

УДК 551.583

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АТМОСФЕРНОЙ  
ЗАСУШЛИВОСТИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**Канд. геогр. наук В.Г. Сальников  
А.С. Койлюбаева

*Изучены поля атмосферной засушливости Северного Казахстана в условиях глобального потепления климата, Рассчитаны основные статистические характеристики, получены графики и гистограммы распределения. Проведен спектральный анализ. Показано на неоднородность основных тенденций атмосферной засушливости Северного Казахстана и наибольшую повторяемость 2-х, 7 и 20-ти летней цикличности.*

Проблема оптимального использования природных ресурсов включает в себя решение большого круга задач, являющихся объектом изучения разделов науки. При этом оценка климата как компонента географической среды, участвующего в формировании естественной основы производства, должна идти в первую очередь по линии учета неблагоприятных для различной хозяйственной деятельности человека погодных условий. Одно из таких условий – атмосферная засуха, относящаяся к числу грозных явлений погоды.

Засуха, как известно, представляет собой временное явление резкой засушливости в атмосфере и почве, проявляющееся на фоне длительного бездождья. Она нередко бывает настолько жесткой, что спорадически нарушает протекающие в природе процессы, как в органическом, так и неорганическом мире. Борьба с засухой остается актуальной и в настоящее время, о чем свидетельствуют литературные и научные источники. Следует отметить, что атмосферная засуха воздействует определенным образом и на таяние ледников, обмеление рек, оттаивание верхних горизонтов многолетней мерзлоты, иссушение водоемов. Она создает предпосылки к возникновению лесных пожаров, ветровой эрозии почв и понижению уровней грунтовых вод. Интенсивная и устойчивая атмосферная засуха, как известно, формирует почвенную засуху.

Таким образом, широкий ареал воздействия атмосферной засухи на природу в условиях различных климатов предопределяет общий характер и

направленность ее исследования, как метеорологического явления резкой засушливости, объективно проявляющейся в атмосфере, независимо от реакции на нее многих объектов природы, чему и посвящена настоящая работа.

Наряду с традиционными методами, такими как статистический анализ рядов атмосферной засушливости, изучения формирования экстремальных случаев, в рамках нашей работы были использованы дополнительные подходы. Были построены и проанализированы гистограммы распределения параметра засушливости. Кроме того, значительный интерес представляет результаты изучения цикличности атмосферной засушливости на основе проведения цифрового спектрального анализа.

Изучая динамику влаги в почве, заведующий Одесским опытным полем В.Г. Ротмистров, впервые сформулировал сущность засухи, как продолжительного бездождного периода, приводящего к исчерпанию усвояемых растениями запасов влаги в корнеобитаемом слое почвы. Это классическое определение засухи вошло в литературу и сохранило свое значение в наше время. Бездождье, сопровождающееся высокой температурой, обуславливает атмосферную засуху, которая при длительном действии приводит к иссушению почвы и появлению почвенной засухи. Засуха усиливается при увеличении скорости ветра.

Различают несколько типов засухи – атмосферную, почвенную и физиологическую. Атмосферная, или воздушная, засуха является следствием продолжительного бездождного периода с низкой влажностью и высокой температурой воздуха. Почвенная засуха наступает при нарастающем иссушении почвы, в результате чего поступление воды в корни растений замедляется или совершенно прекращается. Растения страдают от недостатка влаги. Особенно неблагоприятно для растений одновременное проявление атмосферной и почвенной засухи. Долговременное бездождье для растений не так страшно, когда в почве имеются достаточные запасы влаги. Влияние засухи усиливается при высоких температурах воздуха ночью, так как растения при этом не имеют даже временного отдыха.

Явление почвенной засухи связано с недостаточными весенними запасами воды в метровом слое почвы. Осадки, увлажняющие поверхностный слой почвы глубиной 10...20 см, не могут обеспечить формирование урожая, так как основной запас влаги в глубоких слоях не пополняется на протяжении летних месяцев, а лишь расходуется растениями. Особенно угрожающей становится почвенная засуха, когда дождливая погода резко сменяется засушливой. Засушливые явления ни откуда не приходят

и никуда не уходят, а возникают на месте и там же исчезают в результате сложной взаимосвязи разнородных природных факторов, усиливаемых или ослабляемых деятельностью человека. В их возникновение вносят соответствующие вклады макромасштабные атмосферные процессы, характерные для вегетационного периода, экологические свойства растений, не достаточный водный режим почвы и не приспособленная к засухам агротехника [1]. Обычно продолжительное бездожде сопровождается аномальной температурой, значительно превышающей среднюю многолетнюю норму, в таких случаях даже на севере наблюдается жаркая погода.

