

УДК 551.577.2

Канд. геогр. наук Р.М. Илякова *
С.А. Долгих *
Е.Е. Петрова *

К ВОПРОСУ О СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА РЕЖИМА ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

*АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ, АНОМАЛИЯ ОСАДКОВ, ТЕНДЕНЦИИ,
НОРМА*

Дана информация о принципах мониторинга режима осадков, осуществляемого РГП «Казгидромет». На основе данных о суммах осадков за период 1941...2011 гг. показаны тенденции в рядах месячных, сезонных и годовых сумм осадков, а также в их экстремумах. Даны примеры оценки аномальности режима осадков в конкретный год.

Атмосферные осадки представляют собой одно из самых изменчивых во времени и пространстве метеорологических явлений. На характер распределения атмосферных осадков большое влияние оказывают атмосферные циркуляционные процессы и особенности рельефа [1, 3]. Под влиянием изменения глобального климата Земного шара меняется характер циркуляционных процессов и как следствие меняется режим осадков. Так как большая часть территории Казахстана характеризуется засушливым климатом, РГП «Казгидромет» уделяет большое внимание мониторингу режима осадков.

Цель мониторинга – оценить аномалии текущих климатических условий, а также тенденции в различных характеристиках режима осадков. Для мониторинга режима осадков используются ряды месячных сумм осадков по данным 190 метеостанций, и суточного количества осадков по данным 90 метеостанций, начиная с 1941 г. Примерно с этого года доступны однородные без длительных пропусков ряды наблюдений за осадками на станциях, расположенных относительно равномерно по территории.

Основные подходы и методы. Под «нормой» понимается среднее многолетнее значение количества осадков за период 1971...2000 гг. Аномалии количества осадков рассматриваются как отклонения от нормы

* РГП «Казгидромет», г. Алматы

(аналогично температуре) и как процентное отношение количества осадков к значению нормы. Оценка количества осадков проводится по данным отдельных станций и в среднем по 14-ти областям Казахстана, путем аппроксимации рядов наблюдений линейной функцией с использованием метода наименьших квадратов. Статистическая значимость коэффициента линейного тренда определяется с помощью критерия Стьюдента. Средние для территории величины аномалий рассчитаны путем осреднения станционных данных об аномалиях. R^2 – коэффициент детерминации, %.

Для оценки изменения интенсивности, частоты и продолжительности проявления экстремальности в температуре воздуха и количестве осадков, группа экспертов комиссии по климатологии ВМО составила список из 27 различных индексов. Для каждого индекса была определена единая формула расчета, что приводит к сопоставимости полученных результатов [4, 5]. 16 из 27 индексов относятся к температуре приземного воздуха, а 11 – к осадкам. Некоторые индексы основаны на фиксированных пороговых значениях для всех станций (точек сетки), другие – на пороговых значениях, которые могут варьировать от станции к станции. В последнем случае пороговые значения определяются как соответствующие процентиля рядов данных. Для расчета и анализа индексов использовался пакет программ RClimDex.

Результаты расчета показали, что изменение количества атмосферных осадков на территории Казахстана за исследуемый период представляет собой пеструю картину. Незначительное увеличение средних по области годовых сумм осадков (на 0,2...5,1 мм/10 лет) наблюдалось в Павлодарской, Актюбинской, Карагандинской, Мангистауской и Алматинской областях. В остальных областях наблюдалось незначительное их уменьшение (на 0,2...5,5 мм/10 лет). Все полученные годовые тренды статистически незначимы. В среднем по Казахстану годовые суммы осадков незначительно уменьшались – на 0,5 мм/10 лет или примерно на 0,3 % (табл.).

На рис. 1 представлен межгодовой ход аномалий годовых и сезонных сумм осадков (%), осредненных по территории Казахстана. В среднем по Казахстану наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков во все сезоны примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключением зимнего сезона, когда осадки увеличивались на 1,7 мм/10 лет.

