УДК 502/504 : 631.6

Ж. С. МУСТАФАЕВ, А. Т. КОЗЫКЕЕВА, Ж. Е. ЕСКЕРМЕСОВ
Таразский государственный университет имени М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

ОЦЕНКА ТЕХНОСФЕРНОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ В НИЗОВЬЯХ РЕКИ СЫРДАРЬИ

Бассейн реки Сырдарьи представляет собой природно-хозяйственную систему, где взаимосвязаны природные, экономические и социально-демографические процессы, определяющие совокупную антропогенную нагрузку природной системы. Для оценки техногенной нагрузки предложено методологическое обеспечение, которое апробировано в низовьях бассейна реки Сырдарьи, с использованием информационно-аналитических материалов службы государственной статистики по Кызылординской области, Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан и Арало-Сырдарьинского бассейнового водохозяйственного управления. Показано, что антропогенная деятельность в низовьях реки Сырдарьи явилась одной из основных причин деградации природных компонентов из-за преобладания потребительского неконтролируемого использования ресурсов и отсутствия методов экологической оценки состояния природных систем. Обобщен многолетний опыт системы земледелия, результаты теоретических и производственных исследований и разработанных на их основе методов оценки возможных изменений природных процессов. На основе анализа показателей хозяйственного использования территории бассейна в низовьях реки Сырдарьи проведена оценка антропогенной нагрузки на ландшафтную систему и выделено четыре группы интенсивности от низкой (4 балла) до очень высокой (8 баллов).Отмечается, что по в результате антропогенной деятельности территория Кызылординской области находится в достаточно высокой геоэкологической нагрузке,то есть бассейн в низовьях реки Сырдарьи относится к регионам с высокими техногенными нагрузками. Выполненное эколого-экономическое районирование территории,на основе оценки техногенной нагрузки в результате антропогенной деятельности может послужить основой для разработки ряда мероприятий, направленных на решение водохозяйственных проблем в бассейне трансграничной реки Сырдарьи.

Техносферное состояние, бассейн реки Сырдарьи, антропогенная деятельность, оценка.

The Syrdarya river basin is a natural-economic system where natural,economic and social-demographic processes are interconnected and define a total anthropogenic load of the natural system. For evaluation of the anthropogenic load there is proposed a methodological provision which was approved in downstream of the Syrdarya river basin using information-analytical material of the Kyzylorda regional state statistic service,Water resources committee of the Ministry of agriculture and Aral-Syrdarya basin water-economic administration. It is shown that the anthropogenic activity in the Lower Syrdarya was one of the main causes of degradation of natural components due to the consumptive uncontrolled use of resources and absence of methods of ecological assessment of the state of natural systems. The long-term experience was generalized concerning the system of farming,results of theoretical and industrial researches and methods of possible changes of natural processes developed on their basis. On the basis of the analysis of indicators of the economic usage of the basin area in the low reaches of the Syrdarya there was made an evaluation of the anthropogenic load on the landscape system and were singled out four groups of intensity from the low one (4balls) up to a very high (8 balls). indicators of household utilization of Syrdarya river downstream,and four groups were marked out based on the intensity – from low (4 points) to very high (8 points). It is stated that as a result of the anthropogenic activity the area of the Kyzylorda area is in a quite high geoecological loading that is the Lower Syrdarya river basin is referred to the regions with high anthropogenic loadings. Fulfillment of ecological – economic division of the territory into districts based on the assessment of the anthropogenic load as a result of the anthropogenic activity may serve the basis for development of a number of measures directed to the solution of water economic problems in the basin of the transboundary Syrdarya river.

Technosphere state, the Syrdarya river basin, anthropogenic activity, assessment.

В настоящее время в бассейне реки Сырдарьи сложилась катастрофическая водно-экологическая обстановка, что объясняется, прежде всего, его трансграничным положением, а также приуроченностью нижней части бассейна к засушливым внутриконтинентальным районам, где река почти не принимает притоков. Усугубляет ситуацию то, что именно на этих участках в пределах Казахстана река Сырдарья является основной водной артерией и источником водообеспечения населения и различных отраслей хозяйства, к ее долине тяготеют основные ареалы заселенности, а также промышленной и сельскохозяйственной освоенности. Нерациональная хозяйственная деятельность на водосборе, включая использование водных ресурсов, также оказывает большое влияние на экологическое состояние бассейново-речной системы в низовьях реки Сырдарьи [1].

