

УДК 551.577.2

А.Б. Бегалиева \*

Канд. физ.-мат. наук Е.В. Боголюбова \*

**ОСОБЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОСРЕДНЕННЫХ ПО ПЛОЩАДИ МЕСЯЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ НА СЕВЕРЕ И ЮГЕ КАЗАХСТАНА**

*СТАТИСТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, МЕСЯЧНЫЕ СУММЫ ОСАДКОВ, АСИММЕТРИЯ, ЭКСЦЕСС, КОЭФФИЦИЕНТ ВАРИАЦИИ, ГИСТОГРАММА, КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ, СРЕДНЕЕ КВАДРАТИЧЕСКОЕ ОТКЛОНЕНИЕ*

*В статье проведен сравнительный анализ изменения статистических характеристик осредненных по площади месячных сумм осадков на севере и юге Казахстана. В северных областях максимум осадков наблюдается в июле, минимум – в апреле. Весной осадков выпадает меньше, чем осенью; в южных областях – главный максимум наблюдается весной, а второстепенный – осенью; минимум осадков приходится на лето. Временной ход осадков теплого периода также одинаков в северных областях, как он одинаков и в южных. Гистограммы распределения месячных сумм осадков в северных и южных областях Казахстана имеют чаще всего положительную асимметрию (правостороннюю). Режим осадков в южных областях отличен от режима осадков в северных областях Казахстана и схож внутри этих территорий.*

В течение последних десятилетий в Казахстане наблюдалась тенденция к повышению годовых и сезонных температур воздуха. Существующие современные модели предсказывают изменения условий увлажнения. По некоторым моделям на территории Казахстана зона недостаточного увлажнения может исчезнуть, а засушливая зона может занять 38 % площади республики. В Казахстане отмечается резкий контраст в степени увлажнения крайних северных и южных областей, как за холодные, так и за теплое полугодие. Северные и южные районы резко отличаются между собой внутригодовым распределением осадков [5].

---

\* Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

В работе был проведен сравнительный анализ изменения статистических характеристик осредненных по площади месячных сумм осадков на севере и юге Казахстана. Осредненные по площади данные были взяты в качестве исходного материала. Осреднение проводилось в главной геофизической обсерватории Н.И. Ефремовой, К.В. Ледневой, А.В. Мещерской по разным станциям для каждой области, в среднем по 7...10 станциям [1].

Н.И. Ефремовой [2], К.В. Ледневой и А.В. Мещерской [4], было показано, что для целей долгосрочного прогноза погоды и для решения некоторых задач климатологии предпочтительнее использовать осредненные по площади осадки, чем непосредственно данные на станциях. Н.И. Ефремовой были отмечены следующие преимущества осредненных по площади осадков по сравнению с осадками отдельных станций: корреляция осредненных по площади осадков убывает с расстоянием медленней, чем осадков на отдельных станциях; это делает возможным увеличивать радиус корреляции и выявлять крупномасштабные связи этой метеорологической величины; кривые распределения осредненных осадков ближе к нормальным, что позволяет шире применять статистические методы обработки; для расчета месячных норм осредненных осадков с заданной точностью можно использовать более короткие ряды, чем ряды осадков по точечным данным; применение рядов осредненных величин приводит к уменьшению числа пропусков данных.

На рис. 1 показано местоположение площадей осреднения с их новыми названиями.

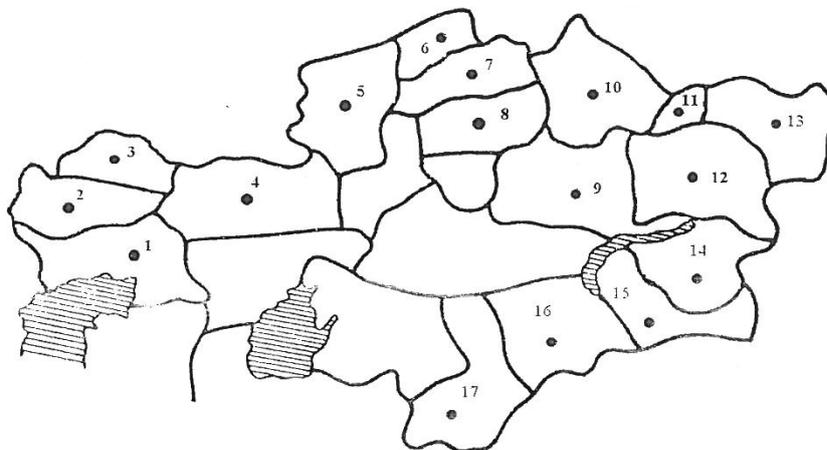


Рис. 1. Схема территорий осреднения по административным областям.