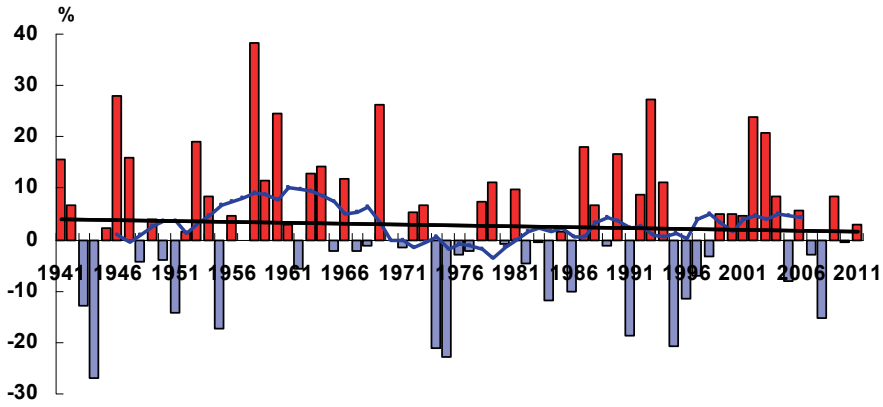
Таблица
 Характеристики линейного тренда (мм/10 лет, %/10 лет) аномалий сезонных и годовых сумм атмосферных осадков, осредненных по территории и областям Казахстана за период 1941...2011 гг. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг.

Регион/область	Единица измерения	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*a	**R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²	a	R ²
Казахстан	мм	-0,5	0	1,7	7	-0,4	0	-1,1	1	-0,6	1
	%	-0,3		2,2		0		-1,4		-1	
Кызылординская	мм	-0,8	0	-0,8	1	-0,2	0	0	0	0,1	0
	%	-0,7		-1,5		-0,7		0,4		0,2	
Южно-Казахстанская	мм	-2,4	0	1,3	0	-4,3	2	0,7	0	0,5	0
	%	-0,6		0,5		-2,8		0,6		1,4	
Жамбылская	мм	-0,6	1	1,2	0	-2,7	3	0,2	0	0,7	0
	%	-0,9		0,8		-2,9		0		0,4	
Алматинская	мм	5,1	2	3,3	8	-1,5	0	2	1	1,2	1
	%	1,2		4,2		-1,2		1,5		1,5	
Восточно-Казахстанская	мм	-5,5	3	0,9	1	-1,1	1	-4	5	-1,3	1
	%	-1,6		1,4		-1,8		-3,7		-1,4	
Павлодарская	мм	0,3	0	1,6	7	0,8	1	0	0	-2,5	6
	%	0,1		3,1		1,5		0		-3,7	
Северо-Казахстанская	мм	2,2	1	3,8	22	1,6	2	-3,1	2	0,3	0
	%	0,7		7		2,6		-2,1		0,3	

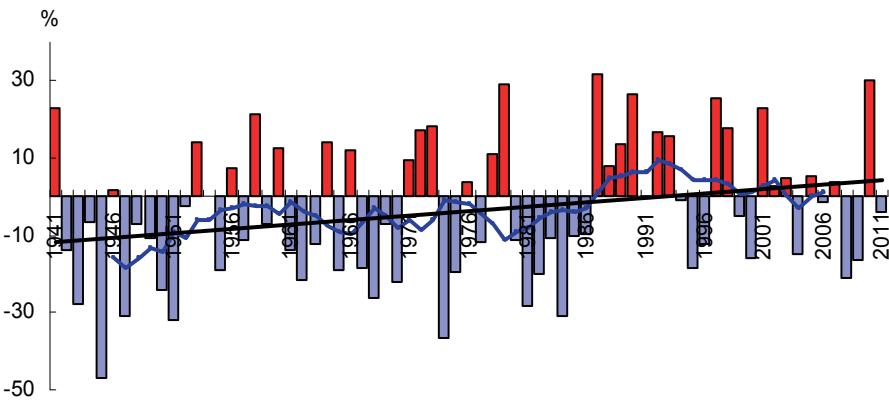
Регион/область	Единица измерения	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
		*а	**R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²	а	R ²
Акмолинская	мм	-0,2	0	2,1	7	0,9	1	-1,3	0	-2,1	3
	%	-0,1		3,7		1,2		-0,9		-2,9	
Костанайская	мм	-2,3	1	0,8	1	1,1	1	-2,4	2	-2,1	3
	%	-1,1		1,6		1,5		-2,7		-2,9	
Карагандинская	мм	0,2	0	2,2	3	0	0	-1,6	1	-0,3	1
	%	0,4		2,4		-0,4		-2,5		-1,3	
Актюбинская	мм	1,6	0	2,3	4	2,7	4	-1,5	1	-2,0	3
	%	0,2		2,8		4		-2,3		-3,3	
Западно-Казахстанская	мм	-2,7	1	1,6	3	0	0	-2,3	3	-1,9	2
	%	-1,1		2,5		-0,1		-3,2		-2,9	
Атырауская	мм	-4,3	4	-2,5	12	0,4	0	-1,7	2	-0,5	0
	%	-2,7		-8,6		0,7		-3,6		-1,4	
Мангистауская	мм	0,8	0	0,9	2	3,0	5	-2,9	6	0,4	0
	%	0,6		3,7		6,0		-10,4		1,0	

Примечание: *а – коэффициент линейного тренда, %/10лет, мм/10 лет; **R² – коэффициент детерминации, %.

