

УДК 551.583.15: 633.1 (574)

**ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ
ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА
КАЗАХСТАНА**Доктор геогр. наук Г.Н. Чичасов
Канд. экон. наук А.М. Шамен

Рост глобальной температуры воздуха, начавшийся в конце прошлого столетия, продолжается и в настоящее время. Несмотря на то, что в атмосфере северного полушария наблюдается увеличение повторяемости широтных процессов, климатический режим последних десятилетий характеризуется нарастанием частоты экстремальных событий. Приведены оценки влияния повышения глобальной температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы в Казахстане. Показано, что в ближайшие десятилетия не предвидится существенного ее снижения по этой причине.

Климатический режим последних десятилетий характеризовался резкими изменениями и нарастанием частоты экстремальных событий. В различных частях земного шара участились засухи, наводнения, суровые и аномально теплые зимы и т.п. Это в значительной степени повлияло на экономику ряда стран, а в отдельных случаях поставило на грань вымирания целые государства. Ярким и впечатляющим примером изложенному может служить Сахельская засуха, продолжающаяся третье десятилетие. Такой жестокой и продолжительной засухи история человечества еще не знала.

Современные изменения климата Земли происходят не только под влиянием естественных факторов, но и в результате деятельности человека. Интенсивное освоение земель, чрезмерная и зачастую неумелая эксплуатация природных и прежде всего водных ресурсов, низкий уровень сельскохозяйственного производства и целый ряд других факторов существенно изменили климатические условия в различных регионах республики. Влияние антропогенных процессов на климат резко возросло с конца 50-х - начала 60-х годов, что послужило поводом для деления хронологических рядов наблюдений на два периода: условно-естественный и нарушенный хозяйственной деятельностью. В последний период наиболее угрожающий характер эти воздействия стали приобретать в Приаралье, зоне загрязнений выбросами Экибастузского топливно-энергетического комплекса, Семипалатинского

ядерного полигона, полигона Капустин Яр и космодрома Байконур. Определенный вклад в непреднамеренные изменения климата внесли стихийные бедствия и технологические катастрофы. Единого мнения об основных причинах потепления климата северного полушария в последнем столетии нет. Однако подавляющее большинство ученых и специалистов [2-4, 9, 17, 29] глобальное повышение температуры связывает с изменением газового состава атмосферы и, прежде всего, с ростом концентрации CO_2 . По данным М.И. Будыко [2, 3], количество углекислого газа в атмосфере к середине 80-х годов возросло на 20-25 % и удвоится в конце первой половины следующего столетия. Вместе с тем, воздавая должное самой гипотезе, стройности и весомости физических предпосылок, нельзя не отметить целый ряд фактов, не укладывающихся в ее тесные рамки. Так, исходя из доминирующего влияния CO_2 на изменения современного климата, трудно объяснить противоположность трендов температуры над океанами северного и южного полушарий. Также трудно объяснить, с позиции этой гипотезы, отсутствие положительного тренда у температуры воздуха на большинстве метеостанций северного полушария в 1930-1970 годах. По-видимому, при рассмотрении этих вопросов имеет место переоценка прямого воздействия CO_2 на климат и недооценка других факторов, в том числе и естественного происхождения.

В результате совместного действия естественных и антропогенных факторов в последние годы на многих метеорологических станциях республики были отмечены абсолютные экстремумы температуры воздуха и количества осадков. В качестве примера можно привести 3 сентября 1997 года, когда в Алматы был превышен абсолютный максимум температуры воздуха за более чем столетний период инструментальных наблюдений. Максимальная температура воздуха в этот день поднялась до отметки $37,1^\circ\text{C}$. Предыдущий максимум наблюдался в 1926 году и был равен $33,7^\circ\text{C}$. В Казахстане, так же как и во всем мире, в последнее время участились повторяемости возникновения таких опасных явлений погоды, как засухи, поздние весенние и ранние осенние заморозки. Анализ оценок изменения приземной температуры воздуха, выполненный за последние 100 лет для северного полушария различными авторами [2-4, 23-31], показал, что с конца предыдущего столетия по настоящее время здесь происходит интенсивное потепление климата, прерывавшееся с конца 40-х годов до начала 60-х похолоданием. Скорость повышения температуры воздуха в среднем составляла $0,5^\circ\text{C}/100$ лет, причем в высоких и умеренных широтах в холодное полугодие ее рост происходил несколько быстрее, чем в теплое. По оценкам большинства авторов [2-4, 7, 9, 10, 16 и др.], температура воздуха северного полушария к началу столетия повысится на $1,2...1,4^\circ\text{C}$, а к его середине - на $3,0...4,0^\circ\text{C}$. Заметим, что этим и всем другим прогнозам изменения климата присуща значительная неопределенность.