Сравнительный анализ статистических характеристик месячных сумм осадков проводился по осредненным средним месячным суммам осадков за 1891...1989 гг. по северным (север Костанайской, Северо-Казахстанская, Акмолинская, Павлодарская) и за 1946...1981 гг. по южным (Алматинская, Жамбылская, Южно-Казахстанская) областям Казахстана.

По выбранному ряду лет для рассматриваемой территории были вычислены средние арифметические значения сумм осадков за каждый месяц теплой половины года (апрель – октябрь) для северных и южных областей, что позволило сделать следующий вывод. За теплую половину года в северных областях Казахстана в среднем выпадает больше осадков, чем в южных, за исключением Алматинской области. В Павлодарской области сумма осадков за теплый период составляет 197 мм, на севере Акмолинской – 245 мм, в Северо-Казахстанской – 241 мм, на севере Костанайской – 210 мм. В Южно-Казахстанской – 153 мм, в Жамбылской – 154 мм, в юго-западной части Алматинской – 270 мм, в северо-восточной ее части – 220 мм. Однако временной ход выпадения осадков в теплую половину года, как и следовало ожидать, различен на севере и юге Казахстана. Был проанализирован временной ход осредненных месячных сумм осадков в теплый период года на севере и юге Казахстана для выявления сходства и различий режима осадков (рис. 2 и 3).

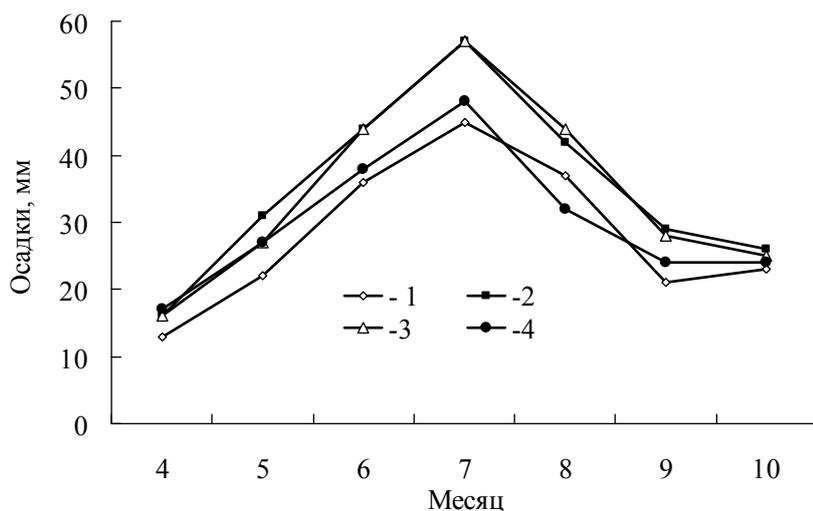


Рис. 2. Временной ход средних многолетних значений месячных сумм осадков осредненных по площади за 1891...1989 гг. в северных областях Казахстана. 1 – Павлодарская область, 2 – север Акмолинской области, 3 – Северо-Казахстанская область, 4 – север Костанайской области.

Значение средних месячных сумм осадков в июне, июле и августе на севере больше, чем в остальные месяцы. Максимальное значение месячных сумм осадков наблюдались в июле на севере Акмолинской и в Северо-Казахстанской области (57 мм), а наименьшее в Павлодарской области в апреле (13 мм).

Временные ходы норм сумм осадков в северных областях Казахстана аналогичны друг другу: от минимума в апреле наблюдается возрастание средних месячных сумм до июля, затем убывание до сентября и дальнейшее возрастание в октябре. В северных областях Казахстана июль является наиболее дождливым месяцем, а апрель наиболее сухим. В этих областях весной осадков меньше, чем осенью.

