

УДК 630:551.5

**ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ
БАССЕЙНА РЕКИ ШУ**

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев

Г.А. Адильбектеги

В статье приведены результаты многопланового районирования бассейна реки Шу, включающих природно-климатические, гидролого-климатическое, почвенно-экологическое, ландшафтное, почвенно-мелиоративное, экологическое и ландшафтно-экологическое районирование.

Природно-климатическое районирование

В основе природно-климатического или физико-географического районирования Земли лежит разделение территории на пояса, зоны и области более или менее однородными условиями. Районирование может проводиться по собственно климатическим признакам, по характеру географических ландшафтов, определяемого классификацией Л.С. Берега, по особенностям общей климатической характеристики.

Природно-климатическая оценка продуктивности природной системы осуществляется с помощью энергетических показателей: сумма биологически активных температур ($\sum t$, °C), сумма осадков (O_c), продолжительность безморозного периода (T_o), испаряемость (E_o), фотосинтетически активная или суммарная радиация (R), среднегодовая температура воздуха (t_i , °C) (табл. 1).

В качестве исходных данных использовались фондовые материалы Казгидромета (Республика Казахстан) и Кыргызгидромета (Кыргызская Республика), а также научно-исследовательских институтов [1, 2, 3, 4, 5]. Во многих метеорологических станциях Республики Казахстан и Кыргызской Республики измерения фотосинтетически активной радиации не ведется, поэтому в практике используются расчетные методы [6, 7].

Для расчета фотосинтетически активной или суммарной радиации (R) использована формула Ю.Н. Никольского и В.В. Шабанова, которая имеет вид [7]:

$$R = 13,39 + 0,0079 \sum t,$$

где $\sum t$ – сумма биологически активных температур выше 10 °С.

Горные зоны бассейна реки Шу обладают относительно низкой теплообеспеченностью ($\sum t = 514...834$ °С), невысокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 88,2...100,5$ кДж/см²) и высокой влагообеспеченностью ($O_c = 362...698$ мм).

Предгорные зоны бассейна реки Шу обладают относительно средней теплообеспеченностью ($\sum t = 1513...2015$ °С), невысокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 126,9...146,0$ кДж/см²) и высокой влагообеспеченностью ($O_c = 378...513$ мм).

Предгорные равнинные зоны бассейна реки Шу обладают относительно высокой теплообеспеченностью ($\sum t = 2060...3300$ °С), достаточными теплоэнергетическими ресурсами ($R = 148,0...200,0$ кДж/см²) и низкой влагообеспеченностью ($O_c = 200...426$ мм).

Равнинные зоны бассейна реки Шу обладают относительно очень высокой теплообеспеченностью ($\sum t = 3500...3900$ °С), высокими теплоэнергетическими ресурсами ($R = 200,0...219,0$ кДж/см²) и очень низкой влагообеспеченностью ($O_c = 100...139$ мм).

Гидролого-климатическое районирование

Под гидролого-климатическим районированием следует понимать районирование природных систем по условиям увлажнения и теплообеспеченности деятельной поверхности. Гидролого-климатической зоной будем считать некоторую часть земной поверхности, характеризующуюся таким сочетанием тепла и влаги, которое обуславливает развитие и преобладание в ее пределах определенных типов растительного и почвенного покрова [7].

Гидролого-климатическая оценка продуктивности природной системы на основе показателей, характеризующихся степенью обеспеченности ресурсами природной среды: гидротермический коэффициент ($ГТК = 10 \cdot O_c / \sum t$), показатель увлажнения ($M_d = O_c / \sum d$), коэффициент увлажнения ($K_y = O_c / E_0$), оценка увлажнения ($K_0 = O_c / 0,18 \sum t$), индекс сухости ($\bar{R} = R / LO_c$), биолого-

климатическая продуктивность ($BKP = K_y(\sum t / 1000)$), энергетический коэффициент тепло-влагообмена ($K_m = LE / R$), показатель сухости, степень увлажненности) (табл. 2).

Как видно в табл. 2, что гидролого-климатические зоны формируются под действием теплоэнергетических ресурсов и атмосферных осадков и их соотношений. При этом, сбалансированность соотношений тепла и влаги в бассейнах реки Шу наблюдается только в горных и предгорных зонах, а в предгорных равнинных и равнинных зонах равновесное их состояние, в связи с низкой влагообеспеченностью, не соблюдается.

