

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 6, Number 36 (2016), 94 – 103

**K. Zh. Mustafayev, Zh. S. Mustafayev, A. T. Kozykeeva,
G. A. Adilbektegi, S. Z. Zhigitova**

«Water Engineering and Amelioration Technical Society» JCS, Taraz, Kazakhstan,
Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan,

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

M. Kh. Dulaty Taraz State University, Taraz, Kazakhstan.

E-mail: kmustafaev@gmail.com; z-mustafa@rambler; rualiya.kt@yandex.ru; adilbekova.gulmira@yandex.kz

**EVALUATION OF MOISTURE AND HEAT LANDSCAPES
OF NORTHERN KAZAKHSTAN
WITH REGARD TO CLIMATE CHANGE**

Abstract. On the basis of the laws of geographic zoning and natural process we developed integrated mathematical model of the natural system, which provides an assessment of changes in natural systems due to climate change, which is used to assess the moisture and heat supply landscapes of Northern Kazakhstan in view of global climate change.

Keywords: assessment, climate, nature, area, system, model, geography, heat, humidity, security, productivity, landscape, change, process, temperature, precipitation.

УДК 910.1

**К. Ж. Мустафаев, Ж. С. Мустафаев, А. Т. Козыкеева,
Г. А. Адильбектеги, С. З. Жигитова**

ТОО «НТО Гидротехника и мелиорация», Тараз, Казахстан,

Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Тараз, Казахстан,

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Тараз, Казахстан,

Таразский государственный университет им М. Х. Дулати, Тараз, Тараз, Казахстан

**ОЦЕНКА ВЛАГО- И ТЕПЛООБЕСПЕЧЕННОСТИ
ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Аннотация. На основе законов географической зональности и природного процесса разработана интегральная математическая модель природной системы, обеспечивающая оценку изменения ареалов природной системы с учетом глобального изменения климата, которая использована для оценки влаго- и теплообеспеченности ландшафтов Северного Казахстана с учетом глобального изменения климата.

Ключевые слова: оценка, климат, природа, ареал, система, модель, география, зона, тепло, влага, обеспеченность, продуктивность, ландшафт, изменение, процесс, температура, атмосферные осадки.

Введение. Решение многих вопросов системы природопользования, связанных с пониманием процессов функционирования природных комплексов, во многом осложняется не недостатком информационного обеспечения, а отсутствием надежных теоретических построений и апробированных методологических обеспечений, позволяющих оценить состояние и прогнозировать их изменения воздействием природной и антропогенной деятельности.

Как известно, основные закономерности процессов развития природных систем формируются широтной зональностью, определяющиеся распределением тепла и влаги на поверхности и высотной поясностью, обусловленной наличием географических зон с различными абсолютными высотами.

В настоящее время в результате антропогенной деятельности происходит повсеместная антропогенная трансформация природных систем, что требует необходимости проведения комплексной оценки взаимодействия природы и общества, происходящая на одной территории в одно и то же время. Изменения структуры ландшафтов под воздействием антропогенной деятельности ведет, прежде всего, к трансформации растительного покрова, снижению природного потенциала и экологической устойчивости в целом. Для оценки степени изменения природной системы в условиях природной и антропогенной деятельности с учетом глобального изменения климата возникает необходимость построения интегральной математической модели природных систем в соответствии законов географической зональности, которые позволяют придать количественные значения качественным изменениям ареалов, занимаемых природными системами.

Цель исследования. На основе законов географической зональности и природного процесса разработать интегральную математическую модель природных систем, обеспечивающую оценку изменения ареалов природных систем с учетом глобального изменения климата.

Методика и материалы исследования. При моделировании природных систем, позволяющих придать количественные значения количественным изменениям ареалов, занимаемых природными экосистемами, при изменении климата можно использовать все географические зоны, которые считаются однородными, характеризующие некоторыми интегральными величинами продуктивности ландшафтов.

В качестве интегральной величины, характеризующей состояние природной системы, была выбрана продуктивность растительного покрова ландшафтов. Она может быть определена соотношением таких осредненных индикаторных величин, как суммарная солнечная радиация (кДж/см^2), продолжительность безморозного периода (дни), продолжительность периода с вегетационной активной температурой выше 10°C (дни), сумма среднесуточных температур ($^\circ\text{C}$), количество атмосферных осадков за год (мм), количество атмосферных осадков за теплый период (мм), испаряемость (мм) и длительность вегетационного периода (дни).

Создание полной корректной математической модели формирования продуктивности растительного покрова крайне затруднительно и приходится прибегать к уменьшению числа анализируемых факторов, сосредоточившись на самых главных, определяющих производственный потенциал природной системы.