А.С Утешев отметил, что по характеру внутригодового распределения месячных осадков в Казахстане выявляются следующие три типа.

1) явно выраженное преобладание летних осадков с максимумом в июле, причем, весной осадков меньше, чем осенью (лесостепная и степная зоны наибольшего увлажнения северной части Казахстана);

2) сравнительно равномерное распределение месячных осадков в течение года со слабо выраженным максимумом в весенний период (центрально-пустынная зона наименьшего увлажнения);

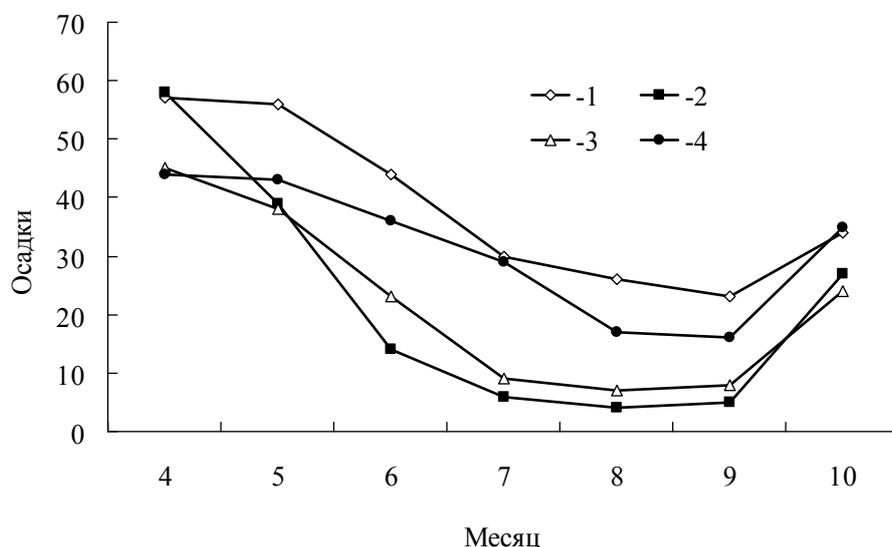
3) глубокий минимум осадков летом с двумя максимумами – главным весной и второстепенным осенью (юг пустынной зоны предгорья юга и юго-востока Казахстана).

Это соответствует распределению осадков по первому типу, характерному для лесостепной зоны наибольшего увлажнения северной части Казахстана [5].

Совершенно непохож на предыдущий ход нормы в районах орошаемого земледелия, то есть южных областях Казахстана (рис. 3). В этих областях максимальное количество осадков отмечается в апреле, а на юго-западе Алматинской области в мае. Затем происходит убывание месячных сумм до минимума в августе и с сентября возрастание до второго максимума в октябре, то есть в южных областях Казахстана максимум осадков приходится на весну и осень, а минимум на лето. В Южно-Казахстанской и Жамбылской областях август характеризуется самой маленькой в республике средней месячной суммой осадков.

На юге максимальные значения средних месячных сумм осадков наблюдаются в Алматинской области в апреле (58 мм), а минимальные значения наблюдались тоже в Алматинской области в июле (4 мм).

По характеру внутригодового распределения месячных сумм осадков этот временной ход соответствует третьему типу по А.С. Утешеву. Для этого типа имеется главный максимум весной, когда выпадает большое количество осадков и второстепенный осенью. Помимо средних многолетних или норм необходим учет отклонений от нормы или временной изменчивости в рядах. Обычно такая изменчивость в длинных бессвязных рядах оценивается средним квадратическим отклонением.



*Рис. 3. Временной ход средних многолетних значений месячных сумм осадков осредненных по площади за 1946...1981 гг. в южных областях Казахстана. 1 – юго-запад Алматинской области, 2 – Южно-Казахстанская область, 3 – Жамбылская область, 4 – северо-восток Алматинской области.*

По выбранному ряду лет для рассматриваемых областей были рассчитаны значения среднеквадратических отклонений для всех месяцев теплой половины года (рис. 4 и 5). Показаны временные ходы среднеквадратических отклонений месячных сумм осредненных осадков для севера и юга Казахстана.

