

УДК 551.583.14 (574)

**ОБ ИЗМЕНЕНИИ КЛИМАТА КАЗАХСТАНА
В ПРОШЕДШИЙ СТОЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

Канд. геогр. наук

С.А. Долгих

Р.М. Илякова

А.У. Сабитаева

В работе приводятся результаты исследований тенденций в рядах температуры приземного воздуха и количества осадков за предшествующий вековой период. Получено, что летом и осенью в среднем по региону потепление происходило со скоростью 0,09 °С/10 лет, зимой и весной повышение температуры составляло 0,20-0,23 °С/10 лет. Средние минимальные температуры возрастали примерно в полтора-два раза быстрее средних максимальных температур. Сделан вывод об увеличении засушливости климата на большей части территории Казахстана.

В 2001 г. рабочей группой I Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) подготовлен Третий доклад об оценках [8], содержащий данные, подтверждающие дальнейшее значительное повышение глобальной температуры воздуха. Кроме того, в Третьем докладе об оценках (ТДО) представлены новые и более веские свидетельства того, что большая часть потепления, наблюдаемого в течение последних 50 лет, вызвана деятельностью человека. Ниже приводятся некоторые из основных выводов МГЭИК, сделанных в процессе подготовки ТДО.

Концентрация двуокиси углерода (CO_2) в атмосфере за период с 1750 г. возросла на 31 %. Ни в последние 420 тыс. лет, ни, вероятно, в течение последних 20 млн лет концентрация CO_2 не была столь высокой, как сегодня. Наблюдающиеся темпы ее увеличения беспрецедентны, по меньшей мере, за последние 20 тыс. лет. Примерно три четверти антропогенных выбросов CO_2 в атмосферу в течение последних 20 лет приходится на сжигание ископаемых видов топлива. Остальная часть объясняется, в основном, изменениями в землепользовании (в частности, уничтожением лесов).

Повышение средней годовой глобальной температуры приземного воздуха в период после 1861 г. составило $0,6 \pm 0,2$ °C. Это значение примерно на $0,15$ °C выше, чем значение, определенное во Втором докладе об оценках МГЭИК за период до 1994 г., что связано со сравнительно высокими температурами в дополнительно учтенные годы (1995-2000 гг.). Вторая причина увеличившегося оценочного значения глобального потепления на $0,15$ °C заключается в усовершенствовании методов оценки изменения температуры, включая поправки на влияние так называемых городских «островов тепла». Данные, полученные с помощью мареографов, свидетельствуют о том, что глобальный средний уровень моря повысился в течение XX столетия на $0,1 \dots 0,2$ м. Весьма вероятно, что количество атмосферных осадков увеличивалось на $0,5 \dots 1,0$ % в десятилетие в течение XX столетия на большинстве территорий континентов в средних и высоких широтах северного полушария.

Результаты моделирования ответных реакций климатической системы только на естественные воздействия (т.е. реакция на изменчивость в солнечном излучении и в деятельности вулканов) не объясняют наличия потепления во второй половине XX столетия. Большая часть этих исследований позволяет сделать главный вывод о том, что в течение последних 50 лет оценочные темпы и величина потепления, вызываемого только повышением концентраций парниковых газов, сопоставимы с наблюдаемыми в реальности значениями потепления или превышают их. Более того, большинство оценок, полученных с учетом воздействия, как парниковых газов, так и сульфатных аэрозолей, совпадают с данными наблюдений за этот период.

По данным ВМО [10], 1998 г. является самым теплым за период наблюдений с 1861 г., в этот год средняя годовая глобальная температура приземного воздуха была на $0,54$ °C выше средней многолетней за период 1961-1990 гг. Вторым в ряду самых теплых лет стал прошедший 2005 г. с аномалией температуры плюс $0,48$ °C. Последние десять лет (1996-2005 гг.), за исключением 1996 г., были самыми теплыми с 1861 г.

По определению МГЭИК изменение климата означает статистически значимое изменение либо среднего состояния климата, либо характеристик его изменчивости, сохраняющееся в течение продолжительного периода времени. На рис. 1 хорошо проиллюстрировано влияние изменения характеристик распределения температуры воздуха, когда повышение

средних значений температуры и увеличение ее изменчивости ведут к более рекордным температурам.

