

## НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ

**Мустафаев Ж.С.**, *д-р техн. наук.*, **Козыкеева А.Т.**, *д-р техн. наук*

*Казахский национальный аграрный университет (Алматы)*

**Адилбектеги Г.А.**, *канд. геогр. наук.*, **Дулатбекова Ж.Н.**, *магистрант,*

**Уватаева Т.К.**, *магистрант*

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилев (Астана)*

**Реферат.** В работе рассматриваются методические подходы к системе оценки биологического и экологического потенциалов ландшафтных систем в почвенно-климатических условиях Южного Казахстана в целях наиболее полного и эффективного использования естественно-природных ресурсов при проектировании и конструировании высокоэффективных агроландшафтных систем. На основе методологического подхода к использованию качественных и количественных индикаторов тепло-, свето- и влагообеспеченности разработаны математические модели для оценки биологической и экологической продуктивностей ландшафтных систем. Использование усовершенствованных методов оценки позволяет более точно определить биологические ресурсы ландшафтных систем по агроэкологическим районам и оценить эффективность использования природно-ресурсного потенциала природной системы.

**Ключевые слова:** природа, ландшафт, климат, продуктивность, биология, экология, потенциал, индекс

**Summary.** The paper considers the methodological approaches to the system of assessing the biological and ecological potential of landscape systems in the soil and climatic conditions of Southern Kazakhstan with a view to the most complete and effective use of natural resources in the design and construction of highly efficient agrolandscape systems. On the basis of the methodological approach to use the qualitative and quantitative indicators of heat, light and water availability, the mathematical models are carried out for assessing the biological and ecological productivity of landscape systems. The use of improved methods for assessing makes it possible to more accurately determine the biological resources of the landscape system in the agro-ecological areas and assess the efficiency of the use of the natural resource potential of the natural system.

**Key words:** nature, landscape, climate, productivity, biology, ecology, potential, index

**Введение.** Для решения проблем рационального размещения производительных сил агропромышленного комплекса и проектирования высокоэффективных агроландшафтных систем необходимо иметь подробную характеристику ландшафтов по важнейшим факторам, характеризующим тепло- и влагообеспеченность растительного и почвенного покровов, выраженным в виде некоторых математических моделей, позволяющих провести оценку их природно-ресурсного потенциала. В существующих методологических подходах и методиках оценки продуктивности климата не отражается в должной мере продуктивность ландшафтных систем, то есть растительного и почвенного покровов, что требует необходимости разработки методов комплексной биологической и экологической оценки продуктивности ландшафтов на основе фундаментальных законов природы, которые должны включать частные оценки продуктивности составляющих, то есть продуктивности почвы и растительного покрова.

Под биологической и экологической оценкой продуктивности ландшафтов следует понимать комплексную оценку с использованием интегральной характеристики климатических, почвенных и экологических факторов, положительно влияющих на рост и разви-

тие растений и почвы в определенных природно-климатических или географических зонах, представляющих энергетические ресурсы природных систем. При этом экологическая оценка продуктивности ландшафтов должна осуществляться на основе использования географических закономерностей, проявляющихся в масштабах территориальных единиц разного иерархического ранга, то есть в геоэкологических, экологических и ландшафтных системах, что дает возможность объяснения характера формирования и функционирования ландшафтных систем в определенных природно-климатических или географических зонах [1, 2].

Цель исследований – разработка интегральной модели для оценки биологической и экологической продуктивности ландшафтов, включающей продуктивность растительного и почвенного покровов, позволяющей использовать их качественные и количественные показатели тепло- и влагообеспеченности и определить закономерности формирования и функционирования природных систем в зависимости от широтной зональности и высотной поясности для эффективного размещения производительных сил агропромышленного комплекса.

**Объекты и методы исследований.** Для оценки биологического и экологического потенциалов ландшафтов природной системы Южного Казахстана использованы многолетние данные метеорологических ежемесячников по метеорологическим станциям областей Южного Казахстана, представленные РГП «Казгидромет» [3, 4].