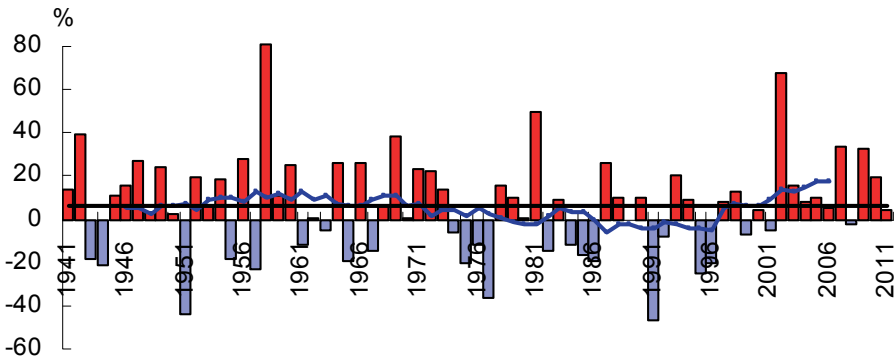
Год



Зима



Весна



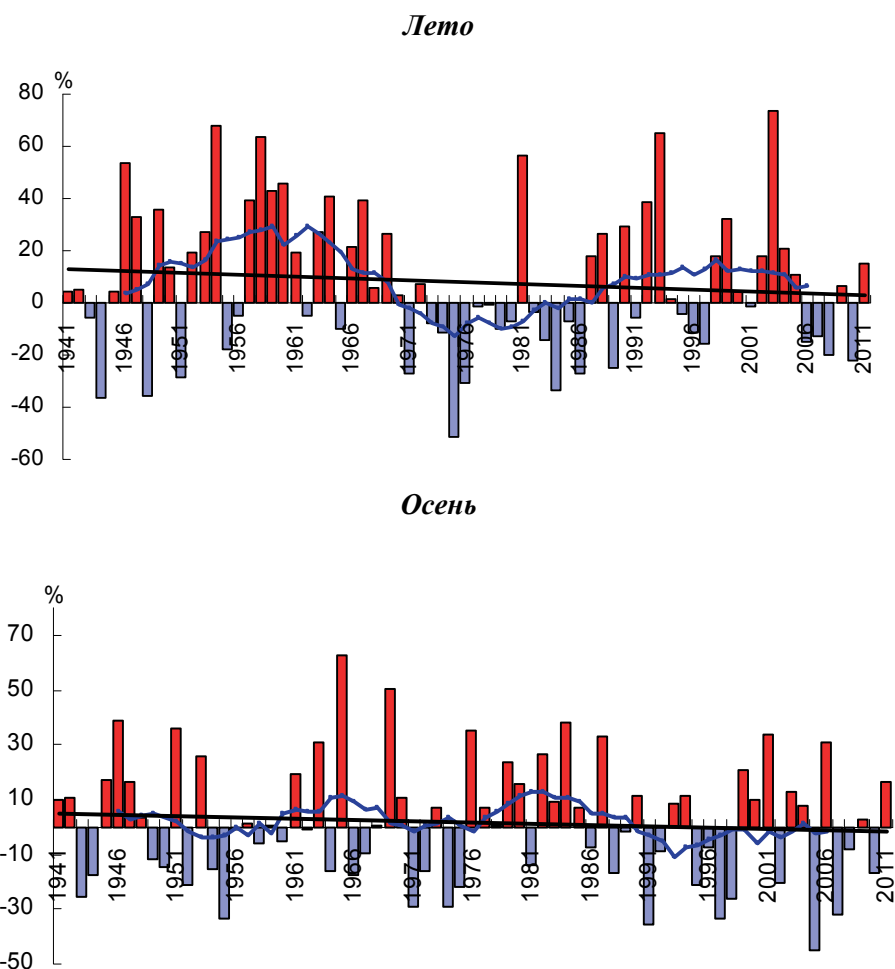
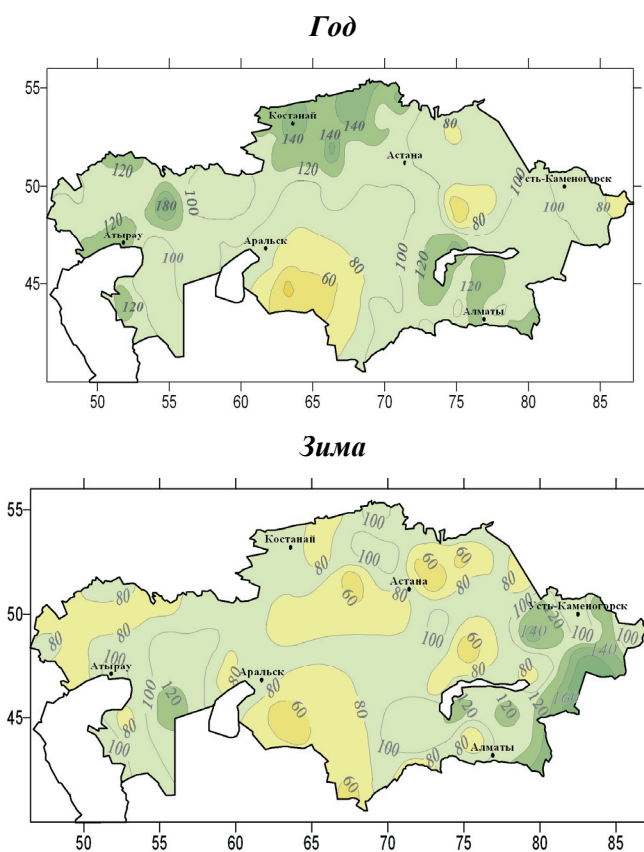