Ввиду сложности и неоднозначности влияния антропогенных факторов на процессы теплообмена в атмосфере количественная оценка их роли в изменении климата чрезвычайно сложна и ошестствима с большими погрешностями. Еще более сложной задачей представляется определение не настоящего, а будущего вклада хозяйственной деятельности человека в длиннопериодные изменения климата. В этом случае, помимо оценки результатов взаимодействия различных по направленности и вкладу энергетических потоков, необходим учет стратегии политического, технологического и социального развития стран мира.

По мнению ряда отечественных и зарубежных ученых, рост частоты экстремальных погодных условий был обусловлен увеличением повторяемости меридиональных процессов и особенно, если пользоваться терминологией Вангенгейма, форм циркуляции E. Этот тип крупномасштабных циркуляционных процессов характеризуется наличием высотного гребня над Европой и ложбины над Западной Сибирью и Казахстаном. Неудержимый рост меридиональных процессов этого типа, начавшийся в атмосфере северного полушария примерно в 1966 г., завершился и их повторяемость в последнее пятилетие резко пошла на убыль. Одновременно с этим в атмосфере обозначился рост повторяемости быстроперемещающихся волн, отнесенных в вышеупомянутой классификации к широтному типу процессов. Согласно общепринятому мнению, в настоящее время завершается смена циркуляционных эпох и поэтому меридиональные процессы типа E в последние годы носили черты широтных. Это типично для всех месяцев года, но наиболее ярко было выражено в зимние месяцы. Тенденция к уменьшению меридиональности в атмосфере подтверждается также и индексами межширотного обмена, численно равными разности значений геопотенциала на высоте 500 гПа между северными (80°) и южными (30°) широтами северного полушария. Характерные особенности этих индексов и способы их определения подробно изложены в работе Г.Н. Чичасова [14]. Анализ временного хода индексов межширотного обмена выявил три сравнительно одинаковых по продолжительности периода. Первый - с начала 60-х до середины 70-х годов - характеризовался довольно большими положительными отклонениями индекса от своих средних многолетних значений. Аномалии индексов межширотного обмена во втором периоде (1976 - 1980 гг.), наоборот, были ниже нормы. Период с начала 80-х годов и по настоящее время характеризуется ростом индексов межширотного обмена, с еще большим, чем в предыдущем периоде, размахом колебаний. Частые флюктуации индексов указывают на наличие существенной неустойчивости в развитии атмосферных процессов этих лет. Судя по тенденции, рост индексов, а стало быть уменьшение повторяемости меридиональных процессов, в последующем должен продолжаться.

Изменения в характере циркуляционных процессов нашли отражение и в термическом режиме территории. Исследования изменений приземной температуры воздуха в Казахстане выявили тенденции повышения средних месячных и средних годовых значений температуры воздуха на преобладающей части территории [6, 7]. Наибольшие тренды средней месячной температуры воздуха в последнее десятилетие наблюдались в ноябре-январе, а также в апреле и варьировали в пределах 1...4 °С. Круг работ по этой проблеме в целом непрерывно расширяется, причём исследования проводятся в самых различных направлениях. Интересными и существенными с практической стороны представляются результаты, приведенные в работах [22]. Исследуя термический режим каменных глетчеров в Восточных Альпах, С.А. Харрис [22] показал, что даже на глубинах свыше 11 метров в последнее десятилетие наблюдается ярко выраженное потепление. Так, по его оценкам, за период с 1987 по 1992 год средняя годовая температура глетчера в пункте Муртель выросла на 0,57 °С. На уменьшение площадей криолитозон, а также на довольно значительный рост температуры глетчеров указывается и в работах [1, 6, 8]. По данным, приведенным в работе [1], большие изменения вечной мерзлоты произойдут на территории Евразии. Здесь на значительной части криолитозоны начнется интенсивное протаивание многолетнемерзлых пород, а также уменьшение ее площади.