Максимальная изменчивость, т.е. максимальные значения среднеквадратического отклонения, характерны для севера Акмолинской области (28,5 мм), наименьшие – для Павлодарской области в апреле (8,6 мм).

Временной ход средних квадратических отклонений для северных областей Казахстана в теплое время года аналогичен ходу норм. Большим суммам осадков соответствуют большие значения среднеквадратических

отклонений. Для рассматриваемых территорий значения отклонений в теплый период колеблется от 8,6 мм до 28,5 мм.

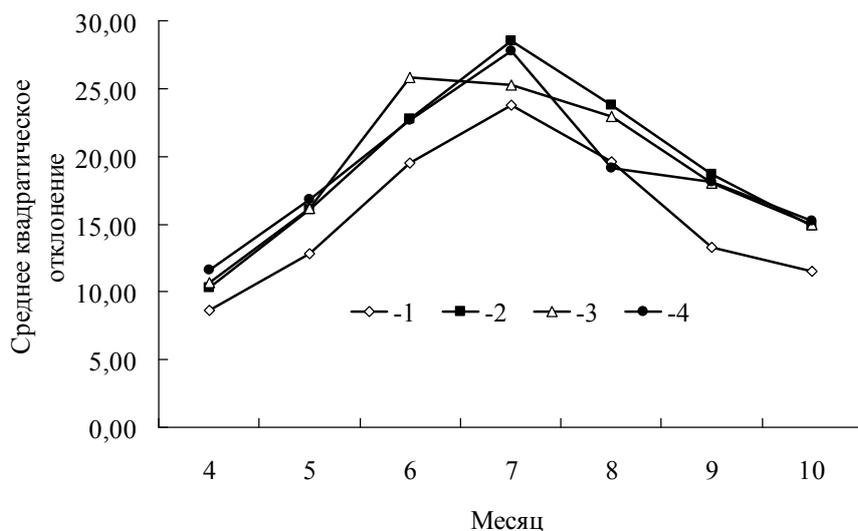


Рис. 4. Временной ход среднеквадратических отклонений месячных сумм осадков за 1891...1989 гг. по северным областям Казахстана. Обозначения см. рис. 2.

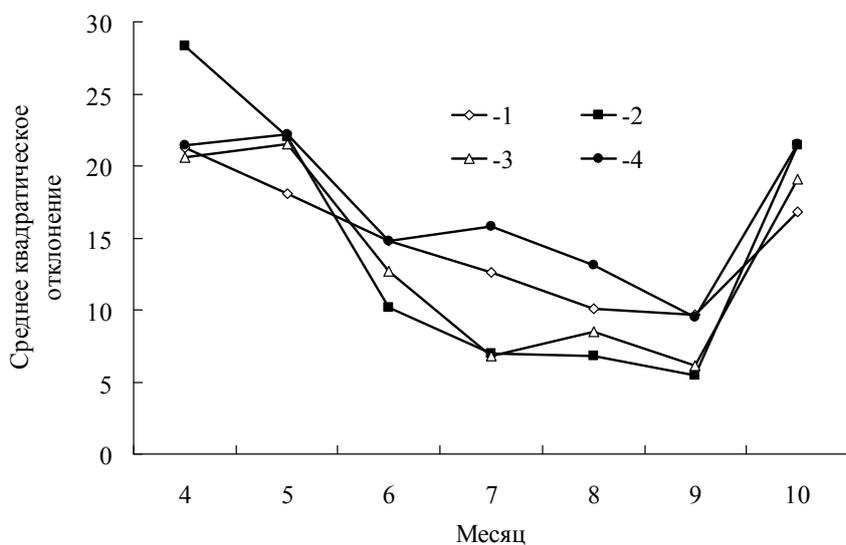


Рис. 5. Временной ход среднеквадратических отклонений месячных сумм осадков за 1946...1981 гг. по южным областям Казахстана. Обозначения см. рис. 3.

На юге максимальная изменчивость наблюдалась в Южно-Казахстанской области (28,3 мм), а наименьшая – в Жамбылской (6,1 мм).