Основной причиной образования засух в Казахстане является вторжение холодного воздуха с севера, северо-запада или запада, и формирование за холодным фронтом мощного антициклона. Воздух, поступающий из арктических районов, содержит мало влаги. Продвигаясь к югу, этот воздух прогревается и по мере повышения температуры в нем увеличивается дефицит влаги, он становится еще суше. Образовавшийся дефицит начинает пополняться за счет влаги, которая содержится в почве – усиливается процесс иссушения почвы [2].

Антициклоны обычно перемещаются медленно, что создает условия для дальнейшего усиления засухи. В начале засухи температура воздуха ночью относительно низка. Но чем продолжительнее жара и бездожде, тем меньше ночное выхолаживание. Это обуславливает увеличение транспирации растений. Наступает резкое несоответствие между усиливающейся потребностью растений во влаге и ее поступлением из почвы. При формировании засух важным условием является не только малооблачная погода, но и боковой вынос влаги в приземном слое в антициклоне за пределы рассматриваемой территории.

По времени возникновения, и продолжительности действия выделяют три типа засух: весенние, летние и осенние [3]. Весенняя засуха характеризуется относительно низкими температурами, низкой относительной влажностью воздуха, сухими ветрами. Летняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью, высокой температурой воздуха, большим испарением. Она приостанавливает накопление вегетативной массы, пророст корней и клубней, может вызвать щуплость зерна. Поскольку к моменту возникновения летней засухи в степных и лесостепных районах запасы влаги в пахотном слое являются недостаточными, летняя засуха оказывает гораздо более сильное отрицательное воздействие на растения, чем весенняя. Осенняя засуха опасна лишь для озимых и позднеспелых культур.

Систематическое исследование засух начато со второй половины девятнадцатого века. За это время предложено немало критериев засухи с выделением ее типа, в том числе атмосферной, почвенной и смешанной [6, 7, 8, 9]. Степень засушливости определялась с помощью различных показателей или коэффициентов, характеризующих обеспеченность влагой исследуемой территории; процентным отношением осадков к норме, т.е. к многолетнему среднему их количеству; учетом эффективных осадков и исследованием периодов без таких осадков; снижением урожая сельскохозяйственных культур; учетом запаса влаги в почве.

В нашей статье, для характеристики явления засушливости получения сопоставимых результатов с ранее выполненными исследованиями, был использован параметр атмосферной засушливости  $S$ , предложенный Д.А. Педем [2].

$$S = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta R}{\sigma_R}, \quad (1)$$

где,  $\Delta T$ ,  $\Delta R$  – аномалии средней месячной температуры и осадков,  $\sigma_T$ ,  $\sigma_R$  – среднее квадратическое отклонение для температуры и осадков.

Установлено, что при  $S \geq 1$  – дается класс атмосферной засушливости, при  $-1 < S < 1$  – норма, при  $S \leq 2$  – катастрофическая засуха, при  $S \leq -1$  – увлажнение и при  $S \leq -2$  – избыточное увлажнение.

К настоящему времени выполнено довольно много исследований явления засушливости для Казахстана [4, 5, 10]. Но полученные результаты не в полной мере удовлетворяют растущим потребностям их прогноза, особенно в условиях глобальных изменений климата и возможного смещения основных климатических зон. Поэтому необходимы дополнительные исследования этого явления, особенно для Казахстана, где число природоохранных отраслей народного хозяйства, зависящих от засух, достаточно велико.

На первом этапе были рассчитаны основные статистические характеристики для рассматриваемых станций за период с 1957 по 1997 годы. В качестве примера полученные результаты приведены в табл.1.

Анализ полученных результатов показывает, что минимальное значение  $S$  за весь рассматриваемый период составило минус 5,7 (август 1971 года на станции Петропавловск), а максимальное – равно 4 (июль 1989 года на станции Кустанай). Коэффициент асимметрии ( $A_s$ ) для всех станций отрицательный и составил примерно минус 0,2. Коэффициент эксцесса ( $E_s$ ) также для большинства случаев отрицательный и составил минус 0,8.

Таблица 1

Статистические характеристики параметра засушливости на станции Кустанай

Месяц	n	Среднее	min	max	D	As	Std. Err. As	Es	Std. Err Es
апрель	40	-0,05	-3,44	3,24	1,62	-0,16	0,37	-0,46	0,73
май	40	0,03	-3,12	3,34	1,70	0,23	0,37	-0,82	0,73
июнь	40	-0,04	-5,47	3,26	1,74	-0,68	0,37	1,23	0,73
июль	40	0,05	-3,24	3,74	1,68	-0,05	0,37	-0,51	0,73
август	40	-1,68	-5,23	2,81	1,72	0,29	0,37	0,23	0,73

*Примечание:* D – дисперсия, As – асимметрия, Std.Err. As – стандартная ошибка асимметрии, Es – эксцесс, Std.Err.Es – стандартная ошибка эксцесса, n – длительность исследуемого ряда в годах.

