

УДК 556.11

Доктор техн. наук Ж.С. Мустафаев¹
Доктор техн. наук А.Т. Козыкеева¹
Н.А. Турсынбаев²

ФОРМИРОВАНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ РЕКИ ТАЛАС ПРИ ЕЕ КОМПЛЕКСНОМ ОБУСТРОЙСТВЕ

Ключевые слова: природа, экология, услуга, оценка, экосистема, река, бассейн, ландшафт, почвы, растения, процесс

На основе систематизации и анализа материалов РГП «Казгидромет» и Кыргызгидромета для оценки гидрогеологического режима формирования и функционирования экосистемы бассейна р. Талас был определен природно-климатический потенциал и «природный капитал» с целью комплексного обустройства исследуемого региона.

Введение. Под комплексным обустройством водосборов подразумевается целостная система поэтапных мероприятий, создающих агроландшафты, где природопользование оптимизировано на научной основе. Увеличение продуктивности земель проводится при сохранении, а также при повышении общей экологической устойчивости ландшафтов.

В настоящее время состояние биосферы бассейна р. Талас становится важнейшим эколого-экономическим индикатором макроэкономического развития региона. В связи с возрастающей угрозой деградации природы и полной ассимиляции экономических, социальных и экологических проблем, на первый план выдвигается необходимость межгосударственного взаимодействия, которое учитывает «экосистемные услуги» бассейна трансграничной р. Талас. В связи с этим пристальное внимание уделяется проблеме уменьшения продуктивности растительного покрова, связанной также с глобальным изменением климата. Антропогенная трансформация экосистем (изменения в структуре землепользования и влияние человека на плодородие почв) развивается в значительной мере независимо от климатических процессов и способна кардинально повлиять на продуктивность растительного покрова не только на локальном, но и на региональном, и даже на глобальном уровнях. Все это необходимо учитывать при обустройстве бассейна р. Талас.

¹ Казахский Национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

² Таразский государственный университет им. Дулати, г. Тараз, Казахстан

Цель работы. На основе комплексной оценки почвенно-продукционного потенциала необходимо разработать научно-методические положения и практические рекомендации, направленные на формирование и дальнейшее развитие экологических услуг для обоснования обустройства бассейна р. Талас. Объектами исследования явились экосистемы трансграничного бассейна р. Талас, расположенные на территории Кыргызстана и Казахстана (рис.).



Рис. Административное деление бассейна р. Талас.

Общая площадь бассейна р. Талас составляет 52,7 тыс. км²; в том числе 11,43 тыс. км² (21,7%) в пределах Кыргызстана и 41,27 тыс. км² в пределах Казахстана (табл. 1).

Таблица 1

Распределение земельных ресурсов в бассейне р. Талас в разрезе административных областей и районов

Область	Район	Площадь	
		км ²	%
Кыргызская Республика			
Таласская	Манасский	1045	2,0
	Карабууринский	2952	5,6
	Бакайатинский	2318	4,4
	Таласский	5119	9,7
	Всего	11434	21,7
Республика Казахстан			
Жамбылская	Жамбылский	4300	8,2
	Байзакский	4500	8,5
	Таласский	12200	23,1
	Сарысуский	20270	38,5
	Всего	41270	78,3
Итого		52700	100

Структура земельных ресурсов сельскохозяйственного пользования в бассейне р. Талас отличается в зависимости от географических расположений областей и районов Кыргызской Республики (КР) и Республики Казахстан (РК) (табл. 2)

Таблица 2

Структура земельных ресурсов сельскохозяйственного пользования в бассейне р. Талас

Структура земельных ресурсов	Площадь по районам, тыс. га			
	Манасский	Карабууринский	Бакайатинский	Таласский
Общая площадь	10450	29520	23180	51190
Пашня	26,0	50,4	20,7	35,0
Сенокос	–	–	210,0	2,825
Пастбища	–	188,0	254,098	269,7
Леса	0,433	0,246	0,665	0,866
Пастбищные леса	–	0,819	1,247	6,586
Земельные ресурсы КР, пригодные для сельского хозяйства	208,0	241,8	476,7	308,7
	Жамбылский	Байзакский	Сарыусуский	Таласский
Общая площадь	43000	45000	202700	122000
Пашня	67,5	74,3	30,0	45,9
Сенокос	7,0	6,3	64,1	23,7
Пастбища	173,5	337,7	2200,0	988,7
Леса	0,9	0,542	–	–
Земельные ресурсы РК, пригодные для сельского хозяйства	304,2	422,9	2300,0	1058,3

В бассейне р. Талас в пределах Кыргызстана общий фонд пахотных земель насчитывает 136,6 тыс. га, в том числе орошаемых – 115 тыс. га. На территории Казахской части бассейна общий фонд освоенных земель регулярного орошения составляет около 63 тыс. га, а лиманного орошения – 13 тыс. га.

