric precipitation for various periods is analysed: 1936-2008, 1936-1980, 1961-1990, 1981-2008 and 1991-2008. And also communications between anomalies of the sums of rainfall in a year, warm and the cold periods, forms of atmospheric circulation of M. H. Baydal and North Atlantic fluctuation (I_{NAO}) are considered.

Key words: settlings, anomaly, atmospheric circulation, North Atlantic fluctuation, I_{NAO} index.

Введение

В последние годы внимание ученых всего мира привлекает растущая повторяемость аномальных природных явлений, таких как избыточно влажные периоды, засуха, наводнения, сильные морозы и др., которые наносят все больший экономический и социальный ущерб обществу.

Изучение режима многолетних колебаний атмосферных осадков представляет собой одну из важнейших проблем. Атмосферные осадки, как и другие элементы климата, испытывают значительные пространственные и временные изменения. Изменчивость средних и аномальных величин связана с физико-географическими особенностями, временем года и с особенностями атмосферной циркуляции. Эти факторы, действуя в тесной взаимосвязи, определяют условия распределения осадков в пространстве и во времени, как в течение года, так и от года к году. Исследованию режима многолетних колебаний глобальных полей температуры воздуха, осадков посвящено большое число работ [1-3].

Одним из факторов, влияющих на режим атмосферных осадков, является Североатлантическое колебание. Понятие Североатлантическое колебание (далее САК) подразумевает изменение поля давления, и как следствие, интенсивности зонального переноса над внетропической зоной Северной Атлантики; его количественное выражение – индекс I_{NAO} - определяется как разность нормированных на стандартное отклонение аномалий приземного давления между Исландией (Рейкьявик или Стиккисхоульмюр) и Азорскими островами (Понта-Дельгада) либо югом Пиренейского полуострова (Гибралтар или Лиссабон) [4, 5]. САК является одним из наиболее мощных барических сигналов, воздействующих на атмосферную циркуляцию. Так как подобные вариации поля атмосферного давления обусловлены изменениями потоков тепла и водяного пара, поступающих в атмосферу над различными участками земной поверхности, принято считать, что главной причиной существования САК является взаимодействие с атмосферой различных участков поверхности Северной Атлантики [6]. САК впервые было описано Г.Т. Уолкером и Блоссом в 1933 г. [7]. Ими установлено, что САК управляет интенсивностью геострофического переноса воздушных масс с Северной Атлантики на Европу, а также траекториями движения над ней атлантических циклонов.

Сфера исследования.

Сферой исследования является Северная территория Республики Казахстан. Для исследования были рассмотрены данные 5 метеорологических станций Северного Казахстана (рис.1).



Рис. 1. Схема расположения исследуемой территории

Исходные данные.

В данной работе рассматриваются многолетние колебания годового количества осадков, теплого (апрель-октябрь) и холодного (ноябрь-март) периодов в северных территориях Казахстана (Костанай, Петропавловск, Павлодар, Кокшетау и Астана), расположенных в лесостепи и степи.

Результаты анализа временных рядов.

В работе анализируются изменения средних многолетних значений по основному периоду наблюдений за 1936-2008 гг. Вопрос осреднения данных с целью получения норм при изучении климата рассматривается во многих работах [8-10]. До последнего времени, Всемирная метеорологическая организация (ВМО) рекомендовала использовать, как базовый - период 1951-1980 гг., но в связи с возросшей изменчивостью климата, за базовый период стали принимать 1961-1990 гг. Проводится сравнительный анализ изменения средних многолетних значений основного периода по отношению к базовому периоду. В связи с усилением глобального потепления климата во второй половине XX в., и особенно в последние два десятилетия (на фоне перелома повторяемости форм циркуляции) анализировалась изменчивость атмосферных осадков в более короткие периоды – 1981-2008 и 1991-2008 гг.