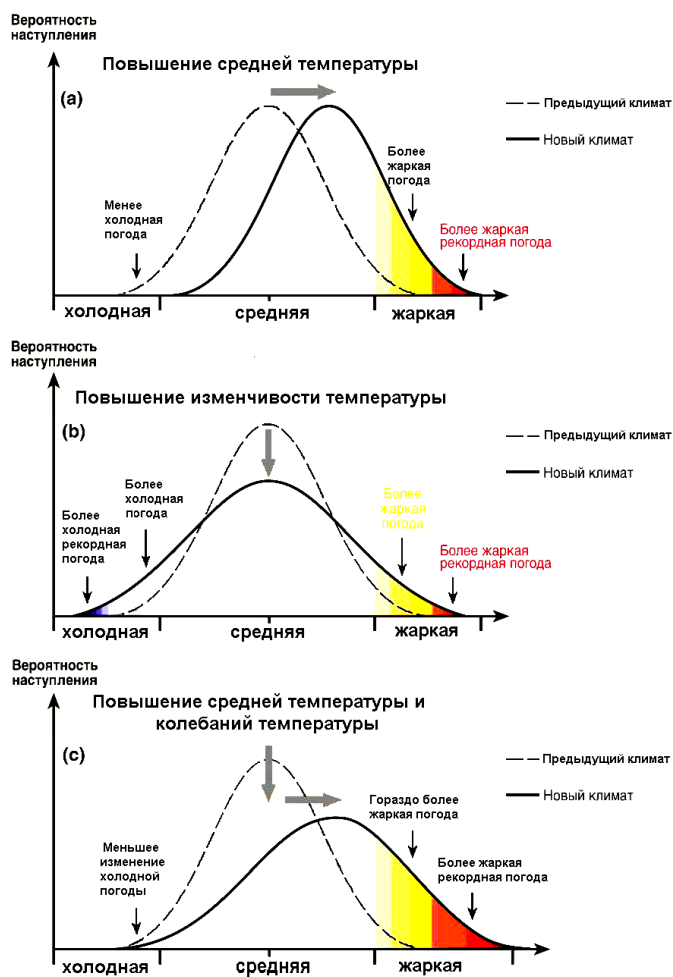


Рис. 1. Схематические диаграммы, показывающие влияние изменения характеристик режима температуры воздуха[8]. а – повышение средней температуры; б – увеличение изменчивости температур; с – увеличение средней температуры и ее изменчивости.

С целью ответа на вопрос, изменился ли климат Казахстана за период инструментальных наблюдений, по данным длиннорядных станций Казахстана были оценены вековые тенденции в рядах температуры приземного воздуха и сумм осадков – основных метеорологических величин, характеризующих климат за период с 1894 по 2003 г. Для более детально-

го анализа пространственного распределения тенденций проведено также сравнение климатических условий двух тридцатилетних периодов: 1931-1960 гг. и 1971-2000 гг. Сравнивались как средний многолетний уровень значений метеорологических величин, так и характеристики их изменчивости, рассчитанные для этих двух тридцатилетних периодов.

В данной работе использован архивный материал Информационно-аналитического центра «Республиканский Фонд по гидрометеорологии и загрязнению природной среды» РГП «Казгидромет». Исходной информацией для анализа послужили данные о среднемесячной температуре воздуха, среднемесячном максимуме и минимуме температуры воздуха и месячных суммах осадков на метеорологических станциях равнинной территории Казахстана с периодом наблюдений порядка 65-100 лет. Ряды наблюдений за температурой воздуха и осадками содержат поправки, учитывающие смену количества сроков наблюдений в сутки и замену дождемера Нифера на более совершенный осадкомер Третьякова. Выбор станций производился с учетом климатологической однородности рядов.

Существует множество различных приемов оценивания тенденций, достаточно полный обзор которых дан в [6, 9]. Выводы о тенденциях в метеорологических временных рядах в определенной мере зависят от выбора метода и аппроксимирующей функции. В ряде работ, например в [4], для аппроксимации метеорологических рядов использовались полиномы 2-й и 3-й степени, что несколько увеличивает долю объясненной ими дисперсии. При оценке вековых тенденций эти кривые, как правило, не отвечают природе исходных метеорологических рядов, так как за такой временной интервал наблюдается более, чем один или два максимума и минимума. Поэтому для выявления периодов с относительно низкими или высокими значениями временного ряда рассматриваемых характеристик климата показательно их сглаживание с помощью скользящих средних за различные периоды.

Основной целью данного исследования было установить, наблюдалось или нет изменение среднего уровня температуры и количества осадков за конкретный период времени и если да, то определить направление и скорость это изменения. Поэтому для определения тенденций изменения климата Казахстана рассчитывались характеристики линейного тренда во временных рядах средних сезонных температур воздуха и сумм осадков за сезон по 11 станциям, имеющим ряд наблюдений за 1894-2003 гг. (табл. 1, 2). Это коэффициент линейного тренда A и коэф-

коэффициент детерминации (D), характеризующий относительный дисперсионный вклад тренда в общую дисперсию ряда [2]. Статистическая значимость трендовой составляющей определялась с помощью критериев Фишера (F) и Стьюдента (t). При принятом 5 % уровне значимости и данной длине временного ряда критические значения критериев F и t равны соответственно 1,39 и 1,96. Необходимо отметить, значения одних коэффициентов A из-за различий в изменчивости в различные сезоны года дают не полную картину того, насколько ярко выражена детерминированная составляющая. Например, на МС Алма-Ата, ОГМС, значение A зимней температуры составляет 0,39 °C/10 лет, что значительно выше скорости изменения летней температуры – всего 0,16 °C/10 лет. Но при этом потепление в летний период не менее значимо, так как при меньшей изменчивости температуры в этот период года, доля дисперсии, описываемая линейным трендом (почти 25 %), выше таковой зимнего периода (23 %).

Анализ полученных материалов по температуре приземного воздуха (табл. 1.) показывает, что за 110-летний период значения коэффициентов линейного тренда (A) сезонной температуры имеют положительный знак за исключением МС Семипалатинск (минус 0,03 °C/10 лет летом и минус 0,01 °C/10 лет осенью). Статистически значимое повышение температуры воздуха в зимний период лежит в пределах от 0,20 °C/10 лет (МС Кокшетау, МС Форт-Шевченко и МС Кзылорда) до 0,39 °C/10 лет (МС Алма-Ата, ОГМС), весной – от 0,13 °C/10 лет (МС Кзылорда) до 0,33 °C/10 лет (МС Акмола), летом – от 0,08 °C/10 лет (М Петропавловск и М Форт-Шевченко) до 0,22 °C/10 лет (М Кзылорда), осенью интервал значений коэффициента A небольшой – от 0,13 °C/10 лет (МС Акмола, М Атырау, МС Форт-Шевченко) до 0,15 °C/10 лет (МС Алма-Ата, ОГМС).