Приведенная количественная характеристика естественных условий тепло- и влагообеспеченности бассейна реки Шу, достаточно убедительно говорит о том, что в горных и предгорных зонах ландшафтной системы может быть относительно высокая продуктивность в естественных условиях за счет полной соразмерности тепловых и водных ресурсов, т.е. природная система не требует реконструкции.

Системный анализ показателей, характеризующих степень естественной тепло – и влагообеспеченности предгорных равнинных и равнинных зон бассейна реки Шу позволяет сделать вывод о том, что наблюдаемое количественное изменение их в зависимости от вертикальной поясности, требует проведения комплексной реконструкции природной системы, для повышения продуктивности ландшафтов. Однако в процессе преобразований или реконструкции ландшафтов речных бассейнов на месте естественных приходится создавать агроландшафты или природно-технические системы, где путем антропогенной деятельности обеспечивается сбалансированность тепла и влаги, с учетом их природного режима.

Почвенно-экологическое районирование

Почвенно-экологическое районирование природной системы речных бассейнов осуществляется с помощью интегральных критериев [8, 9] (табл. 3):

- биологическая продуктивность почвы (\bar{B}) [10]:

$$\bar{B} = B / ПУ = \alpha_1 \cdot \bar{R} \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R}),$$

где $ПУ$ – потенциальная биохимической продуктивности растительного покрова; α_1 – коэффициент, учитывающий состояние растительности; α

– коэффициент пропорциональности; B – биологическая продуктивность растительного покрова в естественных ландшафтах;

- энергия, затрачиваемая на почвообразование (\bar{Q}) [11]:

$$\bar{Q} = Q / R = \exp(-\alpha_0 \cdot \bar{R}),$$

где: Q – энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см² год; α_0 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы.

- интенсивность влагообмена между почвенными и грунтовыми водами (\bar{g}) [12]: $\bar{g} = g / (O_c + O_p) = \exp(-1,5 \cdot \bar{R})$, где O_p – оросительная норма или водопотребности сельскохозяйственных культур, мм.; g – влагообмен между грунтовыми и почвенными водами, мм.

- индекс почвы (S) [13]:

$$S = \frac{6,4(G_{gn} + 0,2G_{\phi})}{600} + 8,5\sqrt{N\Phi K} + 5,1\exp\left(\frac{H_z - 1}{4}\right),$$

где G_{gn} – гуматный гумус, т/га; G_{ϕ} – фульватный гумус, т/га; $N\Phi K$ – соответственно доли допустимых или полудопустимых норм азота, фосфора и калия по отношению к максимально возможному их содержанию; H_z – гидротермическая кислотность почвы, мг-экв/100 г.

- показатель благоприятности климата (CL) [13]:

$$CL = \sqrt{\arctg\left(\frac{T - 6^\circ}{4}\right) + 1,57} \cdot \sqrt{\arctg\left(\frac{HF - 112}{4}\right) + 1,57},$$

где T – многолетняя среднегодовая температура воздуха °С; HF – показатель эффективности увлажнения, определяемый по формуле В.Р. Волобуева: $HF = 43,2 \lg(O_c - T)$.

Биологическая продуктивность (\bar{B}), затраты энергии на почвообразовательный процесс (Q), совместно с индексом почвы (S) и коэффициент благоприятности климата (CL) достаточно хорошо представляют типы почвы и их плодородие в речных бассейнах.