Годовые суммы осадков (в результате осреднения за период 1936-2008 гг.) на рассматриваемых станциях изменяются в пределах от 258 мм (ст. Павлодар) до 342 мм (ст. Петропавловск). В их распределении проявляется одна из общегеографических закономерностей – зональность. Наряду с зональностью в пространственной структуре отмечаются региональные особенности, связанные, с одной стороны, преобладающими в регионе синоптическими процессами, а с другой стороны – влиянием местных физико-географических факторов, годовая сумма осадков уменьшается с запада на восток от 327 (Костанай) до 258 мм (Павлодар), что связано с возрастанием континентальности климата в этом направлении. Северные районы республики более подвержены влиянию северо-западных и западных воздушных масс. Годовой ход осадков зависит как от общей циркуляции атмосферы, так и от местных физико-географических условий. Для рассматриваемого региона характерен континентальный тип годового хода осадков, с максимумом летом и минимумом зимой. Так, в пределах большей части северной половины республики (лесостепь и степь) в теплое время года (апрель – октябрь) в среднем выпадает 60-80% годовой суммы осадков, а в холодное время года только 20-40 % [11].

Тенденции многолетних изменений атмосферных осадков определялись путем расчета линейных трендов (рис.2), и анализа уравнения линейного тренда (табл. 1). Уровень значимости ($\alpha = 0,05$) коэффициента корреляции (r) для периодов составляет: 1936-2008 гг. $r = 0,23$; 1936-1980 гг. $r = 0,29$; 1960-1991 гг. $r = 0,35$; 1981-2008 гг. $r = 0,37$; 1991-2008 гг. $r = 0,46$.

Таблица 1. Характеристика многолетней динамики осадков за различные периоды осреднения в Северном Казахстане

№ станции	Год														
	периоды, гг.														
	1936-2008			1936-1980			1961-1990			1981-2008			1991-2008		
	норма, мм	стандартное отклонение	коэффициент линейного тренда	норма, мм	стандартное отклонение	коэффициент линейного тренда	норма, мм	стандартное отклонение	коэффициент линейного тренда	норма, мм	стандартное отклонение	коэффициент линейного тренда	норма, мм	стандартное отклонение	коэффициент линейного тренда
год															
1	327	68,0	0,61	317	63,0	0,17	327	65,2	0,99	343	73,8	1,21	345	74,0	1,11
2	342	80,2	1,88	318	72,7	2,47	360	60,7	1,43	381	77,7	1,52	387	89,2	-0,02
3	297	80,0	0,73	290	75,3	1,58	308	74,3	-0,36	307	87,5	0,33	311	89,9	-1,46
4	294	63,4	1,43	278	66,9	2,47	312	51,9	-0,61	319	48,6	1,28	321	49,7	2,07
5	258	64,4	1,61	234	53,6	1,56	265	51,7	3,41	296	62,3	0,61	299	66,2	-1,14
теплый период															
1	239	64,8	0,19	236	64,8	-0,12	238	63,7	0,58	245	66,5	0,74	245	70,4	0,90
2	262	62,1	0,44	257	64,1	0,52	265	52,1	0,04	270	58,8	1,15	275	68,0	0,09
3	242	71,6	0,19	241	67,7	0,70	247	66,5	-0,34	243	78,7	-0,11	244	77,7	-1,42
4	221	55,6	0,37	220	62,1	1,20	229	52,3	-1,25	222	44,3	0,97	225	49,7	1,20
5	187	53,8	0,73	175	47,4	0,52	185	45,1	2,05	205	59,1	0,49	208	65,9	-1,74
холодный период															
1	88	27,1	0,42	81	25,3	0,30	89	28,8	0,37	98	27,2	0,46	100	23,4	0,03
2	80	40,5	1,43	61	33,7	1,95	95	29,8	1,39	111	31,0	0,37	112	33,5	-0,11
3	55	22,7	0,53	49	20,9	0,88	61	19,1	-0,01	64	22,6	0,44	67	27,0	-0,04
4	73	32,3	1,07	58	26,7	1,27	83	24,9	1,10	97	25,8	0,29	96	27,0	0,87
5	71	28,2	0,88	59	24,6	1,03	80	22,3	1,38	91	21,7	0,12	91	23,5	0,59

На рассматриваемых станциях Северного Казахстана в годовом режиме осадков максимум приходится на летние месяцы. Максимальное количество осадков выпадает в июле (46-69 мм), в июне - августе выпадает 35-51 % годовой нормы. Осенью осадков выпадает больше, чем весной. Наименьшее в году количество осадков выпадает в феврале и марте (6-9 % годовой нормы).