Разработка модели и оценка биологического и экологического потенциалов ландшафтов природной системы базируется на методологии системных исследований в области биологии, географии и экологии, а также на методах математического моделирования природного процесса. Для количественной оценки биологического и экологического потенциалов ландшафтов, то есть формирования продукционного процесса растительного и почвенного покровов в ландшафтных системах использованы энергетические характеристики природной системы, то есть: сумма температуры воздуха ( $\sum t$ ) выше  $10^{\circ}\text{C}$ , сумма дефицита влажности воздуха ( $\sum d$ , мб), испаряемость ( $E_o$ , мм), фотосинтетически активная радиация ( $R$ , кДж/см<sup>2</sup>) и сумма осадков ( $O_c$ , мм) [4-9].

**Обсуждение результатов.** Энергетические ресурсы ландшафтных систем Южного Казахстана достаточно высокие, так как сумма биологически активных температур ( $\sum t,^{\circ}\text{C}$ ) колеблется в пределах 1737-4419  $^{\circ}\text{C}$ , сумма дефицита влажности воздуха ( $\sum d$ ) – 1190-4240 мб, испаряемость ( $E_o$ ) – 521-1325 мм и фотосинтетически активная радиация ( $R$ ) – 115,8-204,6 кДж/см<sup>2</sup>, которые имеют обратную зависимость от абсолютной высоты ( $H$ , м) расположения метеорологических станций, а атмосферные осадки ( $O_c$  – 151-509 мм) – прямую зависимость, показывающие строгое подчинение законам географической зональности, что позволяет их использовать для количественной и качественной оценки биологической и экологической продуктивностей растительного и почвенного покровов ландшафтных систем Южного Казахстана.

Биологическая продуктивность, согласно официальному Международному координационному комитету по терминологии и понятиям в области продукционных исследований, это совокупность процессов созидания, трансформации, поглощения и прохождения энергии через эколого-биологические системы разных уровней – от отдельных организмов до биогеоценоза (экосистемы). Изучение биологической продуктивности природных систем – необходимая основа рационального использования, охраны и обеспечения воспроизводства биологических ресурсов Земли.

Для оценки теплообеспеченности растительного покрова ландшафтных систем можно использовать отношение среднемноголетней биологической активной суммы температур воздуха  $\sum t_i, ^\circ C$   $i$ -го региона к среднемноголетней максимально-возможной биологической активной сумме температуры воздуха  $\sum t_{\max}, ^\circ C$  региона, то есть:  $K_{to} = \sum t_i / \sum t_{\max}$ . При этом ожидаемая продуктивность растительного покрова в зависимости от теплообеспеченности ландшафтных систем определяется показателем ( $K_{t\bar{o}}$ ), характеризующим благоприятность температурного режима природной системы:  $K_{t\bar{o}} = 1 - K_{to} = 1 - (\sum t_i / \sum t_{\max})$ .

Для оценки влагообеспеченности почвенного покрова ландшафтных систем можно использовать коэффициент естественного увлажнения Н.Н. Иванова:  $K_y = O_c / E_o$ , где  $O_c$  – атмосферные осадки, мм;  $E_o$  – испаряемость, которая определяется по формуле Н.Н. Иванова [7]:  $E_o = 0.0018(25 + t)^2(100 - a)$ , где  $t$  – среднемесячная температура воздуха,  $a$  – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Таким образом, биологическая оценка продуктивности ландшафтов ( $K_{\bar{o}n}$ ) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициенты продуктивности растений ( $K_{t\bar{o}}$ ) и почвы ( $K_y$ ):  $K_{\bar{o}n} = K_{t\bar{o}} \cdot K_y$ .

Для определения биологической продуктивности ландшафтных систем Южного Казахстана и его агроэкологических областей в качестве потенциально возможных индикаторов использованы информационно-аналитические материалы РГП «Казгидромет» (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка биологической продуктивности ландшафтных систем Южного Казахстана и его агроэкологических областей