Численность населения в пределах кыргызстанской части бассейна исследуемой реки составляет около 206,6 тыс. человек (4,1 % населения республики), а в казахстанской части проживают 545,8 тыс. человек.

В настоящее время нет единого мнения относительно определения «экологическая услуга» при обустройстве речных бассейнов. Однако наиболее близким по смыслу, отражающим сущность экологической услуги, можно назвать следующее определение: услуги экологического характера – это мероприятия, осуществляемые различными организациями (учреждениями) на коммерческой, договорной или безвозмездной основе по реализации природоохранной деятельности для сторонних объектов [19].

По мнению Н.Ф. Реймерса [23], экологический рынок – это подчиненная законам стоимости, спроса и предложения сфера трудового и то-

варно-денежного обращения, где свободно формируется спрос, предложение и цена на продукцию природоохранного назначения. Продукция природоохранного назначения – это работы и услуги производственного характера, использование которых обеспечивает охрану окружающей среды и воспроизводство природных ресурсов. В общем виде экологическая продукция может быть определена как искусственно воспроизводимая окружающая природная среда или отдельные ее элементы.

Важнейшее место в изучении комплексного обустройства водосборов и мелиорации земель занимают исследования И.П. Айдарова [1], А.И. Голованова [9], Ю.П. Добрачева [11], А.Г. Исаченко [13], Л.В. Кирейчевой [20], А.Р. Хафизова [25], Ж.С. Мустафаева [17] и др.

Методика исследования. Методологией комплексного обустройства водосборов, учитывая многоаспектность проблемы, принята вся совокупность существующих в мелиорации подходов. Объектом исследования выбран водосбор р. Талас, являющийся интегральным выражением устойчивых взаимосвязей между компонентами геосистемы и земной поверхностью. При обосновании обустройства исследуемого бассейна приоритетными выбраны геосистемный и катенарный подходы.

Катенарный подход является основой геоморфологической схематизации катен при обосновании необходимости мелиорации водосборов. Водосбор представлен набором катен, равных количеству физико-географических районов на водосборе. Геоморфологическая схема катен состоит из четырех фаций с разным высотным взаиморасположением. Элювиальная фация представляет возвышенность у водораздельной линии; трансэлювиальная – склон до точки перегиба; трансаккумулятивная – склон после точки перегиба; супераквальная – низину надпойменных террас. Такая схематизация дифференцирует фации по типу водного питания [2], учитывает размеры и формы рельефа, представляет катену, как элементарный водосбор с его характерными особенностями. Поэтому при схематизации природных условий бассейна р. Талас было принято (рис.), что каждый ландшафтный район представлен набором катен из характерных фаций [21; 8] с разным высотным взаиморасположением, определяемым глубиной расчленения рельефа (табл. 3).

Состояние растительного покрова речных бассейнов тесно связано с особенностями почв, которым отводится особая роль в наземных экосистемах, поскольку они объединяют в единую функционирующую систему все остальные компоненты [4]. Обычно для характеристики каждого компонента экосистемы используется конкретный набор параметров и интегральных критериев.

Таблица 3

Геоморфологическая схема катен бассейна р. Талас

Катена	Физико-географическое районирование		Административное деление	
	Природная зона	Зона увлаженности	Республика, область	Район
Элювиальная	Горные степи	умеренно-засушливая и влажная горная	КР, Таласская обл.	Таласский
Тарансэлювиальная	Предгорная степь	Засушливая горная		Карабууринский, Бакайатинский, Бакайатинский
Супераквильная	Предгорная полупустыня	Сухая предгорная	РК, Жамбылская обл.	Жамбылский, Байзакский
Акеальная	Пустыня южная	Очень сухая		Сарысуский, Таласский

Важнейшими характеристиками состояния растительного и почвенного покрова являются показатели их продуктивности, по которым оценивается и устойчивость экосистем, поэтому их широко используют в комплексных экологических оценках [12, 26].

Бассейн р. Талас имеет полузамкнутый способ организации с четко выраженными границами, где ведущую системообразующую роль играет речной сток. Он формирует экосистему речного бассейна через распределение водных ресурсов, особенности рельефа и микроклимата, тем самым влияя на почвенный покров и растительность [16], которые составляют «природный капитал» региона.

Природный капитал речных бассейнов – это запас природных производственных ресурсов, которыми наделено общество. Они могут использоваться в производственных целях, не нарушая экологическую устойчивость природной среды и материальную среду «экологической услуги» [15].