Для диагноза и прогноза климата наибольшую информационную ценность представляют как сведения об абсолютных изменениях средних значений, так и о направленности изменений экстремальных значений. Для выделения крупных аномалий термического режима в Казахстане использовался метод разложения средних месячных полей температуры воздуха по эмпирическим ортогональным функциям (ЭОФ). Данный метод уже применялся для оценки экстремальности метеорологических полей другими авторами и дал вполне удовлетворительные результаты. Первый коэффициент разложения (A_1) описывает самые крупные возмущения рассматриваемых полей. Предлагается два варианта классификации. К первому разряду крупных аномалий отнесены месяцы, для которых $|A_1| \geq \sigma$ - среднего квадратического отклонения, а во втором $|A_1| \geq 1,5 \sigma$. Принципы классификации и рабочие приемы, используемые в ней, более подробно изложены в ранней работе одного из авторов [13]. Последний вариант принят нами за основной. При условии нормальности распределений в этот класс в зависимости от критерия попадает 32 и 25 % всех случаев соответственно. В таблице приведены повторяемости крупных аномалий средних месячных температур воздуха различной интенсивности по 10-летиям.

Как видно из данных (см. таблицу), повторяемость крупных аномалий значительно меняется от десятилетия к десятилетию. Так, крупные отрицательные аномалии наиболее часто встречались в первом (1900 - 1909 гг.), пятом (1940 - 1949 гг.) и шестом (1950 - 1959 гг.)

десятилетиях, 22, 21 и 25 раз соответственно. Затем их повторяемость стала резко снижаться, что хорошо согласуется с данными другими авторами [4, 16, 17, 29]. Зато в периоды 1960 - 1969, 1970 - 1979, 1980 - 1989 гг. рекордно часто отмечались крупные положительные аномалии, соответственно 28, 30 и 33 раза. В последнее десятилетие (1980 - 1989 гг.) из 33 случаев с крупными положительными аномалиями предел $1,5 \sigma$ достигнут или превзойден 13 раз. Условия, близкие к нормальным, наблюдались во втором (1910 - 1919 гг.) и третьем (1920 - 1929 гг.) из рассматриваемых десятилетий, когда число случаев с $A_1 \geq 1,5 \sigma$ - соответственно 10 и 12 раз.

Таблица

Повторяемость (число случаев) крупных положительных (n_1) и отрицательных (n_2) аномалий средней месячной температуры воздуха по десятилетиям

Период, год	$ A_1 \geq \sigma$			$ A_1 \geq 1,5 \sigma$		
	n_1	n_2	n_1+n_2	n_1	n_2	n_1+n_2
1900 - 1909	19	22	41	6	8	14
1910 - 1919	17	17	34	3	7	10
1920 - 1929	18	18	36	6	6	12
1930 - 1939	16	18	34	9	10	19
1940 - 1949	13	21	34	11	9	20
1950 - 1959	17	25	42	7	9	16
1960 - 1969	28	16	44	7	10	17
1970 - 1979	30	15	45	13	6	19
1980 - 1989	33	8	41	13	2	15

Представляет интерес оценить влияние глобального повышения температуры воздуха на повторяемость крупных аномалий средней месячной температуры в Северном Казахстане. Результаты предварительных исследований показали, что при общем повышении температуры воздуха, повторяемость крупных аномалий значительно уменьшилась, а при понижении, наоборот, увеличилась. Предпоследнее сильное повышение температуры, отмечавшееся в северном полушарии, характеризовалось наиболее существенным снижением числа экстраординарных событий в термическом режиме. Самым неожиданным оказалось то, что это произошло за счет уменьшения повторяемости крупных положительных аномалий средних месячных температур воздуха в весенне-летний период. С 1903 по 1930 г. отмечались три однородные эпохи широтных типов циркуляции. Именно на этот период приходится минимум повторяемости числа крупных аномалий температуры воздуха. Поэтому, исходя из самых общих соображений, можно предполагать, что предстоящая циркуляционная эпоха (ближайшие 10 - 12 лет) будет характеризоваться уменьшением частоты экстремальных событий.

