

УДК 551.509.324

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСЯЧНОГО  
КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД НА СЕВЕРЕ  
КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук

Г.К. Турулина

И.С. Холодкова

*Проведен анализ основных статистических характеристик  
месячного количества осадков в зимний период на севере Казахстана.*

Атмосферные осадки – важная характеристика климата, их исследованием занимались многие ученые. Различные виды хозяйственной деятельности (сельское и лесное хозяйство, транспорт, энергетика, строительство и другие) нуждаются в информации об осадках. В исследованиях осадков большое внимание уделяется таким направлениям, как методика измерения и обработка данных об осадках, активное воздействие на осадки, воднобалансовые расчеты, метеорологические и гидрологические прогнозы, моделирование роли осадков в формировании климата, анализ тенденций увлажнения в условиях глобального потепления.

Большой цикл работ проведен Ц.А. Швер [9]. Среди работ климатического направления следует, прежде всего, отметить статью [2], где рассмотрены осадки по регионам Северного полушария, указаны особенности климатического режима месячных и годовых осадков, причем основное внимание уделено территориальным различиям и годовому ходу осадков.

Одной из первых работ по изучению снежного покрова в Северном Казахстане было исследование Л.В. Павловой [6]. Автором были выделены зимы в Северном Казахстане с ранними и поздними сроками установления и разрушения устойчивого снежного покрова, проанализированы температуры воздуха. Режим осадков, динамика накопления снега в много- и малоснежные зимы. Л.В. Павлова также установила, что многоснежные зимы продолжительнее малоснежных в среднем на полтора месяца; распределение по территории высоты и запасов воды в снеге при обоих типах зим аналогично среднему многолетнему. Только на востоке в малоснежные зимы иногда накапливается снега больше нормы, вследствие сдвига циклоничности к востоку; многоснежные зимы в среднем холоднее малоснежных (особенно в ноябре и феврале). Разница температур в сред-

нем за зиму достигает 3,3 °С; в многоснежные зимы не только в Северном Казахстане, но и на всей территории республики преобладает отрицательная аномалия температуры воздуха с очагом самых низких температур в Западном и в Северном Казахстане, а в малоснежные – положительная, с очагом в тех же районах.

Одной из наиболее сложных задач при изучении осадков является анализ тенденций увлажнения. Характер пространственной неоднородности осадков отмечался многими авторами [1, 3, 6, 7, 8]. Показано, что эффект неоднородности распределения осадков формируется под совместным влиянием макро- и микроклиматических условий. Макроклиматические условия пространственной неоднородности осадков, обусловленные влиянием крупномасштабных процессов, может учесть сравнительно редкая сеть пунктов наблюдений. Совершенно иначе обстоит дело с учетом микроклиматических условий, особенно при сложном рельефе. Именно микроклиматическая неоднородность территории и является основной причиной значительной «пятнистости» распределения осадков. В связи с этим для получения репрезентативных значений количества осадков требуется значительное пространственное и временное осреднение [1, 3, 6, 7, 8].

Районы Казахстана в работах по распределению осадков в различные сезоны года в условиях глобального потепления недостаточно освещены либо из-за ограниченности фактических данных, либо из-за слишком большой степени осреднения во времени и пространстве. Относительно же связи увлажнения региона с глобальной температурой воздуха полушария разными исследователями получены порой противоречивые выводы. Все это говорит о необходимости дифференцированного во времени и пространстве изучения тенденций увлажнения в республике.

Для решения этой задачи О.В. Пилифосовой [6] привлекались данные о суммах осадков за теплый период (апрель – октябрь), холодный (ноябрь – март) периоды и за год на 24 станциях Казахстана, расположенных относительно равномерно по территории. Для получения однородных и сопоставимых данных пропуски в рядах наблюдений восстанавливались по картам отношений месячных сумм осадков, составленным в ГГО. Известно, что одной из необходимых процедур для надежного выявления тенденций атмосферных осадков является пространственное осреднение данных. Исходя из этого, а также для оценки зависимости хода увлажнения от географического положения на территории Казахстана автором [6] было выделено 6 районов, для которых вычислялись средние суммы осадков. Основанием для объединения

станций в районе служила сходность их физико-географического положения, а также превышение коэффициента корреляции между годовыми суммами осадков на соседних станциях его критического значения на 10 % уровне значимости. Период наблюдений охватывал 54 года.