Результаты исследования. Основной формой учета влияния климата на эффективность использования природных ресурсов является экологическая оценка продуктивности климата, которая характеризуется следующими показателями: суммой биологически активных температур ($\sum t, ^\circ C$), суммой осадков (O_c , мм), испаряемостью (E_o , мм), фотосинтетически активной радиацией (R , кДж/см²), суммарными затратами на испарение (LE , кДж/см²), турбулентным теплообменом между атмосферой и поверхностью почвы (P , кДж/см²), среднегодовой температурой воздуха ($T, ^\circ C$) (табл. 4) [18].

Таблица 4

Природно-энергетические ресурсы бассейна р. Талас

Метеостанция	Природно-энергетические показатели					
	$\sum t, ^\circ C$	$O_c, \text{ мм}$	$E_o, \text{ мм}$	$R, \text{ кДж/см}^2$	$LE, \text{ кДж/см}^2$	$P, \text{ кДж/см}^2$
Акташ	2900	469	880	156,3	57,5	101,6
Талас	2775	327	960	164,2	44,8	106,8
Тараз	3400	287	1020	170,9	38,2	111,5
Ойык	3720	283	1270	185,2	55,7	137,9
Билик-кол	3727	314	1190	181,7	64,4	118,1
Байкадам	3700	155	1110	180,8	35,2	117,5
Камкалы-кол	3670	185	1147	186,5	18,6	121,2
Созак	3900	139	1180	219,2	12,9	142,5

Климатическая оценка продуктивности природной системы бассейна р. Талас определена на основе показателей, характеризующихся степенью обеспеченности ресурсами природной среды: коэффициент увлажнения ($K_y = O_c / E_o$), гидротермический коэффициент ($ГТК = 10 \cdot O_c / \sum t$), био-климатическая продуктивность ($БКП = K_y (\sum t / 1000)$), индекс сухости ($\bar{R} = R / LO_c$, где L – удельная теплота парообразования, принятая равной $2,5 \text{ кДж/см}^2$) и показатель увлажнения ($M_d = O_c / \sum d$) (табл. 5) [18].

Агроклиматический потенциал территории рассчитывали по нормализованному индексу аридности (NIA) [5]: $NIA = [O_c / (5,12 \sum t + 306)]$, где O_c – годовая сумма осадков, мм; $\sum t$ – сумма среднемесячных температур за вегетационный период.

Таблица 5

Климатическая продуктивность природной системы Казахстана

Метеостанция	Абсолютная высота местности (H), м	Показатели климатической продуктивности				
		K_y	$ГТК$	$БКП$	\bar{R}	NIA
Акташ	2000	0,53	1,62	1,54	1,31	0,030
Талас	1200	0,30	0,68	2,20	2,00	0,022
Тараз	642	0,20	0,59	0,68	2,38	0,016
Ойык	373	0,19	0,76	0,70	2,61	0,015
Билик-кол	366	0,26	0,84	0,96	2,31	0,016
Байкадам	336	0,11	0,32	0,41	4,66	0,008
Камкалы-кол	317	0,09	0,37	1,17	4,03	0,010
Созак	207	0,12	0,36	0,47	6,30	0,007

В обосновании и выборе интегральных показателей «состояние – воздействие – отклик» ландшафтов бассейна р. Талас положен принцип

энергетической сбалансированности тепла, влаги и питательных веществ с учетом природных режимов, и для этой цели можно использовать:

1) биологическую продуктивность растительности [1]:

$\bar{B} = B / ПУ = \alpha_1 \cdot \bar{R} \cdot \exp(-\alpha \cdot \bar{R})$, где $ПУ$ – потенциальная биохимически обеспеченная урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальных условиях; α – коэффициент, учитывающий состояние растительности; α_1 – коэффициент пропорциональности; B – биологическая продуктивность почвы при мелиорации;

2) относительную энергию, затрачиваемую на почвообразование [6]: $\bar{Q} = Q / R = \exp(-\alpha_o \cdot \bar{R})$, где Q – энергия, затрачиваемая на почвообразование, ккал/см² в год; α_o – коэффициент, учитывающий состояние поверхности почвы ($\alpha_o = 0,47$). В условиях проведения оросительных мелиораций, с целью создания оптимального водного режима почвы для произрастания ведущих сельскохозяйственных культур величина атмосферных осадков (O_c) принимается равной их водопотреблению;

3) коэффициент благоприятности климата [22], определяемый как:

$$CL = \sqrt{\arctg[(T - 6) / 4] + 1,57} \cdot \sqrt{\arctg[(HF - 112) / 4] + 1,57},$$

где T – среднегодовая температура воздуха, °С; HF – показатель эффективности увлажнения, определяемый по формуле В.Р. Волобуева ($HF = 43,2 \cdot IgO_c - T$) [6];

4) интегральный показатель или индекс почвы [22]:

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

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

5) продуктивность агроландшафта, включая продуктивность сельскохозяйственных угодий и мелиорируемых земель [22]: $P = S \cdot CL$ (для естественных ценозов).