Количество атмосферных осадков за различные периоды осреднения (1936-2008, 1936-1980, 1961-1990, 1981-2008, 1991-2008 гг.) существенно изменяются. Статистически значимые изменения получены на станции Павлодар в теплом периоде, а также на всех станциях в холодном периоде за все рассматриваемые периоды с 1936 по 2008 гг.

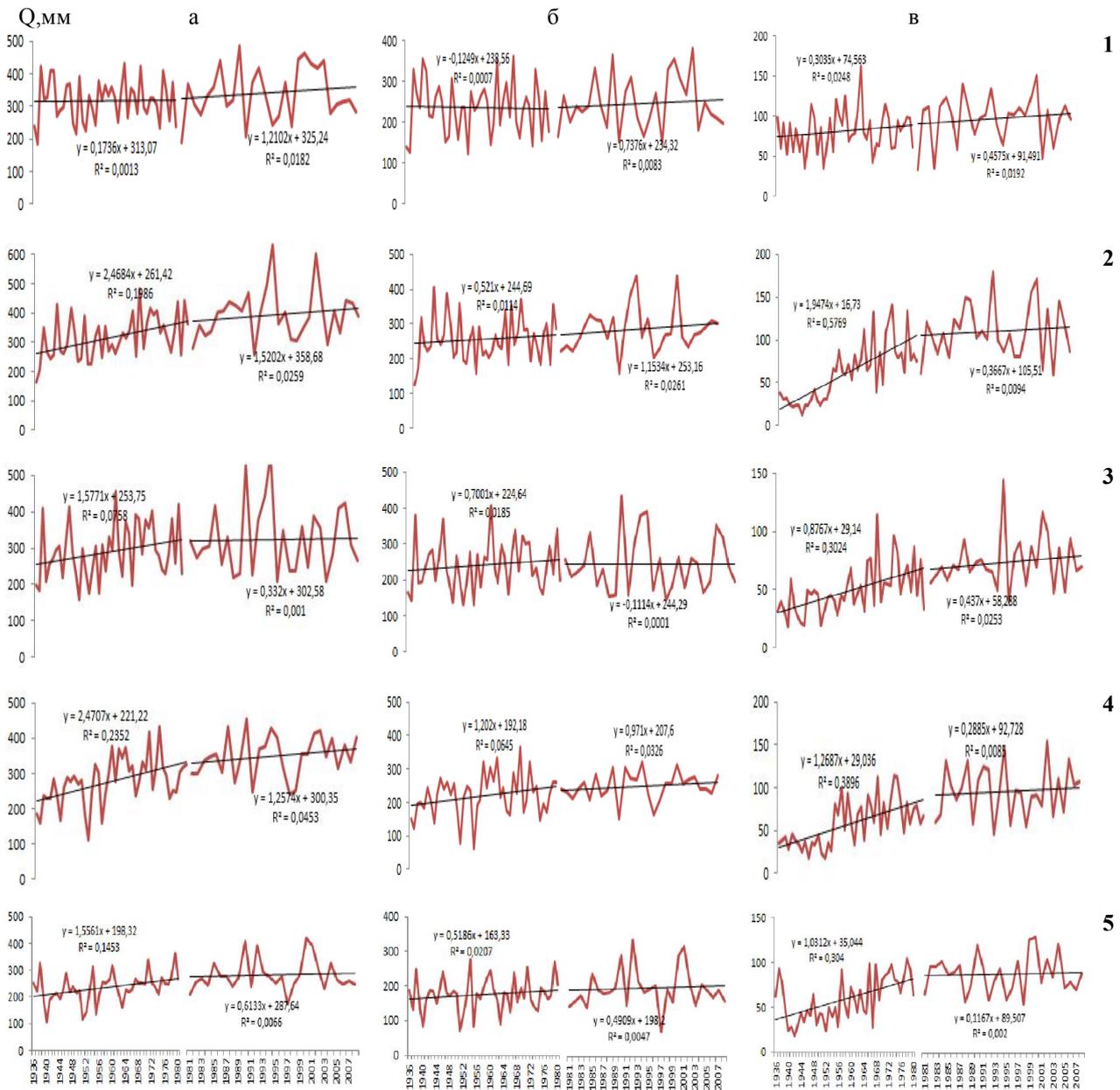


Рис. 2. Динамика и линейные тренды годовых сумм осадков (а), осадков теплого периода (б), осадков холодного периода (в) за периоды 1936-1980 и 1981-2008 гг. на рассматриваемых станциях Северного Казахстана:
1 – Костанай, 2 – Петропавловск, 3 – Кокшетау, 4 – Астана, 5 – Павлодар

Сравнение суммы осадков в целом за год за период 1936-2008 гг. с базисным периодом 1961-1990 гг. показывает, что значимое уменьшение (-18 мм) отмечается на станциях Петропавловск и Астана. В период 1981-2008 гг., по сравнению с периодом 1936-2008 гг. наблюдается рост годовых значений атмосферных осадков в пределах от 17 до 63 мм на всех рассматриваемых станциях.

Таким образом, средние многолетние нормы осадков, на всех рассматриваемых станциях Северного Казахстана начиная с 1981 года возрастают, причем значительное изменение отмечается в холодное время года. Так, на станции Петропавловск, многолетняя норма осадков холодного периода увеличилась с 61 до 111 мм, а на остальных станциях она изменялась в пределах 15-39 мм. В теплое полугодие положительное отклонение от нормы на рассматриваемых станциях изменялось от 2 до 20 мм.

Повторяемость избыточно влажных и сухих периодов.

Об изменчивости климата, в том числе и осадков, можно судить по частоте повторяемости аномальных периодов увлажнения – избыточно влажных и сухих. Было определено общее количество лет с дефицитом, нормой и избытком осадков и составлен их каталог по всем станциям (табл. 2).