Наименьшее повышение средней годовой температуры как по значению коэффициента A (0,08 °C/10 лет), так и по доли дисперсии трендовой составляющей (7,2 %), наблюдалось на МС Туркестан, наибольшее – на МС Алма-Ата, ОГМС ($A=0,21$ °C/10 лет, $D=38,8$ %). Такое же значение A наблюдалось на МС Атырау, но доля дисперсии, описывающая тренд здесь ниже и составляет 34,4 %.

Таблица 1

Коэффициент A ($^{\circ}C/10$ лет), коэффициент детерминации D (%), критерии значимости Фишера (F) и Стьюдента (t) линейного тренда средней сезонной и годовой температуры приземного воздуха по станциям Казахстана за период 1894-2003 гг.

Станция	Зима				Весна				Лето				Осень				Год			
	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t
Петропавловск	0,25	9,3	11,01	3,32	0,28	19,8	26,72	5,17	0,08	4,5	5,10	2,26	0,03	0,3	0,31	0,55	0,16	22,3	30,96	5,56
Алма-Ата, ОГМС	0,39	24,3	34,26	5,85	0,14	9,6	11,45	3,38	0,15	23,3	32,82	5,73	0,15	12,5	15,50	3,94	0,21	38,8	68,47	8,27
Кокшетау	0,20	6,0	6,84	2,62	0,20	10,1	12,18	3,49	0,04	0,9	0,95	0,98	0,10	3,4	3,76	1,94	0,13	15,6	19,91	4,46
Акмола	0,27	10,1	12,05	3,47	0,33	21,5	29,62	5,44	0,10	6,3	7,24	2,69	0,13	6,7	7,76	2,79	0,20	31,3	49,12	7,01
Уральск	0,31	10,6	12,69	3,56	0,27	16,4	21,18	4,60	0,00	0,00	0,00	0,03	0,08	3,1	3,43	1,85	0,16	20,1	27,12	5,21
Атырау	0,28	9,1	10,76	3,28	0,28	22,6	31,51	5,61	0,16	22,8	31,97	5,65	0,13	7,9	9,26	3,04	0,21	34,4	56,67	7,53
Форт-Шевченко	0,20	9,4	11,04	3,32	0,18	14,9	18,88	4,35	0,08	7,8	9,14	3,02	0,13	7,9	9,28	3,05	0,15	27,2	40,40	6,36
Семипалатинск	0,23	5,6	6,36	2,52	0,22	11,4	13,84	3,72	-0,03	1,1	1,16	1,08	-0,01	0,03	0,03	0,19	0,10	8,6	10,11	3,18
Кзылорда	0,20	4,1	4,58	2,14	0,13	6,7	7,76	2,79	0,22	44,8	87,58	9,36	0,15	12,5	15,41	3,93	0,18	27,1	40,25	6,34
Казалинск	0,20	4,0	4,45	2,11	0,14	6,5	7,56	2,75	0,10	11,6	14,20	3,77	0,05	1,9	2,10	1,45	0,12	14,5	18,30	4,28
Туркестан	0,13	1,8	2,00	1,41	0,05	1,5	1,63	1,28	0,08	8,1	9,55	3,09	0,07	3,2	3,60	1,90	0,08	7,2	8,40	2,90

Таблица 2

Коэффициент A (мм/10 лет), коэффициент детерминации D (%), критерии значимости Фишера (F) и Стьюдента (t) линейного тренда сезонных и годовых сумм осадков по станциям Казахстана за период 1894-2003 гг.

Станция	Зима				Весна				Лето				Осень				Год			
	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t	A	D	F	t
Петропавловск	2,5	14,8	18,62	4,32	0,0	0,0	0,00	0,06	-1,5	0,7	0,74	0,86	0,4	0,2	0,16	0,40	1,2	0,2	0,23	0,48
Акмола	-7,7	20,3	27,28	5,22	-2,0	3,6	4,08	2,02	-1,3	0,6	0,60	0,78	-2,7	6,3	7,24	2,69	-13,5	15,8	20,28	4,50
Атбасар	1,2	2,5	2,77	1,66	-0,9	1,1	1,18	1,09	0,1	0,0	0,00	0,06	-1,2	1,6	1,73	1,32	-0,8	0,1	0,12	0,35
Атырау	-3,1	17,3	22,38	4,73	-0,9	1,5	1,68	1,30	-0,7	0,4	0,45	0,67	-0,7	0,9	0,99	0,99	-5,4	9,5	11,40	3,38
Кокпекты	1,1	1,2	1,27	1,13	1,8	2,7	3,01	1,74	-0,8	0,4	0,42	0,65	-1,0	0,8	0,92	0,96	1,1	0,2	0,19	0,44
Семипалатинск	-2,0	7,7	8,88	2,98	-0,3	0,1	0,16	0,40	-0,6	0,2	0,24	0,49	-3,5	14,9	18,95	4,35	-6,3	7,7	8,95	2,99
Зайсан	0,9	4,3	4,80	2,19	1,2	1,1	1,21	1,10	-1,4	1,1	1,19	1,09	3,0	8,3	9,79	3,13	3,8	2,3	2,52	1,59
Кзыл-Орда	0,8	1,9	2,03	1,43	1,8	4,5	5,11	2,26	0,3	0,5	0,50	0,71	0,0	0,0	0,00	0,02	3,0	4,7	5,32	2,31
Казалинск	-2,0	10,0	11,86	3,44	-0,3	0,2	0,16	0,40	-0,4	0,3	0,33	0,57	-0,5	0,6	0,67	0,82	-3,0	6,0	6,92	2,63
Туркестан	-0,7	0,5	0,56	0,75	0,3	0,1	0,06	0,25	-0,2	0,2	0,18	0,42	0,6	1,2	1,26	1,12	0,2	0,0	0,02	0,13
Алма-Ата, ОГМС	2,7	8,0	9,34	3,06	4,1	2,3	2,57	1,60	0,3	0,0	0,03	0,17	0,9	0,3	0,36	0,60	8,1	3,4	3,84	1,96