Метеостанция	Абсолютная высота (H), м	Показатель энергетических ресурсов			$K_y$	$K_{\bar{o}n}$
		$\sum t, ^\circ C$	$K_{to}$	$K_{t\bar{o}}$		
1	2	3	4	5	6	7
Алматинская область						
Уч-Арал	395	3294	0,74	0,26	0,19	0,050
Сарканд	764	3163	0,72	0,28	0,28	0,078
Талдыкурган	601	3173	0,72	0,28	0,22	0,062
Баканас	396	3525	0,80	0,20	0,11	0,022
Жаркент	641	3631	0,82	0,18	0,13	0,023
Чилик	606	3623	0,82	0,18	0,10	0,018
Алматы	671	3007	0,68	0,32	0,35	0,112
Нарынколь	1806	1737	0,39	0,61	0,65	0,396
Сары-Озек	548	2134	0,48	0,52	0,23	0,120
Жамбылская область						
Уланбель	266	3721	0,34	0,66	0,10	0,066
Мойынкум	350	3506	0,79	0,310	0,13	0,040
Уюк	373	3720	0,84	0,16	0,12	0,019
Толеби	455	3655	0,83	0,17	0,17	0,029
Отар	742	3116	0,71	0,19	0,22	0,042
Курдай	1141	2930	0,66	0,34	0,30	0,102
Кулан	682	3386	0,77	0,23	0,21	0,070

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Тараз	642	3492	0,79	0,21	0.20	0,042
Мерке	703	3472	0,79	0,21	0.29	0,061
Жуалы	952	2766	0,63	0,37	0.23	0,099
Южно-Казахстанская область						
Сузак	316	3822	0,86	0,14	0.09	0,013
Туркестан	206	4350	0,98	0,02	0.08	0,002
Тюлькубас	789	3876	0,88	0,12	0.22	0,026
Арыс	237	4419	0,99	0,01	0.08	0,001
Шымкент	543	4065	0,92	0,08	0.15	0,012
Шардара	238	4397	0,99	0,01	0.08	0,001
Кызылординская область						
Саксаульская	78	3647	0,83	0,17	0.08	0,014
Аральское море	62	3524	0,80	0,20	0.16	0,034
Казалы	66	3647	0,82	0,18	0.08	0,014
Жусалы	101	3809	0,86	0,14	0.06	0,008
Кызылорда	128	3766	0,85	0,15	0.07	0,011
Шиели	152	3883	0,88	0,12	0.06	0,007
Ак-Кум	173	4253	0,96	0,04	0.06	0,002

Как видно из табл. 1, качественные и количественные значения биологической продуктивности растительного ( $K_{i\bar{b}}$ ) и почвенного покровов ( $i$ ), а также биологической продуктивности ландшафтов ( $K_{\bar{b}n}$ ) строго подчиняются законам географической зональности, то есть находятся в прямой зависимости от абсолютной высоты ( $H$ ) расположения ландшафтных систем. Экологическая продуктивность ландшафтов (экосистем) тесно связана с потоком энергии, проходящим через ту или иную экосистему, попадающим в трофическую сеть и накапливающимся в виде органических соединений, которые обеспечивают непрерывное производство биомассы (живой материи) – это один из фундаментальных процессов биосферы. Энергия, затрачиваемая на почвообразование, определяемая по формуле В.Р. Волобуева [6], в определенной степени характеризует продуктивность почвенного покрова ландшафтов:  $Q_i = R \cdot \exp(-\alpha_0 \cdot \bar{R})$ , где:  $Q_i$  – энергия, затрачиваемая на

почвообразование, кДж/см<sup>2</sup>;  $\alpha_0$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы. В природной системе принцип энергетической сбалансированности тепла и влаги наблюдается в природных условиях, где радиационный индекс сухости ( $\bar{R}$ ) равен 1,0. Поэтому в качестве критериального уровня радиационного индекса сухости ( $\bar{R}$ ) можно принять лимит в пределах 0,9-1,0. Тогда, потенциально возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс ( $Q_n$ ), обеспечивающая потенциальную продуктивность почвенного покрова, может быть определена по выражению:  $Q_n = R \cdot \exp(-0,9 \cdot \alpha_0)$ .

Следовательно, отношение энергии, затрачиваемой на почвообразование в естественных условиях ( $Q_i$ ) к потенциально возможной энергии, затраченной на почвообразовательный процесс ( $Q_n$ ), характеризует продуктивность почвенного покрова ландшафтов, то есть  $K_n = Q_i / Q_n$  [6]. При этом для оценки продуктивности растительного покрова ландшафтных систем можно использовать коэффициент естественного увлажнения Н.Н. Иванова [7]:  $K_y = O_c / E_0$ .