На основе предложенных интегральных критериев выполнен расчет продуктивности ландшафтов в бассейне р. Талас, который показал, что основным способом повышения этой продуктивности является комплексная мелиорация, особенно в предгорных и равнинных зонах, где она увеличива-

ет энергетический приток в почву за счет более эффективного использования приходящей суммарной солнечной радиации (табл. 6).

Таблица 6

Почвенно-экологическая оценка природной системы бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	Почвенно-экологический показатель					
		HF	CL	S	P	\bar{g}	\bar{B}
Акташ	2000	83,8	0,99	7,10	7,03	0,0025	0,04
Талас	1200	88,6	1,29	7,45	9,61	0,0020	0,03
Тараз	642	97,2	1,59	7,40	11,7	0,0015	0,01
Ойык	373	90,1	1,61	5,20	8,86	0,0000	0,01
Билик-кол	366	92,3	1,61	5,40	8,69	0,0000	0,01
Байкадам	336	85,0	1,61	5,00	8,05	0,0000	0,01
Камкалы-кол	317	93,6	0,99	5,90	5,84	0,0000	0,01
Созак	207	93,4	0,98	5,90	5,78	0,0000	0,01

Как показывают данные табл. 6, индекс почвы (S) на достаточно высоком уровне характеризует свойства ландшафта и дает лишь незначительную информацию о типе климата района. Этот пробел дополняет коэффициент (CL), характеризующий благоприятность климата для развития растительности. Биомасса (B) позволяет с большей степенью точности определить растительный опад (F) и продукцию биомасс растительности (PN), при условии, что известны химические элементы.

Биологическая продуктивность почвы (B) характеризует ежегодный прирост органического вещества в надземных и подземных сферах растительного покрова, а индекс плодородия почв (S) представляет их потенциальное плодородие, которое выражается формированием надземной части органического вещества. Поэтому их взаимосвязь может быть выражена через коэффициент (K_s), характеризующий долю надземной части органического вещества в биологической продуктивности почвы, т.е. $PN = S \cdot CL = \int (R \cdot B)$.

Выполненный для бассейна р. Талас расчет по определению затрат энергии почвообразования до и после мелиорации сельскохозяйственных земель приведен в табл. 7. Как видно из данных, приведенных в табл. 7, затраты энергии на почвообразование во многом зависят от суммарной фотосинтетически активной радиации (R , кДж/см²) и гидротермического коэффициента («индекс сухости») (\bar{R}_i), т.е. в естественных условиях их максимальное значение наблюдается в горных районах бассейна р. Талас, а на равнинных территориях их величина снижается в зависимости от годовой суммы атмосферных осадков.

Таблица 7

Затраты энергии почвообразования до и после мелиорации
сельскохозяйственных земель бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	\bar{R}_i	Затраты энергии на почвообразование (Q , кДж/см ²)		
			при \bar{R}_i	при $\bar{R} = 1,0$	ΔQ
Акташ	2000	1,31	84,40	97,69	13,29
Талас	1200	2,00	64,04	102,62	38,58
Тараз	642	2,38	61,52	106,81	45,29
Ойык	373	2,61	53,71	115,75	62,04
Билик-кол	366	2,31	59,96	113,56	53,60
Байкадам	336	4,66	19,89	113,00	93,11
Камкалы-кол	317	4,03	27,98	116,63	88,65
Созак	207	6,30	11,18	137,00	125,82

Для оценки влаго- и теплообмена в бассейне исследуемой реки использована связь водного и энергетического балансов [3]:

$$\bar{E} = E / (O_c + O_p) = \sqrt{\bar{R} \cdot th(1/\bar{R})(1 - ch \cdot \bar{R} + sh \cdot \bar{R})}; \bar{C} = \frac{\bar{C}_o + g}{O_c + O_p} = 1 - \bar{E},$$

где E – испарение с поверхности земли, мм; O_p – оросительная норма нетто, мм; \bar{C}_o – поверхностный сток, мм; g – влагообмен между почвенными и грунтовыми водами, мм; th, sh, ch – гиперболические тангенс, синус и косинус.