Разница в долях дисперсии при одинаковых значениях A объясняется различным уровнем межгодовой изменчивости температуры, для МС Алма-Ата, ОГМС дисперсия составляет 0,57, для МС Атырау – 0,93.

Анализ коэффициентов детерминации D показывает, что на южных станциях (МС Алма-Ата, ОГМС, МС Кызылорда, МС Казалинск, МС Туркестан) тенденция к потеплению наиболее выражена в ходе летних температур (максимальное значение D наблюдалось на МС Кызылорда и составило 44,8 %), и затем в переходные сезоны. На остальных станциях наиболее ярко потепление проявилось в весенний период и несколько в меньшей степени – в зимний. Вклад дисперсии тренда в общую дисперсию ряда средней годовой температуры воздуха довольно высок – на 6 станциях превышают 20 % при максимальном значении 38,8 % на МС Алма-Ата, ОГМС.

На рис. 2 приведены временной ход, 11-ти летние скользящие средние и линейный тренд температуры приземного воздуха, осредненной по длиннорядным станциям Казахстана.

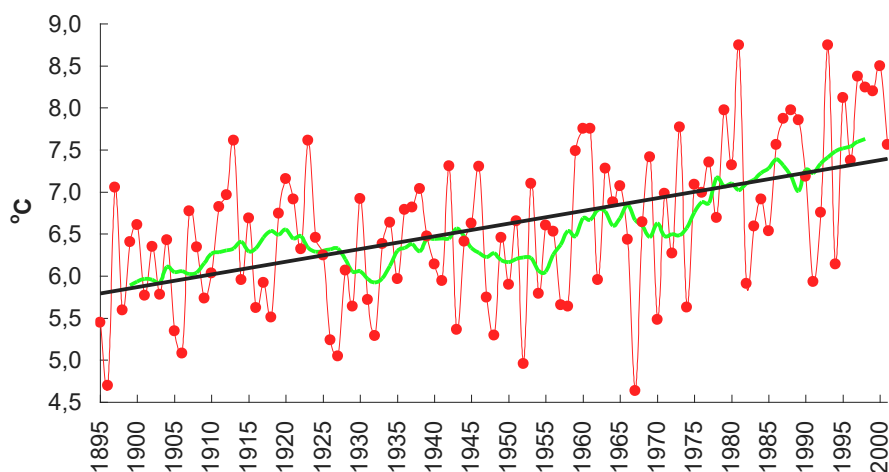


Рис.2. Временной ход, 11-ти летние скользящие средние и линейный тренд температуры приземного воздуха, осредненной по 11-ти станциям Казахстана.

Такие обобщения по территории региона не имеют практического применения, но необходимы для сравнения с характеристиками глобального климата или климата других регионов. Были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между рядами средней годовой температуры

воздуха на 35 реперных станциях Казахстана по методике, предложенной в [1]. Расчеты показали, что на 5 % уровне значимости колебания температуры на территории Республики можно считать синхронными. Это позволяет рассматривать изменение температуры не только по отдельным станциям, но и в среднем по региону без значительных искажений в определении направления изменения термического режима.

В глобальном масштабе в XX веке выделяются два периода, когда происходило значительное потепление: с 1910 г. по 1945 г. и с 1976 г. по 2003 г. В Казахстане первый период менее продолжительный, чем в ходе глобальной температуры – до 1925 г., и менее выраженный по величине.

Относительно изменения осадков (табл. 2) прежде всего необходимо отметить, что в переходные сезоны года и летом на большинстве станций изменение количества осадков за рассматриваемый период статистически незначимо. В зимний период значимое изменение сумм осадков происходило как в сторону их увеличения (МС Петропавловск, МС Зайсан, МС Алма-Ата, ОГМС), так и в сторону уменьшения (МС Акмола, МС Атырау, МС Семипалатинск, МС Казалинск). Положительные тенденции лежат в пределах от 0,9 до 2,7 мм/10 лет, отрицательные – от 2,0 до 7,7 мм/10 лет. Годовое количество осадков на 4 станциях из 6, где изменение среднего уровня осадков статистически значимо, уменьшалось со скоростью от 3,0 мм (МС Казалинск) до 13,5 мм (МС Акмола) за каждые 10 лет. На двух станциях годовые суммы осадков увеличивались: на 3,0 мм/10 лет на МС Кызылорда и на 8,1 мм/10 лет на МС Алм-Ата, ОГМС. При этом, если сравнивать вклад трендовой составляющей в общую дисперсию, то для рядов осадков независимо от знака тренда он намного меньше, чем для рядов температуры воздуха и лежит в пределах от 3,4 до 15,8 %. То есть в рядах температуры тенденции более существенные и более устойчивые.