Рис. 1. Временные ряды и линейные тренды аномалий годовых и сезонных сумм осадков (в %) за период 1941...2011 гг., пространственно осредненных по территории Казахстана. Аномалии рассчитаны относительно базового периода 1971...2000 гг. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением

Если рассматривать пространственное распределение тенденций количества осадков по территории Казахстана за период 1941...2011 гг., то статистически значимое увеличение количества осадков на 5...9%/10 лет наблюдалось в январе-феврале в отдельных регионах Алматинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Акмолинской и Карагандинской областей, а статистически значимое уменьшение количества осадков на 14%/10 лет в Атырауской области (январь). Изменение количества осадков весеннего и летнего периода (как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения)

практически по всем областям Казахстана было незначительным (тренды статистически незначимы). В сентябре-октябре, на большей части территории Казахстана, отмечены тенденции к уменьшению количества осадков, причем в сентябре статистически значимое уменьшение (5...14 %/10 лет) наблюдалось в отдельных регионах практически всех областей северной половины Казахстана. В ноябре-декабре наблюдаемые тенденции в количестве осадков чаще имели положительный знак. На территории Северо-Казахстанской области положительные тенденции в эти месяцы статистически значимые и составляют 6...8 % /10 лет.

В 2011 году (декабрь 2010 – ноябрь 2011) дефицит годовых сумм осадков (40...60 % нормы) наблюдался в Кызылординской и некоторых районах Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей (рис. 2). В северных, юго-восточных и западных областях Казахстана годовое количество осадков превышало норму на 20...40, а местами на 80 %. На остальной территории республики количество осадков составило 80...120 % нормы.



