

УДК 551.583:631.458(574)

**ОЦЕНКА ВКЛАДА ОЖИДАЕМОГО ПОТЕПЛЕНИЯ  
ГЛОБАЛЬНОГО КЛИМАТА В РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ  
ОПУСТЫНИВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ**

С. А. Долгих

Канд. геогр. наук И. Б. Есеркепова

Канд. экон. наук А. М. Шамен

*Приводится оценка изменения условий увлажнения в Казахстане и его роли в процессах опустынивания при ожидаемом потеплении глобального климата. В качестве характеристик потенциального изменения регионального климата использовались результаты численных экспериментов по моделям общей циркуляции атмосферы (ОЦА).*

По физико-географическому районированию равнинная часть территории Казахстана находится в четырех ландшафтных зонах умеренного пояса: от лесостепной на самом севере региона до пустынной, которая занимает почти половину площади республики. Климат Казахстана характеризуется крайней засушливостью. Поэтому для Казахстана даже при современных климатических условиях весьма актуальны все проблемы, поднятые в конвенциях ООН по опустыниванию, биологическому разнообразию и изменению климата. Опустынивание и сопровождающая его деградация почв могут являться как результатом непосредственного антропогенного воздействия на экосистемы, например, из-за неправильного землепользования, так и неблагоприятных изменений климата. Целью данной работы была оценка вклада потенциального изменения климата в развитие процессов опустынивания региона. Исследования режима температуры воздуха за прошедший столетний период выявили наличие устойчивой тенденции к росту средней месячной температуры воздуха по всей территории Казахстана, величина которой составила до  $0,2^{\circ}\text{C}$  за 10 лет [3]. Существенных изменений в количестве осадков не произошло. Сравнение норм за два тридцатилетних периода (1931-1960 гг. и 1961-1990 гг.) показало, что в северных и северо-западных районах, относящихся, в основном, к степной и лесостепной ландшафтным зонам, годовые суммы осадков несколько увеличились за счет осадков холодного периода. На остальной, более значительной части территории, осадки уменьшились. За последнее десятилетие в Казахстане наблюдалось несколько аномально теплых лет. Наиболее теплым и к тому же аномально сухим был 1995 г.

Представленные в [4] сценарии изменения регионального климата по различным моделям ОЦА едины в том, что температура будет продолжать расти, причем значительно. В зависимости от сценария, ожидаемое повышение температуры при удвоении концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере лежит в пределах от 4,5 до 6,9  $^{\circ}\text{C}$ . Что касается осадков, то одни сценарии прогнозируют их уменьшение (на 12 %), другие - увеличение (на 7-28 %), третьи показывают, что количество осадков может остаться неизменным.

Для равнинной территории Казахстана было проведено районирование по условиям увлажнения поверхности почвы. Это позволяет, учитывая тесную генетическую взаимосвязь условий увлажнения с ландшафтными зонами, определить и возможные изменения растительного покрова. В данной работе условия увлажнения характеризовались коэффициентом увлажнения  $K_{\text{ув}}$  [2]:

$$K_{\text{ув}} = \frac{R}{E_0},$$

где  $R$  - средняя годовая сумма осадков, мм;  $E_0$  - испаряемость за год, мм. Для расчета испаряемости использована формула Тюрка, оценка точности которой и результаты практического применения приведены в [5],

$$E_0 = 300 + 25T + 0,05T^3,$$

где  $T$  - средняя многолетняя годовая температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

Классификация климатических зон увлажнения, согласно [6], для средних широт северного полушария представлена в табл. 1.

Таблица 1

Классификация зон увлажнения

Коэффициент увлажнения	Зона увлажнения
< 0,05	Сверхзасушливая
0,05-0,20	Засушливая
0,20-0,45	Полузасушливая
0,45-0,70	Сухая слабовлажная
0,70-1,00	Недостаточно влажная
1,00-2,00	Влажная
>2,00	Избыточно влажная

Регионы, где значения коэффициента увлажнения относятся к первой градации, являются собственно климатическими пустынями.