Территориальное осреднение осадков при наличии разнонаправленных тенденций в регионе приводит к сложности интерпретации результатов. Так, на территории Казахстана указанным выше методом [1] было выделено несколько районов с синхронным колебанием во временном ходе годовых сумм осадков. К тому же границы районов синхронных колебаний осадков, а также их число могут меняться в зависимости от сезона года вследствие изменения значимости и роли циркуляционных процессов в формировании полей осадков. Поэтому характеристики осредненных по региону сумм осадков не рассматривались.

Для более детального анализа территориального распределения изменений температуры воздуха и количества осадков было проведено сравнение климатических условий двух тридцатилетних периодов: 1931-1960 гг. и 1971-2000 гг. Первый период был выбран на основе того, что в это тридцатилетие в Казахстане наблюдения велись на сравнительно большом количестве метеостанций (около 70), что позволяет делать выводы о территориальном распределении исследуемых характеристик климата. Кроме того, это первый стандартный период, принятый ВМО, относительно которого оценивалась аномальность климатических условий отдельных лет. Были рассчитаны разности между значениями средних многолетних температур (ΔT) за периоды 1971-2000 гг. и 1931-1960 гг., отношения средних многолетних сумм осадков за период 1971-2000 гг. к средним многолетним за период 1931-1960 гг.

Кроме этого, с помощью критериев Фишера и Стьюдента определялась значимость различий, соответственно, дисперсий и средних многолетних значений температуры воздуха и сумм осадков, рассчитанных для рассматриваемых двух тридцатилетних периодов. Расчеты показали, что дисперсии распределений температуры воздуха, за редким исключением, от периода к периоду не изменились, статистически значимые изменения чаще произошли в средних значениях температуры. Что касается осадков, то чаще имели место изменения именно в дисперсии, причем в районах уменьшения или увеличения осадков более, чем на 20 % относительно нормы за 1931-1960 гг.

В качестве основного вывода о сравнении климатических условий двух периодов можно сказать, что в большинство месяцев и в среднем за год произошел существенный рост температуры приземного воздуха на фоне незначительно изменившегося количества осадков, хотя территориальное распределение изменений температуры и количества осадков периода 1971-2000 гг. относительно периода 1931-1960 гг. имеет свои особенности в различные периоды года.

Наибольшие положительные разности температур, как правило, приходятся на ноябрь-декабрь (до 3,0-4,0 °C в северных районах республики), причем в эти месяцы ΔT статистически значимы практически повсеместно. Наибольшие отрицательные значения ΔT наблюдаются в феврале – до минус 1,0-2,0 °C в южных районах. Разность средних годовых температур положительна во всем регионе (рис. 3). Минимальные значения разности (менее 0,5 °C) наблюдаются в Южно-Казахстанской области,

максимальные (от 1,0 °C до 1,5 °C на отдельных метеостанциях) – в западных, центральных и северных районах, а также на части территории Алматинской области. Следует отметить, что превышение среднегодовой температуры периода 1971-2000 гг. над температурой периода 1931-1960 гг. статистически значимо по всему Казахстану, исключая юг Южно-Казахстанской области.

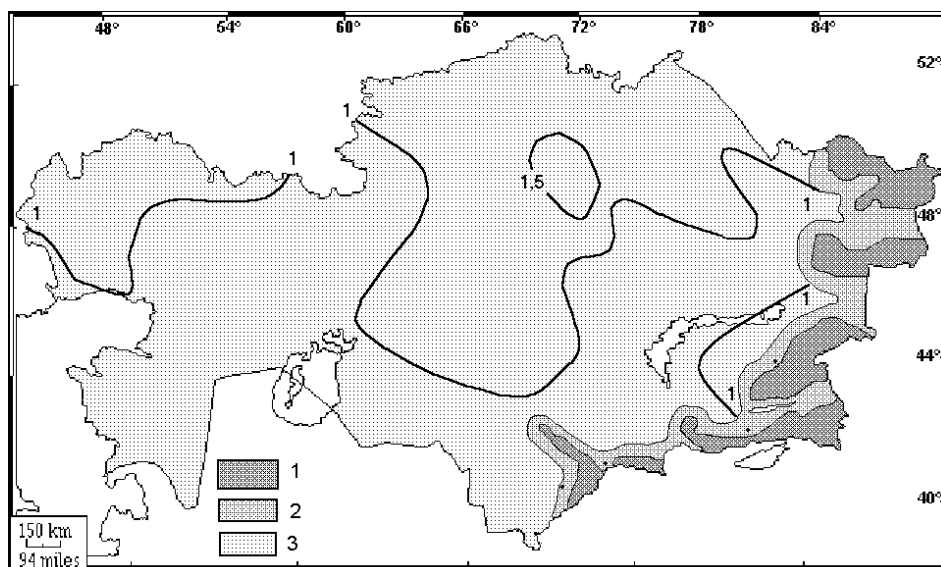


Рис. 3. Разность между средними многолетними годовыми температурами приземного воздуха (°C) за периоды 1971-2000 гг. и 1931-1960 гг.. 1 - горные районы; 2 - предгорные районы; 3 - области, где значения t -критерия выше критического.