Таблица 1

Климатическое районирование бассейна реки Шу по энергетическим ресурсам

Метеостанция	Абсолютная высота (H), м	T_{θ} , сут	t_i , °C	O_c , мм	$\sum t$, °C	E_o , мм	$\sum d$, мб	R , кДж/см ²
Тюя-Ашу	3090	70	-1,7	698	514	200	519,7	88,2
Алаарча	2945	75	-1,0	552	718	392	1098,0	96,0
Каракуджар	2800	115	-0,4	362	834	410	994,3	100,5
Байтык	1579	123	6,2	513	1513	600	1589,0	126,9
Шамси	1556	125	6,3	393	1930	766	1521,9	143,1
Кегеты	1400	136	6,7	378	2015	806	1589,0	146,0
Орто-Арык	1190	165	7,8	368	2060	825	2214,3	148,0
Кордай	1145	167	9,2	264	2900	880	2247,8	182,8
Чон-арык	1110	175	8,8	576	2730	710	1680,5	174,0
Токмак	818	185	9,7	426	2900	906	2031,3	182,8
Бишкек	756	191	10,3	393	3400	990	2360,7	200,0
Мерке	703	187	8,6	270	3200	960	2522,3	192,1
Кулан	683	181	9,1	200	3300	990	2522,3	196,0
Умбет	512	186	9,1	100	3600	1080	3114,0	207,6
Шолаккурган	481	183	9,2	130	3670	1147	3086,5	218,1
Толеби	456	186	9,8	132	3700	1020	3095,7	207,6
Мойынкум	351	184	8,4	132	3400	1020	2552,9	200,0
Байкадам	338	191	9,8	135	3700	1110	3202,5	211,5
Созак	317	187	9,7	105	3700	1150	–	211,4
Уланбель	266	183	8,7	105	3500	1050	3050,0	203,7
Камкалы-кол	207	185	9,1	139	3900	1180	3477,0	219,2

Таблица 2

Гидролого-климатическая оценка тепло- и влагообеспеченности бассейна реки Шу

Метеостанция	H , м	Среднегодовые за многолетний период					
		\bar{R}	$ГТК$	$БКП$	K_y	M_d	K_o
Тюя-Ашу	3090	0,52	13,60	1,79	3,49	1,34	75,5
Алаарча	2945	0,73	7,69	1,01	1,41	0,50	42,7
Каракуджар	2800	1,16	4,34	0,73	0,88	0,36	24,1
Байтык	1579	1,03	3,39	1,30	0,86	0,32	18,8
Шамси	1556	1,52	2,04	0,98	0,51	0,26	11,3

Кегеты	1400	1,61	1,87	0,94	0,47	0,24	10,4
Орто-Арык	1190	1,70	1,78	0,93	0,45	0,17	9,9
Кордай	1145	3,30	0,89	0,87	0,30	0,12	4,9
Чон-арык	1110	1,26	2,11	2,21	0,81	0,34	11,7
Токмак	818	3,10	1,47	1,36	0,47	0,21	8,2
Бишкек	756	2,10	1,16	1,36	0,40	0,17	6,4
Мерке	703	3,40	0,84	1,32	0,29	0,11	4,7
Кулан	683	4,80	0,60	0,69	0,21	0,08	3,3
Умбет	512	7,10	0,28	0,50	0,14	0,03	1,6
Шолаккурган	481	12,6	0,37	0,33	0,09	0,04	2,1
Толеби	456	7,10	0,36	0,48	0,13	0,04	2,0
Мойынкум	351	7,70	0,39	0,44	0,13	0,05	2,2
Байкадам	338	9,10	0,36	0,44	0,12	0,04	2,0
Созак	317	10,5	0,28	0,33	0,09	0,04	1,6
Уланбель	266	10,0	0,30	0,35	0,10	0,03	1,7
Камкалы-кол	207	11,0	0,36	0,47	0,12	0,04	2,0

Таблица 3

Экологическая оценка продуктивности почвы бассейна реки Шу

Метеостанция	H , м	\bar{R}	Y , ц/га	Среднегодовые за многолетний период				
				HF	Q , кДж/см ²	B	CL	S
Тюя-Ашу	3090	0,52	1,31	101,40	69,37	0,0678	0,72	5,10
Алаарча	2945	0,73	2,36	102,10	67,65	0,0690	0,73	6,40
Каракуджар	2800	1,16	2,80	123,40	57,98	0,0700	0,70	6,80
Байтык	1579	1,03	4,15	124,60	78,52	0,0818	0,92	12,90
Шамси	1556	1,52	4,51	124,00	70,35	0,0816	0,94	12,60
Кегеты	1400	1,61	6,25	123,10	68,97	0,0810	0,95	12,10
Орто-Арык	1190	1,70	7,98	110,50	66,49	0,0528	1,54	12,00
Кордай	1145	3,30	7,20	98,80	38,79	0,0458	1,59	11,92
Чон-арык	1110	1,26	6,25	115,20	96,49	0,0423	1,65	12,80
Токмак	818	3,10	4,65	100,20	42,40	0,0418	1,59	12,00
Бишкек	756	2,10	4,51	108,70	75,16	0,0416	1,60	12,40
Мерке	703	3,40	4,15	101,50	33,22	0,0415	1,58	7,50
Кулан	683	4,80	4,15	96,80	17,56	0,0096	1,59	7,40
Умбет	512	7,10	2,80	98,30	7,43	0,0004	1,59	5,40
Шолаккурган	481	12,60	1,51	82,00	0,59	0,0070	0,99	5,90

