

УДК 551.577.2

**ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ  
СТРУКТУРА ПОЛЯ МЕСЯЧНЫХ СУММ ОСАДКОВ НА  
ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА ЛЕТОМ**

Канд. физ.-мат. наук

Е.В. Боголюбова

О.С. Игнатенко

*В статье рассмотрена пространственно-временная статистическая структура месячных сумм осадков осредненных по областям в летний период 1901...2000 г.. Проведена проверка на соответствие распределения нормальному закону. Исследованы синхронные корреляционные связи между средними месячными суммами осадков двенадцати областей Казахстана, и выделены районы с высокими значениями коэффициентов корреляции между областями внутри этих районов.*

К сожалению, оправдываемость составляемых в наши дни месячных прогнозов погоды не достаточно высока для удовлетворения требований различных отраслей, правительственных организаций и широкого населения. Оправдываемость месячных прогнозов погоды в отдельные месяцы бывает на уровне случайных. Прогнозы осадков на месяц оправдываются менее успешно, чем прогнозы температуры. Средняя их оправдываемость составляет 55...60 %, что может быть обусловлено и объективными причинами, связанными с недостаточностью исходной информации. Поэтому и сегодня задача повышения эффективности месячных прогнозов погоды по-прежнему остается актуальной.

При решении вопроса прогноза месячной суммы осадков большое значение имеет изучение климатологических особенностей распределения полей осадков. Для исследования в качестве исходного материал были взяты месячные значения сумм осадков, осредненные по двенадцати сельскохозяйственным районам северной половины Казахстана (рис. 1). Осреднение проводилось в Главной геофизической обсерватории (ГГО) Ефремовой Н.И., Ледневой К.В. и Мещерской А.В. [3, 5].

Так как в ГГО был проведен всесторонний анализ пространственных корреляционных связей, рассчитаны радиус корреляции и другие характеристики, то рассмотренное подразделение на районы было решено

оставить без изменений. Так же для удобства в таблицах и в тексте использовались старые названия областей, но на рис. 1 указаны местоположения этих областей, с их старыми и новыми (в скобках) названиями.

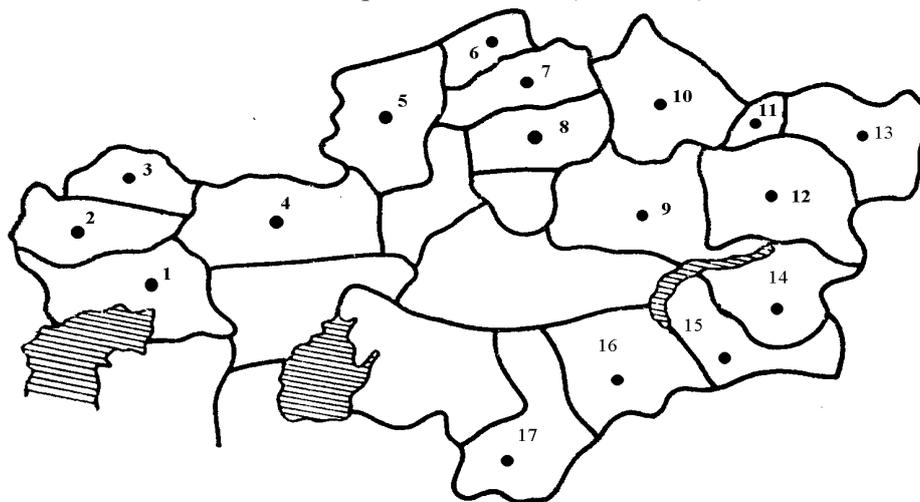


Рис. 1. Схема расположения областей, по которым проводилось осреднение: 1 - Бывшая Гурьевская область (Атырауская); 2 - Юг бывшей Уральской (Западно-Казахстанской) области; 3 - Север бывшей Уральской (Западно-Казахстанской) области; 4 - Север Актюбинской области; 5 - Бывшая Кустанайская (север Кустанайской) области; 6 - Бывшая Северо-Казахстанская (северная часть Северо-Казахстанской) область; 7 - Бывшая Кокчетавская (север Акмолинской) область; 8 - Бывшая Целиноградская (юг Акмолинской) область; 9 - Бывшая Карагандинская (восток Карагандинской) область; 10 - Павлодарская область; 11 - Север бывшей Семипалатинской (северо-запад Восточно-Казахстанской области) области; 12 - Центр бывшей Семипалатинской (запад Восточно-Казахстанской области) области; 13 - Бывшая Восточно-Казахстанская (восток восточно-казахстанской) области; 14 - Бывшая Талдыкурганская (северо-восток Алматинской) область; 15 - Бывшая Алматинская (юго-запад Алматинской) область; 16 - Джамбульская область; 17 - Южно-Казахстанская область.