Что касается осадков, то во все месяцы на территории Казахстана присутствовали районы увеличения и районы уменьшения средних многолетних сумм осадков от периода к периоду. Необходимо отметить, что если средние многолетние суммы осадков за период 1971-2000 гг. отличались в ту или иную сторону более, чем на 20 % от средних многолетних сумм осадков за период 1931-1960 гг., то эти отличия являлись статистически значимыми.

В январе территория региона оказалась разделена на две зоны. На большей территории Республики отмечено увеличение количества осадков, причем, значительное – более чем на 20 %. Южная часть Казахстана

(за исключением предгорных территорий) оказалось в зоне уменьшения осадков, но уменьшение на 20 % и более наблюдалось лишь в Прикаспии и на незначительной территории Кызылординской, Южно-Казахстанской и Жамбылской областей. В апреле, по сравнению с январем, зона увеличения осадков значительно сократилась. При этом прирост на 20 % и более наблюдался только в Актюбинской и Акмолинской областях. Возрастание количества осадков наблюдалось также на юге Казахстана – в Кызылординской и Южно-Казахстанской областях. На остальной территории количество осадков в базовый период было несколько меньше, чем за предшествующий период. Также как и в январе, уменьшение осадков более, чем на 20 %, отмечено лишь на отдельных станциях (Восточно-Казахстанской области). В июле зоны незначительного увеличения осадков расположены в северных районах западного Казахстана, Костанайской и Северо-Казахстанской областей, но изменение здесь не превышало 20 %. Зона увеличения осадков в южных районах, причем более чем на 20 %, сохранилась и в июле. Кроме того, количество осадков увеличилось на части территории Павлодарской и Восточно-Казахстанской областей, местами более чем на 20 %. На остальной территории осадки незначительно уменьшились, лишь на отдельных станциях уменьшение составило более 20 %, например, в районе северо-восточнее Аральского моря. В октябре на большей части территории Республики количество осадков в период 1971-2000 гг. находится в пределах от 80 до 100 % по сравнению с периодом 1931-1960 гг. Незначительное увеличение осадков отмечено на отдельных станциях Актюбинской, Карагандинской и Восточно-Казахстанской областей, а также на большей части Северо-Казахстанской, Акмолинской, Павлодарской, Жамбылской и Алматинской областей. В Западно-Казахстанской и Кызылординской областях наблюдались зоны значительного уменьшения сумм осадков (более чем на 20 %).

На рис. 4 представлены отношения (ΔR) средних многолетних сумм осадков за период 1971-2000 гг. к средним многолетним суммам за период 1931-1960 гг. для года в целом. Изменение годовых сумм осадков можно охарактеризовать следующим: лишь на нескольких станциях отмечено изменение в ту или иную сторону, превысившее 20 %. В северных, северо-западных и некоторых южных районах осадки незначительно возросли, на остальной территории несколько уменьшились. Таким образом, годовое количество осадков в регионе практически не изменилось.

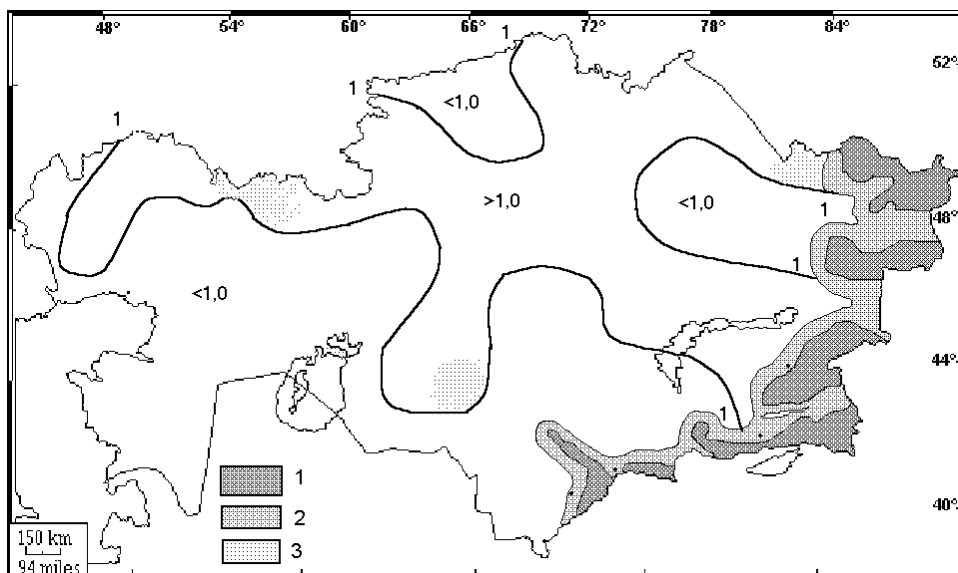


Рис.4. Отношение средних многолетних годовых сумм осадков за период 1971 - 2000 гг. к средним многолетним суммам осадков за период 1931-1960 гг. 1 - горные район; 2 - предгорные районы; 3 - области, где значения t -критерия выше критического.