Статистическое описание тенденции развития осуществляется путем выявления и оценки трендов во временных рядах. Существует множество различных приемов оценивания трендов, достаточно полно обзор которых дан в [7, 10]. Для выявления тенденций увлажнения средних районных осадков в первом приближении трендовая составляющая оценивается с помощью сглаживания исходного ряда скользящей пятилетней средней. Использование этого метода, как известно, позволяет элиминировать случайные колебания, сгладить временной ряд, дает возможность провести анализ в определенных временных интервалах. О.В. Пилифосова показала, что тенденция изменения увлажненности Центральных районов Казахстана имела положительный знак до 1952 года и в период 1956...1960 годы, после чего ее знак сменился на противоположный. Восьмидесятые годы характеризовались почти повсеместным ростом осадков. Исключение составляют осадки теплого периода в северном и восточном районах и годовые в юго-восточном, где отмечается отрицательная тенденция изменения увлажнения, а также годовые и осадки холодного периода, где тенденция нулевая.

Наша статья посвящена исследованию статистических характеристик зимних осадков в Северном Казахстане. Материалом для исследования служили данные среднего месячного количества осадков за декабрь, январь и февраль с 1961 года по 1995 год на станциях Павлодар, Актюбинск, Костанай, Петропавловск, Астана и Кокшетау, а также данные климатического справочника [4].

По выбранному ряду лет на данных станциях были вычислены средние значения количества осадков  $\bar{R}$  за каждый зимний месяц. Затем было проведено сравнение данных климатического справочника  $R_{кл}$  и рассчитанных значений средних многолетних осадков  $\bar{R}$ . Результаты представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показал, что для всех зимних месяцев в Актюбинске, Костане и Петропавловске рассчитанные средние многолетние значения осадков превышают или совпадают со значениями, приведенными в климатическом справочнике. Для Павлодара, Кокшетау и Астаны эти значения несколько меньше значений, приведенных в [4].

Таблица 1

Среднемноголетнее количество осадков по данным климатического справочника  $R_{кл}$  и рассчитанное  $\bar{R}$  за период с 1961 по 1995 годы

Станция	Декабрь		Январь		Февраль	
	$\bar{R}$	$R_{кл}$	$\bar{R}$	$R_{кл}$	$\bar{R}$	$R_{кл}$
Павлодар	17	19	18	15	13	13
Актюбинск	25	20	21	15	18	13
Костанай	22	16	18	13	12	11
Петропавловск	24	17	21	14	15	11
Астана	18	18	17	19	14	14
Кокшетау	12	17	12	13	11	9

В работе были определены основные статистические характеристики среднего многолетнего количества осадков: аномалия осадков ( $\Delta R_i$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\sigma$ ), коэффициент асимметрии ( $A_s$ ), коэффициент эксцесса ( $E_x$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ), приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Основные статистические характеристики месячных сумм осадков

Станция	Месяц	$\sigma$	$C_v$	$A_s$	$E_x$
Павлодар	Январь	10	0,58	0,62	-0,22
	Февраль	6,3	0,48	0,34	-0,29
	Декабрь	8,3	0,49	0,002	-0,78
Актюбинск	Январь	13,5	0,62	0,67	-0,21
	Февраль	12,9	0,70	1,65	5,72
	Декабрь	15,6	0,61	0,38	-0,18
Костанай	Январь	9,7	0,56	0,17	-1,00
	Февраль	8,4	0,68	0,23	1,93
	Декабрь	14,4	0,66	0,54	-0,48
Петропавловск	Январь	12,2	0,57	0,82	0,81
	Февраль	9,2	0,60	1,21	3,57
	Декабрь	16,0	0,66	1,04	1,33
Астана	Январь	10,8	0,61	1,63	3,44
	Февраль	7,4	0,52	1,78	5,26
	Декабрь	10,5	0,57	1,46	3,80
Кокшетау	Январь	9,7	0,78	2,19	6,15
	Февраль	8,7	0,76	1,81	3,90
	Декабрь	7,8	0,63	1,66	2,12

Анализ табл. 2 показывает следующее: среднее квадратическое отклонение в зимние месяцы меняется по территории от 6,3 в Павлодаре до

16,0 в Петропавловске. Это свидетельствует о большой изменчивости месячных сумм осадков. Большую изменчивость подтверждает и коэффициент вариации  $C_v$ , который на всех станциях  $\geq 0,5$ . Известно, что коэффициент вариации равный 0,25 уже считается большим.