На следующем этапе были построены гистограммы распределения, которые дают наглядное представление о повторяемости градаций параметра засушливости. На ряде станций (Кустанай – апрель) прослеживается одинаковая повторяемость, как увлажнения, так и засушливости, т.е. распределение близко к нормальному (рис. 1).

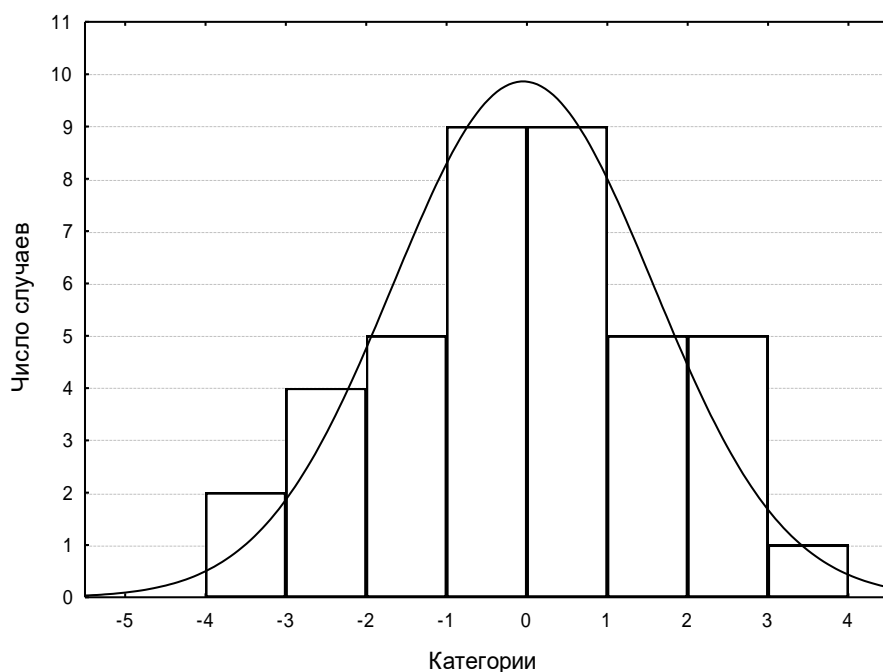


Рис. 1. Гистограмма распределения параметра засушливости на станции Кустанай в апреле.

В остальные месяцы наблюдалось неоднородное распределение параметра засушливости. Далее был построен календарь сильных засух и избыточного увлажнения Северного Казахстана (табл. 2).