При этом связь между продуктивностью растительного покрова (V) и индикатором природных систем можно найти, используя зависимость от суммы среднесуточных температур воздуха, длительности вегетационного периода и фактора плодородия почвы, а также количества осадков [1-10]:

$$V_i = V_{\max} \cdot K_t \cdot K_w \cdot K_T,$$

где V_i - продуктивность растительного покрова природной системы; $V_{\max}$ - максимальная продуктивность растительного покрова при определенных гидротермических условиях; K_t - коэффициент, определяющийся температурным режимом вегетационного периода; K_w - коэффициент, определяющийся режимом увлажнения; K_T - коэффициент, определяющийся длительностью вегетационного периода.

Поскольку потребности растений в растительном покрове природной системы в тепле, влаге и длительность вегетационного периода различны и в связи с этим различны зависимости продуктивности от температуры режима, режима увлажнения и длительности вегетационного периода, ее удобно выражать в долях от оптимума, благодаря чему получается обобщенная для различных растений зависимость $K_t = f(\sum t_i / \sum t_{onm})$, $K_w = f(W_i / W_{onm})$ и $K_T = f(T_i / T_{onm})$, где $\sum t_i$ - сумма среднесуточной температуры вегетационного периода; $\sum t_{onm}$ - оптимальная сумма среднесуточной температуры вегетационного периода; $W_i = O_{ci}$ - количество осадков; $W_{onm} = O_{conm}$ -

необходимое или оптимальное количество осадков; T_i - длительность вегетационного периода; T_{onm} - оптимальная длительность вегетационного периода.

Как известно, с учетом закона толерантности, продуктивность растительного покрова от влагообеспеченности (K_w) аппроксимируется уравнением параболы и для их математического описания можно использовать формулу В.В. Шабанова [7] в следующем виде изменения [3-10]:

$$K_w = \left(\frac{E_i - E_{\min}}{E_{onm} - E_{\min}} \right)^{\beta} \left(\frac{E_{\max} - E_i}{E_{\max} - E_{\mathcal{E}o}} \right)^{\beta} \left(\frac{E_{onm} - E_{\mathcal{E}o}}{E_{\mathcal{E}o} - E_{\min}} \right),$$

где E_{onm} - оптимальная биологическая водопотребность растений; $E_{\mathcal{E}o}$ - экологическая водопотребность растений; E_i - фактическая водопотребность растений; $E_{\min}$, $E_{\max}$ - соответственно нижняя и верхняя границы нормы водопотребности сельскохозяйственных культур, при которой урожай равен нулю; γ_i - параметр, характеризующий отзывчивость растений отклонению влагообеспеченности.

При этом следует отметить, что первая часть уравнения полностью характеризует уровень формирования урожайности сельскохозяйственных культур влагообеспеченности, а вторая часть - влияние нормы водопотребности на почвообразовательные процессы орошаемых земель, которые в определенной степени оказывают влияние на продуктивность растений.

В качестве основного критерия теплообеспеченности сельскохозяйственных культур принимают сумму активных температур, получаемую суммированием всех среднесуточных положительных температур, равных и больших $+10^{\circ}\text{C}$ за продукционный период - от всхода весной до созревания урожая. При этом для описания продуктивности сельскохозяйственных культур от теплообеспеченности использованы три термического показателя: максимальная сумма температур выше 10°C ($\sum t_i$), характеризующая возможные теплоресурсы в регионе и минимальные ($\sum t_{\min}$) и максимальные ($\sum t_{\max}$) суммы биологически активных температур, необходимые для вызревания растений.

Коэффициент (K_t), определяющийся температурным режимом вегетационного периода, описывается следующим выражением [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10]:

$$K_t = \left(\frac{\sum t_i - \sum t_{\min}}{\sum t_{\max} - \sum t_{\min}} \right)^{\beta} \left(\frac{\sum t_{\max} - \sum t_{onm}}{\sum t_{\max} - \sum t_i} \right)^{\beta} \left(\frac{\sum t_{\max} - \sum t_{onm}}{\sum t_{onm} - \sum t_{\min}} \right),$$

где $\sum t_i$ - фактическая сумма температуры воздуха за вегетационный период; $\sum t_{onm}$ - оптимальная сумма температуры воздуха за вегетационный период, необходимая для вызревания растения; $\sum t_{\min}$ - минимальная сумма температуры воздуха за вегетационный период, необходимая для вызревания растения; $\sum t_{\max}$ - максимальная сумма температуры воздуха за вегетационный период, необходимая для вызревания растения.

Учитывая симметрию формы кривой коэффициента теплообеспеченности, примем оптимальное для фотосинтеза сумму температуры воздуха за вегетационный период как среднее арифметическое между максимальным и минимальным для фотосинтеза суммы температуры воздуха за вегетационный период, то есть $\sum t_{onm} = (\sum t_{\min} + \sum t_{\max}) / 2$.

Коэффициент (K_T), определяющийся длительностью вегетационного периода, можно определить как отношение продолжительности вегетационного периода к количеству дней в год, то есть $K_T = T_i / 365$.