Количество осадков является чрезвычайно показательной характеристикой климата, особенно в связи с возрастающим интересом широкой общественности к проблемам изменения климата. Сейчас тема глобального потепления не сходит со страниц газет и журналов. Знание режима осадков, их пространственного распределения необходимо для многих

отраслей экономики, особенно для строительства крупных объектов промышленности в новых, осваиваемых ею районах.

Одной из основных характеристик климата является «норма» - среднее значение месячных сумм осадков за определенный период времени. В Казгидромете за «норму» принимается средняя многолетняя, рассчитанная за период с 1960 по 1990 год. Но в районах, недостаточно обеспеченных осадками, каким и является Казахстан не менее показательной является средняя многолетняя, рассчитанная за весь период наблюдений.

Осадки распределяются по крупным территориям чрезвычайно неоднородно. Макроклиматические условия пространственной неоднородности осадков, которые обусловлены крупномасштабными процессами, могут быть учтены опорной, сравнительно редкой сетью наблюдений. Рельеф Казахстана многообразен и сложен. Эта микроклиматическая неоднородность приводит и к сложности пространственного распределения норм, характеристик вариации и эмпирических функций распределения.

Средние многолетние значения месячных сумм осадков ( $\bar{R}$ ), средние квадратические отклонения ( $\sigma$ ) и коэффициенты вариации  $C_v$  были вычислены по ряду наблюдений с 1901 по 2000 год для летних месяцев в следующих областях: бывшая Гурьевская, юг бывшей Уральской, север бывшей Уральской, север Актюбинской, бывшая Кустанайская, бывшая Северо-Казахстанская, бывшая Кокчетавская, бывшая Целиноградская, бывшая Карагандинская, Павлодарская, север бывшей Семипалатинской и центр бывшей Семипалатинской. Для более подробного пространственного анализа были привлечены данные месячных сумм осадков, осредненные по бывшей Восточно-Казахстанской, бывшей Талды-Курганской, бывшей Алма-Атинской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областям. Результаты расчетов приведены в табл.

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы.

1. Наибольшие средние многолетние значения ( $\bar{R}$ ) в западных и южных областях отмечаются в июне месяце, в остальных – в июле.
2. Максимальные значения  $\bar{R}$  в июле и в августе отмечаются в Северо-Казахстанской области, в июне – в бывшей Восточно-Казахстанской. Минимальные – во все летние месяцы отмечаются в Южно-Казахстанской области.



3. В июне месяце отмечается увеличение средних многолетних значений месячных сумм осредненных осадков с юга на север от 15 мм в Южно-казахстанской до 44 мм в Северо-Казахстанской области, а также с запада на восток, от 17 мм в Гурьевской области до 44 мм в Восточно-Казахстанской. В июле прослеживается увеличение  $\bar{R}$  с юга на север и с запада на восток. В августе наблюдается подобное июню и июлю распределение, т.е. увеличение с юга на север и с запада на восток. Таким образом, можно сказать, что во все летние месяцы на территории Казахстана отмечается увеличение месячных сумм осредненных осадков с юга на север и с запада на восток.
4. Средние квадратические отклонения распределяются в соответствии со средними многолетними значениями осадков, что согласуется с выводами полученными ранее другими авторами [2, 6]. Во все летние месяцы отмечается увеличение среднего квадратического отклонения с юга на север и с запада на восток.
5. Для коэффициентов вариации в целом характерно следующее распределение: увеличение их с севера на юг, за исключением предгорных районов Аматинской области.

Для построения физико-статистических схем прогноза с помощью уравнения регрессии или дискриминантной функции необходимо, чтобы предикторы и предиктанты подчинялись нормальному распределению. Если эти величины распределены не по нормальному закону, то их необходимо нормализовать с помощью каких-либо преобразований. Поэтому для обстоятельного статистического анализа часто бывает полезным знать закон распределения. Если закон распределения близок к нормальному, то для характеристики изменчивости достаточно знать дисперсию и среднее. Но в районах с недостаточным увлажнением распределения, как правило, далеки от нормального.