Для выделения месяцев с дефицитом, нормой и избытком осадков использовались критерии Г.В. Леоновой и Т.А. Богдановой [12]. Год (и периоды года – теплый, холодный) относился к избыточно влажному, если сумма осадков превышала 120 % средней многолетней нормы ($\Sigma Q \geq 120\%$), и к сухому, если сумма осадков

составляла 80 % и меньше средней многолетней нормы ($\Sigma Q \leq 80$ %). Аномалии осадков рассчитывались по отношению к норме, вычисленной за весь исследуемый период – 1936-2008 гг.

Таблица 2. Повторяемость влажных ($\Sigma Q \geq 120$ %) и сухих ($\Sigma Q \leq 80$ %) периодов на рассматриваемой территории Северного Казахстана в 1936-2008 гг.

Пункт наблюдений	Год					
	$\Sigma Q \geq 120$ %		$81 \geq \Sigma Q < 119$ %		$\Sigma Q \leq 80$ %	
	Число случаев	%	Число случаев	%	Число случаев	%
1	15	20	43	59	15	21
2	14	19	40	55	19	26
3	18	25	33	45	22	30
4	13	18	47	64	13	18
5	13	18	49	67	11	15
теплый период (апрель-октябрь)						
1	16	22	40	55	17	23
2	11	15	49	67	13	18
3	17	23	32	44	24	33
4	12	17	47	64	14	19
5	14	19	46	63	13	18
холодный период (ноябрь-март)						
1	18	25	33	45	22	30
2	25	34	22	30	26	36
3	19	26	30	41	24	33
4	26	36	20	27	27	37
5	24	33	25	34	24	33

Далее анализируя таблицу 2, было выявлено, что дефицит осадков отмечается как в теплый, так и в холодный период. Но в холодный период повторяемость аномалий увлажнения больше, исключение составляет станция Кокшетау. Максимальное число случаев дефицита осадков приходится на станции Петропавловск и Астана (26 и 27 соответственно). Особенно сухими были 1936-1952, 1959, 1967 гг., когда сумма осадков была ниже средней многолетней нормы почти на 50 %.