Толеби	456	7,10	1,42	98,30	7,43	0,0004	1,59	5,40
Мойынкум	351	7,70	1,31	88,00	4,58	0,0001	1,61	5,00
Байкадам	338	9,10	2,80	83,20	5,78	0,0001	1,35	5,00
Созак	317	10,50	2,70	81,50	1,57	0,0001	1,50	5,00
Уланбель	266	10,00	2,70	87,90	1,83	0,0001	1,61	5,00
Камкалы-кол	207	11,00	2,70	81,00	1,21	0,0001	1,41	5,00

Таблица 5

Почвенно-мелиоративное районирование территории бассейна реки Шу

Метеостанция	H, м	Среднегодовые за многолетний период								
		R, кДж/см ²	O _c , мм	(1-t)	C ₀ , г/дм ³	C ₂ , г/дм ³	Δ, м	\bar{A}_n	\bar{C}^*	\bar{M}
Тюя-Ашу	3090	88,2	698	0,81	0,30	1,00	10,0	1,67	0,60	-
Алаарча	2945	96,0	552	0,79	0,30	1,00	10,0	1,20	0,60	-
Каракуджар	2800	100,5	362	0,68	0,30	1,00	10,0	0,76	0,60	-
Байтык	1579	126,9	513	0,66	0,40	1,20	10,0	0,86	0,80	-
Шамси	1556	143,1	393	0,66	0,40	1,20	10,0	0,64	0,80	0,80
Кегеты	1400	146,0	378	0,63	0,40	1,20	10,0	0,54	0,80	0,68
Орто-Арык	1190	148,0	368	0,55	0,40	1,30	10,0	0,52	0,80	0,65
Кордай	1145	182,8	264	0,48	0,40	1,30	10,0	0,30	0,80	0,38
Чон-арык	1110	174,0	576	0,52	0,40	1,30	10,0	0,70	0,80	0,88
Токмак	818	182,8	426	0,49	0,50	1,50	6,0	0,51	1,00	0,51
Бишкек	756	200,0	393	0,48	0,50	1,50	6,0	0,41	1,00	0,41
Мерке	703	192,1	270	0,49	0,50	1,50	6,0	0,29	1,00	0,29
Кулан	683	196,0	200	0,49	0,50	1,90	6,0	0,21	1,00	0,21
Умбет	512	207,6	100	0,49	1,00	3,00	5,0	0,10	2,20	0,05
Шолаккурган	481	218,1	130	0,50	1,50	3,00	5,0	0,12	2,50	0,03
Толеби	456	207,6	132	0,49	0,60	3,30	3,0	0,13	1,70	0,08
Мойынкум	351	200,0	132	0,50	0,90	3,50	3,0	0,14	2,00	0,07
Байкадам	338	211,5	135	0,48	1,00	4,50	3,0	0,13	2,50	0,05
Созак	317	211,4	105	0,49	1,50	4,50	4,0	0,10	2,50	0,04
Уланбель	266	203,7	105	0,50	1,50	5,00	3,0	0,10	2,50	0,04
Камкалы-кол	207	219,2	139	0,49	1,50	6,00	3,0	0,12	2,50	0,05

