

УДК [663.11:631.559]:551.58(574)

**ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ УРОЖАЙНОСТИ ПШЕНИЦЫ В
СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ ПРИ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ
КЛИМАТА**

Канд. геогр. наук С.В. Мизина
Канд. геогр. наук И.Б. Есеркепова
В.Р. Суттошев

Приводится оценка уязвимости производства пшеницы в основных зерносеющих областях Казахстана при возможных изменениях климата. Расчеты урожайности выполнены с использованием численной модели CERES-Wheat при различных сценариях изменения климата, построенных на основе выходных данных моделей общей циркуляции атмосферы, полученных для условий удвоения концентрации двуокиси углерода в атмосфере.

Территория Казахстана находится в зоне рискованного земледелия. Возможное изменение климата под влиянием парникового эффекта может сделать климат республики еще более засушливым, что особенно негативно повлияет на сельскохозяйственное производство. Урожайность пшеницы, которая является одной из основных зерновых культур в Казахстане, может оказаться особенно уязвимой к ожидаемым изменениям климата. Поэтому разработка мероприятий по адаптации зернового хозяйства к воздействию изменения климата чрезвычайно важна для определения стратегии дальнейшего развития сельского хозяйства в республике. Первым шагом в этом направлении является оценка уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы, которая и выполнена в настоящей работе. По определению Межправительственной группы экспертов по изменению климата [7], уязвимость отражает в какой степени изменение климата может разрушить систему или нанести ей ущерб в зависимости от ее чувствительности и способности адаптироваться к новым климатическим условиям.

Изменение урожайности, которое может произойти в середине следующего столетия, было оценено по 14 пунктам (табл. 1). Эти точки выбраны таким образом, чтобы по возможности более полно отразить почвенно-климатические условия выращивания пшеницы в различных областях.

Таблица 1

Статистические данные по урожайности яровой и озимой пшеницы

Область	Засеваемая площадь, %	Средняя многолетняя урожайность, т/га	Доля области в валовом сборе зерна Казахстана*, %		Метеостанция	Тип почвы
			Яровая	Озимая		
Северо-Казахстанская	6,5	1,19	8,2	0,06	Булаево Петропавловск	Обыкновенный чернозем Обыкновенный чернозем
Костанайская	17,5	0,95	25,0	0,06	Комсомолец Костанай Карасу	Обыкновенный чернозем Южный чернозем Южный чернозем
Кокшетауская	11,0	0,99	13,9	0,00	Красноармейск Рузаевка Кокшетау	Обыкновенный чернозем Обыкновенный чернозем Южный чернозем
Акмолинская	15,1	0,93	12,5	0,00	Акмола Атбасар	Темно-каштановые Темно-каштановые
Павлодарская	6,0	0,65	3,6	0,00	Михайловка Федоровская Павлодар	Южный чернозем Темно-каштановые Темно-каштановые
Западно-Казахстанская	4,2	0,81	5,3	0,00	Уральск	Темно-каштановые

* - по данным 1994 г.

Для моделирования выбраны базовый сценарий и два сценария изменения климата [4]. Эти сценарии представляют собой суточный ход максимальной и минимальной температуры воздуха, сумм осадков и солнечной радиации по выбранным точкам. Суточные данные сгенерированы по месячным характеристикам с помощью генератора погоды SIMMETEO, входящего в систему DSSAT (система поддержки выбора решения при смене агротехнологии) [6]. Базовый сценарий получен на основе данных наблюдений с 1951 по 1980 год [2, 3].

Изменения климата при удвоении концентрации CO_2 в атмосфере оценивались на основе результатов расчетов, полученных по моделям общей циркуляции атмосферы Канадского метеорологического центра (CCC) [5] и Геофизической лаборатории динамики жидкости США (GFDL) [10]. Оба сценария дают увеличение температуры на выбранной территории, но изменения эти варьируют от точки к точке. По сценарию GFDL, на большей части территории ожидается, что минимальное увеличение температуры воздуха (на $4-5^\circ\text{C}$) произойдет зимой, а максимальное - летом. Сумма осадков в апреле-мае и в августе может составить 70-80 % по всей территории, в июне-июле 120-150 %. Модель CCC дает экстремальное потепление на 12°C в зимние месяцы и на $5-6^\circ\text{C}$ - в летние. Почти повсеместно ожидается увеличение сумм осадков на 10-40 %. Но в Уральской, Торгайской и на юге Павлодарской областей в мае и октябре суммы осадков могут уменьшиться до 40-80 %. В Костанайской области количество осадков может составить 80 % нормы.