В теплое полугодие на большинстве станции Северного Казахстана число случаев с дефицитом осадков изменялось от 13 до 17. Наиболее сухими были 1936, 1937, 1951, 1952, 1991 и 1997 гг., сумма осадков была ниже средней многолетней нормы на 40-50 %, достигая в отдельные годы 70 %.

Начиная с 1980-х гг., на территории Северного Казахстана отмечается увеличение влажных холодных периодов. А наиболее влажными были: 1966, 1972, 1987, 2002 гг. Особенно много осадков выпало в холодный период 2002 года, когда сумма осадков превышала норму на 45-50 %.

В теплое полугодие на рассматриваемых станциях избыточное увлажнение отмечалось в течение всего периода (1936-2008 гг.). Наиболее влажными были: 1938, 1960, 1979, 1990, 2001 гг., когда сумма осадков превышала норму в 1,5-2 раза. На станциях, расположенных в лесостепной зоне число случаев с избыточным увлажнением превышает их число на станциях степной зоны.

Таким образом, наибольшей повторяемостью избыточно влажных и сухих периодов отличаются станции Петропавловск и Кокшетау. И в холодный, и в теплый периоды на рассматриваемых станциях чаще наблюдаются отрицательные аномалии сумм осадков. Поэтому снижение годовой суммы осадков с запада на восток происходит за счет уменьшения осадков, как в теплый, так и в холодный период, хотя начиная с 1980-х годов, отмечается тенденция к увеличению осадков.

Макроциркуляционные условия влажных и сухих периодов.

Циклоническая и антициклоническая активность атмосферы является основным фактором, определяющим состояние и изменчивость погоды на Земле. Наиболее динамичными являются циркуляционные факторы, которые обуславливают перенос больших масс атмосферного воздуха, образующихся над Мировым океаном и сушей, а также между отдельными климатическими зонами Земли. Существует ряд типизаций циркуляционных процессов и способы их учета, предложенные в разное время Г.Я. Вангенгеймом, А.А. Гирсом, М.Х. Байдалом и др [3, 13].

Все процессы общей циркуляции атмосферы (ОЦА) в первом синоптическом районе (45⁰з.д – 95⁰в.д) северного полушария согласно Г.Я. Вангенгейму объединены в три формы: западную (W), восточную (E) и меридиональную (C) [3].

Следует отметить, что изучением свойств общей циркуляции атмосферы, её форм и характера погоды, свойственного каждой форме в 60-70-е годы XX века для территории Казахстана, обстоятельно занимался М.Х. Байдал. Он в своих работах для обозначения западной формы циркуляции W, использует букву «Ш» (широтная) [13].

На основе анализа линейных трендов (рис.2) можно отметить, что в период 1936-1980 гг. повторяемость атмосферных процессов формы Ш уменьшалась, как в теплый, так и в холодный период, а повторяемость процессов формы С увеличивалась (рис.3).