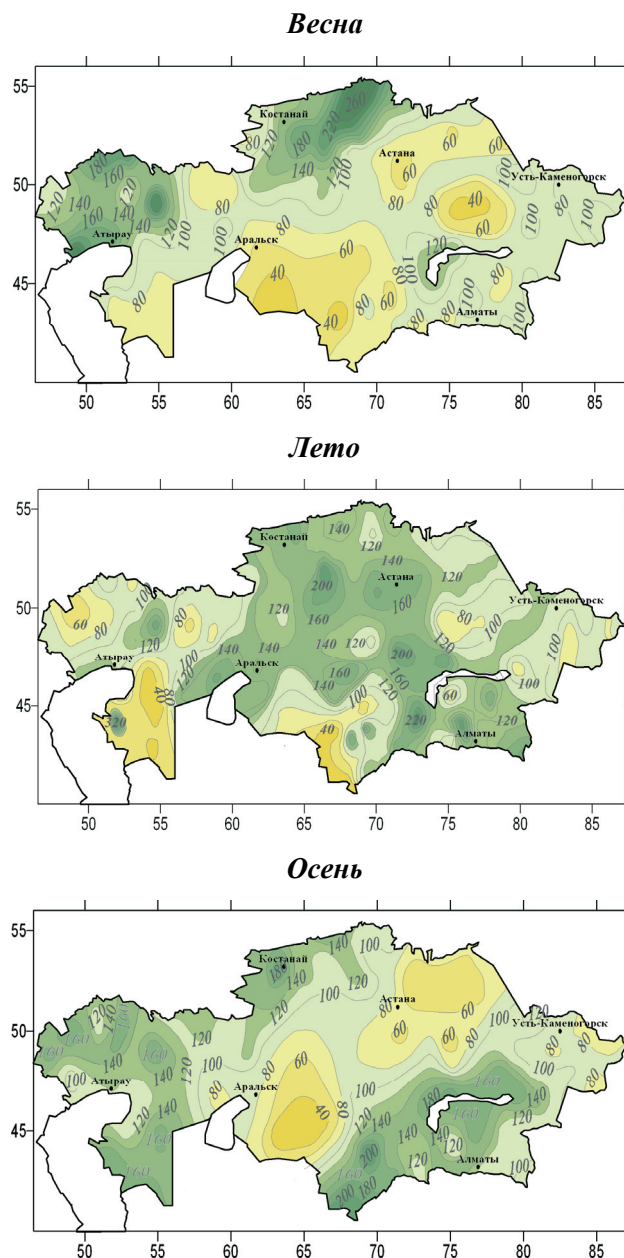


Рис. 2. Количество осадков в 2011 г., выраженное в % нормы, рассчитанной за период 1971...2000 гг.

В восточных и юго-восточных регионах Казахстана осадки зимнего сезона превышали норму на 20...60 %, (рис. 2). В этих районах зима вошла в 10 % экстремально влажных зим за период, начиная с 1941 года. Мало осадков, всего 40...80 % нормы, выпало в некоторых районах За-

падно-Казахстанской, Кызылординской, Карагандинской, Акмолинской и Павлодарской областей. На остальной территории аномалии осадков лежали в пределах $\pm 20\%$ нормы.

Весной количество осадков в западных и северо-западных частях Казахстана превысило норму на 20...100 % (рис. 2). Дефицит осадков - менее 80 % нормы, наблюдался в Мангистауской, Кызылординской, Карагандинской, Павлодарской, Акмолинской и местами Актюбинской областях. Количество осадков на остальной территории было в пределах нормы.

Летом на большей части территории республики количество осадков было около нормы, а местами выше на 20...100 %. Аномально сухим лето было на крайнем западе Казахстана и в Мангистауской области (рис. 2), где осадки составляли менее 60 % нормы. На юге Кызылординской и Южно-Казахстанской областей дефицит осадков составил более 60 %.

Осенью 2011 г. значительный дефицит осадков (до 40...60 %) наблюдался в Кызылординской и Павлодарской областях (рис. 2), а также в некоторых районах Центрального Казахстана. По данным отдельных метеостанций, осенний сезон 2011 г. вошел в 10 % экстремально сухих сезонов. На западе, северо-западе и юго-востоке Казахстана количество осадков превысило норму на 60...100 %. По данным отдельных метеостанций юга Казахстана осенний сезон 2011 г. вошел в 10 % экстремально влажных сезонов. На остальной территории Казахстана количество осадков было в пределах нормы.

Большую практическую ценность в данном исследовании представляют сведения о характере изменения экстремальных значений количества осадков. Ниже представлен анализ некоторых наиболее показательных индексов осадков и особенности распределения их значений по территории Казахстана в 2011 году.

Максимумы суточного количества осадков в 2011 г. Данные получены при расчете индекса $RX1day$, который определяет максимальное за месяц значение суточной суммы. На рис. 3 показаны значения абсолютных максимумов суточного количества осадков – верхние значения, определенные за период с начала открытия метеостанции по 2010 год, нижние значения – значения суточных максимумов, наблюдавшиеся в 2011 году. В 2011 году абсолютный максимум суточного количества осадков был перекрыт на станциях Тушибек и Уштобе.