В табл. 2 и 3 представлены изменения температуры и осадков по месяцам для выбранных точек. Солнечная радиация по указанным сценариям изменяется незначительно (на $\pm 1-4\%$) и не должна оказывать существенного влияния на изменение урожайности пшеницы. Поэтому изменения солнечной радиации не учитывались.

Данные по типам почв (обыкновенные и южные черноземы, темно-каштановые почвы) и начальному содержанию воды и азота в почвенных профилях были получены из справочных изданий [1]. В тех случаях, когда данных не хватало, использовались осредненные значения в соответствии с географическим положением и климатическими условиями точки. Для оценки уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы использована модель CERES-Wheat, входящая в систему DSSAT, разработанная международной группой экспертов [9].

Изменения температуры и осадков по месяцам по сценарию GFDL

Метеостанция	Метевеличина	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Среднее годовое значение
Булаево	Температура воздуха, °С	3,6	3,7	7,8	8,3	5,4	5,5	6,7	7,1	5,8	5,8	6,9	4,0	10,8
	Осадки	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	1,0	0,7	1,1	1,6	1,3	1,2	4,5
Петропавловск	Температура воздуха, °С	3,4	3,4	8,4	8,6	5,4	5,5	6,7	6,9	5,7	5,9	6,8	4,2	11,1
	Осадки	1,3	1,1	1,2	0,8	0,8	1,3	1,0	0,8	1,1	1,6	1,2	1,2	4,4
Комсомолец	Температура воздуха, °С	3,3	3,4	8,7	8,9	5,7	5,6	6,6	6,8	5,5	6,0	6,7	4,5	11,0
	Осадки	1,3	1,1	1,4	0,8	0,7	1,1	1,2	1,1	1,2	1,6	1,2	1,1	4,0
Костанай	Температура воздуха, °С	3,2	3,0	8,3	8,2	5,8	5,5	6,2	6,5	5,6	6,0	6,2	3,6	8,8
	Осадки	1,4	1,1	1,2	0,7	0,8	1,5	1,2	0,7	1,1	1,6	1,1	1,0	4,4
Карасу	Температура воздуха, °С	3,2	3,0	8,3	8,2	5,8	5,5	6,2	6,5	5,6	6,0	6,2	3,6	8,8
	Осадки	1,4	1,1	1,2	0,7	0,8	1,5	1,2	0,7	1,1	1,6	1,1	1,0	4,4
Красноармейск	Температура воздуха, °С	3,4	3,7	7,8	8,3	5,4	5,5	6,9	7,1	5,8	5,8	6,9	4,0	10,8
	Осадки	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	1,2	1,0	0,7	1,1	1,6	1,3	1,2	4,5
Рузаевка	Температура воздуха, °С	3,3	3,2	7,8	7,9	5,3	5,4	6,4	6,6	5,8	6,0	6,3	3,4	9,7
	Осадки	1,3	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,4	0,6	1,0	1,7	1,2	1,0	3,9
Кокшетаув	Температура воздуха, °С	3,2	3,3	7,1	7,5	5,1	5,4	6,7	6,7	5,7	5,9	6,2	3,4	9,4
	Осадки	1,1	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,7	0,8	1,1	1,6	1,2	1,0	4,2
Акмола	Температура воздуха, °С	2,7	3,1	6,3	6,7	4,8	5,3	6,7	6,5	5,8	5,8	5,3	2,9	10,3
	Осадки	1,0	1,3	1,1	0,8	0,8	1,5	2,5	1,3	1,6	1,6	1,1	0,9	5,4
Атбасар	Температура воздуха, °С	3,3	3,2	7,8	7,9	5,3	5,4	6,4	6,6	5,8	6,0	6,3	3,4	9,7
	Осадки	1,3	1,2	1,1	0,7	1,0	1,5	1,4	0,6	1,0	1,7	1,2	1,0	3,9
Михайловка	Температура воздуха, °С	3,6	3,8	7,4	8,2	5,5	5,5	6,9	7,2	6,0	5,6	6,9	4,0	10,1
	Осадки	1,1	1,3	1,2	1,0	0,9	1,1	1,1	0,8	1,1	1,5	1,4	1,3	4,0
Федоровская	Температура воздуха, °С	3,0	3,3	6,7	7,1	5,0	5,4	6,7	6,6	5,7	5,8	6,1	3,5	9,1
	Осадки	1,0	1,3	1,1	0,7	1,0	1,4	1,6	0,9	1,1	1,5	1,2	1,1	4,1
Павлодар	Температура воздуха, °С	3,1	3,3	6,6	6,5	4,9	5,3	6,4	6,5	6,1	5,7	5,9	3,4	9,6
	Осадки	0,9	1,2	1,2	0,7	0,9	1,2	1,4	0,7	1,1	1,4	1,3	1,1	4,9
Уральск	Температура воздуха, °С	2,8	4,2	7,9	8,0	6,0	5,0	5,1	5,8	5,0	4,9	5,1	4,5	8,6
	Осадки	1,2	1,1	1,1	0,7	0,7	1,4	1,1	1,5	1,4	1,5	0,9	1,0	4,6