Для целей перспективного планирования сельскохозяйственных мероприятий важное значение в условиях глобального роста температуры будет иметь оценка уязвимости сельскохозяйственных культур и прежде всего яровой пшеницы. Результаты оценки возможного изменения урожайности позволяют заранее наметить систему агротехнических приемов ее возделывания, скорректировать структуру посевных площадей и провести целый ряд других мероприятий, направленных на уменьшение негативных последствий потепления климата. Агротехника, выбранная в соответствии с ожидаемой погодой, способна значительно уменьшить падение урожая в неблагоприятные годы и, тем самым, придать ежегодным урожаям большую устойчивость. Тем не менее, следует заметить, что применение даже самых передовых агротехнических приемов в возделывании яровой пшеницы не сможет полностью нейтрализовать воздействие неблагоприятных погодных условий, и поэтому урожайность в такие годы все-таки будет ощутимо понижаться [11, 12, 18]. Это подтверждается и тем, что изменчивость урожайности яровой пшеницы после 40-х годов по сравнению с более ранним периодом увеличилась.

Для оценки влияния потепления климата на урожайность яровой пшеницы применялся метод ее прогноза большой заблаговременности. В качестве одного из предсказателей в нем использовалась повторяемость числа суток с типами атмосферной циркуляции *W*, *C*, *E* по Вангенгейму. Как известно, эта типизация отражает основные характеристики крупномасштабных атмосферных процессов, происходящих в атлантико-европейском секторе и над Западной Сибирью. Она тесно связана с такими климато- и погодообразующими факторами, как океаническая циркуляция, термический и ледовый режим морей и океанов, облачность и др. Кроме того, наличие каталога однородных данных по этой типизации более чем за 100-летний период дает широкие возможности для проведения подобных статистических оценок.

Для определения взаимосвязи между урожайностью яровой пшеницы и показателями атмосферной циркуляции рассчитывались коэффициенты корреляции. Корреляционному анализу были подвергнуты 113-летние ряды за период 1881 - 1995 гг. Оказалось, что использование в статистических схемах прогноза предикторов с заблаговременностью более двух лет малоэффективно, так как значительная часть коэффициентов корреляции между значениями урожайности и характеристиками циркуляции с большой заблаговременностью или равнялась нулю, или лишь незначительно отличалась от него. Иными словами, нами не обнаружены достаточно надежные связи, которые можно привлечь для решения поставленной задачи. Само собой разумеется, что данное утверждение относится только к той форме зависимости, о которой упоминалось выше, т. е. к линейной корреляционной зависимости, и вовсе не отрицает наличие между урожайностью и типами циркуляции других, более сложных, форм связи.

Для оценки влияния повышения глобальной температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы применялась регрессионная модель, разработанная и доведенная до оперативного использования одним из авторов ранее [14]. В качестве одного из основных предсказателей в модели использовались параметры крупномасштабных циркуляционных процессов. При изменении повторяемости форм циркуляции на выходе модели можно получить урожайность яровой пшеницы различной обеспеченности. Как было показано выше, в атмосфере северного полушария начали преобладать циркуляционные процессы широтной направленности. Этот тезис подтверждается и результатами теоретических и экспериментальных работ, проводимых другими авторами. Нами были смоделированы условия увеличения повторяемости в атмосфере широтных форм циркуляции за счет уменьшения меридиональных и оценены результаты влияния таких изменений на урожайность яровой пшеницы в основных аридных зонах Северного Казахстана. Причем, использовались не сами значения урожайности, а их отклонения от тренда, для аппроксимации которого, согласно [5, 15], применялась зависимость второго порядка. Оказалось, что увеличение в атмосфере северного полушария повторяемости широтных процессов не только не ухудшит, но даже несколько улучшит условия произрастания зерновых. Так, по нашим расчетам, при увеличении повторяемости широтных процессов на 15-17 % в среднем за десятилетие урожайность яровой пшеницы в Северном Казахстане возрастет примерно на 10 %, т.е. на 1,0 ц/га.