При моделировании процесса изменения ареалов природных экосистем под влиянием изменений климата были также введены комплексные функции, характеризующие, с одной стороны, потепление и иссушение климата, а с другой - его похолодание и увлажнение, представленные в

виде следующей зависимости: $K = K(O_c, T)$, где T - температура вегетационного периода; O_c - количество осадков в вегетационный период.

Тогда потепление и иссушение климата будет характеризоваться величинами $1.2 \cdot K = K(1.2 \cdot T, 0.8 \cdot O_c)$, а похолодание и увлажнение климата - соответственно $0.8 \cdot K = K(0.8 \cdot T, 1.2 \cdot O_c)$ [3-10].

При этом теоретическое обоснование почвенно-экологических норм орошения сельскохозяйственных угодья может быть проведено на основе закона сохранения энергии, так как рассмотрение процесса влагообмена в системе «почва - растение - приземный слой воздуха» немыслимо без связи с процессами теплообмена [11], то есть $O_p = (R/\bar{R} \cdot L) - O_c$, где O_c - осадки; O_p - оросительная норма сельскохозяйственного угодья; R - радиационный баланс; L - скрытая теплота парообразования - 590 кал; $\bar{R}$ - гидротермический коэффициент или «индекс сухости».

Значение гидротермического коэффициента ($\bar{R}$), характеризующее оптимальное отношение тепла и влаги на орошаемых землях, определяется с учетом направленности почвообразовательного процесса на основе закона эволюции, то есть затраты энергии на почвообразование определяются по формуле В. Р. Волобуева [13]: $Q_n = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R})$, Q_n - затраты энергии на почвообразование в ландшафтах, кДж/см²; α_o - коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы.

При этом сумма биологически активных температур ($\sum t$, °C), которая состоит из двух блоков: сумма месячных температур воздуха, которая определяется по формуле: $\sum t_M = t \cdot m$, $m = 30 \Delta 31$, где t - среднемесячная температура воздуха, °C; m - количество дней в месяце; $\sum t_M$ - сумма биологической активной температуры воздуха, °C; сумма биологической активной температуры воздуха за вегетационный период почвенного и растительного покровов: $\sum t = \sum_{i=1}^n \sum t_M \cdot n$,

где n - количество месяцев в вегетационном периоде почвенного и растительного покровов; $\sum t$ - сумма температуры воздуха за вегетационный период почвенного и растительного покровов.

Результаты исследования. С помощью разработанных комплексных моделей [4-10] были определены продуктивности экосистемы Северного Казахстана в зависимости от влаго- и теплообеспеченности территории (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Продукция природных экосистем Северного Казахстана в зависимости от влагообеспеченности территории (при $E_{\min} = 200$ мм)

Природные зоны	K_y	Основные типы почвы	Нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий, мм						K_w		
			$E_i = O_c$			E_{max}	E_{opt}	$E_{\Sigma O}$	0.80	1.00	1.20
			$0.8 \cdot E_i$	E_i	$1.2 \cdot E_i$						
Лесостепь	0.60- 0.50	Черноземы	300	375	450	620	415	366	0,68	0,87	0,98
Засушливая степь	0.50-0.45	Южные черноземы	274	343	411	640	425	395	0,57	0,86	0,95
	0.45-0.40	Темно-каштановые	264	330	396	700	465	405	0,49	0,79	0,88
Сухая степь	0.40- 0.30	Каштановые	248	310	372	740	495	425	0,40	0,66	0,76
Полупустыня	0.30-0.20	Светло-каштановые	200	250	300	820	545	500	0,16	0,41	0,52
Пустыня северная	0.20-0.10	Бурые, светлобурые	200	250	300	1100	755	564	0,17	0,31	0,50

Таблица 2 – Продукция природных экосистем Казахстана в зависимости от теплообеспеченности территории (при $\Sigma t_{\min} = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Sigma t_{\max} = 4400 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Sigma t_{\text{отн}} = 2600 \text{ }^{\circ}\text{C}$)

Природные зоны	K_y	Основные типы почвы	Σt_i			K_t		
			0.80	1.00	1.20	0.80	1.00	1.20
Лесостепь	0.60- 0.50	Черноземы	1360	1700	2040	0,21	0,30	0,44
Засушливая степь	0.50-0.45	Южные черноземы	1760	2200	2640	0,35	0,47	0,67
	0.45-0.40	Темно-каштановые	1920	2400	2880	0,40	0,57	0,77
Сухая степь	0.40- 0.30	Каштановые	2080	2600	3120	0,45	0,64	0,90
Полупустыня	0.30-0.20	Светло-каштановые	2240	2800	3360	0,51	0,73	1,00
Пустыня северная	0.20-0.10	Бурые, светлобурые	2880	3600	4320	0,77	1,00	1,00

Как видно из таблицы 2, коэффициент, характеризующий продуктивность растительного покрова от влагообеспеченности (K_w) при изменении климата, то есть при потеплении и иссушении климата, будет характеризоваться величинами $1.2 \cdot K = K(1.2 \cdot T, 0.8 \cdot O_c)$, а при похолодании и увлажнении климата - соответственно $0.8 \cdot K = K(0.8 \cdot T, 1.2 \cdot O_c)$ в лесостепных зонах изменяется от 0.68 до 0.98, а в пустыне северной - от 0.17 до 0.50.