Примечание. Изменение осадков дано в долях среднемноголетнего значения.

Изменения температуры и осадков по месяцам по сценарию CCC

Местоположение	Метеопериод												Среднее годовое значение	
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12		
Булаво	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Петропавловск	Температура воздуха, °С	5,8	7,7	6,8	10,0	13,2	6,6	4,0	4,2	3,6	3,1	2,6	10,9	10,7
	Осадки	1,0	1,2	1,5	1,7	1,3	1,0	1,4	1,4	1,2	1,1	0,8	1,1	4,0
Комсомолец	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Костанай	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Караку	Температура воздуха, °С	6,5	8,8	7,5	11,2	12,9	5,3	3,7	4,2	3,4	3,7	1,9	10,5	11,6
	Осадки	1,0	1,4	1,5	1,7	1,4	0,8	1,4	1,3	1,1	1,1	0,7	1,2	4,7
Красноармейск	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Рудавка	Температура воздуха, °С	5,8	7,7	6,8	10,0	13,2	6,6	4,0	4,2	3,6	3,1	2,6	10,9	10,7
	Осадки	1,0	1,2	1,5	1,7	1,3	1,0	1,4	1,4	1,2	1,1	0,8	1,1	4,0
Кокшетау	Температура воздуха, °С	6,1	7,4	6,6	9,3	12,9	6,5	4,3	4,2	3,9	2,9	3,8	10,5	11,3
	Осадки	1,2	1,2	1,2	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	3,8
Аулота	Температура воздуха, °С	9,0	8,6	8,2	12,5	10,9	5,9	6,2	6,5	4,6	3,4	1,6	8,9	11,9
	Осадки	1,2	1,2	0,9	1,2	0,9	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	0,8
Артасар	Температура воздуха, °С	8,6	9,6	10,0	14,1	10,8	6,0	6,2	6,5	4,3	3,2	1,5	8,7	10,8
	Осадки	0,9	1,2	1,0	1,2	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	6,0
Михайловка	Температура воздуха, °С	5,7	6,7	6,9	10,0	12,7	5,4	4,5	4,4	4,0	2,7	3,8	9,2	10,8
	Осадки	1,2	1,1	1,2	1,7	1,6	1,4	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	4,3
Федоровская	Температура воздуха, °С	5,7	6,7	6,9	10,0	12,7	5,4	4,5	4,4	4,0	2,7	3,8	9,2	10,8
	Осадки	1,2	1,1	1,2	1,7	1,6	1,4	1,4	0,9	1,1	1,1	1,2	1,2	4,3
Павлодар	Температура воздуха, °С	5,9	6,7	6,8	9,7	12,7	4,9	4,5	4,6	3,9	2,6	3,5	8,5	12,4
	Осадки	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,1	0,8	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	4,7
Уральск	Температура воздуха, °С	10,3	10,2	10,2	11,7	7,1	5,2	5,5	5,2	4,1	3,4	3,9	7,6	10,3
	Осадки	0,9	1,2	0,8	1,3	0,7	0,4	0,6	0,7	1,1	0,9	1,0	1,0	5,1

Примечание. См. табл. 2.