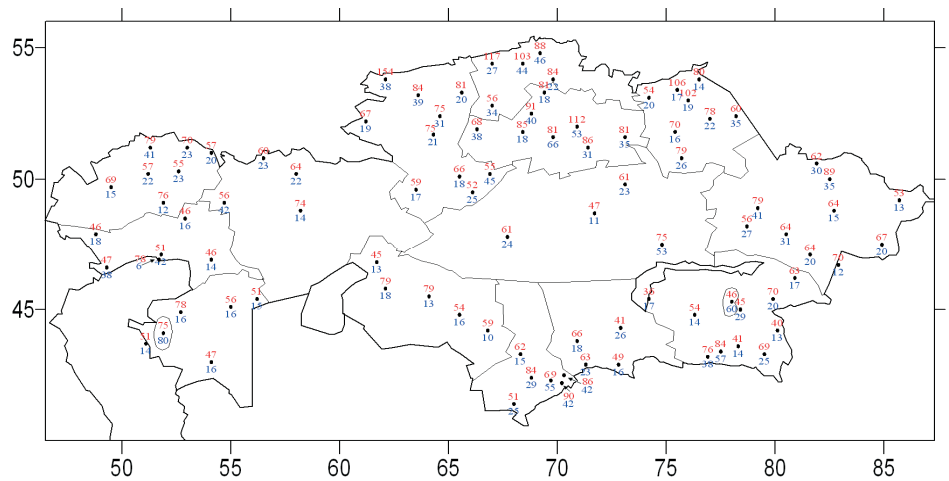


Рис. 3. Абсолютный максимум суточного количества осадков, выбранный за период с начала открытия метеостанции по 2010 год (верхние) и максимальное количество осадков, выпавшее за сутки в 2011 году (нижние), мм

На рис. 4 представлена доля суммы осадков, выпавших в сутки с экстремально большим количеством осадков (более 95-го перцентиля), в сумме осадков за весь 2011 г. Для расчета использовались два индекса R95 и PRPTOT. Индекс осадков R95 показывает количество осадков, превышающих 95-й перцентиль, а PRPTOT – количество осадков ≥ 1 мм за весь влажный период. Наибольшая доля экстремального количества осадков наблюдалась на М Есиль (60 %), на М Аркалык, М Карабалык, М Экидын, М Уил и М Тушибек – 40...46 %. На 45-ти процентах станций доля экстремальных осадков достаточно высокая – 20...39 %, что говорит о неравномерности выпадения осадков во времени.

В условиях засушливого климата Казахстана очень важным является индекс CDD, который показывает *максимальную продолжительность периода, когда осадки были менее 1 мм* (продолжительность дождливого периода, рис. 5). В 2011 году практически на всех метеостанциях продолжительность периода без осадков была около месяца. Особо длительные периоды без осадков, от 90 до 130 дней, наблюдались на юге Казахстана (М Туркестан, М Шардара), а также в Мангистауской области (М Актау). В Жамбылской, Южно-Казахстанской, Кызылординской, Мангистауской и Атырауской областях продолжительность периода без осадков составила около двух месяцев. На юге Казахстана и на некоторых станциях Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Акмолинской, Ко-

станайской и Атырауской областях продолжительность периода без осадков составила от 40 до 60 дней.

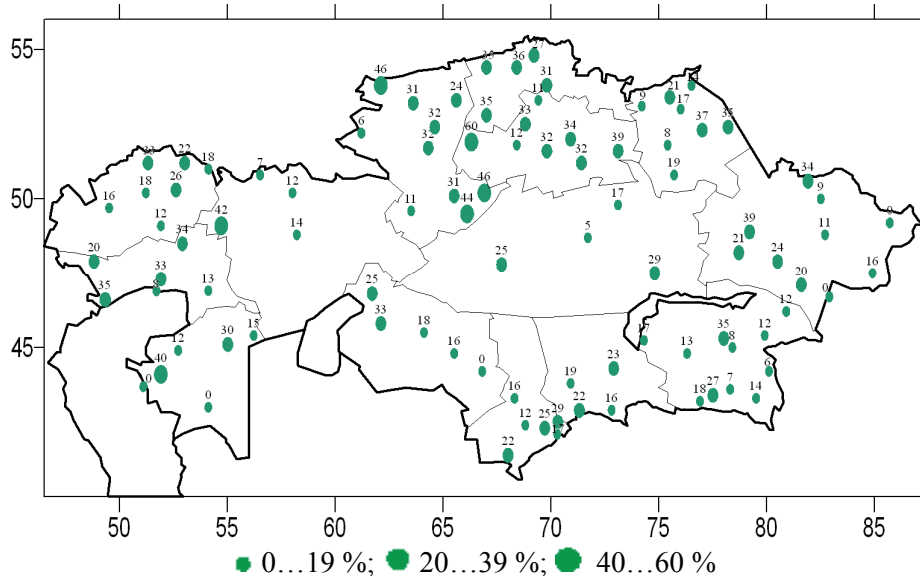


Рис. 4. Доля (в %) экстремального количества в годовой сумме осадков в 2011 году. Экстремальное количество осадков рассчитано как сумма суточных осадков, превышающих 95-й процентиль.