Временной ход среднеквадратических отклонений для южных областей Казахстана в теплое время года также аналогичен ходу норм. Максимумы среднеквадратических отклонений наблюдаются весной и осенью, а минимум – летом. Значения среднеквадратических отклонений колеблются от 6,1 мм до 28,3 мм.

Для оценки изменчивости рядов атмосферных осадков чаще применяют коэффициент вариаций или нормированное значение среднего квадратического отклонения, которое дает лучшее сравнение в пространстве [3].

По выбранному ряду лет для рассматриваемых областей были рассчитаны также значения коэффициента вариации для всех месяцев теплой половины года и был проанализирован временной ход коэффициентов вариации месячных сумм осредненных осадков за теплый период года.

На севере значение коэффициента вариации изменяется в пределах 0,44...0,74. В июле в Северо-Казахстанской области, на севере Акмолинской области в мае, июне и июле распределение месячных сумм осадков можно считать близкими к симметричному, так как значение  $C_v$  в эти месяцы не превышали 0,5, то есть 50 %. Значения коэффициентов вариации для северных областей Казахстана близки друг другу.

На юге значения  $C_v$  изменяются в пределах 0,32...1,57, только на юго-западе Алматинской области распределение месячных сумм осадков можно считать близкими к симметричному, так как значения  $C_v$  в эти месяцы не превышали 50 %. В Южно-Казахстанской области в июле, августе и сентябре значения  $C_v$  были выше 1,00, то есть рассеяние превышало норму.

На юго-западе и северо-востоке Алматинской области такого ярко выраженного временного хода значений коэффициентов не наблюдается. Можно только отметить, что наибольшее значение коэффициента вариации на юго-западе Алматинской области характерно для октября, а на северо-востоке Алматинской – для августа, а наименьшее - на юго-западе и северо-востоке Алматинской – для июня.

Для Казахстана характерна большая изменчивость коэффициента вариации в течение года. В районах с недостаточным увлажнением, к которым относятся Казахстан, коэффициент вариации может изменяться существенно и превосходит норму. Ц.А. Швер отмечает, что коэффициент

вариации зависит и от степени континентальности климата [6]. Изменчивость считается малой, если  $C_v \leq 0,5$ .

Ошибка вычисления стандартного (среднего квадратического) отклонения зависит от коэффициента асимметрии. Распределение месячных сумм осадков характеризуется умеренной асимметрией, а в засушливом климате – значительной. В засушливом климате стандартная ошибка среднего квадратического отклонения даже в рядах за 30...70 лет может увеличиться до 20 %. То есть для расчета норм с заданной точностью при учете асимметрии распределения должна быть увеличена длина ряда.

По выбранному ряду лет для рассматриваемых областей были рассчитаны значения коэффициентов асимметрии и эксцесса для всех месяцев теплой половины года (табл. 1).

Сравнивая критические значения с рассчитанными, можно сказать, что в большинстве случаев значения коэффициентов асимметрии превышают критические как на юге, так и на севере, то есть значения коэффициента  $A_s$  значимы для 5 % уровня значимости. Критическое значение коэффициента асимметрии ( $A_{s_{кр}}$ ) равно 0,39, а эксцесса ( $E_{x_{кр}}$ ) – 0,83 для 5 % уровня значимости.

Явно выраженного временного хода как на севере, так и на юге, коэффициенты асимметрии не имеют. Следует отметить, что на севере для большинства областей характерно увеличение асимметрии осенью – в сентябре.

Значения коэффициента эксцесса для северных областей Казахстана колеблются от -0,6 до 7,0, в большинстве случаев значение коэффициента эксцесса положительное. Самое низкое значение наблюдается на севере Акмолинской области, коэффициент эксцесса там равен -0,6. А максимальное значение наблюдается на Северо-Казахстанской области, и там он равен 7,0.

Значения коэффициента эксцесса для южных областей Казахстана колеблются от -1,0 до 7,3. Коэффициент эксцесса более, чем в половине случаев, превышает критическое значение как в северных, так и в южных областях, что также указывает на отличие распределений от нормального. Отрицательный коэффициент эксцесса во всех случаях на всех станциях севера и юга незначительный и не превышает -1. Также как асимметрия, коэффициент эксцесса не имеет явно выраженного временного хода.