Таким образом, на основе предложенного подхода оценки продуктивности экосистем в гео-системе можно определить закономерность функционирования ландшафтов при изменении климата, которая должна ответить на вопрос о том, будет ли граница природной зоны оставаться неизменной во времени и пространстве, либо она будет смещена вверх или вниз по вертикальной поясности, а ареал природной зоны будет либо сужаться, либо расширяться.

В таблицах 2 и 3 показаны, как изменяется продукция природной экосистемы и ее границы, если температура вегетационного периода и количество осадков изменяется на 20 %. При увеличении температуры вегетационного периода на 20 % теплообеспеченности территории увеличивается на от 0.14 до 0.27 и при снижении на 20 % уменьшается от 0.09 до 0.22, что в определенной степени оказывает влияние на ареал возделывания отдельных видов сельскохозяйственных культур. А при увеличении влагообеспеченности территории на 20 % увеличивается продуктивность естественных сельскохозяйственных угодий от 0.11 до 0.19 и при их снижении на 20 % уменьшается их продуктивность от 0.19 до 0.26, что приводит к опустыниванию огромных территорий.

Итак, в общем виде при изменении климата определенной территории в степной зоне, происходит наступление полупустыни, а полупустыня переходит в пустыню, что будет оказывать содействие в переформирование природной системы Северного Казахстана.

Распределение природных экосистем в природной зоне Северного Казахстана при существующих и ожидаемых климатических характеристиках представлено на рисунках 1 и 2.

На основе разработанной модели продуктивности экосистемы, определены продукции природных экосистем Северного Казахстана (таблица 3 и рисунок 3).

Как видно из таблицы 3, результаты моделирования продуктивности экосистем природной зоны Северного Казахстана показывают, что при ожидаемом изменении климата изменяется ареал географических зон и происходит соответствующее смещение их границ и размеров площадей.

Так, в связи с понижением температуры (похолодание) и увеличением влажности (увлажнение) продукции и площади степной и пустынной экосистемы будет заметно уменьшаться. А при потеплении и роста сухости климата продукции природной зоны возрастает незначительно, площади степной и пустынной экосистемы будет увеличиваться, что требует необходимости учитывать при размещении производительных сил агропромышленного комплекса страны.

На основе приведенного методологического подхода, в связи с изменением климата Казахстана, то есть при потеплении и иссушении - $1.2 \cdot K = K(1.2 \cdot T, 0.8 \cdot O_c)$, а также при похолодании - $0.8 \cdot K = K(0.8 \cdot T, 1.2 \cdot O_c)$ определены степени изменения экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий Северного Казахстана (таблица 4 и рисунок 4) [3-8].

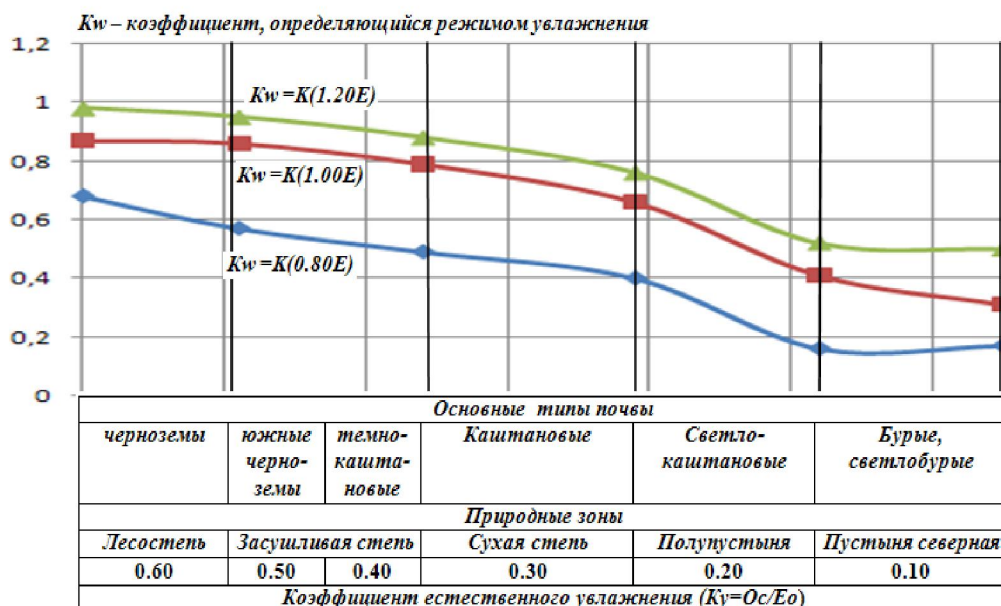


Рисунок 1 – Влияние колебаний климата на продуктивность экосистемы природных зон Северного Казахстана при изменении влагообеспеченности