Таким образом, экологическая продуктивность ландшафтов ( $K_{эл}$ ) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как показатель продуктивности почвенного покрова ( $K_n$ ) и коэффициент естественного увлажнения, характеризующих продуктивность растительного покрова ( $K_y$ ):  $K_{эл} = K_y \cdot K_n$ .

На основе информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет», которые характеризуют энергетические ресурсы и тепло- и влагообеспеченность ландшафтных систем Южного Казахстана, определена экологическая продуктивность ( $K_{эл}$ ) ландшафтов Южного Казахстана и его агроэкологических областей (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка биологической продуктивности ландшафтных систем Южного Казахстана и его агроэкологических областей

Метеостанция	Абсолютная высота ( $H$ ), м	Затраты энергии на почвообразование ( $Q$ , кДж/см <sup>2</sup> )			$K_y$	$K_{бп}$
		при $\bar{R}_i$	при $\bar{R} = 1.0$	$K_n$		
1	2	3	4	5	6	7
Алматинская область						
Уч-Арал	395	60,9	104,6	0,58	0,19	0,11
Сарканд	764	92,2	101,9	0,90	0,28	0,25
Талдыкурган	601	77,9	101,9	0,76	0,22	0,17
Баканас	396	40,0	109,4	0,37	0,11	0,04
Жаркент	641	56,5	108,8	0,52	0,13	0,07
Чилик	606	56,4	111,4	0,51	0,10	0,05
Алматы	671	51,5	98,7	0,52	0,35	0,21
Нарынколь	1806	70,2	72,4	0,97	0,65	0,76
Сары-Озек	548	62,1	80,6	0,77	0,23	0,18
Жамбылская область						
Уланбель	266	39,7	113,4	0,35	0,10	0,04
Мойынкум	350	57,6	109,0	0,53	0,13	0,07
Уюк	373	54,4	113,4	0,48	0,12	0,07
Толеби	455	66,0	112,0	0,59	0,17	0,11
Отар	742	54,4	109,3	0,74	0,22	0,19
Курдай	1141	71,9	97,1	0,53	0,30	0,16
Кулан	682	69,9	106,5	0,56	0,21	0,15
Тараз	642	68,8	108,7	0,53	0,20	0,14
Мерке	703	82,6	108,6	0,76	0,29	0,26
Жуалы	952	79,8	93,7	0,85	0,23	0,20
Южно-Казахстанская область						
Сузак	316	28,8	115,5	0,25	0,09	0,04
Туркестан	206	40,8	126,4	0,32	0,08	0,01
Тюлькубас	789	130,2	116,6	1,00	0,22	0,22
Арыс	237	54,5	127,9	0,43	0,08	0,03

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Кызылординская область						
Шымкент	543	74,6	120,6	0,52	0.15	0,07
Шардара	238	47,8	127,3	0,38	0.08	0,03
Саксаульская	78	19,6	111,8	0,18	0.08	0,01
Аральское море	62	24,4	109,4	0,22	0.16	0,04
Казалы	66	27,0	111,9	0,24	0.08	0,02
Жусалы	101	22,3	115,3	0,19	0.06	0,01
Кызылорда	128	18,9	114,4	0,16	0.07	0,01
Шиели	152	25,0	116,8	0,21	0.06	0,01
Ак-Кум	173	31,9	114,4	0,26	0.06	0,01

Как видно из табл. 2, анализ результатов расчета экологической продуктивности растительного ( $i$ ) и почвенного ( $K_n$ ) покровов, а также экологической продуктивности ландшафтов ( $K_{\text{лн}}$ ), свидетельствует о том, что их качественное и количественное значение, как и биологическая продуктивность ландшафтов, строго подчиняются законам географической зональности и уменьшаются с уменьшением абсолютной высоты ( $H$ ) расположения ландшафтных систем.

Для количественной оценки биоклиматического потенциала ландшафтов природной системы, то есть формирования продукционного процесса растительного и почвенного покровов в ландшафтных системах, использованы климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов Д.И. Шашко ( $B_K$ ) [5] и энергия, затрачиваемая на почвообразование, определяемая по формуле В.Р. Волобуева ( $Q_j$ ) [6].