По выбранному ряду лет для рассматриваемых областей были построены гистограммы месячных сумм осадков за 30 лет по южным и се-

верным областям. Гистограммы строились для срединных месяцев весны, лета и осени по станциям севера и юга Казахстана (рис. 6 и 7).

Таблица 1

Коэффициенты асимметрии ( $As$ ) и эксцесса ( $Ex$ ) для осредненных по площади месячных сумм осадков за 1891...1989 гг. по северным и за 1946...1981 гг. по южным областям Казахстана

Параметр	Месяц						
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
<b>Павлодарская область</b>							
$As$	1,0	1,1	0,6	0,7	0,6	1,1	0,9
$Ex$	1,1	1,1	-0,1	0,2	-0,3	2,3	0,3
<b>Север Акмолинской области</b>							
$As$	0,7	0,7	0,4	0,8	0,8	1,6	1,0
$Ex$	0,0	1,0	-0,6	0,8	0,7	3,7	1,0
<b>Северо-Казахстанская область</b>							
$As$	0,7	0,6	0,8	0,4	0,5	2,1	1,0
$Ex$	0,6	0,4	0,5	-0,2	0,1	7,0	1,2
<b>Север Костанайской области</b>							
$As$	0,8	0,7	1,2	1,3	0,9	1,9	1,3
$Ex$	0,1	-0,2	1,8	3,3	0,6	6,2	2,6
<b>Юго-запад Алматинской области</b>							
$As$	-0,2	0,2	0,6	1,1	0,7	1,0	1,4
$Ex$	-1,0	-0,1	0,4	2,2	0,4	0,9	2,3
<b>Южно-Казахстанская область</b>							
$As$	0,4	0,3	0,6	1,6	1,7	2,3	1,2
$Ex$	0,7	-0,8	-0,8	2,5	1,6	7,1	0,4
<b>Жамбылская область</b>							
$As$	-0,1	0,6	0,5	0,9	2,5	1,2	1,2
$Ex$	-0,7	-0,6	-0,6	0,3	7,3	1,3	1,1
<b>Северо-восток Алматинской области</b>							
$As$	0,2	0,4	0,1	0,5	1,0	0,7	1,1
$Ex$	-0,7	-0,4	-0,5	-0,4	0,4	-0,0	0,9

Гистограммы распределения месячных сумм осадков в северных областях Казахстана имеют чаще всего положительную асимметрию (правостороннюю) как в апреле, так и в октябре. В большинстве областей гистограммы – двумодальные. Наибольшая повторяемость осадков в апреле характерна для градации 5...20 мм. Максимум осадков наблюдаются в июле (рис. 6). Наибольшая повторяемость осадков в июле характерно для градации 40...60 мм. Гистограмма распределения месячных сумм осадков для месяца с максимальным количеством осадков (июля) ближе к нор-

мальному, чем в месяцы с их минимумом. В июле в каждой области повторяемость разная, это обусловлено местными условиями территории, но распределение везде одинаково – длинный правый «хвост», то есть отмечается положительная асимметрия.

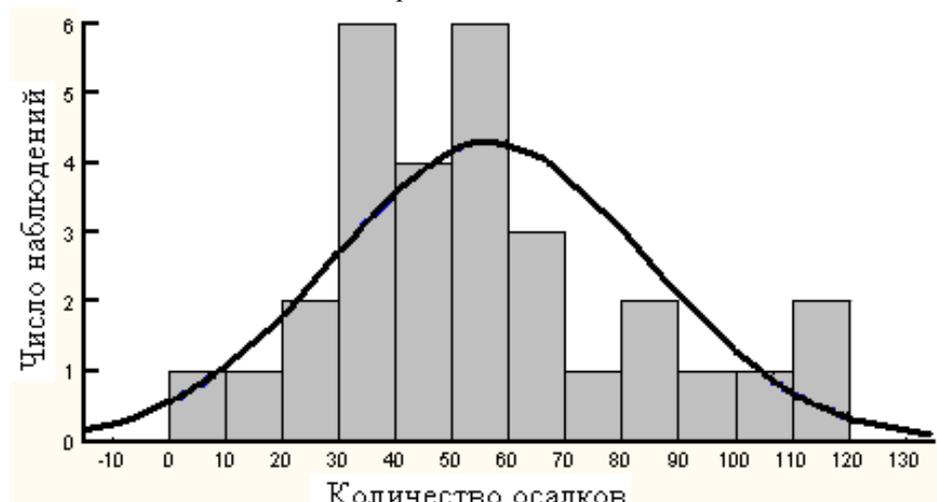


Рис. 6. Гистограмма распределения осредненных по площади месячных сумм осадков в Северо-Казакстанской области в июле.