При моделировании учитывались прямое влияние увеличения концентрации CO_2 в атмосфере на урожайность пшеницы и собственно эффект изменения климата. Модель была откалибрована и проверена путем сравнения фактических и рассчитанных по модели данных об урожайности. Оценка качества моделирования удовлетворительна [4]. Полученные результаты по отдельным точкам представлены в табл. 4. Анализ показывает, что урожайность яровой пшеницы может уменьшиться по обоим сценариям, исключая Павлодар для сценария GFDL и Акмолу - для CCC. Уменьшение урожайности для различных станций может быть довольно значительным: от 16 до 70 %.

Что касается озимой пшеницы, то провести сравнение реальной и смоделированной при изменениях климата урожайности было невозможно, т.к. озимая пшеница не возделывается в выбранных районах. Поэтому мы сравнивали значения, смоделированные для базового сценария и сценариев изменения климата. Хотя в целом урожайность озимой пшеницы увеличивается, выращивание ее будет возможным только в нескольких районах (Петропавловск по сценарию CCC, Костанай, Кокшетау и Акмола для CCC и GFDL). В остальных районах посевы озимой пшеницы будут вымерзать в зимние месяцы.

Для получения осредненной характеристики сокращения урожайности пшеницы в целом по Северному Казахстану результаты моделирования по отдельным станциям обобщены методом, рекомендованным в [7],

$$P = \sum_{i=1}^n P_i,$$

где P - изменение валового сбора зерна по Северному Казахстану; P_i - доля продукции, выращиваемой при i -тых почвенно-климатических условиях (%), умноженная на изменение урожайности в этом районе; i - номер района; $n=14$ - число районов.

Обобщенной по территории Северного Казахстана характеристики изменения урожайности озимой пшеницы получить не удалось. Для яровой пшеницы получено, что при выбранных сценариях урожай яровой пшеницы снизится довольно значительно - примерно на 26-27 %. Несмотря на то, что урожайность озимой пшеницы при этом может увеличиться в нескольких областях, возделывание ее будет возможным только на ограниченной части территории.

Оценки уязвимости урожайности яровой и озимой пшеницы по разным сценариям

Область	Яровая пшеница					Озимая пшеница				
	Доля урожая в валовом сборе, %	Изменения урожайности при изменении климата, %		Обобщенные характеристики, P_i		Доля урожая в валовом сборе, %	Урожайность при изменении климата, т/га		Изменения урожайности при изменении климата, %	
		GFDL	CCCM	GFDL	CCCM		GFDL	CCCM	GFDL	CCCM
Северо-Казахстанская	4,10	-24,2	-43,8	-1,0	-1,8	0,00	0,0	0,0	-	-
	4,10	-24,5	-36,3	-1,0	-1,5	0,06	1,7	0,0	-26,9	-100,0
Костанайская	7,00	-16,4	-28,2	-1,1	-2,0	0,06	1,9	1,4	13,5	-19,4
	9,00	-73,2	-41,6	-6,6	-4,2	0,00	0,0	0,0	-	-
	9,00	-39,2	-50,4	-3,5	-5,5	0,00	0,0	0,0	-	-
Кокшетауская	4,00	-19,7	-45,3	-0,8	-1,8	0,00	1,4	1,4	-11,9	-15,6
	5,00	-48,4	-26,5	-2,4	-1,3	0,00	0,6	0,0	-22,5	-100,0
	4,90	-33,7	-38,6	-1,6	-1,9	0,00	0,3	0,4	-13,3	20,0
Акмолинская	6,25	-32,3	-29,4	-2,0	-1,8	0,00	0,8	1,4	-30,8	20,0
	6,25	-27,7	-16,7	-1,7	-1,0	0,00	0,0	0,4	-100,0	23,3
Павлодарская	1,00	-16,3	-29,7	-0,2	-0,3	0,00	0,5	0,5	-12,5	12,5
	1,00	-25,2	-44,9	-0,3	-0,5	0,00	0,0	0,0	-	-
	1,60	0,1	-13,7	+0,0	-0,2	0,00	0,2	0,3	10,0	35,0
Западно-Казахстанская	7,50	-62,6	-44,1	-4,7	-3,3	0,00	0,3	0,2	40,0	5,0
Всего				-27,0	-26,1					

Примечание. Значение 0,0 означает, что посевы были повреждены морозом, и урожай равен 0.