Критически оценивая саму модель, а также полученные по ней результаты, отметим, что такой подход к решению поставленной задачи не является наилучшим, т.к. математическому аппарату, положенному в основу метода, характерна статистическая неустойчивость. Это безусловно не может не сказаться и на результатах расчетов, увеличивая и без того их значительную неопределенность. Указанных недостатков можно в значительной мере избежать, использовав для этих целей метод взаимных спектральных функций, являющихся рабочим аппаратом исследования линейных динамических систем [5]. Предположим, что анализируемые временные ряды некоррелированы или слабо коррелированы только вследствие то что компоненты низкой и высокой частот имеют противоположные знаки связи. Согласно [5, 15], автокорреляционная функция случайной переменной определялась по формуле

$$r(\tau) = \left(\sum_{i=1}^{n-\tau} X_i(x_i + \tau) \right) / (\sigma^2(N - \tau)), \quad \tau=0, 1, \dots, n \quad (1)$$

где x_i - значение отклонений переменной с номером i , τ - значение сдвига, N - число членов временного ряда, σ - дисперсия переменной.

Для получения несмещенных оценок расчеты выполнялись без фильтрации исходных данных. Согласно рекомендациям ВМО, оптимальными являются коррелограммы со сдвигом не более чем на треть длины ряда, что в нашем случае составляет 35 лет. Однако здесь этот интервал был увеличен еще на 18 лет, т.е. почти до половины длительности каждой совокупности.

Проанализируем автокорреляционные функции годового числа суток с разными типами атмосферной циркуляции по Вангенгейму. В многолетнем ходе урожайности яровой пшеницы и характеристик атмосферной циркуляции отмечаются колебания одинаковой продолжительности, которые, по-видимому, вызваны одними и теми же причинами. Это позволяет ожидать возникновения статистически значимых пиков в ходе взаимных спектральных функций. Спектральная плотность оценивалась по автокорреляционной функции

$$S_k^1 = 1/t_n \left\{ r(0) + 2 \sum_{t=1}^{t_n} r(t) \lambda_t \cos(\pi k t / t_n) \right\}, \quad k = 0, 1, \dots, t_n, \quad (2)$$

$$f = k(\Delta\tau) / 2\tau_n. \quad (3)$$

Здесь $\rho(0)$ - автокорреляционная функция при $\tau = 0$; λ_t - весовая функция, применяющаяся для сглаживания $\rho(\tau)$; f - циклическая частота в точке с номером k ; $\Delta\tau$ - интервал дискретности, равный одному году.

Коспектр $S_k^{(1,2)}$, являющийся мерой вклада колебаний различных частот в общую взаимную корреляцию двух временных рядов с нулевым запаздыванием, определялся, как и в [5], по выражению

$$S_k^{(1,2)} = (1/\tau_n) \left\{ \rho(0)^{(1,2)} + \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \rho_{\tau}^{(2,1)} \lambda_{\tau} \cos(\pi k \tau / \tau_n) \right\}. \quad (4)$$

Из определения коспектра видно, что он характеризует только синхронные зависимости.

Квадратурный спектр $S_k^{(2,1)}$, отражающий вклад различных гармоник в суммарную корреляцию двух рядов, когда гармоники первого ряда сдвинуты относительно второго на четверть периода T , находился по формуле

$$S_k^{(2,1)} = (1/\tau_n) \left\{ \sum_{\tau=1}^{\tau_n} \lambda_{\tau} (\rho^{(1,2)} - \rho^{(2,1)}) \sin(\pi k \tau / \tau_n) \right\}. \quad (5)$$

Анализ результатов расчетов показал, что значения коспектров почти повсеместно превышают значение квадратурных спектров. И те, и другие указывают на то, что большая доля ковариации сосредоточена на низких частотах, т.е. основной вклад во взаимосвязь между характеристиками крупномасштабных циркуляционных процессов и урожайностью яровой пшеницы в Казахстане вносят длиннопериодные колебания.