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 освобождаться 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 потоком инфильтрационных вод в почвенном слое; \bar{C}^* – средняя концентрация солей в системе «поверхностная вода – почва – грунтовая вода» [17, 14]:

$$\bar{A}_n = O_c / \left[\frac{R}{L} - (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \right], \bar{C}^* = \left[C_o + (1-t) \frac{R}{L} (1-\bar{\Delta}) \cdot C_z / O_c \right] / C_{дон},$$

где C_o – начальная концентрация почвенного раствора в почвенном слое; $C_{дон}$ – допустимые концентрации солей в почвенном растворе, которые соответствуют параметру незасоленных почв; C_z – концентрация солей в грунтовых водах; $(1-t)$ – время действия инфильтрации ($t = T / 365$), T – продолжительность вегетационного периода; Δ – глубина уровня грунтовых вод.

В речных бассейнах работа потока грунтовых вод (A_i) осуществляется массой жидкости (m_i) и уклоном местности (i), т.е. средней высотой любых высотных интервалов в пределах бассейна (H_i): $A_i = m \cdot g \cdot \Delta H$, где g – ускорение силы тяжести; ΔH – превышение абсолютной высоты местности ($\Delta H = H_i - H_{i-1}$).

Оценка «энергоемкости», характеризующейся эколого-мелиоративными показателями ландшафтов бассейна р. Талас, приведена в табл. 8. Как показывают данные табл. 8, работа, совершаемая в элементарном объеме потоком инфильтрационных вод, в почвенном слое (\bar{A}_n) от горных зон к равнинным 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 почв в равнинных частях бассейна р. Талас, в результате чего наблюдается ухудшение почвенно-мелиоративного состояния ландшафтов.

Таблица 8

Оценка «энергоемкости» ландшафтов бассейна р. Талас

Метеостанция	Абсолютная высота местности, м	Почвенно-экологический показатель					
		C_o	C_z	\bar{C}_n	\bar{A}_n	\bar{M}	ΔH
Акташ	2000	0,20	1,50	0,50	1,20	2,40	-
Талас	1200	0,20	1,50	0,50	1,10	2,20	800
Тараз	642	0,28	2,50	0,50	0,55	0,28	558
Ойык	373	0,28	4,50	0,50	0,10	0,05	269
Билик-кол	366	0,28	4,50	0,50	0,10	0,05	7
Байкадам	336	0,28	4,50	0,50	0,14	0,05	30
Камкалы-кол	317	0,28	4,50	0,50	0,10	0,04	19
Созак	207	0,28	6,00	0,50	0,12	0,05	110

На основе всесторонней оценки природной системы бассейна р. Талас, можно отметить, что для обеспечения устойчивости агроландшафтных систем необходимо, чтобы величина энергоотдачи при мелиоративных воздействиях снижалась, по сравнению с естественными условиями. Другими словами, эффективность использования поступающей солнечной энергии должна увеличиваться, что обусловлено повышением затрат энергии на почвообразовательный процесс.

Таким образом, на основе экологической продуктивности ландшафтов можно определить «природный капитал» речных бассейнов, т.е. природную экологическую емкость бассейна р. Талас, для разработки целостной системы комплексного обустройства водосборов.

Основными элементами природной среды, которые создают природный энергетический капитал, являются: солнечная энергия, энергетический потенциал почвы, энергия атмосферных осадков и площадь территории речных бассейнов. Солнечная энергия (E_s), играющая роль, определяющего развитие системы внешнего потока, вычислялась по формуле Г. Одума [26]: $E_s = F \cdot R$, где F – площадь территории, км²; R – среднегодовая солнечная радиация, кДж/см².

Энергия атмосферных осадков (E_{oc} , кДж/год) определена по формуле Г. Одума [15]: $E_{oc} = F \cdot O_c \cdot G$, где O_c – количество выпадающих осадков (мм/год); G – свободная химическая энергия Гиббса без учета транспирации растениями – 4,94 Дж/г или 4940 Дж/кг.

Энергетический потенциал почвы (E_n) исследуемой территории вычислялся по формуле В.М. Володина [7]: $E_n = H \cdot G_z \cdot d \cdot Q_n$, где H – запасы гумуса в почвенном слое (0...35 см); G_z – общий гумус, %; d – объёмная масса почвы, г/см³; Q_n – энергетический эквивалент гумуса, Дж/га. Энергетический потенциал стока (E_p) речных бассейнов можно определить по формуле: $E_p = W \cdot G$, где W – объем среднегодового стока реки, км³. На основе приведенных методов оценки солнечной энергии, энергии атмосферных осадков, энергетического потенциала почвы и воды, определен «природный капитал» бассейна р. Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана (табл. 9). Как видно из данных табл. 9, «природный капитал» речного бассейна в пределах Кыргызстана составляет $2002,452 \cdot 10^{11}$ кДж, а по Казахстану приходится $7797,772 \cdot 10^{11}$ кДж, т.е. в 3,5 раза больше. При этом, удельный «природный

капитал» на тыс. гектар занимаемой территории в Кыргызстане равен $0,175 \cdot 10^{11}$ кДж, а в Казахстане – $0,189 \cdot 10^{11}$ кДж, т.е. незначительно больше, за счет земельных ресурсов.