Влияние на биологическую продуктивность ландшафтов тепла и влаги выражается относительными величинами биоклиматического потенциала природной системы, то есть через климатический индекс биологической продуктивности растительного покрова ландшафтов Д.И. Шашко [5]:  $B_K = K_{p(кy)} \left[ 100 \cdot \sum t > 10^{\circ} C / \sum t > 10^{\circ} C_o \right]$ , где  $B_K$  – климатический индекс биологической продуктивности растительного покрова ландшафтов;  $\sum t > 10^{\circ} C$  – сумма средних суточных температур воздуха выше  $+10^{\circ} C$ , отражающая поступление солнечной энергии и теплообеспеченности ландшафтов;  $\sum t > 10^{\circ} C_o$  – сумма средних суточных температур воздуха выше  $+10^{\circ} C$ , равных начальной зоне формирования стока речных бассейнов, равная  $1000^{\circ} C$ ;  $K_{p(кy)}$  – коэффициент роста по годовому показателю атмосферного увлажнения, представляющий собой отношение продуктивности при данных условиях влагообеспеченности к максимальной продуктивности в условиях оптимальной влагообеспеченности, и определяется по формуле [5]:  $K_{p(кy)} = 1.15 \cdot \lg(20 \cdot Md) - 0.21 + 0.63 \cdot Md - Md^2$ , где  $M_d = O_c / \sum d$  – показатель увлажнения;  $O_c$  – атмосферные осадки, мм;  $\sum d$  – сумма дефицита влажности воздуха биологически активного периода года, мб.

Биоклиматический потенциал, выраженный в баллах, является интегральным показателем и служит основным показателем для оценки агроклиматической значимости климата и приблизительно отображает биологическую продуктивность зональных типов почв, так как урожайность зависит от плодородия почвы и характеризует благоприятность климата [5], что дает возможность определить потенциальное значение климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова природной системы при  $K_{p(кy)} = 1.0$ :  $B_{кп} = \left[ 100 \cdot (\sum t > 10^{\circ} C / \sum t > 10^{\circ} C_o) \right]$ . При этом отношение климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова ( $B_k$ ) к потенциальному значению климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова природной системы при  $K_{p(кy)} = 1.0$  ( $B_{кп}$ ), то есть  $K_{\bar{p}} = B_k / B_{кп}$ , является показателем климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова.

Таким образом, климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов ( $K_l$ ) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как показатель продуктивности почвенного покрова ( $K_n$ ) и показатель климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова ( $K_{\bar{p}}$ ):  $K_l = K_{\bar{p}} \cdot K_n$ .

Разработанная модель климатического индекса биологической продуктивности ландшафтов позволяет, во-первых, придать количественное значение качественным изменениям ареалов; во-вторых, моделирование трансформации природных систем при изменении климата; в-третьих, ландшафтно-экологическое районирование природных систем.

На основе информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет», которые характеризуют энергетические ресурсы и тепло- и влагообеспеченность ландшафтных систем Северного Казахстана, определены биоклиматический потенциал ( $B_{кп}$ ) и климатический индекс биологической продуктивности ( $B_k$ ) ландшафтов (табл. 3).

Таблица 3 – Биоклиматический потенциал ( $B_{кп}$ ) и климатический индекс биологической продуктивности ( $B_k$ ) ландшафтных систем Северного Казахстана

Метеостанция	Абсолютная высота местности ( $H$ ), м	Показатель биоклиматического потенциала			
		$M_d$	$K_{p(кy)}$	$\frac{\sum t > 10^{\circ} C}{\sum t > 10^{\circ} C_o}$	$B_k$ , балл
1	2	3	4	5	6
Алматинская область					
Уч-Арал	395	0,13	0,332	3,294	109,4
Сарканд	764	0,24	0,666	3,163	210,6
Талдыкурган	601	0,18	0,510	3,173	161,8
Баканас	396	0,08	0,204	3,525	71,9
Жаркент	641	0,10	0,189	3,631	68,6
Чилик	606	0,12	0,288	3,623	104,3
Алматы	671	0,37	0,884	3,007	265,8
Нарынколь	1806	0,36	0,873	1,737	151,6
Сары-Озек	548	0,15	0,410	2,134	87,5