Для решения поставленной задачи целесообразно использовать не сами значения $S_k^{(1,2)}$ и $S_k^{(2,1)}$, а их производные - коэффициенты когерентности

$$R_k^2 = \left([S_k^{(1,2)}]^2 + [S_k^{(2,1)}]^2 \right) / (S_k^{(1)} S_k^{(2)}) \quad (6)$$

и фазовые спектры

$$\varphi_k = \arctg(S_k^{(2,1)} / S_k^{(1,2)}) \quad (7)$$

Первый характеризует тесноту связи двумерного нормального случайного процесса на различных частотных диапазонах, при этом чем ниже уровень "шума" в системе, тем больше коэффициент когерентности, и наоборот. Второй показывает значение угла запаздывания одного ряда относительно другого на различных частотах. При $\varphi_k = 0^\circ$ между двумя рядами наблюдается прямая связь, а при $\varphi_k = 180^\circ$ - обратная.

Средняя по Казахстану урожайность яровой пшеницы коррелирует с характеристиками атмосферной циркуляции в основном только в области низкочастотных колебаний. Так, например, урожайность статистически связана с широтным типом циркуляции на флуктуациях 18, 7, 5, 3 и 2 года. Спектр фаз показывает, что из данных связей только вторая - обратная, а остальные - прямые. Наиболее тесные связи между урожайностью и атмосферной циркуляцией типа С наблюдаются на циклических частотах 0,04; 0,10; 0,15; 0,19; 0,23; 0,26; 0,33; 0,36; 0,39; 0,40; 0,44; 0,49, которые соответствуют периодам 25, 11, 5-2 года. Статистически значимые коэффициенты когерентности между урожайностью и меридиональной формой циркуляции типа Е отмечается на колебаниях 18, 7, 5 и 2 года. Обращает внимание, что фазовые диаграммы форм циркуляции С и Е, за исключением начального участка, имеют почти противоположный ход. Это позволяет сделать вывод, что рассматриваемые колебания происходят в противофазах.

Полученные данные позволяют провести оценку вероятности возникновения благоприятных и неблагоприятных по урожайности яровой пшеницы лет до 2020 - 2025 года. Для этого в расчетное

уравнение были включены коэффициенты когерентности, равные или превышающие свои критические значения при принятом пороге доверительной вероятности и числе степеней свободы. Стандартные временные ряды - характеристики крупномасштабных атмосферных процессов и средняя по республике урожайность яровой пшеницы в процентах тренда $U(t)$ связаны между собой уравнением

$$U(t) = a + bx(t) + \varepsilon(t), \quad (8)$$

где a и b - параметры уравнения, не зависящие от времени и определяющие регрессионные соотношения, $\varepsilon(t)$ - случайная компонента.

Данная модель рассчитана на учет не всех возможных временных сдвигов, а только тех, которые кратны 0 или 180° , поэтому значения $x(t)$ и $U(t)$ должны обязательно быть либо в фазе ($b > 0$), либо в противофазе ($b < 0$). Используемый подход имеет целый ряд преимуществ над обычной линейной регрессией, особенно для тех рядов, в которых с изменением частоты существенно меняется отношение между сигналом и шумом. Немаловажное значение имеет и то, что спектральные модели могут использоваться и для анализа рядов с сильной нестационарностью. Кроме того, применение различных численных фильтров позволяет осуществлять корректировку влияния инструментальных частотных характеристик, что в конечном счете повышает качество оценок. К сильным сторонам такого подхода следует отнести то, что при увеличении продолжительности исследуемого периода входные параметры меняются несущественно. Основные положения метода, а также анализ его достоинств и недостатков подробно изложены в работе [14].

Анализ результатов применения модели к оценке влияния глобального повышения температуры воздуха на урожайность яровой пшеницы в Северном Казахстане позволил сделать целый ряд выводов. Так, исходя из предположений неизменности структуры посевных площадей, можно с большой уверенностью считать, что в ближайшие 30-35 лет снижение урожайности яровой пшеницы в Северном Казахстане за счет глобального повышения температуры маловероятно. Более того, после 2010 года даже намечается некоторое увеличение урожайности, связанное с оптимизацией температурно-влажностных условий на севере Казахстана. В работах не учитывалось непосредственное влияние углекислого газа на урожайность, хотя, как известно [4], увеличение концентраций CO_2 приводит к росту фотосинтеза у яровой пшеницы.