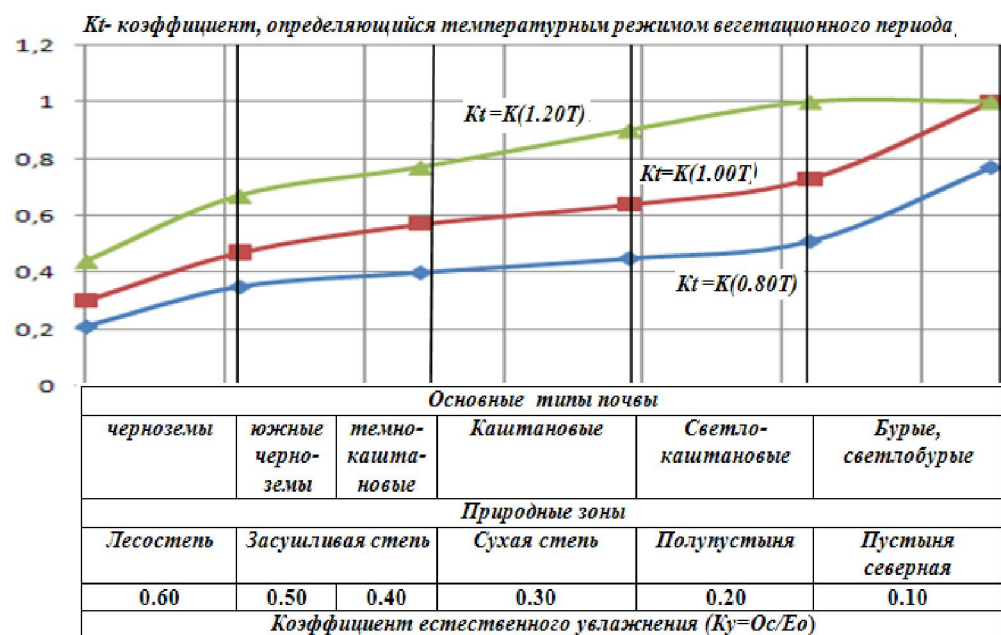


Рисунок 2 – Влияние колебаний климата на продуктивность экосистемы природных зон Северного Казахстана при изменении теплообеспеченности

Таблица 3 – Продукции природных экосистем Казахстана

Природная зона	K_y	Основные тип/почвы	$Y_i = Y_{max} \cdot K_t \cdot K_w \cdot K_T$		
			0.80	1.00	1.20
Лесостепь	0.60-0.50	Черноземы	0.140	0.261	0.431
Засушливая степь	0.50-0.45	Южные черноземы	0.200	0.404	0.636
	0.45-0.40	Темно-каштановые	0.196	0.450	0.677
Сухая степь	0.40-0.30	Каштановые	0.180	0.422	0.684
Полупустыня	0.30-0.20	Светло-каштановые	0.082	0.299	0.520
Пустыня северная	0.20-0.10	Бурые, светлобурые	0.131	0.310	0.500

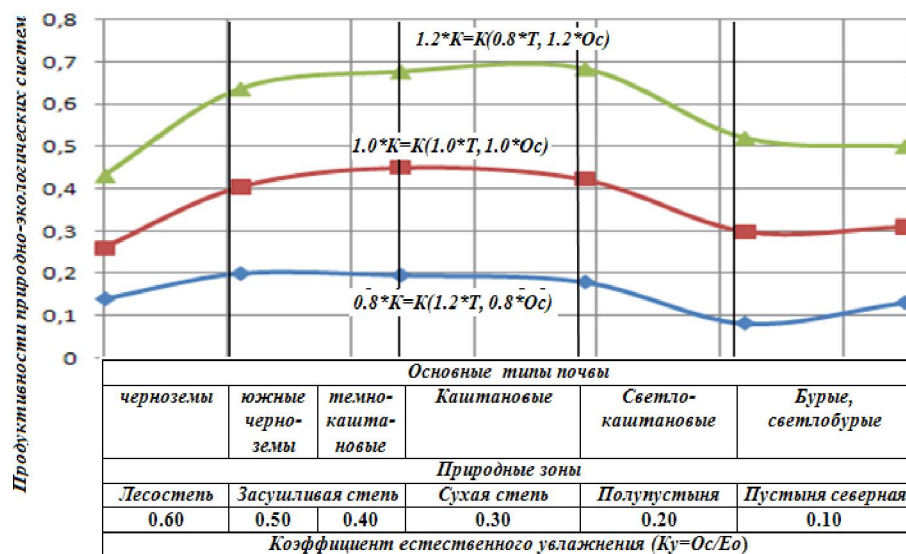


Рисунок 3 – Колебания природно-экологической продуктивности сельскохозяйственных угодий в зависимости от изменения климата Северного Казахстана