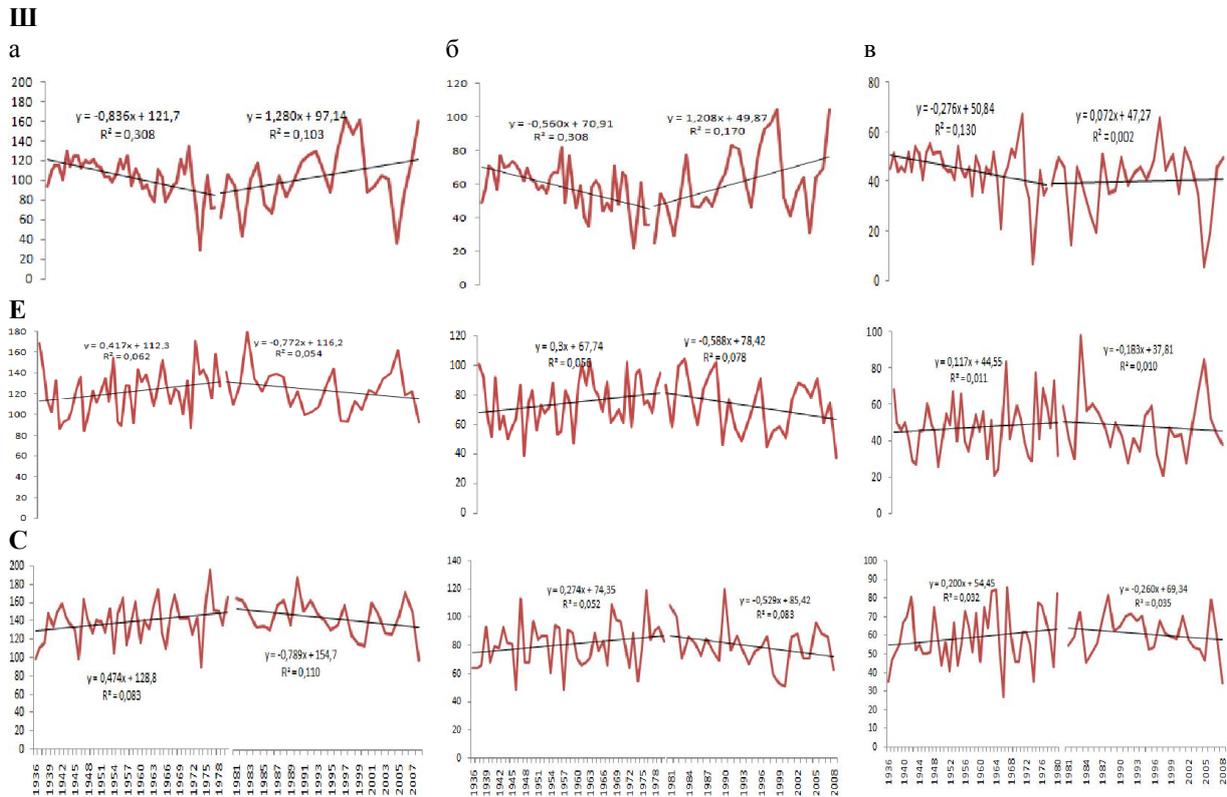


Рис.3 Повторяемость форм циркуляции Ш, Е, С (дни) за периоды 1936-1980, 1981-2008 гг. и линейные тренды: а - год, б - теплый период, в - холодный период

В период активного развития формы С над Северным Казахстаном формируется антициклональное барическое поле. Под восточной частью гребня и западной частью ложбины на высотах и у земли формируется область с положительной аномалией осадков, а по западной периферии высотного гребня и у восточной части ложбины - область дефицита осадков.

В период увеличения повторяемости формы Ш и уменьшения формы С (1981-2008гг.) отмечается рост осадков и в холодный, и в теплый периоды года на всей территории Северного Казахстана.

На основе парной корреляции осадков и форм циркуляции (Ш, Е, С) установлено, что в теплый и холодный периоды наиболее тесные статистически значимые связи отмечаются на станциях Костанай, Павлодар и Петропавловск (табл.3).

Таблица 3. Матрица коэффициентов парной корреляции аномально влажных и сухих периодов и форм циркуляции Ш, Е, С за период 1936-2008 гг.*

Станция	Форма циркуляции	Теплый период		Холодный период	
		$\Sigma Q \leq 80 \%$	$\Sigma Q \geq 120 \%$	$\Sigma Q \leq 80 \%$	$\Sigma Q \geq 120 \%$
Костанай	Е				-0,55
	С		0,25		0,42
Петропавловск	Ш		0,35	-0,54	
	Е	-0,37		0,38	
Кокшетау	С	0,25			
	Ш		0,27		
Астана	Е				
	С	-0,34		0,27	
Павлодар	Ш		-0,35		0,26
	С		0,26	0,37	-0,25

*Примечание: при числе степеней свободы (m=71) уровень значимости ($\alpha=0,05$) коэффициента корреляции составляет 0,23

Аномально влажные холодные периоды чаще формируются при активизации атмосферных процессов формы циркуляции С, а аномально влажные теплые периоды - при форме Ш. Аномально сухие холодные периоды на рассматриваемых станциях отмечаются при развитии атмосферных процессов формы циркуляции Е и Ш, а аномально сухие теплые периоды - при форме С.