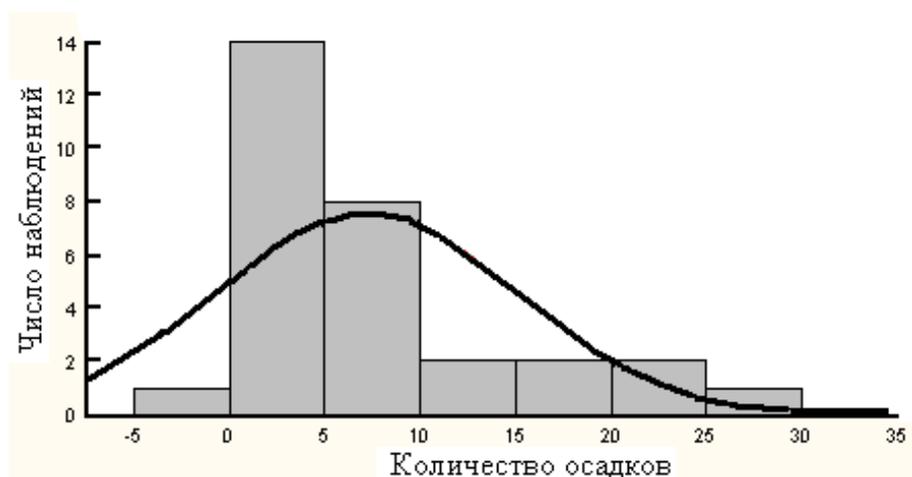


Рис. 7. Гистограмма распределения осредненных по площади месячных сумм осадков в Южно-Казакстанской области в июле.

Гистограммы распределения месячных сумм осадков в южных областях Казахстана также имеют положительную асимметрию (правостороннюю) в апреле, июле и октябре. В июле наблюдается минимум осадков

(рис. 7). В месяцы с дефицитами осадков положительная асимметрия более выражена, чем в дождливые месяцы. Таким образом, анализ гистограмм показывает, что большинство значений месячных сумм осадков требуют нормализации.

Кроме этого в работе были рассчитаны пространственные синхронные корреляционные связи месячных сумм осадков (табл. 2). Достоверность выборочного коэффициента корреляции можно проверить по специальной таблице, в которой содержатся значения критических точек ( $r_{кр}$ ) для заданного уровня значимости ( $\alpha$ ) и с учетом числа степеней свободы ( $\kappa$ ). В нашем случае при  $\alpha = 5\%$  и  $\kappa = 98$ ,  $r_{кр} = 0,20$ .

Синхронные корреляционные связи месячных сумм осадков в Алматинской и Южно-Казахстанской областях не значимы только в июне и июле (0,20 и 0,27). В остальные месяцы теплого периода года они значимы для 5% уровня значимости. Также эти связи значимы на севере Северо-Казахстанской, Костанайской и Павлодарской областей: следовательно, режим осадков на севере Казахстана сходен, так как синхронные корреляционные связи месячных сумм осадков северных областей значимы для 5% уровня значимости во все месяцы теплого периода.