Таблица 4 – Изменение экологической нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий Северного Казахстана в связи с изменением климата

Природная зона	K_y	Основные типы почв	$O_p = (R/\bar{R} \cdot L) - O_c$, мм		
			0.80	1.00	1.20
Лесостепь	0.60-0.50	Черноземы	157	196	235
Засушливая степь	0.50-0.45	Южные черноземы	196	245	294
	0.45-0.40	Темно-каштановые	204	255	306
Сухая степь	0.40-0.30	Каштановые	248	310	372
Полупустыня	0.30-0.20	Светло-каштановые	310	387	464
Пустыня северная	0.20-0.10	Бурые, светлобурые	395	494	593

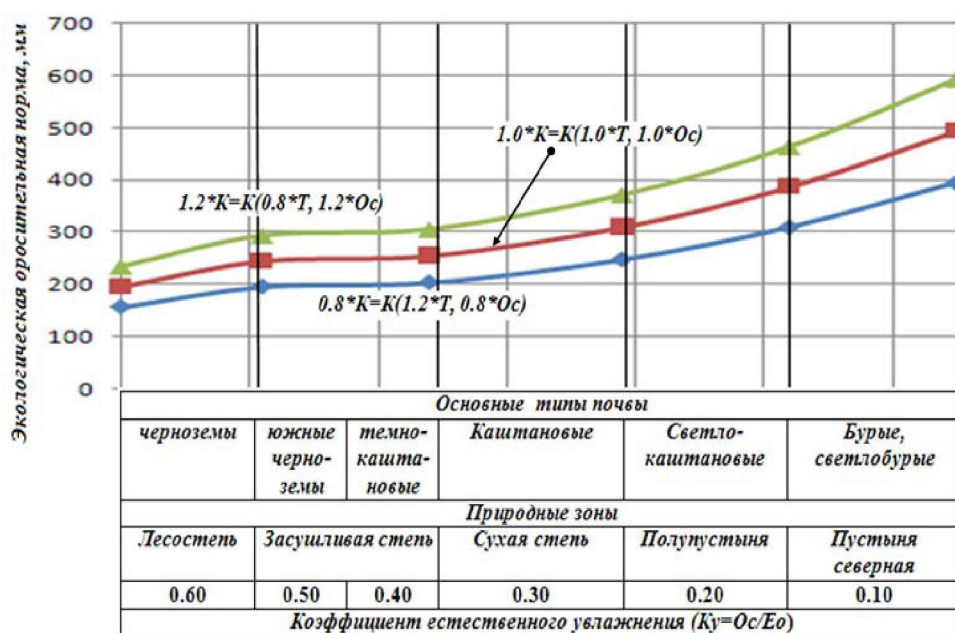


Рисунок 4 – Колебания экологических оросительных норм сельскохозяйственных угодий в зависимости от изменения климата Северного Казахстана

При изменении климата экологических систем Северного Казахстана, то есть при похолодании $-0.8 \cdot K = K(0.8 \cdot T, 1.2 \cdot O_c)$ экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий снижаются на 15-20 % и повышение продуктивности растительного покрова может быть 5-10 %, так как при повышении влагообеспеченности снижается теплообеспеченность, особенно в степных и лесостепных зонах.

Если, изменение климата природной системы Северного Казахстана приведет к повышению теплообеспеченности и сухости $-1.2 \cdot K = K(1.2 \cdot T, 0.8 \cdot O_c)$, тогда экологические нормы водопотребности сельскохозяйственных угодий увеличиваются на 15-20 % и продуктивности растительного покрова снижаются на 10-15 %.

Следовательно, при изменении климата экологических систем Северного Казахстана изменяются направленности и интенсивности почвообразовательного процесса, то есть затраты энергии на почвообразования (таблица 5 и рисунок 5).