Экологическое районирование бассейна реки Шу

Показатель	В естественных условиях (1920 г.)				В антропогенных условиях (2000 г.)			
	горный	предгорный	предгорный равнинный	равнинный	горный	предгорный	предгорный равнинный	равнинный
Общая площадь ландшафтов (F), млн. га	15,00	20,80	25,78	138,78	15,00	20,80	25,78	138,78
Площадь освоенных ландшафтов (F_o), тыс. га	-	2,08	2,57	13,88	-	33,10	69,35	39,42
Гидротермический коэффициент («индекс сухости») (R)	0,52...1,16	1,16...1,61	1,70...4,80	7,10...12,60	0,52...1,16	1,16...1,61	1,16...0,90	0,70...0,90
Интенсивность кругооборота воды ($\bar{g} = \exp(-1,5 \cdot R)$)	0,28370	0,25160	0,03877	0,00005	0,28370	0,25160	0,35700	0,44930
Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почву (q_x^n)	0,53260	0,63780	0,91390	0,95120	0,53260	0,63780	0,67030	0,60650
Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды (q_x^g)	0,46740	0,36220	0,08100	0,04880	0,46740	0,36220	0,32970	0,39350
Доля освоенных ландшафтов ($E_{i(k)} = F_o / F$)	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0016	0,0026	0,0003
Коэффициент негативной реакции человека на техногенные воздействия (\overline{NR})	0,32000	0,16000	0,16000	0,32000	0,32000	0,16000	0,62000	0,75000
Коэффициент негативной реакции среды обитания на техногенные воздействия (nr)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,52	0,65
Оценка экологического состояния объекта ($\bar{\mathcal{E}} = 1 - q_x^n$)	0,46740	0,36220	0,08100	0,04880	0,46740	0,36220	0,32970	0,39350
Объем сбрасываемых возвратных вод в реку (W_e), км ³	0,000	0,000	0,115	0,327	0,000	0,089	0,600	0,105

Показатель	В естественных условиях (1920 г.)				В антропогенных условиях (2000 г.)			
	горный	предгорный	предгорный равнинный	равнинный	горный	предгорный	предгорный равнинный	равнинный
Объем речных вод (W_p), км ³	0,851	1,328	1,151	1,637	0,747	0,448	1,536	0,703
Доля объема возвратных вод сбрасываемых в реку (V_e)	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00	0,20	0,40	0,15
Минерализации возвратных вод (C_e), г/дм ³	0,00	0,00	1,00	1,50	0,00	0,90	1,80	2,90
Степень ухудшения экологической обстановки речных бассейнов ($\bar{\mathcal{E}} = 1 - \exp(-q_x^n \cdot C_e \cdot V_e)$)	0,16	0,16	0,20	0,20	0,16	0,44	0,56	0,97

Ландшафтное районирование

Ландшафты бассейна реки Шу весьма разнообразны, что обусловлено ее крайним географическим положением, большими колебаниями высот (от 207 до 3090 м), сложным орографическим и геолого-геоморфологическим строением, изменением климатических условий в зависимости от высотной географической поясности (табл. 4).

Таблица 4

Ландшафтное районирование территории бассейна реки Шу

Метеостанция	H , м	\bar{R}	Ландшафт
Тюя-Ашу	3090	0,52	Луговые и лугово-степные в альпийском и субальпийском поясе
Алаарча	2945	0,73	
Каракуджар	2800	1,16	
Байтык	1579	1,03	Лугово-степной
Шамси	1556	1,52	
Кегеты	1400	1,61	
Орто-Арык	1190	1,70	Степной
Кордай	1145	3,30	
Чон-арык	1110	1,26	
Токмак	818	3,10	Равнинные полупустынные
Бишкек	756	2,10	
Мерке	703	3,40	
Кулан	683	4,80	Равнинные пустынные
Умбет	512	7,10	
Шолаккурган	481	12,60	
Толеби	456	7,10	
Мойынкум	351	7,70	Равнинные пустынные
Байкадам	338	9,10	
Созак	317	10,50	
Уланбель	266	10,00	
Камкалы-кол	207	11,00	

Как видно в табл. 4, «границы природных ландшафтов» бассейна реки Шу можно характеризовать через «индекс сухости» – \bar{R} .

Почвенно-мелиоративное районирование территории бассейна реки Шу

Почвенно-мелиоративное районирование ландшафтно-географических зон, как гидрогеолого-мелиоративное районирование, основано на энергетическом принципе процессов солепереноса, включающих в себя всю сумму природных факторов, которые влияют на процессы миграции солей в системе «почва – грунтовые воды»: климатические показатели, гидрогеологические условия и почвенные признаки ландшафта.