Коэффициент асимметрии для всех станций и всех месяцев положительный и в большинстве случаев превышает критическое значение (61 % из всех случаев), равное 0,62 для пятипроцентного уровня значимости. Положительная, т.е. правосторонняя асимметрия свидетельствует о том, что в рассматриваемых рядах зимних осадков чаще встречаются небольшие значения месячных осадков. Коэффициент эксцесса также в большинстве случаев больше критического ( $E_{x крит.} = 0,85$ ) для заданного уровня значимости.

Коэффициенты эксцесса и асимметрии позволяет оценить характер эмпирического распределения величины. Если асимметрия ( $A_s$ ) и эксцесс ( $E_x$ ) не превышают критических значений для заданного уровня значимости, то распределение подчиняется нормальному закону. В нашем случае распределение месячных сумм осадков отличается от нормального. Это не противоречит результатам исследований различных авторов, например [6].

В работе были построены гистограммы распределения месячных сумм осадков для центрального месяца – января, для всех станций. Анализ гистограмм подтверждает, что распределение осадков на севере республики отличается от нормального. Для примера приведена гистограмма распределения месячных сумм осадков в январе для станции Павлодар (рис. 1).

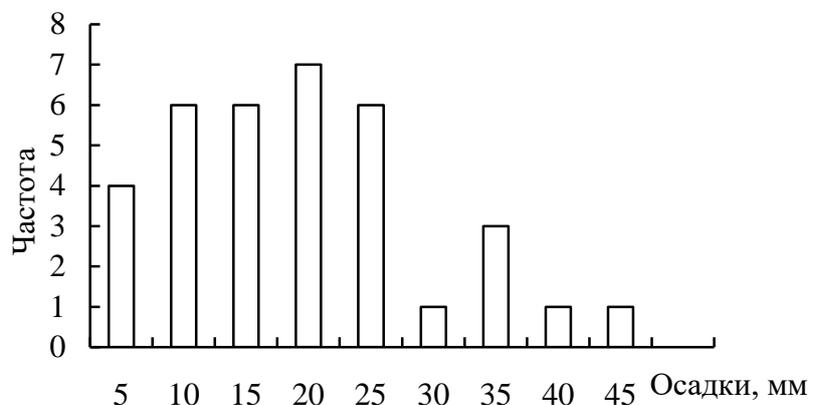


Рис. 1. Гистограмма распределения месячного количества осадков для станции Павлодар в январе.

Практический интерес представляет анализ тенденций изменения сумм осадков зимой на севере Казахстана. Как известно, тенденция – это объективно существующее свойство процесса, в данном случае режима увлажнения, которое выражается в медленном закономерном изменении рассматриваемой величины или ее статистических характеристик. Статистическое описание тенденции развития осуществляется путем выявления и оценки трендов во временных рядах. Для определения тенденции режима увлажнения всего зимнего периода по всем станциям были рассчитаны аномалии осадков для всех зимних месяцев. Повторяемость знаков аномалии для всех месяцев на всех станциях приведена в табл. 3.

Таблица 3

Повторяемость знаков аномалий осадков для рассматриваемых станций во все зимние месяцы

Месяц	Знак аномалии	Станция					
		Павлодар	Актюбинск	Костанай	Петропавловск	Астана	Кокшетау
Декабрь	$n_+$	16	15	22	23	17	15
	$n_-$	19	20	13	12	18	20
Январь	$n_+$	19	18	24	25	13	13
	$n_-$	16	17	11	10	22	22
Февраль	$n_+$	18	22	18	24	11	17
	$n_-$	17	13	17	11	24	18

Анализ результатов данной таблицы показывает, что на большей части территории Казахстана преобладает положительная аномалия, свидетельствующая о повышении количества зимних осадков по сравнению с нормой. Этот вывод подтверждает анализ временного хода среднего месячного количества осадков. На рис. 2 приведен график временного хода среднего месячного количества осадков для станции Павлодар для января.