Районирование по зонам увлажнения для современных климатических условий проводилось на основе данных за период 1951-1980 гг., когда глобальное потепление проявилось не столь ярко, тогда как 80-е годы содержали ряд экстремально теплых лет.

Относительно этого же периода рассматриваются величины изменения характеристик климата, рассчитанные по моделям ОЦА. Анализ условий увлажнения проводился только для равнинной территории Казахстана, включая Казахский мелкосопочник. Из анализа исключены горные и предгорные районы, расположенные на юго-востоке и юге региона, так как модели ОЦА имеют довольно грубое пространственное разрешение и не могут учесть вертикальную поясность зон в горной местности.

Равнинная территория региона в условиях современного климата включает три зоны увлажнения (рис.): полусухую, сухую слабовлажную и недостаточно влажную. В пространственной дифференциации выделенных зон довольно четко прослеживается географическая (широтная) зональность, которая нарушается сложным характером рельефа: возвышенными равнинами и плато, мелкосопочником. Полусухая зона ( $K_{ув} = 0,20-0,45$ ) занимает южную половину Казахстана. Ее северная граница проходит примерно по широте  $46^{\circ}$ , захватывая Прикаспийскую и Туранскую низменности и огибая с юга горы Мугоджары и Казахский мелкосопочник. Границы полусухой и пустынной ландшафтной зон умеренного пояса примерно совпадают. Зона слабого увлажнения ( $0,45-0,70$ ) расположена относительно узкой полосой севернее и включает полупустынную ландшафтную зону. Территория к северу от нее находится в зоне недостаточного увлажнения ( $0,70-1,00$ ) и соответствует степной зоне. И только на крайнем севере республики в лесостепной ландшафтной зоне коэффициент увлажнения несколько выше единицы. Если взять за основу принятое на конференции ООН по Окружающей Среде и Развитию в июне 1992 г. [7] определение процесса опустынивания как процесса экологической деградации почв в засушливых, полусухих и слабовлажных зонах, то территория Казахстана южнее  $50^{\circ}$  с. ш., что составляет примерно две трети ее, попадает под это определение.

Большинство экосистем имеет «встроенную» способность глушить воздействия климатической изменчивости. Что касается экосистем засушливых и полусухих зон, то здесь даже самые незначительные изменения климата могут привести к необратимым последствиям для растительных сообществ. То есть засушливые и полусухие зоны могут оказаться в числе первых регионов, в которых при изменении климата будет меняться и динамика экосистем. Как показано в [1] и других работах, происходит опустынивание не только полупустынных ландшафтов региона, но и степной слабовлажной зоны, основной житницы республики. Здесь проявляются многие признаки аридизации, в основном антропогенного характера. Сочетание неблагоприятных изменений климата, прогнозируемых для территории Казахстана, и антропогенного давления может значительно ускорить процесс опустынивания уже в ближайшем будущем.