В последнее время все большее внимание уделяется вопросу изменчивости тропосферной циркуляции Северного полушария и влияния переноса над Северной Атлантикой на многолетнюю изменчивость климатических характеристик. Наибольший интерес представляют процессы, воздействующие на циркуляцию атмосферы в Северном полушарии, где проживает основная часть ее населения и размещается практически вся Мировая экономика. Одним из таких процессов является Североатлантическое колебание.

В качестве исходных данных использовались ряды среднемесячных значений I_{NAO} (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov>). На основе этих данных проведен корреляционный анализ между аномалиями осадков и $I_{NAO}>0$, $I_{NAO}<0$ по месяцам для рассматриваемой территории Северного Казахстана за период 1950-2008 гг. Значимые коэффициенты корреляции между аномалиями осадков и индексом NAO выявлены лишь в отдельные месяцы. Распределение коэффициентов корреляции между аномалиями осадков при $I_{NAO}>0$ и $I_{NAO}<0$ и развитии разных форм циркуляции в северном Казахстане меняются от месяца к месяцу (табл. 4).

Согласно [6], можно отметить, что число лет как при $I_{NAO}<0$, так и при $I_{NAO}>0$ в зимний период превышает летний, т.е. наиболее ощутимым влияние САК является зимой, и оно способно влиять на состояние синоптических процессов во всем Северном полушарии.

При $I_{NAO}>0$ аномально сухие периоды на рассматриваемой территории формируются в теплый период (май, июнь) при развитии атмосферных процессов форм циркуляции С, а в холодный период (январь) - в период активного развития форм циркуляции Е и Ш. Аномально влажные периоды формируются зимой (январь) только в Костанайе при активизации атмосферных процессов формы циркуляции С, а в теплый период – при форм циркуляции Е и Ш.

Таблица 4. Парная корреляция аномалии осадков при $I_{NAO}>0$ и $I_{NAO}<0$ по месяцам

Станция	Месяц	Число лет	Число случаев аномально влажных периодов /форма циркуляции		Коэффициент корреляции (r)			
			$\Sigma Q \geq 120\%$	$\Sigma Q \leq 80\%$	Ш	Е	С	I_{NAO}
$I_{NAO}>0$								
Петропавловск	январь	35	14	14/Е	-	-	-	-0,41
	июнь	32	6/Ш	10/С	-0,77	-	0,21	-0,32
	октябрь	30	7/Е	12/С	-	-0,36	0,33	0,30
Костанай	январь	35	8/С	18	-	-	0,68	-0,27
	май	32	7/С	17/С	-	-	0,44	-0,25
Астана	январь	35	2/Ш	25/Ш	-	-	-	-0,32
	май	25	11/Ш	7/Ш	0,33	-	0,67	-0,29
Павлодар	февраль	32	13/Е	11	-	-0,27	-	-0,23
	апрель	30	11/Ш	14	-0,26	-	-	-0,26
	сентябрь	31	11	13/С	-	-	-0,41	-0,25
$I_{NAO}<0$								
Петропавловск	июль	27	7/Е	11/Ш	0,33	0,40	-	0,26
Костанай	июль	27	7/С	11/Е	-	0,51	-0,45	0,25
	август	30	10/Е	13/Ш	-0,30	0,47	-	-0,39
	декабрь	24	7/Ш	9/С	0,37	0,38	-	0,46
Кокшетау	март	30	9/Ш	12/Ш	0,67	-	-	0,26
	май	34	4/Е	18/Ш	0,33	0,67	-	-0,23

Павлодар	май	34	7/Е	20/Ш		0,37		-0,41
					-0,43			
	ноябрь	33	13/С	13/Ш		-	0,38	-0,38
					-0,24			

При $I_{NAO}<0$ в Северном Казахстане в летний период при активизации атмосферных процессов формы циркуляции Е отмечается избыток, а при формы циркуляции Ш - дефицит осадков. Влажные холодные периоды наблюдаются при развитии атмосферных процессов формы циркуляции Ш, сухие – при формы циркуляции Е. В остальные месяцы на рассматриваемой территории, как в теплый, так и в холодный периоды года коэффициенты парной корреляции слабые.