Таблица 9
Энергетические показатели функционирования речного бассейна Талас по административным границам Кыргызстана и Казахстана

Показатель	Площадь по районам, тыс. га			
	Манасский	Карабууринский	Бакайатинский	Таласский
Природные ресурсы				
R , кДж/м ²	1642000	1642000	1563000	1563000
O_c , мм	469	469	327	327
G_z , %	3...4	3...4	3...4	3...4
W , км ³	1,53			
Энергетические показатели (10^{11}, кДж)				
E_s	171,589	484,718	362,303	800,100
E_{oc}	2,42	6,84	3,74	8,27
E_n	7,94	22,43	17,62	38,90
$\sum E_s, E_{oc}, E_n$	181,949	513,988	383,663	847,270
E_p	75,582			
$\sum E_s, E_{oc}, E_n, E_p$	2002,452			
Показатель	Жамбылский	Байзакский	Сарыусуский	Таласский
Природные ресурсы				
R , кДж/м ²	1709000	1709000	1817000	1808000
O_c , мм	287	287	155	314
G_z , %	0,5...1	0,5...1	0,5...1	0,5...1
W , км ³	0,90			
Энергетические показатели (10^{11}, кДж)				
E_s	734,870	769,05	3683,059	2205,760
E_{oc}	6,096	6,380	15,521	18,924
E_n	32,680	34,200	154,052	92,720
$\sum E_s, E_{oc}, E_n$	773,646	809,630	3852,632	2317,404
E_p	44,460			
$\sum E_s, E_{oc}, E_n, E_p$	7797,772			

Однако энергетический потенциал речного стока на территории Кыргызстана составляет $75,582 \cdot 10^{11}$ кДж, а в Казахстане – $44,460 \cdot 10^{11}$ кДж, т.е. в

1,7 раза меньше, что показывает достаточно высокую возможность Кыргызстана оказывать экологические услуги для вообеспеченности Казахстана.

Таким образом, бассейн р. Талас имеет достаточно высокий «природный капитал» и при эффективном его использовании можно создать экологические и экономические устойчивые агроландшафтные системы, обеспечивающие продовольственную безопасность региона при соблюдении компенсирующих принципов природных и природно-техногенных экологических услуг.

При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на водоемы и водотоки [24].

Косвенное, площадное, воздействие на водные объекты проявляется в виде антропогенных нагрузок на водосборе, связанных с засолением территории, хозяйственной деятельностью жителей, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики. Показатели, характеризующие указанные факторы, использованы для зонирования (ранжирования) территории бассейна р. Талас по степени антропогенной нагрузки. В качестве основных (базовых) применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объем производимой в регионе промышленной продукции в тыс. долларов, приходящейся на 1 км²) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов КРС на 1 км²). Расчеты проводились с государственной привязкой в границах бассейна р. Талас.

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий – демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Сельскохозяйственная нагрузка рассчитывалась как среднеарифметическое значение балльных оценок интенсивности земледельческой (распаханность) и животноводческой нагрузок. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографических, промышленных и сельскохозяйственных нагрузок, в основе, которых положена методика А.Г. Исаченко [13].

Оценка водного стресса (термин «water stress») широко используется при характеристике водно-экологических ситуаций в бассейнах рек. Водный стресс определяется отношением водозабора из водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10 %, то водного стресса нет, если от 10 до 20 %, то существует слабая нехватка воды, если 20...40 % – то умеренная нехватка, превышение 40 % означает высокий уровень нехватки воды (водный стресс) [10].

По степени совокупной антропогенной нагрузки в пределах бассейна р. Талас выделены участки с пониженной и повышенной интенсивностью воздействия (табл. 10).

Таблица 10

Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию трансграничного бассейна р. Талас

Показатель	Государство		Бассейн р. Талас
	КР	РК	
Общая площадь, тыс. км ²	11,43	41,27	52,70
Население, тыс. чел.	206,6	545,8	752,0
Плотность населения, чел/км ²	13,08	13,22	14,27
Площадь орошаемых земель, тыс. га	115,0	63,0	178,0
Распаханность, %	11,95	1,76	3,98
Животноводство, тыс. голов	407,6	2676,6	3084,2
Животноводческая нагрузка, усл. гол/км ²	35,66	64,86	58,52
Промышленная продукция, тыс. дол.	3,00	1078030,2	1078033,2
Плотность промышленного производства, тыс. дол/км ²	0,00026	36,12	20,46
Располагаемые водные ресурсы, км ³	1,74	0,092	1,832
Удельная водообеспеченность на одного жителя, тыс. м ³ /чел	8,422	0,168	2,436

Высокая антропогенная нагрузка (7 баллов) наблюдается в пределах Кыргызской Республики, где плотность населения составляет 13,08 чел/км², плотность промышленного производства – 0,00026 дол/км². Территория характеризуется наибольшей для рассматриваемых трансграничных бассейнов сельскохозяйственной освоенностью с уровнем распашки около 1,74 %, высоким уровнем животноводческой нагрузки – 35,66 усл. гол. на 1 км².