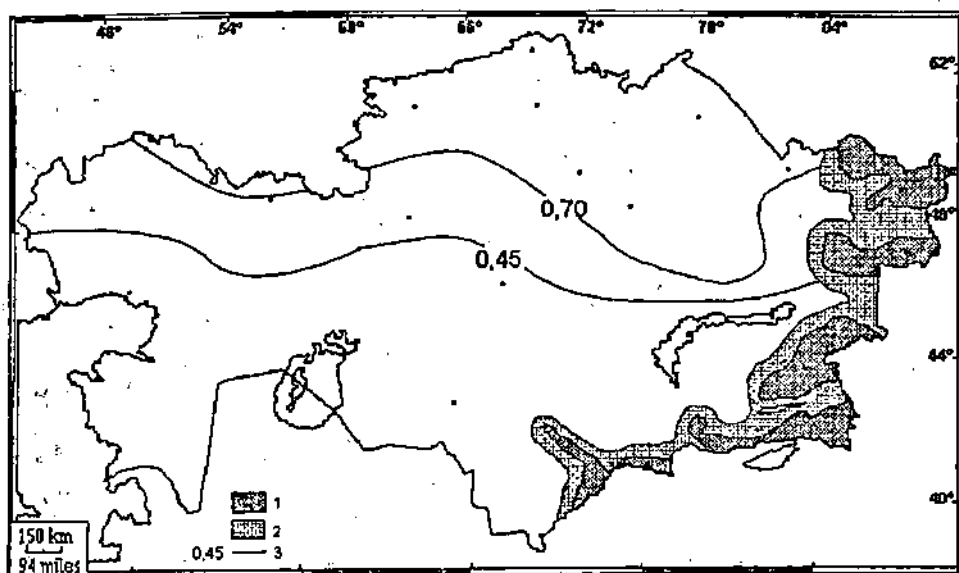


Рис. Схема границ зон увлажнения на территории Казахстана при современных климатических условиях: 1 - горные районы; 2 - предгорные районы; 3 - изолинии  $K_{ув}$ .

Для оценки возможного смещения границ зон увлажнения использовались сценарии изменения температуры воздуха и сумм осадков на период удвоения концентрации  $CO_2$  в атмосфере по пяти зарубежным моделям ОЦА (GFDL, GISS, UKMO, CCC и GFDL-T), которые подробно описаны в [4].

Основным выводом проведенного анализа является то, что все модели предсказывают ухудшение условий увлажнения региона. Наименее неблагоприятный сценарий из всех рассмотренных дает модель GISS. Границы зон увлажнения полусухой (0,45) и сухой слабовлажной (0,70) будут сдвинуты к северу в среднем на 30-40 км. Площадь земель с коэффициентом увлажнения выше 0,70, т.е. земель, где при современном уровне технологии выращивают зерновые в Казахстане, сократится на 6%. Часть Кызылординской области окажется в условиях засушливой зоны, где значение коэффициентов увлажнения будет около 0,19. Самый "сухой" сценарий получен по модели UKMO. По этой модели, территория региона будет находиться в трех зонах увлажнения. Большая ее часть, относившейся к полусухой зоне, окажется в условиях засушливой зоны, которой не было при климатических условиях периода 1951-1980 гг. Северная граница этой зоны (0,20) пройдет примерно вдоль широты  $46^{\circ}$ . Северная граница полусухой зоны (0,45) сместится к северу на 400 км, так что на месте зоны слабовлажной и на части территории недостаточно влажной будет

полузасушливая зона. Часть региона севернее попадает в слабовлажную зону, недостаточно влажная зона будет проходить севернее, за пределами региона. Модель СССР дает сходный с моделью UKMO сценарий, но менее "сухой". Самые северные районы региона остаются в условиях недостаточно влажной зоны, полузасушливая зона занимает несколько меньшую территорию, чем по модели UKMO. Сценарий по модели GFDL-T еще менее "сухой". Хотя южные районы региона, по этой модели, займет засушливая зона, но площадь, занимаемая этой зоной, будет меньше, чем по моделям UKMO и СССР. Северные границы полузасушливой и слабовлажной зон сместятся к северу на 150-200 и более километров, так что площадь, занимаемая зоной недостаточного увлажнения, сократится примерно втрое в сравнении с фактической. По модели GFDL, по сравнению с климатическими условиями периода 1951-1980 гг. площадь полузасушливой зоны увлажнения увеличится примерно на 10 %, а площадь зоны недостаточного увлажнения уменьшится на 20 %.

В табл. 2 дано соотношение в процентах площадей зон увлажнения равнинной территории региона при климатических условиях периода 1951-1980 гг. и прогнозируемых по различным моделям ОЦА к моменту удвоения концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Учитывая площади различных зон увлажнения при прогнозируемом изменении регионального климата, модели можно выстроить в следующем порядке: менее неблагоприятный - GISS, затем GFDL, GFDL-T, СССР и самый неблагоприятный - UKMO. По модели GISS уязвимыми с точки зрения возможного опустынивания будут около 80 % площади равнинной территории и вся территория по модели UKMO. Увеличение площади территории с засушливым климатом ( $K_{\text{ув}} < 0,45$ ) составит по различным сценариям от 4,2 % (GISS) до 31,2 % (UKMO). Таким образом, при ожидаемом потеплении глобального климата по всем пяти рассмотренным сценариям моделей ОЦА в Казахстане ожидается ухудшение условий увлажнения. Следовательно, ожидаемое глобальное потепление дополнительно создаст условия для развития процессов опустынивания за счет неблагоприятного воздействия климатического фактора.