Для получения представления о виде распределения месячных сумм осадков в Казахстане летом были построены гистограммы распределения повторяемостей для каждого месяца для двенадцати выделенных областей. Как и ожидалось, анализ фактического материала показал, что распределение месячных сумм осадков для большинства случаев явно отличается от нормального. Кривые плотности вероятности обычно имеют правостороннюю (положительную) асимметрию.

Гипотезу о законе распределения можно проверить различными способами, в частности с помощью коэффициентов асимметрии ( $A_s$ ) и

эксцесса ( $E_x$ ) (табл.). При нормальном распределении эти показатели равны нулю. В действительности такое равенство почти не наблюдается. Проверку нормальности распределения по значениям этих коэффициентов проводят с применением таблиц, в которых указаны критические значения для различных уровней значимости ( $\alpha$ ) и объемов выборки  $n$ . Если  $A_s$  и  $E_x$  превосходят критические значения, то гипотеза о нормальности распределения должна быть отвергнута [4]. Из таблиц [4] было определено, что критическое значение коэффициента асимметрии ( $A_{s_{кр}}$ ) равно 0,39, эксцесса ( $E_{x_{кр}}$ ) – 0,83 для 5% уровня значимости. Сравнивая критические значения с рассчитанными для выделенных областей (табл.) можно сказать о том, что коэффициент асимметрии во всех случаях превышает критический, и лишь в Северо-Казахстанской области в июле  $A_s$  равен  $A_{s_{кр}}$ . Таким образом нельзя говорить о нормальности закона распределения.

Коэффициенты эксцесса более чем в половине случаев меньше критических. Отрицательный эксцесс во всех случаях незначительный. А в Семипалатинской (центр), Акмолинской, в июле и в августе в Атырауской, в июле в Уральской и Актюбинской областях он превышает критическое значение для 5% уровня значимости. Таким образом по асимметрии распределение почти во всех случаях отличается от нормального и более чем в половине всех случаев отличны от нормального и по эксцессу, за исключением случаев с отрицательным эксцессом.

Наиболее близким к нормальному можно считать распределения месячных сумм осадков в Северо-Казахстанской области в июле месяце, так как  $A_s = 0,39$ , а  $E_x = -0,45$ , что меньше критических значений (Рис. 2а). Наиболее значительно коэффициенты асимметрии и эксцесса отличаются от критических в Атырауской области в августе (Рис. 2б).

Таким образом, необходимо подвергнуть нормализации осадки во всех областях, за исключением Северо-Казахстанской в июле месяце.

Большое практическое значение для прогнозирования имеет знание синхронных корреляционных связей, поэтому были исследованы синхронные корреляционные связи между средними месячными суммами осадков двенадцати областей Казахстана и выделены районы с высокими корреляциями между областями внутри этих районов. 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 ( $\kappa$ ) [4]. В нашем случае при  $\alpha = 5\%$  и  $\kappa = 98$ ,  $r_{кр} = 0,20$ .

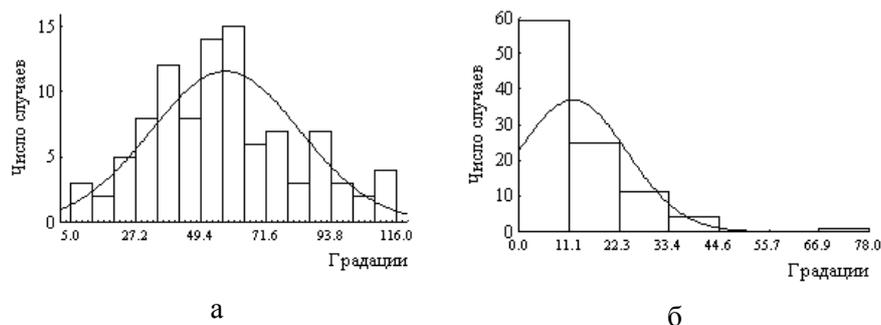


Рис. 2. Гистограммы распределения месячных сумм осредненных по территории осадков: а – Северо-Казakhstanская область (июль); б - Атырауская область (август).