Повышенная антропогенная нагрузка (6 баллов) наблюдается только в пределах территории Жамбылской области Республики Казахстан. Это наиболее плотно заселенная и сельскохозяйственно освоенная часть бассейна р. Талас, где плотность населения равна 13,22 чел/км², а промышленного производства – 36,12 тыс. дол/км², уровень распашки – 1,76 %. На данном участке невысокий уровень животноводческой нагрузки – 64,86 усл. гол/км².

Оценка водообеспеченности, выполненная в бассейне р. Талас, показала, что в соответствии с классификацией по удельной водообеспеченности на одного жителя, в средние по водности годы средняя водообеспеченность очень низкая (2,436 тыс. м³/чел). В настоящее время удельная водообеспеченность на одного жителя РК составляет 8,422 тыс. м³/чел, на одного жителя КР – 0,168 тыс. м³/чел. Поэтому здесь стоят наиболее ост-

рые проблемы водообеспечения, особенно в маловодные годы, что является фактором возникновения «водных стрессов» исследуемого бассейна.

В пределах бассейна р. Талас на территории Кыргызской Республики ежегодно забирается более 0,916 км³ воды из поверхностных источников и водный стресс составляет 2,0 %, что соответствует высокой степени обеспеченности водой.

В Жамбылской области Республики Казахстан водозабор из р. Талас составляет 0,916 км³, а водный стресс – более 12 %, что характеризует слабую нехватку воды. В этом случае водный стресс оценивается как умеренный, а вода, как ресурс, рассматривается с позиции фактора, ограничивающего развитие территории.

Проблема вододеления в бассейне трансграничной р. Талас усугубляется водно-экологическими характеристиками объектов водоснабжения (в частности, качеством речной воды), тем самым усиливая остроту сложившейся водохозяйственной ситуации на приграничных территориях.

Сброс сточных вод осуществляется на территории Кыргызской Республики и составляет около 0,255 км³ в год. В связи с этим, качество воды р. Талас в зависимости от водности изменяется в пределах от «чистого» в верховьях, до «умеренно загрязненного» и «загрязненного» в среднем течении и низовьях соответственно.

Острота водохозяйственных проблем в этом трансграничном бассейне требует принятия ряда решений на межгосударственном и государственном уровнях, направленных на регулирование отношений в сфере природопользования.

Заключение и рекомендации. Исследование потоков энергии ландшафтных систем в бассейне трансграничной р. Талас с учетом ее качества дает реальную оценку веса отдельных составляющих суммарного потока энергии «природного капитала» и определяет наличие энергетических ресурсов для оказания экологических услуг с целью создания высокоэффективных агроландшафтных систем.

Проведенные исследования показывают структуру поступающих потоков энергии, дают объективную картину соотношения различных видов энергий, и позволяют оценить уровень экспорта экологических услуг между территориями в рамках административного деления, которые могут быть использованы при комплексном обустройстве речных бассейнов.

Полученные результаты позволяют оценить реальное состояние энергетических ресурсов бассейна р. Талас как в естественном состоянии, так и под воздействием антропогенных факторов, и могут быть использованы в работах по рационализации структуры потоков энергии при сбалансированном

использовании природно-ресурсного потенциала региона для конструирования высокоэффективных агроландшафтных систем.

Таким образом, эффективное использование энергетических ресурсов при комплексном обустройстве бассейна р. Талас с экологической и экономической точек зрения возможно, если оно способствует поддержанию экологической, экономической и социальной устойчивости с ее структурно-функциональными особенностями потоков энергии. Поэтому дальнейшее изучение пространственно-временной динамики параметров энергетического потенциала является актуальным, как с научной, так и с практической стороны и должно способствовать регламентации антропогенного воздействия и экологических услуг с учетом естественного и стабильного состояния экосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдаров И.П. Комплексное обустройство земель. – М.: МГПУ, 2007. – 208 с.
2. Брудастов А.Д. Осушение минеральных и болотных земель. – М.: Сельхозгиз, 1934. – 433 с.
3. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 470 с.
4. Вернадский В.И. Об участии живого вещества в создании почв. Труды по биологии и геохимии почв. (Б-ка тр. Акад. В.И. Вернадского) – М.: Наука, 1992. – 415 с.
5. Виноградов Б.В. Развитие концепции опустынивания // Известия РАН, серия географическая. – 1997. – №5. – С. 95-105.
6. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 120 с.
7. Володин В.М. К вопросу о производительности почвы. // Научн. Тех. бюл. ВНИИЗиЗПЭ. – 1986. – №3. – С. 3-11.
8. Глазовская М.А. Принципы классификации природных геосистем по устойчивости к техногенезу и прогнозное ландшафтно геохимическое районирование // Устойчивость геосистем. – М.: Наука, 1983. – С. 61-78.
9. Голованов А.И., Сухарев Ю.И., Шабанов В.В. Комплексное обустройство территорий – дальнейший этап мелиорации земель // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. – №2. – С. 25-31.
10. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты // Институт водных проблем РАН. – М.: Наука, 2006. – 221 с.
11. Добрачев Ю.П. Теория и технология управления орошением на основе эколого-физиологических моделей: Автореф. Дис. ... докт. техн. наук /