В силу того, что модели чувствительны только к значительному изменению содержания  $\text{CO}_2$  в атмосфере, предполагаемый существенный рост средней годовой температуры воздуха в Казахстане (примерно на  $4,5^\circ\text{C}$  и выше) представляет собой довольно отдаленную перспективу. Анализ произвольных сценариев (сочетания различных значений изменения температуры и осадков) позволяет предположить, что для сохранения современных условий увлажнения региона необходимо, чтобы рост температуры на  $2-3^\circ\text{C}$  компенсировался увеличением количества осадков примерно на 20 %.

Соотношение площадей зон увлажнения равнинной территории Казахстана при климатических условиях периода 1951-1980 гг. и прогнозируемых по различным моделям ОЦА в процентах на момент удвоения концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере

Зона увлажнения	1951-1980 гг.	GFDL	GISS	UKMO	CCC	GFDL-T
Засушливая	-	-	4,9	37,8	34,5	22,1
Полузасушливая	48,9	58,8	48,2	42,3	40,3	38,2
Сухая слабо-влажная	23,5	33,8	25,2	19,9	20,6	29,5
Недостаточно влажная	27,6	7,4	21,7	-	4,6	10,2

В целом очень трудно оценить, какие регионы "выиграют", какие "проиграют" при том или ином изменении климата. Так, если согласно более "влажным" сценариям для засушливых районов в них увеличится количество осадков, то этот, казалось бы, благоприятный фактор может сыграть и отрицательную роль, так как земли с бедным растительным покровом будут подвержены активной эрозии почв и усилению выноса питательных веществ. Приведенные в данной работе результаты используются для оценки последствий изменения климата в природоёмких отраслях экономики Казахстана и разработки адаптационной политики, в первую очередь, в сельском хозяйстве.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бельгибаев М.Е. Диагностические показатели аридизации и опустынивания семиаридной зоны Казахстана // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 2. - С. 175-201.
2. Владыченский С.А. Сельскохозяйственная мелиорация почв. - М.: Изд-во МГУ, 1972. - 398 с.
3. Долгих С.А. О многолетних тенденциях термического режима на территории Республики Казахстан // Гидрометеорология и экология. - 1995. - № 3. - С. 68-77.
4. Долгих С.А., Пилифосова О.В. О методах оценки ожидаемых изменений глобального климата и сценарии изменения климата Казахстана. // Гидрометеорология и экология. - 1996. - № 4. - С. 94-109.
5. Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 126 с.

6. Dregne H.E. Desertification of Arid Lands. - New York: Harwood Academy, 1983. - 242 p.
7. Hulme M., Kelly M. Exploring the links between desertification and climate change // Environment. - 1993. - № 35. - P. 4-19.

Казахский научно-исследовательский институт  
мониторинга окружающей среды и климата

## ҚАЗАҚСТАНДА ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚ ПРОЦЕССИНІҢ ӨРКЕНДЕУІНЕ БОЛАШАҚТАҒЫ КЛИМАТТЫҢ ЖАЛПЫ ЖЫЛЫНУ ӨСЕРІН БАҒАЛАУ

С.А. Долгих

Геогр. ғ. канд. И.Б. Есеркепова

Экон. ғ. канд. А.М. Шөмен

Болашақта күтілген климаттың жалпы жылынуы кезінде Қазақстандағы ылғалдану жағдайының өзгеруі мен оның құрғақшылық процессіне әсер ету бағасы келтірілген. Климаттың аймақтық потенциалды өзгеруін сипаттау үшін атмосфераның жалпы айналым үлгісінің санды экспериментті қорытындысы пайдаланылды.