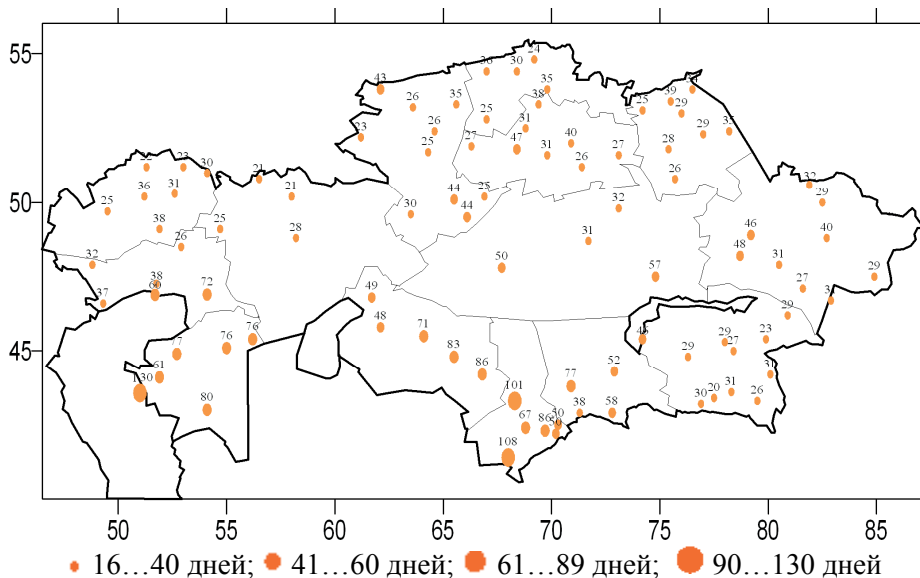


Рис. 5. Максимальная продолжительность периода без осадков (в сутках) в 2011 году.

По результатам расчета индекса CWD максимальная продолжительность периода с осадками в 2011 году составляла от 2 до 9 дней (рис. 6). Индекс CWD показывает максимальную продолжительность пе-

риода, когда осадки были равны или больше 1 мм. Наибольший по продолжительности период с осадками (5...9 дней) наблюдался в предгорных и горных районах юго-востока Казахстана, а также местами на северо-западе и северо-востоке Казахстана.

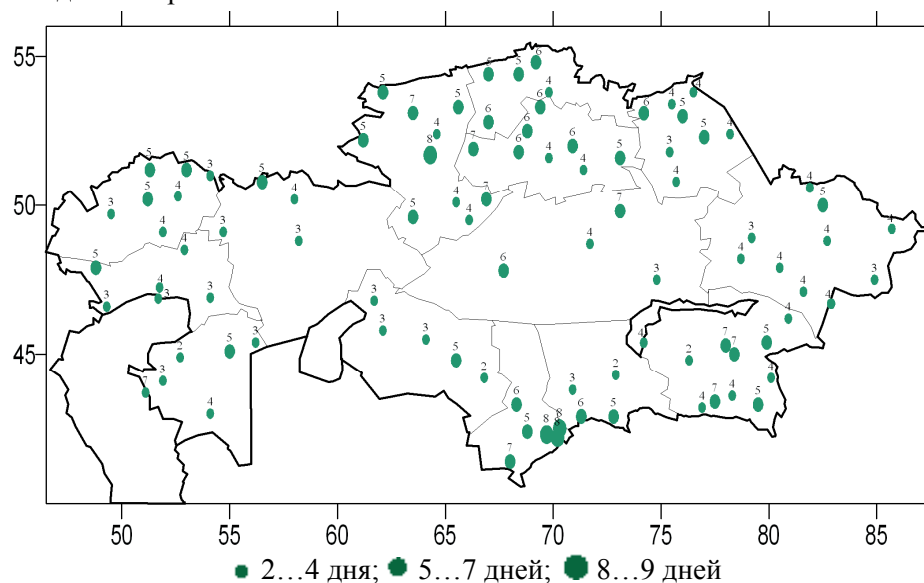


Рис. 6. Максимальная продолжительность периода (в сутках) в 2011 году, когда осадки были ≥ 1 мм.