Таблица 5 – Затраты энергии на почвообразование в экологических системах Казахстана в связи с изменением климата

Природная зона	K_y	Основные типы почвы	$Q = R \cdot \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R})$		
			0.80	1.00	1.20
Лесостепь	0.60-0.50	Черноземы	85.5	88.4	73.7
Засушливая степь	0.50-0.45	Южные черноземы	82.1	85.2	71.0
	0.45-0.40	Темно-каштановые	72.1	68.4	57.0
Сухая степь	0.40-0.30	Каштановые	66.2	64.8	54.0
Полупустыня	0.30-0.20	Светло-каштановые	50.3	44.5	37.0
Пустыня северная	0.20-0.10	Бурые, светлобурые	36.4	33.9	28.3

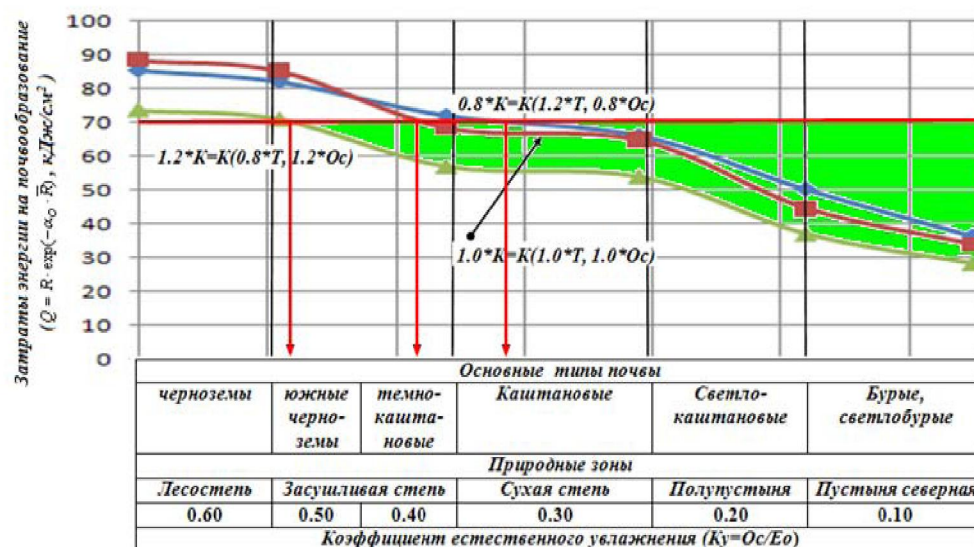


Рисунок 5 – Колебания затраты энергии на почвообразование в зависимости от изменения климата Северного Казахстана

При изменении климата экологических систем Северного Казахстана в сторону похолодания и увлажнения $-0.8 \cdot K = K(0.8 \cdot T, 1.2 \cdot O_c)$ затраты энергии на почвообразования в лесостепных и степных зонах снижаются на 5-10 %, а в зонах полупустыни и северной пустыни повышаются на 5-10 %, то есть такие изменения почвообразовательного процесса в природно-географических зонах объясняется повышением влагообеспеченности за счет увеличения атмосферных осадков и снижением теплообеспеченности, а именно их совместного воздействия природной системы.

Если, в природно-экологических системах Северного Казахстана изменение климата приводит к повышению теплообеспеченности и сухости $-1.2 \cdot K = K(1.2 \cdot T, 0.8 \cdot O_c)$, тогда затраты энергии на

почвообразование во всех географических зонах снижается на 15-20%, что объясняется одновременным снижением атмосферных осадков и повышением теплообеспеченности природной системы.

Как видно из рисунка 5, если оптимальная величина затраты энергии почвообразования принять для Северного Казахстана в пределах 70 кДж/см^2 , тогда при существующих климатических условиях они охватывают зоны формирования темно-каштановых почв, при охлаждении несмотря на повышение количества атмосферных осадков оптимальная величина затраты энергии на почвообразования перемещается в зону формирования южных черноземных почв в связи с недостаточной влагообеспеченности и при иссушении с одновременно повышением влагообеспеченности может быть зоны формирования оптимальных почвообразовательных процессов перемещаться в зоны формирования каштановых почв.

Выводы. Таким образом, разработанная модель продуктивности экосистемы, на основе интеграции природных зон, входящих в нее в соответствии с их географической зональности, позволяет определить закономерности функционирования природных экосистем, не только при долгосрочном изменении климата, но и от степени антропогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Теблеева У.Ц. Функциональные модели эко- и геосистем различного иерархического уровня. – М.: Институт географии РАН, 1995. – 175 с.
- [2] Бугровский В.В., Люттов Л.И., Меллина Е.Г. и другие. Моделирование лесных экосистем // Эксперимент «Убсу-Нур». – М.: Интеллект, 1995. – С. 3-50.
- [3] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Рсалиева А.М. Интегральная математическая модель природной системы // Материалы IX междунаро-дней научно-практической конференции «Здравь ведеке идее-2013» Дил 21 Земедельств Зверолкарств. – Praha Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. – С. 27-38.
- [4] Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж., Козыкеева А.Т., Рсалиева А.М. Интегральная математическая модель оценки влияния изменения климата на продуктивность природной системы // Сборник научных трудов «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства (выпуск 10)». – Рязань, 2013. – С. 116-121.
- [5] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж. Функциональная математическая модель природной системы // Гидрометеорология и экология. – 2013. – № 4. – С. 81-93.
- [6] Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Рябцев А.Д., Мустафаев К.Ж. Обоснование предельно-допустимых норм водопотребности сельскохозяйственных угодий с учетом социально-экономических и экологических факторов // Гидрометеорология и экология. – 2013. – № 3. – С. 161-173.
- [7] Шабанов В.В. Влагообеспеченность яровой пшеницы и ее расчет. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 142 с.
- [8] Теблеева У.Ц. Интегральная математическая модель геосистемы Центральноазиатского региона // Известия АН. Серия географическая. – 2000. – № 1. – С. 94-101.
- [9] Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Адильбектеги Г.А. Влаго- и теплообеспеченность ландшафтов с учетом изменения климата // Экология и промышленность. – 2016. – № 2(50). – С. 60-63.
- [10] Мустафаев К.Ж. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем. – Тараз, 2014. – 316 с.
- [11] Будыко М.И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеоиздат, 1956. – 255 с.
- [12] Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане. – Тараз, 2012. – 528 с.
- [13] Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.