Далее был рассчитан линейный тренд:

$$Y = a + bx,$$

где  $Y$  – осадки;  $a, b$  – коэффициенты;  $x$  – годы.

Линия тренда, изображенная на рис. 2, указывает на то, что в Павлодаре в январе в исследуемом периоде лет отмечается тенденция к уве-

личению осадков. Аналогичный результат анализа трендов получен для станций Актюбинск, Костанай и Петропавловск. На станциях Кокшетау и Астана отмечается тенденция к уменьшению количества зимних осадков.

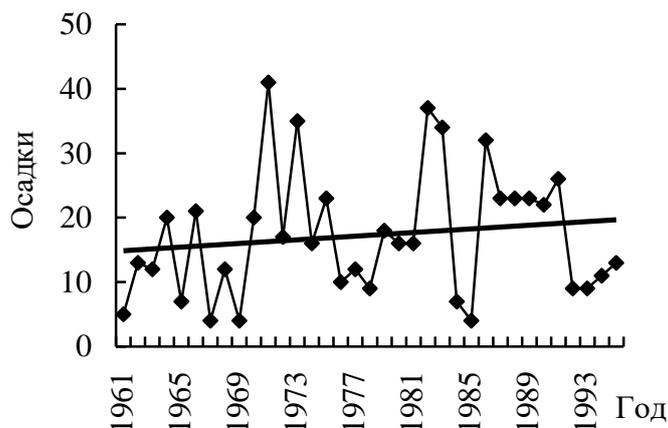


Рис.2. Временной ход месячного количества осадков в январе и линия тренда для Павлодара с 1961 по 1995 годы.

В результате проведенного исследования статистических характеристик зимних осадков в Северном Казахстане можно сделать вывод о том, что пространственная и временная изменчивость их очень велика, а это свидетельствует о трудности прогноза осадков в современных условиях глобального потепления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буза А.А. Вероятность обнаружения маломасштабных явлений в зависимости от размеров и густоты наблюдательной сети. // Метеорология и гидрология, 1970. – Вып. 2. – С. 62-70.
2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Анасова Е.Г. Статистические характеристики поля аномалии январских осадков Северного полушария. // Труды ВНИИГМИ МЦД, 1981. Вып. 77. – С. 71-82.
3. Мещерская А.В., Лугина К.М., Леднева К.В. К сравнению осадков, осредненных по площади с осадками на отдельных станциях. // Труды ГГО, 1978. – Вып. 400. – С. 28-39.
4. Научно прикладной справочник по климату СССР/ Вып.18, книга 2, Л.: Гидрометеиздат, 1985. – С. 265-270.
5. Павлова Л.В. Снежный покров в северном Казахстане: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Алматы, 1971. – 19 с.

6. Пилифосова О.П. О тенденциях увлажнения территории Казахстана. // Труды КазНИГМИ. – 1990. – Вып. 106. – С. 77-87.
7. Садоков В.П., Буракова Р.И., Козельцева В.Ф. Особенности полей осадков в зависимости от различных факторов. // Труды ГМЦ РФ. – 2000. – Вып. 300. – С. 49-59.
8. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. – СПб.: Гидрометеониздат, 1991. – 303 с.
9. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеониздат, 1976 – 302 с.
10. Юзбашев М. М., Манэля А. И. Статистический анализ тенденций и колеблемости. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 207 с.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби

**СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ҚЫС МЕРЗІМДЕ БАЙҚАЛАТЫН  
ЖАУЫН-ШАШЫН МӨЛШЕРІНІҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ  
СИПАТАМАЛАРЫ**

Геогр. ғылымд. канд Г.К. Турулина  
И.С. Холодкова

*Солтүстік Қазақстандағы қыс мерзімде байқалатын  
жауын-шашын мөлшерінің статистикалық сипатамалары  
талдауы өткізіліп көрсетілген.*