При оценивании уязвимости урожайности пшеницы на территории Казахстана нами не были учтены некоторые моменты.

Площадь посевов, для которой проводилась оценка, составляет 7,6 млн га. Каждая из выбранных точек характеризует условия выращивания для области 0,25-0,77 млн га. Для получения более надежных оценок моделирования желательнее было бы использовать большее количество станций. Суточные данные о температуре воздуха и суммах осадков получены с помощью генератора погоды, что несколько снижает качество моделирования урожайности. По некоторым станциям данные по солнечной радиации отсутствовали. В этом случае использовалась информация по ближайшей станции. В данной работе оценка уязвимости урожайности пшеницы проводилась для шести зерносеющих областей Казахстана. Для полного анализа по Казахстану необходимо дополнить расчеты по остальным районам возделывания пшеницы, где средний валовой сбор составляет около 30 % всего урожая республики. Тем не менее приведенные результаты показывают, что уязвимость урожайности яровой и озимой пшеницы в Казахстане при изменениях климата, может быть весьма существенной. Поэтому для обеспечения устойчивого развития зернового хозяйства в условиях глобального потепления необходима разработка адаптационных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрогидрологические свойства почв Казахстана / В.Г. Затыльников, О.В. Горенко, Е.А. Кузнецов и др. - Алма-Ата: АГО, 1980. - 197 с.
2. Антонов А.Г., Смирнова Е.Ю. Об основных принципах организации банка данных "Климат" // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 43-53.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Длиннопериодные данные. Часть 1-6. Выпуск 18. Казахская ССР. Книга 1. - Л.: Гидрометеиздат, 1989. - 460 с.
4. A Model-Based Climate Change Vulnerability and Adaptation Assessment for the Wheat Yields in Kazakhstan / S.V. Mizina, I.B. Eserkepova, O.V. Pilifosova, S.A. Dolgih, E.F. Gossen // Dapting to Climate Change. - New York: Springer-Verlag New York Inc., 1996. - P. 148 - 163.
5. Boer G.L., Farlane N.M., Lazare M., Greenhouse Gas-Induced Climatic Change Simulated with the CCC Second generation Generation GCM. - London: Kluwer Academic Publishers, 1991. - 376 p.
6. Decision Support System for Agrotechnology Transfer, V3.0, Vols.1-3. IBSNAT/Editors: G.Y. Tsuji, J.W. Jones, G. Uehara, S. Balas - Hawaii: University of Hawaii, 1995. - 435 p.
7. Guidelines for Vulnerability and Adaptation Assessments. Version 1/Editor: Ron Benioff. - Washington, 1995. - 345 p.

8. Pilifosova O.V., Eserkepova I.B., Dolgih S.A. Regional Climate Change Scenarios under Global Warming in Kazakhstan // Climatic Change. - The Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1997. - P. 23-40.
9. Ritchie, J.T., Otter S. Description and Performance of CERES-Wheat: A User-oriented Wheat Yield Model // - ARS Wheat Project / Editor: W.O. Wills - Washington D.C.: US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1989. - P. 121-136.
10. Wetherald R.T., Manabe S.A. Reevaluation of CO₂ - Induced Hydrological Change as obtained from Low and High Resolution Versions of the GFDL General. - New York, 1992. - 328 p.

Қазақстан ғылыми-зерттеу институты
 мониторингін қоршаған орта мен климаты

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА БИДАЙ ӨНІМІНІҢ КЛИМАТ ӨЗГЕРІСІНЕ ТӘУЕЛДІЛІГІН БАҒАЛАУ

Геогр. ғ. канд. С.В. Мизина
 Геогр. ғ. канд. И.Б. Есеркепова
 В.Р. Сутюшев

Қазақстанның негізгі дән егетін облыстарындағы бидай өндірісі климат құбылмалылығына тәуелді екендігіне баға берілген. Өнімділік есебі атмосферада көміртегі қос тотығы 2 есе өсуі жағдайында алынған, атмосфераның жалпы айналу үлгісі бойынша мәліметтер негізінде құрылған және климаттың өзгеруі әртүрлі сценарияда CERES-Wheat сандық үлгісін қолдану арқылы орындалған.