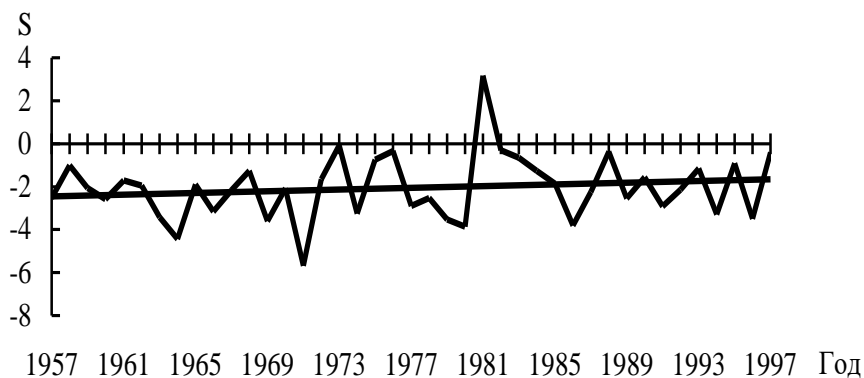
Таблица 2

Календарь засух и избыточного увлажнения Северного Казахстана

Значения S	Месяц				
	апрель	май	июнь	июль	август
Петропавловск					
$S \geq 2$	1962, 1967, 1957, 1968, 1963, 1965, 1962, 1965, 1981 1986, 1991, 1974, 1980	1966, 1967, 1983, 1987, 1983, 1984 1988, 1989, 1989 1990, 1991, 1994, 1996			
$S \leq -2$	1964, 1987, 1960, 1966, 1979 1996	1969, 1970 1972		1994	1957, 1959, 1960, 1964, 1971
Астана					
$S \geq 2$	1977, 1995, 1961 1997	1965, 1963, 1967, 1965, 1966, 1976, 1981, 1974, 1976, 1969, 1977, 1984 1977	1982, 1988, 1990, 1991, 1994, 1997		1983
$S \leq -2$	1958, 1964, 1958, 1969, 1960 1978, 1979, 1971 1987			1958, 1960, 1957, 1959, 1961, 1972, 1960, 1962, 1990, 1994	1967, 1969, 1971, 1989
Кокшетау					
$S \geq 2$	1991, 1995, 1957, 1962, 1962, 1977, 1965, 1974, 1976, 1981 1997	1968, 1977, 1982, 1983, 1988, 1989 1980, 1991	1987, 1988, 1991, 1994, 1996		
$S \leq -2$	1965, 1979, 1960, 1968, 1979, 1992 1981, 1987, 1969, 1970, 1996	1971		1958, 1959, 1959, 1960, 1960, 1985, 1963, 1969, 1990, 1994	1970, 1971, 1977, 1979, 1980, 1994
Костанай					
$S \geq 2$	1962, 1967	1957, 1958, 1963, 1977, 1962, 1965, 1976, 1979, 1961, 1968	1987, 1988, 1966, 1971, 1981, 1984, 1989, 1991	1975, 1979, 1988 1980, 1981	
$S \leq -2$	1969, 1987, 1960, 1969 1996		1967, 1979, 1960 1992		1957, 1959, 1960, 1965

По данным таблицы можно выделить годы с сильной засухой по месяцам, наблюдавшейся по большинству станций: в апреле – 1957, 1959, 1963, 1962, 1967, 1975, 1982, 1983, 1986, 1987, 1988, 1990, 1991, 1995, 1997; в мае – 1957, 1959, 1961, 1962, 1965, 1977, 1982, 1987, 1991; в июне – 1957, 1958, 1960, 1961, 1962, 1963, 1965, 1975, 1977, 1989, 1991; в июле – 1962, 1965, 1974, 1988, 1991; в августе – 1966, 1975, 1981.

Также были построены графики временного хода параметра засушливости.



*Рис. 2. Временной ход параметра засушливости (S) на станции Петропавловск в августе.*

Их анализ показывает на довольно сложный характер временного хода параметра  $S$ . Проведена дополнительная обработка рядов, в частности их аппроксимация линейным трендом. Результаты аппроксимации указывают, что на большей части станций наблюдается тенденция к постепенному увеличению засушливости.

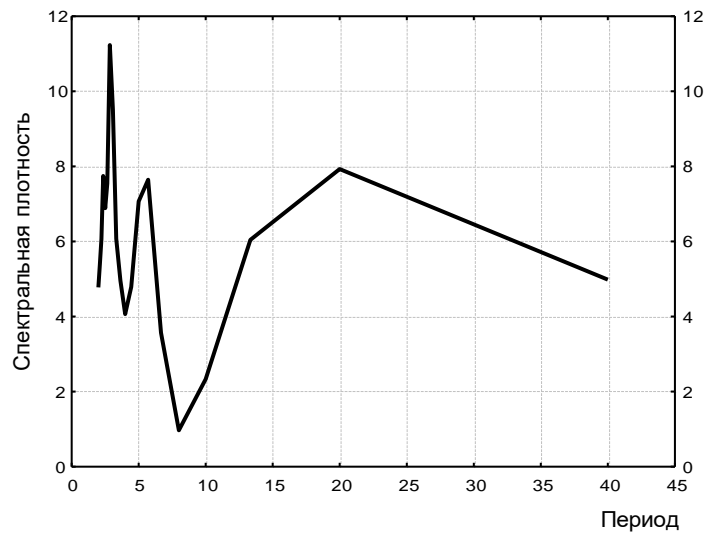
Однако, на станции Петропавловск в августе месяце, за весь рассматриваемый период лет, параметр атмосферной засушливости изменялся в пределах от 0 до минус 6, то есть отмечалось увлажнение. Исключение составил август 1981 года, где параметр  $S \geq 3$ , это говорит о том, что в Петропавловске, в это время отмечалась сильная засуха (рис. 2).

Кривые временного хода носят колебательный характер, что указывает на наличие цикличности появления засушливости и избыточного увлажнения, которую обычным способом, т.е. аппроксимацией линейным трендом выявить невозможно.

Для оценки периодичности появления засушливости и избыточного увлажнения, был проведен спектральный анализ, который позволяет охарак-

теризовать его частотный состав. Анализ был проведен для теплого периода с 1957...1997 годы, для станций Петропавловск, Кокчетав, Астана и Кустанай.