Казахстан относится к регионам с резко континентальным климатом, характеризующимся высокими значениями годовой и суточной амплитуды температуры воздуха. Значительное повышение температуры в отдельные месяцы холодного периода говорит о том, что годовые амплитуды температуры воздуха на территории Казахстана уменьшились. Поэтому было интересно изучить также, изменился ли диапазон суточных температур воздуха. В этих целях были оценены линейные тенденции в рядах средних максимальных и минимальных температур воздуха на 76 станциях Казахстана за период с 1936 по 2003 гг. Анализировались те же характеристики тренда, что были указаны выше, то есть угловые коэффициенты A , коэффициенты детерминации D , и критерии Фишера (F) и Стьюдента (t).

На рис. 5 представлено поле коэффициентов линейного тренда средней годовой минимальной температуры приземного воздуха. Практически на всей территории Казахстана, за исключением южных регионов, скорость повышения составила более $0,2 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет. В западных, центральных и северных районах значения A превышают $0,3 \text{ }^\circ\text{C}/10$ лет, на отдель-

ных станциях максимальные значения коэффициента A достигают $0,5 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$. За исключением небольшого района на северо-востоке Казахстана повышение средней годовой минимальной температуры приземного воздуха статистически значимое.

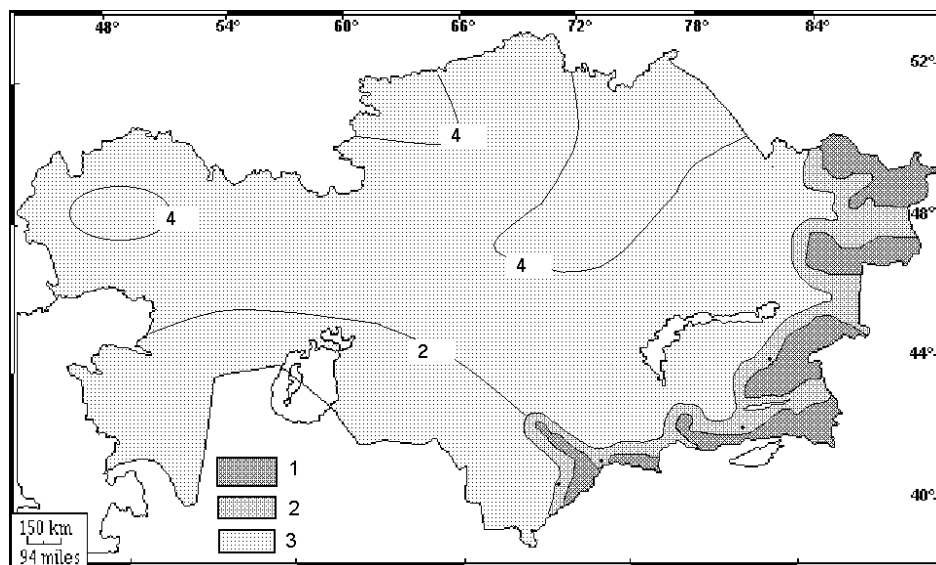


Рис. 5. Поля коэффициентов линейного тренда (A , $^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) средней годовой минимальной температуры приземного воздуха за период 1936-2003 гг. 1 - горные районы; 2 - предгорные районы; 3 - области, где значения F - критерия выше критического.

Следует сказать также, что, как и в глобальном масштабе, в Казахстане наблюдается более значительный рост средних минимальных температур по сравнению с повышением средних максимальных температур. Так, в среднем по региону и за год средние минимальные температуры повышались в 1,5 раза быстрее, чем максимальные, в западных и северных районах превышение еще более значительное – в 2 раза и на отдельных станциях - 2,5 раза.

Что касается средних месячных максимальных температур воздуха, то необходимо отметить, что также как и в рядах средних месячных температур, наибольший рост произошел в период декабрь-февраль, причем в январе-феврале – в северных и западных районах Казахстана (значения A более $0,4-0,6 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), тогда как в южных районах тенденции от-

существовали. В декабре значительное повышение отмечено также и на южных станциях (значения A здесь более 0,5-0,7 °C/10 лет). В период с марта по ноябрь на большинстве станций изменений в средней максимальной температуре не отмечено. Исключения составляют станции юго-восточного Казахстана в период с июня по сентябрь, где наблюдались статистически значимые тенденции (значения A в диапазоне 0,5...0,7 °C/10 лет).

Внутригодовое распределение тенденций среднемесячных минимумов температуры следующее. Во все месяцы года площади регионов, где тенденции в средних минимальных температурах статистически значимые, увеличились по сравнению с таковыми для средних максимальных температур, при этом величины тенденций также более значительные. Наибольший рост произошел также в период декабрь-февраль. В декабре рост повсеместно статистически значимый с максимальными значениями в южных районах (до 0,9 °C/10 лет). В январе-феврале в южных районах, наоборот, на большинстве станций тренды средних минимальных температур незначимы. В марте существенные тенденции наблюдались только в западных и северных областях Казахстана, величина тенденции лежит в пределах от 0,31 до 0,62 °C/10 лет. В период с апреля по октябрь лишь на отдельных станциях тренды незначимы, значения коэффициентов A колеблются по территории в широких пределах, но на большинстве станций от 0,2 до 0,4 °C/10 лет. В ноябре поля угловых коэффициентов тренда представляют собой обратную картину марта, то есть тенденций отсутствуют на станциях западных и северных областей Казахстана, на остальной территории тренды значимы. Максимальные значения в этом месяце наблюдаются в южных районах (коэффициент A достигает 0,6-0,8 °C/10 лет).