Выводы:

1) На станциях, расположенных в лесостепной зоне число случаев с избыточным увлажнением превышает их число на станциях степной зоны. За период 1936-2008 гг. средние многолетние нормы осадков, на всех рассматриваемых станциях Северного Казахстана, начиная с 1981 года, возрастают, причем значительное изменение отмечается в холодное время года. На станции Петропавловск многолетняя норма осадков холодного периода увеличилась с 61 до 111 мм, а на остальных станциях она изменялась в пределах 15-39 мм. В теплое полугодие положительное отклонение от нормы на рассматриваемых станциях изменялось от 2 до 20 мм.

2) Из рассматриваемых станций Северного Казахстана наибольшей повторяемостью избыточно влажных и сухих периодов отличаются станции Петропавловск и Кокшетау. И в холодный, и в теплый периоды на рассматриваемых станциях чаще наблюдаются отрицательные аномалии сумм осадков. Поэтому снижение годовой суммы осадков с запада на восток происходит за счет уменьшения осадков, как в теплый, так и в холодный период, хотя начиная с 1980-х годов, отмечается тенденция к увеличению осадков.

3) Формирование сухих и влажных периодов отмечается при развитии атмосферных процессов трех (Ш, Е, С) форм циркуляции. В период 1981-2008 гг. увеличение осадков в теплый период года в Северном Казахстане отмечается на фоне роста повторяемости формы циркуляции Ш и снижения форм Е и С.

4) Корреляционный анализ при $I_{NAO}>0$ и $I_{NAO}<0$ между аномалиями осадков и развитии разных форм циркуляции в Северном Казахстане показал, что при положительных значениях индексов САК связь лучше выражена, чем при отрицательных значениях. Таким образом, формирование положительных аномалий осадков имеет большую связь с циркуляционной активностью Северного полушария, которая благоприятно действует на земледелие в вегетационный период.

Литература

1. Батталов Ф.З. Многолетние колебания атмосферных осадков и вычисление норм осадков.- Л.: Гидрометеоздат, 1968. - 183 с.
2. Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеоздат, 158 с.
3. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов.- Л.: Гидрометеоздат, 1974.– 280 с.
4. Попова В.В., Шмакин А.Б. Влияние Североатлантического колебания на многолетний гидротермический режим Северной Евразии. I. Статистический анализ данных наблюдений // Метеорология и гидрология. 2003. № 5. - С. 62-74.
5. Барашкова Н.К. Прогноз режима увлажнения в теплый период года на юге Западной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2006. Т. 19. № 1. – С. 59-63.
6. Нестеров Е.С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. – М.: Триада, 2013. – 144 с.
7. Walker G.T., Bliss E.W Memoirs of Royal Meteorology Society. – 1932. - Vol. 4. Issue 36. – P. 53-84.
8. Ойо С.О., Афиесимама Е.А.// Бюллетень ВМО, 2000. Т.49. №3. – С. 312-315.
9. Завалишин Н.Н. О норме метеозлементов, климате и методах их оценки. //Тр. СибНИИГМИ, 2000. – Вып.103. – С.11-17.
10. Гуляева Н.В., Костюков В.В. Климат г. Барабинска в XX в.//Известия РАН, Сер. Географическая. №6, 2006. – С.106-113.
11. Климат Казахстана /Под ред. А.С. Утешева. Л.: Гидрометеоздат, 1959 - 366 с.
12. Леонова Г.В., Богданова Т.А. Аномалия осадков в июле в южной половине Европейской территории СССР, на юге Западной Сибири и в северной части Казахстана и некоторые возможности ее прогнозирования // Тр. ГМЦ СССР, 1975. – Вып. 166. – С. 312-315.
13. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана.- Л.: Гидрометеоздат, 1964. -Ч.1 и 2. - 446 с.

Рецензент: д.г.н., профессор Эргешов А.А.