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Жамбылская область					
Уланбель	266	0,10	0,189	3,721	70,3
Мойынкум	350	0,10	0,189	3,506	66,2
Уюк	373	0,09	0,131	3,720	48,7
Толеби	455	0,13	0,332	3,655	121,3
Отар	742	0,12	0,288	3,116	89,7
Курдай	1141	0,17	0,480	2,930	140,6
Кулан	682	0,14	0,370	3,386	125,3
Тараз	642	0,15	0,410	3,492	143,2
Мерке	703	0,17	0,480	3,472	166,7
Жуалы	952	0,22	0,620	2,766	171,5
Южно-Казахстанская область					
Сузак	316	0,10	0,189	3,822	72,2
Туркестан	206	0,10	0,189	4,350	82,2
Тюлькубас	789	0,29	0,719	3,876	278,7
Арыс	237	0,09	0,131	4,419	57,9
Шымкент	543	0,17	0,480	4,065	195,1
Шардара	238	0,09	0,131	4,397	57,6
Кызылординская область					
Саксаульская	78	0,09	0,131	3,647	47,8
Аральское море	62	0,09	0,131	3,524	46,1
Казалы	66	0,09	0,131	3,647	47,8
Жусалы	101	0,09	0,131	3,809	49,9
Кызылорда	128	0,09	0,131	3,766	49,3
Шиели	152	0,10	0,189	3,883	73,3
Ак-Кум	173	0,10	0,189	4,253	80,4

Из табл. 3 следует, что климатический индекс биологической продуктивности ( $B_K$ ) ландшафтных систем Южного Казахстана в разрезе областей, то есть в пределах Алма-тинской области колеблется от 105,6 до 126,8; Жамбылской области – 101,7-128,1; Южно-Казахстанской области – 111,7-129,3 и Кызылординской области – 114,7-121,1 балла, что в определенной степени обеспечивается сходством коэффициента увлажнения ( $K_y$ ) [7], индекса сухости ( $\bar{R}$ ) [8], гидротермического коэффициента ( $ГТК$ ) [9], биолого-климатической продуктивности ( $БКП$ ) [9] и показателя увлажнения ( $M_d$ ).

При этом анализ результатов расчета индекса биологической продуктивности растительного покрова ( $B_K$ ) и энергии, затраченной на почвообразовательный процесс ландшафтных систем ( $Q_i$ ) Северного Казахстана, свидетельствует, что они строго подчиняются закону географической зональности природной системы (табл. 4).

Следовательно, климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов ( $K_L$ ), который определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как показатель продуктивности почвенного покрова ( $K_n$ ) и показатель

климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова ( $K_{бр}$ ) тоже строго подчиняются этому закону природы.

Таблица 4 – Климатический индекс биологической продуктивности ландшафтов ( $K_L$ ), показатель продуктивности почвенного покрова ( $K_n$ ) и показатель климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова ( $K_{бр}$ ) ландшафтов Северного Казахстана

Метеостанция	Индекс биологической продуктивности						$K_L$
	растительного покрова			почвенного покрова			
	$B_k$	$B_{кп}$	$K_{бр}$	$Q_i$	$Q_n$	$K_n$	
1	2	3	4	5	6	7	8
Алматинская область							
Уч-Арал	109,4	329,4	0,332	60,9	104,6	0,58	0,192
Сарканд	210,6	316,3	0,666	92,2	101,9	0,90	0,600
Талдыкурган	161,8	317,3	0,510	77,9	101,9	0,76	0,388
Баканас	71,9	352,5	0,204	40,0	109,4	0,37	0,075
Жаркент	68,6	363,1	0,190	56,5	108,8	0,52	0,099
Чилик	104,3	362,3	0,288	56,4	111,4	0,51	0,147
Алматы	265,8	300,7	0,883	51,5	98,7	0,52	0,459
Нарынколь	151,6	173,7	0,873	70,2	72,4	0,97	0,847
Сары-Озек	87,5	213,4	0,410	62,1	80,6	0,77	0,316
Жамбылская область							
Уланбель	70,3	372,1	0,189	39,7	113,4	0,35	0,066
Мойынкум	66,2	350,6	0,189	57,6	109,0	0,53	0,100
Уюк	48,7	372,0	0,131	54,4	113,4	0,48	0,063
Толеби	121,3	365,5	0,332	66,0	112,0	0,59	0,196
Отар	89,7	311,6	0,288	54,4	109,3	0,74	0,213
Курдай	140,6	293,0	0,479	71,9	97,1	0,53	0,254
Кулан	125,3	338,6	0,370	69,9	106,5	0,56	0,207
Тараз	143,2	349,2	0,410	68,8	108,7	0,53	0,217
Мерке	166,7	347,2	0,480	82,6	108,6	0,76	0,365
Жуалы	171,5	276,6	0,520	79,8	93,7	0,85	0,442
Южно-Казахстанская область							
Сузак	72,2	382,2	0,189	28,8	115,5	0,25	0,047
Туркестан	82,2	435,0	0,189	40,8	126,4	0,32	0,060
Тюлькубас	278,7	387,6	0,719	130,2	116,6	1,00	0,719
Арыс	57,9	441,9	0,131	54,5	127,9	0,43	0,056
Шымкент	195,1	406,5	0,479	74,6	120,6	0,52	0,249
Шардара	57,6	439,7	0,131	47,8	127,3	0,38	0,050
Кызылординская область							
Саксаульская	47,8	364,7	0,131	19,6	111,8	0,18	0,024
Аральское море	46,1	352,4	0,131	24,4	109,4	0,22	0,029
Казалы	47,8	364,7	0,131	27,0	111,9	0,24	0,0314