Минимальные температуры характеризуют температуру ночного времени суток, поэтому их повышение должно способствовать продлению свободного от заморозков сезона во многих регионах Казахстана. Рост максимальных суточных температур свидетельствует о возможности увеличения, как самих значений, так и повторяемости экстремально высоких температур воздуха.

В заключение был проведен анализ аномальности температурных условий и количества осадков периода 1991-2003 гг., который является самым теплым за всю историю инструментальных наблюдений в Казах-

стане. Была рассчитана обеспеченность средних месячных температур воздуха и месячных сумм осадков по данным за период 1961-2003 гг. Составлен каталог лет, когда более, чем на 50 % рассмотренных станций значения температуры или количества осадков были ниже или выше значений, соответствующих 10 и 90-му процентилю, соответственно. Получено, что чаще всего (4 месяца в году – с января по март и в сентябре) крупные положительные аномалии температуры охватывали большую часть территории Казахстана в 2002 г. При этом в марте средняя месячная температура имела обеспеченность выше 90 % практически на всей территории Республики. В 1998 г. и 1999 г. крупные аномалии охватывали половину территории Казахстана 3 месяца в году: с июня по август в 1998 г., и в феврале, августе и октябре в 1999 г.

Низкие среднемесячные температуры (с обеспеченностью ниже 10 %), охватывающие более 50 % территории Казахстана, наблюдались гораздо реже. Но в 1992 и 1993 гг. крупные аномалии наблюдались 3 месяца в году. Надо отметить, что и глобальная температура в эти годы была значительно ниже рекордно высокой на тот момент температуры, наблюдавшейся в 1990-1991 гг. Понижение температуры в 1992 и 1993 гг. связано с охлаждающим эффектом аэрозолей, попавших в атмосферу при извержении вулкана Пинатубо 10-15 июня 1991 г. (Филиппины).

Что касается осадков, то крупные аномалии, охватывающие половину территории региона, наблюдались очень редко. Так, лишь апрель 1995 г., март 1996 г. и сентябрь 1997 г. можно отнести к месяцам, когда наблюдался существенный дефицит осадков (месячные суммы были ниже значений, соответствующих 10-му процентилю), а в ноябре 2004 г., январе 1997 г. и марте 2002 г. – наоборот, количество осадков превышало 90-й процентиль.

Полученные в данной работе выводы согласуются и дополняют полученные ранее в работах [2, 5, 3]. Необходимо также добавить, что согласно заключению МГЭИК [7], практически все наблюдающиеся климатические изменения не имеют однозначного эффекта при воздействии на экосистемы и социум. Например, повышение минимальных температур, и как следствие, снижение числа морозных дней, может привести к снижению опасности нанесения ущерба одним сельскохозяйственным культурам и к повышению опасности нанесения ущерба другим культурам, к расширению распространенности и усилению активности некоторых вредителей и переносчиков болезней. Сочетание глобального потепления с

другими экологическими стрессами и деятельностью человека может привести к быстрой гибели существующих экосистем, особенно в засушливых регионах, к которым относится большая часть территории Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борзенкова И. И., Винников К. Я., Янута В. Г. Оценка влияния пространственного осреднения на спектр временных рядов месячных сумм осадков. // Труды ГГИ. - 1977. - Вып. 247. - С. 99-106.
2. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан. // Гидрометеорология и экология.- 1995. – № 3. – С. 68-77.
3. Долгих С.А., Есеркепова И.Б., Шамен А. Оценка вклада ожидаемого потепления глобального климата в развитие процессов опустынивания в Казахстане. // Гидрометеорология и экология. - 1997. – № 3. – С. 43-49.
4. Панова Е. Н. О статистической структуре сезонной температуры воздуха в Казахстане. // Труды КазНИГМИ. - 1988. - Вып. 100. – С. 59-64.
5. Первое национальное сообщение Республики Казахстан по Рамочной конвенции ООН об изменении климата. – Алматы, 1998.- 74 с.
6. Юзбашев М. М., Манэлла А. И. Статистический анализ тенденций и колеблемости. – М.: Финансы и статистика, 1983. - 207 с.
7. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report, 2001.
8. Climate Change 2001: The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report, 2001.
9. Hasselmann K. Optimal fingerprints for the detection of time dependent climate change // J. Climate, 1993. №6. P. 1957-1971.
10. WMO Statement on the Status of Global Climate in 2005. WMO. No.743.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

SAZASSTANDAҒЫ КЛИМАТТЫҰ ҒТКЕН ЖҰЗЖЫЛДЫС КЕЗЕҰІНДЕ ҒЗГЕРҰІ ЖҒНІНДЕ

Геогр. Ұлымд. канд. С.А. Долгих
Р.М. Илякова
А.У. Сабитаева

ЖҒмыста ғткен Жасырлыҗ кезеҰ бойынша жерге жаҗын ауа температурасы җатарыныҰ ж.,не жауын-шашын мҒшерініҰ тенденциясын зерттеу н.,тижселері келтірілген. Орташа аймаҗ бойынша жылыну 10 жыл ішінде жаз ж.,не кҒзде 0,09 °C -ден, 10 жыл ішінде җыс ж.,не кҒктемде 0,20...0,23 °C –ге дейінгі жылдамдыҗта болҒаны аныҗталҒан. Орташа минималды температура ауаныҰ максималды температурасынан шамамен бір жарым-екі есеге жылдам ғсіп отыр. Сазаҗстан климатыныҰ җуаҰдануыныҰ кҒшеюі жҒнінде җорытынды жасалды.