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – М., 1998. – 55 с.
12. Исаченко А.Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем // Известия РАН, серия географическая. – 1990. – № 5. – С. 5-17
 13. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, 1980. – 264 с.
 14. Количественные методы в мелиорации засоленных земель // Под ред. В.М. Боровского. – Алма-Ата: Наука, 1974. – 274 с.
 15. Корытный Л.М. Бассейновый подход в географии // География и природные ресурсы. – 1991. – №1. – С. 161-166.
 16. Матрынов А.С., Тишков А.А. Россия на международном рынке экосистемных услуг // Биологические ресурсы и устойчивое развитие: Матер. Междунар. конф., Институт общих проблем биологии РАН, 29-30 октября 2001. – Пущино, 2001. – С. 60-63.
 17. Мустафаев Ж.С. Методологические и экологические принципы мелиорации сельскохозяйственных земель. – Тараз, 2004. – 306 с.
 18. Мустафаев Ж.С., Рябцев А.Д., Адильбектеги Г.А. Методологические основы оценки устойчивости и стабильности ландшафтов. – Тараз, 2007. – 218 с.
 19. Мустафаев К.Ж. Экологические услуги в речных бассейнах. – Тараз, 2015. – 146 с.
 20. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / Под ред. Л.В. Кирейчевой. – М.: ВНИИА, 2010. – 240 с.
 21. Польшов Б.Б. Учение о ландшафтах / Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – С. 492-511.
 22. Природы моделей и модель природы / Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Мысль, 1986. – 270 с.
 23. Реймерс Н.Ф. Экология: теория, законы, правила, принципы и гипотезы. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
 24. Стоящева Н.В., Рыбкина И.Д. Трансграничные проблемы природопользования в бассейне Иртыша // География и природные ресурсы. – 2013. – №1. – С. 26-32.
 25. Хафизов А.Р., Кутляров Д.Н. Комплексное обустройство степных водосборов Республики Башкортостан. – Уфа: Изд-во БГАУ, 2009. – 96 с.
 26. Odum H.T. Environmental Accounting, EMERGY and Environmental Decision Making. – N.Y.: JohnWiley&Sons. – 1996. – 370 p.

Поступила 17.05.2016

Техн. ғылымд. докторы
Техн. ғылымд. докторы

Ж.С. Мустафаев
А.Т. Козыкеева
Н.А. Турсынбаев

КЕШЕНДІ ҮЙЛЕСТІРУ КЕЗІНДЕГІ ТАЛАС ӨЗЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЛЫПТАСУЫ ЖӘНЕ ҚЫЗМЕТІ

Түйін сөздер: табиғат, экология, қызмет көрсету, бағалау, экожүйе, өзен, бассейн, ландшафт, топырақ, өсімдіктер, процесс

«Казгидромет» және «Кыргызгидромет» мекемелерінің мәліметтерін жүйелеу және жүйелік талдаудың негізінде кешенді үйлестіру үшін Талас өзенінің экологиялық жүйесінің қалыптасуы және қызметін бағалау мақсатында, оның табиғи-климаттық әлеуттігі және «табиғи іргелігі» анықталған.

ZH.S Mustafayev, A.T. Kozykееva, N.A. Tursynbaev

FORMATION AND FUNCTIONING OF THE TALAS RIVER ECO- SYSTEM WITH ITS COMPLEX ARRANGEMENT

Keywords: nature, ecology, service, assessment, ecosystem, river, swimming pool, landscape, soil, plants, process

Based on the systematization and analysis of RSE «Kazgidromet» and Kyrgyzhydromet materials and to evaluate the hydrogeological regime of formation and functioning of the Talas ecosystem basin was defined natural and climatic potential and the «natural capital» for the purpose of comprehensive development of the study region.