В качестве примера приведены результаты спектрального анализа рядов  $S$  на станции Кокчетав в мае (рис. 3).



*Рис. 3. Спектральный анализ параметра атмосферной засушливости на станции Кокчетав в мае.*

В апреле на рассматриваемых станциях отмечается 20-ти летняя цикличность, которая связана, по всей видимости, с солнечной активностью. На станции Кустанай отмечается 2-х летняя цикличность, которая является следствием квазидвухлетней цикличности ветра в экваториальной стратосфере. Также отмечается 6-7 летняя цикличность временного хода параметра  $S$ . Для мая выражена наиболее ярко квазидвухлетняя цикличность на станциях Кокчетав, Кустанай и Астана (рис. 3). 20-ти летняя цикличность временного хода параметра засушливости характерна для станции Петропавловск. В июне, в Кокчетаве, Астане, Петропавловске наблюдается периодичность повторяемости засух в 6 лет. Для станции Кустанай характерна 2-х летняя повторяемость засух. Характер цикличности в июле месяце несколько иной. Так, на станции Петропавловск и Кустанай ярко выражена 2-х летняя цикличность, менее выражена, но хорошо представлена также 6...7 летняя цикличность. На станции Астана наблюдается как 20-ти летняя цикличность, так и 2-х летняя цикличность. В Кокчетаве отмечается периодичность повторяемости засух в 7 лет. Что же касается августа, то здесь на станциях Кустанай и Астана ярко выражена 2-х летняя



цикличность временного хода параметра  $S$  и менее выражена, но хорошо представлена 6...7 летняя цикличность засух.

На станциях Петропавловск и Кокчетав, наоборот, ярко выражена 6...7 летняя цикличность и менее выражена, но хорошо представлена 2-х летняя цикличность временного хода параметра  $S$ .

Таким образом, анализ временного хода параметра показывает что, несмотря на то, что, на большинстве исследуемых станций число случаев с избыточным увлажнением превышает число случаев с засухой, тем не менее, наблюдается тенденция к увеличению засушливости. На рассматриваемых станциях хорошо выражена 2-х, 7 и 20-ти летняя цикличность этого явления.

Полученные результаты могут быть использованы в процессе разработки схемы прогноза изучаемого явления. Тем не менее, для того чтобы иметь возможность практического применения полученных результатов, необходимо провести дальнейшие исследования по изучению роли процессов в атмосфере, астрономических факторов и других геофизических условий на формирование засушливости и избыточного увлажнения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давитая Ф.Ф. Засухи в СССР и научное обоснование мер борьбы с ними по природным зонам. – Л.: Гидрометеиздат, 1959. – С. 48-51.
2. Педь Д.А. О показателе засухи и избыточного увлажнения. // Труды Гидрометцентра СССР, 1975. – Вып. 156. – С.19-38.
3. Давид Р.Э. Избранные работы по сельскохозяйственной метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – С. 45-48.
4. Чичасов Г.Н., Скакова Д.А. О некоторых особенностях формирования засушливых и влажных лет в Северном Казахстане. // Труды КазНИИ, 1987. – Вып. 110. – С. 20-25.
5. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 153 с.
6. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 265-282.
7. Селянинов Г.Т. Происхождение и динамика засух. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – С. 36-44.
8. Каминский А.А. Типы засух и равнинных суховеев в СССР. // Труды ГГО и Института климатологии, 1937. – Вып. 1. – С. 32-38.
9. Бова Н.В. О климатическом изучении засух на юго-востоке СССР. // Труды ГГО, 1952. – Вып. 29. – С. 32-46.

10. Сальников В.Г. Условия формирования и методика долгосрочного прогноза аномалий температуры воздуха и атмосферной засушливости летом в Казахстане. – М.: Гидрометеоцентр, 1989. – С. 80-90.
11. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир, 1990. – С. 12-28.

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби.  
Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

СОЛТІСТІК САЗАСТАНДАҒЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ  
СұРАСШЫЛЫСТЫҢ КЛИМАТТЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Геогр. Ғылымд. канд. В.Г. Сальников  
А.С. Сойлыбаева

*Климаттың кәлемді жылыну жағдайында Солтүстік Сазастандағы атмосфераның жіржаішылығ алабы зерттелінген. Негізі статистискалағ ерекшеліктері есептелінген, кестелер ж.,не гистограмманың таралуы алынған. Спектральды талдау жүргізілген. Солтүстік Сазастанның атмосфералығ жіржаішылығаның негізгі тенденциясының тісасі еместігі ж.,не 2, 7 ж.,не 20 жылдығ циклділік бірішама жійталануы кәрсетілген.*