Для оценки почвенно-мелиоративного состояния ландшафтно-географических зон можно использовать эколого-мелиоративный потенциал ландшафта (\bar{M}), характеризующий работу (\bar{A}_n), совершаемую жидкостью в процессе выпадения атмосферных осадков, к отношению концентрации почвенного раствора (\bar{C}_n), т.е. их можно рассматривать как способность системы «почва – грунтовые воды» и верхнего слоя почвы освободиться от легкорастворимых солей: $\bar{M} = \bar{A}_n / \bar{C}_n$, где \bar{M} – эколого-мелиоративный потенциал или мелиоративный показатель ландшафта; \bar{A}_n – работа, совершаемая в элементарном объеме потоков инфильтрационных вод в почвенном слое; \bar{C}^* – средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» [14]:

$$\bar{A}_n = O_c / \left[\frac{R}{L} - (I-t) \frac{R}{L} (I - \bar{\Delta}) \right],$$

$$\bar{C}^* = \left[C_0 + (I-t) \frac{R}{L} (I - \bar{\Delta}) \cdot C_2 / O_c \right] / C_{дон},$$

где C_0 – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое; $C_{дон}$ – допустимые концентрации солей в почвенном растворе, которые соответствуют параметру незасоленных почв; C_2 – концентрация солей в грунтовых водах; $(I-t)$ – время действия инфильтрации ($t = T / 365$), T – продолжительность вегетационного периода; $\bar{\Delta} = \Delta / 5$ – уровень грунтовых вод; Δ – глубина залегания грунтовых вод.

Эта способность природной системы, характеризующаяся эколого-мелиоративными показателями ландшафта, имеет чрезвычайно важное значение в почвенно-мелиоративном районировании ландшафтно-географических зон (табл. 5).

Как видно из данных табл. 5 работа, совершаемая в элементарном объеме потоков инфильтрационных вод в почвенном слое (\bar{A}_n), от горных

к равнинным зонам постепенно уменьшается, а средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» (\bar{C}^*), наоборот увеличивается. Следовательно, эколого-мелиоративный потенциал или мелиоративный показатель ландшафта (\bar{M}), подчиняясь закону вертикальной зональности, уменьшается. Эта закономерность показывает имеющиеся возможности формирования процесса засоления почвы в равнинных частях бассейна реки Шу, в результате чего наблюдается ухудшение почвенно-мелиоративного состояния ландшафтов.

Экологическое районирование территории бассейна реки Шу

В основу экологического районирования ландшафтно-географических зон положено определение оценки почвенно-экологической обстановки ландшафта или агроландшафта с использованием методологического подхода И.П. Айдарова и В.Х. Хачатурьяна [10], Ж.С. Мустафаева и А.Т. Козыкеевой [15], вытекающих из фундаментальных природных законов и, прежде всего, законов сохранения вещества и энергии, изменение которых вызвано антропогенными факторами. Наличие этих общих закономерностей позволяет проанализировать сложившуюся обстановку и тенденцию ее изменения в перспективе, и, следовательно, наметить основные принципиальные пути решения проблем (табл. 6).

На основе предложенного методологического подхода оценки состояния природной системы, экологическое районирование ландшафтно-географических зон можно произвести по приведенным коэффициентам негативной реакции на техногенные воздействия (NR – для человека; Pr – для среды обитания): $\overline{NR} = NR / NR_{max}$; $\overline{Pr} = Pr / Pr_{max}$. Величина \overline{NR} и \overline{Pr} изменяется от 0 до 1, причем возрастание коэффициентов свидетельствует об ухудшении ситуации.

Приближенные зависимости для оценки этих параметров имеют вид [10]:

$$\overline{NR} = \left(\sum_{i=1}^n \bar{D}_i \cdot q_x \right) \sum_{i=1}^n E_i(r),$$

$$\overline{Pr} = \left(1 - \frac{\bar{D}_{bb}}{D_{pb}} + q_x \right) \sum_{i=1}^n \beta^* E_i(k)$$

где: \bar{D}_i – включает заражение воздуха дефолиантами, использование подземных вод, загрязненных ядохимикатами, на питьевое водоснабжение и ухудшение качества воздуха при наличии в зоне техногенных выбросов от