Что же касается влияния глобального повышения температуры воздуха на условия произрастания естественной растительности, то на крайнем юге Казахстана они изменятся к худшему. При этом, количество биомассы даже увеличится, а ее продуктивность значительно ухудшится. Естественные изменения климата могут усиливаться антропогенными процессами и тем самым способствовать увеличению

скорости перемещения климатических зон и ускорению смены одних видов растительности другими. Впечатляющие примеры этого приведены в работе [4]. Авторами показано, что повышение глобальной температуры вызовет в приполярных районах полное исчезновение бореальных лесов, сместит границы вечной мерзлоты, а также трансформирует интенсивность и направленность процессов в верхнем слое почвы. С другой стороны, анализируя тренды температуры в засушливых районах мира М. Хальме [24] отметил, что несмотря на то, что потепление отмечалось во всех регионах, только климат Африканской Сахели стал суше. Это лишний раз подтверждает как сложность рассматриваемой проблемы, так и неоднозначность трактовки результатов исследований.

С другой стороны, нам представляется, что влияние потепления климата на сельскохозяйственное производство и иные природоёмкие отрасли сильно переоценено. Это характерно для всех проблем, которые анализируются односторонне. Потепление климата, помимо чисто негативных сторон, повлечет за собой увеличение продолжительности теплого и безморозного периодов в умеренных широтах, сдвиг дат ранних осенних и поздних весенних заморозков и тому подобное, что благоприятно скажется на производстве сельскохозяйственной продукции в целом [10, 19]. На самом деле рост глобальной температуры воздуха за счет увеличения в атмосфере парниковых газов, а также, видимо, и за счет влияния чисто природных факторов, увеличил энергетику атмосферы, что проявилось в росте скорости перемещения воздушных масс. Однако в дальнейшем, когда в полной мере заработает система обратной связи, рост глобальной температуры замедлится и, по-видимому, вообще прекратится. Что же касается возросшего теплового потенциала атмосферы, то эта энергия, согласно [8], довольно быстро переходит в другие виды энергии, в частности кинетическую, и диссипируется. Поэтому прогнозные оценки повышения температуры северного полушария за счет увеличения в атмосфере парниковых газов, приведенные на середину следующего столетия в работах [20, 21], нам представляются сильно завышенными.

Изложенные здесь результаты влияния глобального потепления на урожайность яровой пшеницы следует считать предварительными. Работы данного направления нужно продолжать и развивать, обращая при этом особое внимание на оценку достоверности полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов О.А., Нельсон Ф.Э. Влияние изменения климата на вечную мерзлоту в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. - 1997. - № 5. - С. 71-80.
2. Антропогенные изменения климата / И.Н. Борзенкова, М.И. Будыко, Э.К. Бютнер и др. - Л. : Гидрометеиздат, 1987. - 407 с.

3. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1985. - 208 с.
4. Колебания климата за последнее тысячелетие / А.А. Абрамова, Т.Т. Битвинскас, Е.П. Борисенков и др. - Л.: Гидрометеоздат, 1988. - 408 с.
5. Кендалл М.Дж., Стюарт Л. Многомерный статистический анализ и временные ряды. - М.: Наука, 1976. - 736 с.
6. Монокрович Э.И., Тулина Л.П., Чичасов Г.Н. О проблеме адаптации народного хозяйства Казахстана и изменения климата // Вестн. АН КазССР. - 1990. - № 10. - С. 44-51.
7. Об исследовании влияния глобального потепления на природные ресурсы и экономику Казахстана и действиях по смягчению негативного последствия возможных изменений климата / И.Б. Есеркеева, О.В. Пилифосова, Г.Н. Чичасов, А.М. Шамен // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 2. - С. 58-75.
8. Пальмен Э., Ньютон Ч. Циркуляционные системы атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 611 с.
9. Парниковый эффект, изменение климата и экосистемы / Под ред: Б. Болина. - Л.: Гидрометеоздат, 1989. - 557 с.
10. Предстоящие изменения климата. Совместный советско-американский отчет о климате и его изменениях / Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля, М.С. Маккракена, А.Д. Хекта. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 227 с.
11. Утешев А.С. Атмосферные засухи и их влияние на природные явления. - Алма-Ата: Наука, 1972. - 176 с.
12. Федоров Е.К. Погода и урожай. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 57 с.
13. Чичасов Г.Н. О пространственно-временной структуре крупных аномалий термического режима в Казахстане // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. - 1987. - Вып. 96. - С. 47-63.
14. Чичасов Г.Н. Технология долгосрочных прогнозов погоды. - СПб.: Гидрометиздат, 1991. - 304 с.
15. Чичасов Г.Н. Численные методы обработки и анализа информации. - Алматы: 1995. - 108 с.
16. Шамен А.М. Гидрометеорология и мониторинг природной среды Казахстана. - Алматы: Галым, 1996. - 295 с.
17. Шамен А.М. Об исследовании засушливых явлений в Казахстане // Гидрометеорология и экология. - 1997. - № 2. - С. 39-56.
18. Шаменов А.М. Об актуальных проблемах агрометеорологии Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 4. - С. 60-75.
19. Шаменов А.М., Кожаметов П.Ж., Власенко Е.Ф. О распределении числа невыпасных суток для овец зимой в Восточном Приаралье // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 78-90.
20. Bridges E., Batjes N. gaseous emissions and global climatic change // Geography. - 1996. - Vol. 81, № 2. - P. 155-169.

21. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols / J.F. Mitchell, T.C. Johus, J.M. Gregogy, S.F. Tett // *Natur.* - 1995. - Vol. 376, № 6540. - P. 501- 504.
22. Harris S.A. Lang-term air and ground temperature records from the Canadian Cordillera and the probable effects of moisture changes // *Proceedings fifth Canadian permafrost conference, Collektion Nordicanas, Univesite haval.* - 1990. - № 54. - P. 151-157.
23. Hingane L. Is a signatur of socio-economic impact written on the climate? // *Clim. change.* - 1996. - Vol. 32, № 1. - P. 91-102.
24. Hulme M. Recent climatic change in the worlds drylands // *Geophys. Res. Lett.* - 1966. - Vol. 23, № 1. - P. 61-64.
25. Jiankun H., Aling Z., Yong Y. Tecnology options for CO₂ mitigation in Chine // *AMBIO.* - 1996. - Vol. 25, № 4. - P. 249-253.
26. Kauppi P. The united nations climate convektion: Unattainable or irrelevant // *Sciense.* - 1995. - Vol. 270, № 5241. - P. 14-54.
27. Smit B., Ne Nabb D., Smithers J. Agricultural adaptation to climatic variation // *Clim. change.* - 1996. - Vol.33, № 1. - P. 7 - 29.
28. Tans P.P. Climate change and carbon dioxide Forever // *AMBIO.* - 1995. - Vol. 24, № 6. - P. 376 - 378.
29. Vulnerability and Adaptation Assessment for Kazakstan. / O.V. Pilifosova, I.B.Eserkepova, S.V.Mizina, G.N. Chichasov et. al. / Joel B. Smith et. al. (Ed.) // *Vulnerability and adaptation to climate change. A synthesis of results from the US Counry Studies Program, 1996.* - P. 161-181.
30. Williamson A.G. Same speculation on atmoshperic carbon dioxide control // *Chem. N.Z.* - 1995. - Vol. 82, № 11. - P. 62-66.
31. White R. Climate science and national interests // *Issues Sci. and Tehnol.* - 1996. - Vol. 13, № 1. - P. 33-38.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

Агентство по гидрометеорологии и мониторингу природной
среды Минэкобиоресурсов Республики Казахстан

КЛИМАТТЫҢ ҰЗАҚ КЕЗЕНДІК ӨЗГЕРУІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ҚАЗАҚСТАННЫҢ АСТЫҚ ШАРУАШЫЛЫҒЫНА ӘСЕРІ

Геогр. ғ. докторы Г.Н. Чичасов
Экон. ғ. канд. А.М. Шөмен

Өткен жүзжылдықтың соңында басталған ауа температурасының жалпы өсуі осы уақытқа дейін созылуда. Атмосфераның солтүстік жарты шарында ендік процесстің қайталануының көбеюіне қарамастан соңғы онжылдықтардың климаттық ережесі экстремальды оқиғалардың өте жиіленуі арқылы сипатталуды. Қазақстандағы жаздық бидай өніміне ауа температурасының жалпы жоғарылауының тигізетін ықпалына баға берілген. Жақын арадағы онжылдықтарда осы себеп астық өнімін айтарлықтай төмендетпейтіні көрсетілген.