REFERENCES

- [1] Tebleeva U.Ts. Functional models of eco- and geosystems different hierarchical urovnya.- gografii. M.: Institute of Russian Academy of Sciences, 1995. 175 p.
- [2] Bugrovsky V.V., Liutov L.I., Mellin E.G. and others. Modeling forest ecosystems // Experiment «Uvs Nuur». M.: Mind, 1995. P. 3-50.
- [3] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Mustafayev K.Zh, Rsalieva A.M. Integrated mathematical models of natural systems // Materialy IX mezinarnodni vedecko-prakticka conference «Zpravь vedecke ideje-2013» Dil 21 Zemedelstvi Zverolekarstvi. Praha Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2013. P. 27-38.
- [4] Mustafayev Zh.S., Mustafayev K.Zh., Kozykееva A.T., Rsalieva A.M. The integrated mathematical model for estimating the impact of climate change on the productivity of natural systems // Prefabricated scientific papers «Modern energy- and resource-saving, environmentally sustainable technologies and farming systems (issue 10)». Ryazan, 2013. P. 116-121.
- [5] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Mustafayev K.Zh. Functional mathematical models of natural systems // Hydrometeorology and ecology. 2013. N 4. P. 81-93.
- [6] Mustafayev Zh.S., Kozykееva A.T., Ryabtsev A.D., Mustafayev K.Zh. Justification of the maximum allowable norms of farmland water demand based on socio-economic and environmental factors // Hydrometeorology and ecology. 2013. N 3. P. 161-173.

- [7] Shabanov V.V. The moisture content of spring wheat and its raschet. L.: Gidrometeoizdat, 1981. 142 p.
- [8] Tebleeva U.Ts. Integral Geosystems mathematical model of the Central Asian region // News of the Academy of Sciences. A series of geographical. 2000. N 1. P. 94-101.
- [9] Mustafayev K.Zh., Koybagarova K.B., Mustafayev Zh.S., Kozykeeva A.T., Adilbektegi G. A. Moisture and heat landscapes to climate change // Ecology and Industry. 2016. № 2(50). P. 60-63.
- [10] Mustafayev K.Zh. Methodological bases of the environmental assessment capacity of natural systems. Taraz, 2014. 316 p.
- [11] Budyko M.I. The heat balance of the earth's surface. L.: Gidrometeoizdat, 1956. 255 p.
- [12] Mustafayev Zh.S., Ryabtsev A.D. Adaptive-landscape in land reclamation Kazahstane. Taraz, 2012. 528 p.
- [13] Volobuev V.R. Introduction to the power of soil. M.: Science, 1974. 120 p.

Ж. С. Мұстафаев, Ә. Т. Қозыкеева, Г. Ә. Аділбектегі, С. З. Жігітова

«Гидротехника және мелиоративтік ҒТҚ» ЖШС, Тараз, Қазақстан,
Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан,
Л. Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
М. Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, Қазақстан

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ АУА-РАЙЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП ЛАНДШАФТТЫҢ ЫЛҒАЛ ЖӘНЕ ЖЫЛУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУІН БАҒАЛАУ

Аннотация. Географиялық белдеулік және табиғи үдірістердің заңдылықтарының негізінде ауа-райының әлемдік деңгейде өзгеруін ескере отырып, табиғи жүйенің ареалының өзгеруін бағалауға арналған, табиғи жүйенің математикалық үлгісі құрылған және оны пайдаланып Солтүстік Қазақстанның ауа-райының өзгеруін ескере отырып ландшафттық жүйесінің ылғал және жылумен қамтамасыз ету дәрежесі бағаланған.

Түйін сөздер: баға, ауа-райы, табиғат, ареал, жүйе, үлгі, география, аймақ, жылу, ылғал, қамтамасыз ету, өнімділік, ландшафт, өзгеріс, үдіріс, ауа жылуы, атмосфералық жауын-шашын.