Анализ тенденций в экстремумах количества атмосферных осадков выполнен за период 1941...2011 гг. на основе некоторых наиболее показательных индексов изменения климата (Rx1day, R95/PRCPTOT, CDD), предложенных ВМО.

Значения максимального суточного количества осадков на территории Казахстана практически не изменились. На территории всех областей Казахстана наблюдаются слабые – на 0,1...1,0 мм/10 лет, тенденции как уменьшения, так и увеличения максимального суточного количества осадков. При этом практически все тренды статистически незначимы [2].

Анализ тренда в значениях доли (%/10 лет) экстремального количества осадков в годовой сумме осадков показывает, что на территории Казахстана наблюдаются слабые тенденции, как ее уменьшения, так и увеличения – на 1...2 %/10 лет. При этом в северных регионах Казахстана чаще наблюдается тенденция уменьшения доли, а в южных – увеличения. Увеличение экстремального количества осадков в летний период приводит к повышению риска возникновения эрозионных процессов, а в горных районах – селей дождевого генезиса.

На большей части территории Казахстана наметилась тенденция сокращения *максимальной продолжительности периода без осадков*. Статистически значимые тенденции уменьшения наблюдаются на севере республики – на 1...4 дня каждые 10 лет. На всей остальной территории тенденции статистически незначимы.

Выводы

На всей территории Казахстана в 2011 г. дефицит годового количества осадков (60...80 % нормы) наблюдался в Кызылординской и некоторых районах Карагандинской, Восточно-Казахстанской и Павлодарской областей. В северных, юго-восточных и западных областях Казахстана годовое количество осадков превышало норму на 20...40 %, местами на 80 %. На остальной территории республики количество осадков составило 80...120 % нормы. Зимой и весной на большей части территории Казахстана количество осадков было либо около нормы, либо ниже, местами зимой на 40 %, весной – на 60 %. Зимой лишь на крайнем юго-востоке осадков выпало значительно больше нормы (на 60...80 %). Весной экстремально высокое количество осадков выпало на северо-востоке и западе республики. Летом и осенью на территории Казахстана количество осадков было, в основном выше нормы. Но следует отметить, что Кызылординская область во все сезоны испытывала дефицит осадков.

Значительных изменений в режиме осадков по территории Казахстана не происходит. Изменения в годовых суммах осадков составляют 0,5 мм/10 лет. Тренды, в основном, статистически незначимы. В среднем по Казахстану наблюдается слабая тенденция (статистически незначимая) к уменьшению количества осадков во все сезоны примерно на 0,7 мм/10 лет, за исключение зимнего, когда тенденция к увеличению осадков статистически значимая и составляет 1,7 мм/10 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алибегова Ж.Д. Пространственно-временная структура полей жидких осадков / Ж.Д. Алибегова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 228 с.
2. Ежегодный бюллетень мониторинга климата Казахстана: 2010 год. – Астана: Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан, РГП «Казгидромет», 2011. – 32 с.
3. Климат России: справочник / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
4. Peterson T.C. Climate Change Indices // WMO Bulletin. – 54 (2). – 2005 – PP. 83-86.

5. Zhang X., Yang F. RClimDex User Manual. – Climate Research Branch Environment Canada downsvievw, Ontario Canada, 2004. – 22 с.

Поступила 24.06.2013

Р.М. Илякова
Канд. геогр. наук С.А. Долгих
Е.Е. Петрова

КАЗАХСТАН АУМАҒЫНДАҒЫ ЖАУЫН-ШАШЫН ТӘРТІБІНІҢ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІ ТУРАЛЫ СҰРАҚҚА ЖАУАП

Бұл мақалада ҚР аймағындағы жауын-шашын тәртібінің мониторингі қағидаларын РМК «Қазгидромет» іске асыру туралы айшықталған. 1941...2011 жылдар аралығында айлық тенденциясы, жауын-шашынның маусымдық және жылдық мөлшері, сонымен бірге экстремумды жауын-шашын көрсетілген. Жауын-шашын тәртібінің аномалияларына нақты жылдарға мысалдар келтірілген.