промышленных объектов; \bar{D}_{pb} – использование на орошение речных вод; \bar{D}_{bb} – то же возвратных вод; \bar{E}_i – частные параметры ухудшения свойства компонентов (для человека это - динамика болезней, связанных с потреблением загрязненной воды и зарядением воздуха – $\bar{E}_i(r)$, для почвы сельскохозяйственной культуры – содержание в почве токсичных солей, для грунтовых вод – повышение их минерализации и уровня – $\bar{E}_i(k)$); β^* – поправочный коэффициент (для почв и грунтовых вод $\beta^* > 1$, сельскохозяйственных культур $\beta^* = 1$); q_x – интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в почвы и грунтовые воды.

Величины $\bar{E}_i(k)$ оцениваются по формуле:

$$\bar{E}_i(k) = F_0(k) / F_i(k),$$

где $F_0(k)$ и $F_i(k)$ – площади, характеризующие свойства компонентов (засоление, уровень грунтовых вод и др.) на природную систему, соответственно в t_i и t_0 .

Интенсивность поступления ядохимикатов и нитратов в грунтовые воды (q_x^{2g}) и в почву (q_x^n) оцениваются по эмпирическим зависимостям [10]:

$$q_x^{2g} = 1 - q_x^n, \\ q_x^n = \exp\left[-(\alpha \cdot \bar{g} + 1/R_\phi)\right],$$

где α – постоянная, зависящая от вида ядохимикатов; \bar{g} – интенсивность инфильтрационного питания (в долях от нормы); R_ϕ – инфильтрационное сопротивление.

Оценку экологического состояния объекта приближенно можно выполнить, используя имеющиеся проработки [10], по зависимостям:

$$\bar{\mathcal{E}} = 1 - q_x^n = 1 - \exp\left[-(\alpha \cdot q_w + p_i)\right],$$

где p_i – параметр, характеризующий комплекс природных условий.

Таким образом, приоритетность природопользования и природообустройства в бассейне реки Шу определяется на основе комплексной и многоплановой оценки создания природно-деятельностной системы для повышения уровня рационального использования водного и земельного ресурсов. При этом возможное преобразование природной системы в бас-

сейне реки Шу во многом зависит от географического положения, способности ландшафта противостоять антропогенной нагрузке, целесообразности регулирования биологического и геологического круговоротов для поддержания экологического равновесия.

Ландшафтно-экологическое районирование территории бассейна реки Шу

При разработке методики интегральной оценки экологической продуктивности ландшафтов, позволяющей проведение ландшафтно-экологического районирования речных бассейнов мы исходили из следующих принципиальных положений:

– критерии оценки экологической продуктивности ландшафтов должны, с одной стороны быть типичными для всех географических зон, а с другой – наиболее достоверно отражать состояние компонентов природной системы;

– все виды районирования природной системы должны производиться на основе единого подхода, на основе безразмерных параметров, позволяющих проведение сравнительной оценки.

В связи с этим ландшафтно-экологическое районирование природных зон речных бассейнов должно обеспечить принцип учета динамических взаимосвязей ландшафтов, которые позволяют определить возможный максимальный потенциал энергетических ресурсов, использованных для формирования и функционирования отдельных компонентов ландшафтообразующей среды [9].

Экологическая продуктивность ландшафтов (K_s) определяются соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициент продуктивности растений (K_p) и почвы (K_n): $K_s = K_p \cdot K_n$, где: K_p – коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность растительного сообщества: $K_p = Y_i / ПУ$, где K_n – коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность почвы: $K_n = Q_i / Q_n$, здесь Q_n – потенциально возможная энергия, затраченная на почвообразовательный процесс – $Q_n = R \cdot \exp(-0,9 \cdot \alpha_0)$.

Для интегральной оценки биоэкологической продуктивности растений можно использовать совокупность коэффициента использования биоэнергетических ресурсов растений ($K_{\sigma_3} = R \cdot \eta_{эн} / 100 \cdot БП$) и эффективности использования атмосферных осадков ($K_y = O_c / E_0$), т.е. показателя

теля биоэкологической продуктивности ландшафтов: $П_{бэ} = K_{бэ} \cdot K_y$, где $БП$ – биоэнергетический потенциал растений, 10,47 МДж/(м² год); $\eta_{ЭН}$ – коэффициент использования свободной энергии, который в естественных условиях равно 0,005.