Таблица 2

Синхронные корреляционные связи осредненных по площади месячных сумм осадков в теплый период года

Месяц						
апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь
<b>Северо-Казахстанская с севером Костанайской области</b>						
0,58	0,48	0,42	0,39	0,50	0,41	0,73
<b>Северо-Казахстанская с Павлодарской областью</b>						
0,30	0,25	0,30	0,36	0,38	0,33	0,42
<b>Южно-Казахстанская с юго-западом Алматинской области</b>						
0,64	0,50	0,27	0,20	0,47	0,37	0,63
<b>Северо-Казахстанская с Южно-Казахстанской областью</b>						
-0,06	0,03	-0,15	-0,11	-0,19	0,05	0,06

В результате анализа были получены следующие выводы:

- в северных областях за теплый период выпадает больше осадков, чем в южных, за исключением Алматинской области, что объясняется обострением фронтальных разделов при подходе к горам, особенно в переходные сезоны – весной и осенью;
- в северных областях максимум осадков наблюдается в июле, минимум – в апреле. Весной осадков выпадает меньше, чем осенью; в южных

областях – главный максимум наблюдается весной, а второстепенной – осенью; минимум осадков приходится на лето;

- временной ход осадков теплого периода в северных областях одинаков также, как он одинаков и в южных областях;
- средние квадратические отклонения в теплый период имеют такой же полугодовой ход, как и средние многолетние. Временной ход средних квадратических отклонений для северных и южных областей Казахстана в теплое время года аналогичен ходу норм: большим суммам осадков соответствуют большие значения средних квадратических отклонений;
- значения коэффициентов вариации для северных областей Казахстана близки друг другу. Временной ход коэффициентов вариации противоположен ходу норм и средних квадратических отклонений;
- коэффициенты асимметрии и эксцесса месячных сумм осадков показали, что их распределение отличается от нормального, они имеют в большинстве случаев положительную асимметрию;
- явно выраженного временного хода коэффициенты асимметрии и эксцесса не имеют;
- гистограммы распределения месячных сумм осадков в северных и южных областях Казахстана имеют чаще всего положительную асимметрию (правостороннюю);
- режим осадков в южных областях отличен от режима осадков в северных областях Казахстана и схож внутри этих территорий. Для использования в схемах прогноза их нужно нормализовать с помощью физико-статистических методов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефремова Н.И. Месячные количества атмосферных осадков, средние для районов Европейской территории СССР и Северного Казахстана. – Л: Гидрометиздат, 1976. – 112 с.
2. Ефремова Н.И. О точности оценки ежегодных значений месячных сумм осадков, осредненных для больших площадей. // Труды ГГО. – 1971. – Вып. 274. – С. 88-102.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М: Высшая школа, 1973. – С.60-125.
4. Леднева К.В., Мещерская А.В. Многолетние ряды месячных сумм осадков осредненных по площади, для основных сельскохозяйственных районов СССР. – Л: Гидрометеиздат, 1977. – 158 с.

5. Климат Казахстана. / Под ред. Утешева А.С. – Гидрометеиздат, 1959. – 358 с.
6. Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. – Л: Гидрометиздат, 1976. – 302 с.

Поступила 26.03.2013

А.Б. Бегалиева  
Физ.-мат. ғылымд. канд. Е.В. Боголюбова

**СОЛТҮСТІК ЖӘНЕ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ  
ОРТАЛАШАЛАНҒАН АУМАҚ БОЙЫНША ОРТАША АЙЛЫҚ  
ЖАУЫН-ШАШЫН МӨЛШЕРІНІҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ  
СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

*Мақалада Солтүстік және Оңтүстік Қазақстандағы орталашаланған аумақ бойынша орташа айлық жауын – шашын мөлшерінің статистикалық сипаттамаларының өзгерістеріне талдамалар жасалынған. Солтүстіктің облыстарында жауын-шашынның максимумдары шілдеде байқалады, ал минимумы - сәуірде. Жауын-шашынның мөлшері көктемде, күзге қарағанда аз жауады; оңтүстіктің облыстарында - басты максимум көктемде байқалады, ал қосалқы - күзде; жауын-шашынның минимумы жазға келеді. Жылы кездің жауын-шашынының уақыттық жүрісі солтүстік облыстарында бірдей, сол сияқты оңтүстік облыстарында да бірегей. Жауын-шашынның айлық сомасының гистограммалары Қазақстанның солтүстік және оңтүстік облыстарында көбіне он жақты асимметрия байқалады. Жауын-шашынның режимі Қазақстанның оңтүстікгімен мен солтүстігінде әр түрлі, бірақ өз іштерінде бірегей.*