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Жусалы	49,9	380,9	0,131	22,3	115,3	0,19	0,025
Кызылорда	49,3	376,6	0,131	18,9	114,4	0,16	0,021
Шиели	73,3	388,3	0,189	25,0	116,8	0,21	0,040
Ак-Кум	80,4	425,3	0,189	31,9	114,4	0,26	0,049

Таким образом, предложенная модель оценки биоклиматического потенциала ландшафтов природных систем, по сравнению с показателем увлажнения ( $M_d$ ) и климатического индекса биологической продуктивности ( $B_k$ ) ландшафтов имеет отличия: во-первых, разработанная модель, позволяющая оценить любую из основополагающих предикторов растительного и почвенного покровов, может определить ресурсный потенциал и продуктивность ландшафтов; во-вторых, почвенно-климатический потенциал ландшафтов установлен с помощью наиболее важных показателей, таких как показатель продуктивности почвы, который определяется на основе энергии, затраченной на почвообразовательный процесс в естественных условиях, и показатель климатического индекса биологической продуктивности растительного покрова, обеспечивающих комплексный учет ресурсов климата и ландшафтных условий природной системы.

**Заключение.** Для Южного Казахстана, охватывающего территории от предгорных до пустынных зон, установлены основные наиболее важные почвенно-экологические показатели, то есть разработаны математические модели биологической и экологической продуктивностей ландшафтов, определяющие ресурсный потенциал территории и продуктивности почвенного и растительного покровов. При этом в системе оценки биологической и экологической продуктивности ландшафтов предпринята попытка комплексного учета ресурсов климата, почвы и растений, что более полно характеризует экологическую среду, в которой ведется деятельность агропромышленного комплекса.

### Литература

1. Мустафаев, Ж.С. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов / Ж.С. Мустафаев, А.Д. Рябцев, Г.А. Адильбектеги. – Тараз, 2007. – 218 с.
2. Мустафаев, Ж.С. Экологическое обоснование мелиорации сельскохозяйственных земель / Ж.С. Мустафаев. – LFMBERT Academic Publishing, 2016. – 378 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 13, Многолетние данные. Ч. 1-6, вып. 18. КазССР. Книга 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 445 с.
4. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д. Адаптивно-ландшафтные мелиорации земель в Казахстане / Ж.С. Мустафаев, А.Д. Рябцев. – Тараз, 2012. – 528 с.
5. Шашко, Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал / Д.И. Шашко // Земледелие. – 1985. – №4. – С. 19-26.
6. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования / В.Р. Волобуев. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
7. Иванов, Н.Н. Зоны увлажнения земного шара / Н.Н. Иванов // Изв. АН СССР. Серия география и геофизика. – 1941. – № 3. – С. 15-32.
8. Будыко, М.И. История атмосферы / М.И. Будыко, А.Б. Ронов, А.Л. Яншин. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 208 с.
9. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов // Мировой агроклиматический справочник. – Л.: Гидрометеиздат, 1937. – С. 5-27.