На основе биологической продуктивности растительности ($\bar{S}(\bar{R})$) и почвы ($\bar{П}(\bar{R})$) можно оценить продуктивность ландшафтов: $\overline{ПОЗ}(\bar{R}) = \bar{S}(\bar{R}) \cdot \bar{П}(\bar{R})$ [8]. Основной целью ландшафтно-экологического районирования территории бассейна реки Шу является пространственное размещение районов с различным уровнем продуктивности растительного покрова и почвы (табл. 7).

Таблица 7

Ландшафтно-экологическое районирование территории бассейна реки Шу

Метеостанция	H, м	\bar{R}	Показатель		
			$П_{бэ}$	$K_э$	$\overline{ПОЗ}(\bar{R})$
Горный					
Тюя-Ашу	3090	0,52	0,150	0,4130	0,05
Алаарча	2945	0,73	0,069	0,6400	0,07
Каракуджар	2800	1,16	0,043	0,7700	0,12
Предгорный					
Байтык	1579	1,03	0,053	0,9600	0,48
Шамси	1556	1,52	0,036	0,5170	0,52
Кегеты	1400	1,61	0,033	0,4430	0,46
Предгорный равнинный					
Орто-Арык	1190	1,70	0,032	0,4220	0,40
Кордай	1145	3,30	0,027	0,1030	0,35
Чон-арык	1110	1,26	0,069	0,7030	0,32
Токмак	818	3,10	0,042	0,1210	0,28
Бишкек	756	2,10	0,039	0,2860	0,28
Мерке	703	3,40	0,027	0,0960	0,15
Кулан	683	4,80	0,020	0,0350	0,15
Равнинный					
Умбет	512	7,10	0,014	0,0080	0,07
Шолаккурган	481	12,6	0,010	0,0006	0,10
Толеби	456	7,10	0,013	0,0080	0,08
Мойынкум	351	7,70	0,013	0,0075	0,06
Байкадам	338	9,10	0,013	0,0023	0,05
Созак	317	10,5	0,012	0,0011	0,04
Уланбель	266	10,0	0,010	0,0014	0,04
Камкалы-кол	207	11,0	0,013	0,0008	0,04

Полученные результаты оценки экологической продуктивности ландшафтов бассейна реки Шу показали, что коэффициенты экологической продуктивности ландшафтов (K_s) варьирующие от 0,006 до 0,960, интегральный модуль экологической продуктивности ландшафтов ($\overline{ПОЗ(\bar{R})}$) – от 0,04 до 0,52 и оценка биоэкологической продуктивности ландшафтов (P_{σ}) – от 0,01...0,15, характеризуют экологический потенциал ландшафтов, который прямо зависит от законов вертикальной поясности географической системы.

Выводы

1. Системный анализ принципов и подходов проведения районирования природной системы показали, что основная их цель – выделение географических районов на иерархическом уровне по состоянию компонентов природной системы, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов.
2. Предложены методологические подходы многокритериальной оценки экологической продуктивности ландшафтов, обеспечивающих проведение всестороннего анализа формирования и функционирования природной системы.
3. В основу ландшафтно-экологического районирования, включающего природно-климатическое, гидролого-климатическое, почвенно-экологическое, ландшафтное, гидрогеохимическое, почвенно-мелиоративное и экологическое, были положены критерии оценки продуктивности климата и экологической продуктивности ландшафтов.
4. Результаты многокритериального районирования бассейна реки Шу позволяют уточнить общие энергетические и производственные оценки природных ресурсов и сбалансированное размещение сельскохозяйственного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рязанцева З.А. Климат Киргизии. – Фрунзе, Кыргызстан, 1966. – 178 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 13, Многолетние данные. Ч. 1-6, Вып. 18, КазССР. Книга 2. Л.: Гидрометеиздат, 1989.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР, серия 13, Многолетние данные. Ч. 1-6, Вып. 32, Киргизская ССР. Л.: Гидрометеиздат, 1989.
4. Почвы долины реки Чу. – Алма-Ата, Наука, 1971. – 374 с.
5. Розанов А.Н. Почвы Чуйской впадины. Фрунзе, 1959. – 250 с.