При анализе корреляционных матриц и с учетом ранее проведенных исследований [2], выяснилось, что все исследуемые двенадцать областей можно разделить на три района: западный, северный и восточный. К северному району были отнесены следующие области: Кустанайская, Северо-Казakhstanская, Кокчетавская, Целиноградская и Павлодарская. В северном районе все области имеют высокие значения корреляции с Кокчетавской областью. К восточному району были отнесены области, имеющие высокие корреляционные связи с центром Семипалатинской области, а именно Карагандинская и север Семипалатинской области. К западному району отнесены север и юг Уральской, Гурьевская и Актюбинская область, где высокие значения корреляции прослеживаются между севером Уральской и тремя другими областями. Отдельно необходимо рассмотреть южный район, который, за исключением горных и предгорных районов, относится к районам орошаемого земледелия, где годовой ход месячных сумм осадков значительно отличается от годового хода в других областей Казахстана.

Также из проведенного анализа можно сделать вывод, что показательными в смысле районирования территории по синхронным корреляционным связям месячных сумм осадков в летние месяцы являются север Уральской, Кокчетавская и центр Семипалатинской области. Это можно объяснить тем, что формирование режима увлажнения и циркуляционного режима в этот период года может быть вызвано сходными причинами внутри каждой из групп областей и имеет различную природу на западе, севере и востоке Казахстана. Количество осадков на территории республики зависит от типа преобладающего циркуляционного процесса [2]. Как показал М.Х. Байдал [1], между территориальным характером распределения осадков по Казахстану и схемами трех форм циркуляции (Е, С, Ш) имеет место связь. В [1], выявлено, что при сезонном преоблада-

нии восточно-европейского типа циркуляции (Е) количество осадков возрастает с запада на восток. При преобладании западносибирского типа циркуляции (С) осадки «выше нормы» отмечаются в западных районах Казахстана, а на востоке республики отмечается их дефицит. Скорее всего, макроциркуляционные процессы над западным Казахстаном испытывают большее влияние со стороны процессов над ЕТР, а над восточной частью республики более зависят от процессов над Сибирью. Условием для экстремально влажных летних месяцев (июль, август) является большая устойчивость процессов меридионального типа Е и двух разновидностей широтного ( $\text{Ш}_1$  и  $\text{Ш}_2$ ), а для экстремально сухих – большая устойчивость меридионального типа С и широтного  $\text{Ш}_3$  [1].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдал М.Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебания климата Казахстана, I. – Л.: Гидрометеоздат, 1964. – 365 с.
2. Боголюбова Е.В. Прогноз месячной суммы осадков в весенне-летний период по сельскохозяйственным районам Казахстана. /Диссертация на соискание ученой степени. – М., 1985. – 171 с.
3. Ефремва Н.И. Месячные количества осадков средние для районов европейской территории СССР и Северного Казахстана. - Л.: Гидрометеоздат, 1976. – 112 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: «Высшая школа», 1990. - 352 с.
5. Леднева К.В., Мещерская А. В. Многолетние ряды месячных сумм осадков осредненные по площади, для основных сельскохозяйственных районов СССР. - Л.: Гидрометеоздат, 1977. - 160 с.
6. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометеоздат, 1991. - 304 с.

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби  
Научно-производственный Гидрометцентр РГП “Казгидромет”

#### **ЖАЗ МЕЗГІМІНДЕ ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫ БОЙЫНША ЖАЗЫП-ШАШЫННЫ АЙЛЫҚ МӨЛЕРНІҢ КЕҢІСТІК ЖӘНЕ УАҚЫТТЫ СТАТИСТИКАЛЫҚ ҚУРЫЛЫМЫ**

Физ.- мат. ғылымд. канд. Е.В. Боголюбова  
О.С. Игнатенко

*Бұл мақалда 1901...2000 жазғы мезгіліндегі облыстар бойынша жауын-шашынның орташа айлық мөлшерінің кеңістік және уақыттық статистикалық құрылымы қарастырылады. Нормалы заңға таралудың сәйкестілігі тексерілді. Қазақстанның он екі обласының арасындағы жауын-шашынның орташа айлық мөлшерінің корреляциялық синхрондық байланысы зерттелген, және осы облыстардың ішіндегі, корреляция коэффициентінің ең үлкен мәндері көрсетілген аудандар белгіленген.*