Цель исследования заключалась в том, чтобы на основе анализа систем природопользования в низовьях бассейна реки Сырдарьи провести оценку уровня совокупной техногенной нагрузки для эколого-экономического районирования территории Кызылординской области.

Антропогенная деятельность в низовьях реки Сырдарьи явилась одной из основных причин деградации природных компонентов из-за преобладания потребительского неконтролируемого использования ресурсов и отсутствия методов экологической оценки состояния природных систем [1–3].

С целью определения уровня техногенных нарушений природных систем выполнен ретроспективный анализ развития орошаемого земледелия в низовьях реки Сырдарьи. Такой анализ необходим, во-первых, для установления основных противоречий между производительной деятельностью и природной средой, приведших к современному экологическому кризису и деградации, и, во-вторых, для разработки концепции и стратегии реконструкции систем на техногенно-нарушенных природных комплексах и определения путей выхода из создавшегося экологического кризиса в низовьях реки Сырдарьи.

В настоящее время методы эквивалентного сопоставления разнородных показателей применяются для оценки технического уровня проектных решений в мелиоративной науке [3]. Поэтому, для оценки уровня техногенного нарушения агроландшафтов, можно использовать показатели, характеризующие отношения использования природных ресурсов и изменения их компонентов в системе природопользования [3]:

при агротехническом освоении территории $K_f = F_i/F$, где K_f – показатель освоенности территории; F_i – площадь освоенной территории, га; F – площадь природных или полуприродных экосистем, га;

при мелиорации сельскохозяйственных земель $K_o = (O_p^ф - O_p^n) / O_p^n$, где K_o – показатель использования водных ресурсов на массивах орошения; $O_p^ф$ – фактическая оросительная норма или удельный водозабор, м³/га; O_p^n – почвенно-экологическая допустимая норма орошения, обеспечивающая оптимальное соотношение тепла и влаги в конкретных природно-климатических зонах, м³/га;

при использовании водных ресурсов $K_b = (Q_b - Q_c - Q_p) / Q_b$, где Q_b – располагаемые водные ресурсы бассейна рек, км³ или м³/с; Q_c – санитарный попуск, обеспечивающий экологическую устойчивость в низовьях бассейнов рек, км³ или м³/с; Q_p – объем водозабора для нужды промышленных предприятий и сельскохозяйственных организаций, км³ или м³/с;

при оценке изменений гидрохимического режима воды $K_c = (C_i - C_e) / C_e$, где K_c – показатель качества воды водоисточника; C_e – естественная минерализация воды рек до антропогенной деятельности человека, г/л; C_i – минерализация воды рек, в процессе антропогенной деятельности человека, г/л.

при сбросе в водоисточник возвратных вод $K_d = Q_{dp} / Q_b$, где Q_{dp} – коллекторно-дренажные и сточные воды, км³ или м³/с.

при оценке гидрохимического режима орошаемых земель $K_s = F_s / F_i$, где K_s – показатель освоения малопродуктивных земель; F_s – площадь малопродуктивных засоленных земель, га.

Для демонстративного расчета показателей уровня техногенного нарушения агроландшафтов выполнен анализ использования природных ресурсов бассейна реки Сырдарьи (таблица 1) [1–3].

Таблица 1

Динамика использования природных ресурсов и их влияние на компоненты природной системы в низовьях реки Сырдарьи

Годы	Площадь, тыс. га		Площадь засоленных земель, тыс. га		Удельный водозабор, тыс. м³/га		Минерализация оросительной воды, г/л	
	F	K_f	F_s	K_s	O_p	K_{op}	C	K_c
1910	21,0	0,05	–	–	4,0	0,0	0,40	1,00
1920	25,5	0,06	–	–	4,5	0,0	0,40	1,00
1930	31,0	0,08	–	–	5,3	0,0	0,45	1,10
1940	35,0	0,09	–	–	6,0	0,0	0,50	1,25
1950	45,0	0,11	–	–	7,2	0,0	1,00	2,50
1960	103,0	0,26	12,2	0,12	8,2	0,1	1,50	3,75
1970	157,0	0,39	37,4	0,23	44,6	4,6	1,75	4,37
1980	447,1	1,11	283,8	0,63	25,4	2,2	1,80	4,50
1990	610,0	1.22	385,0	0,63	21,6	1,7	2,10	5,25

Как видно из таблицы 1, в XX веке игнорирование законов природы и природного процесса привело к несоответствию характера развития производительных сил к характеру природоохранных отношений в низовьях реки Сырдарьи. Таким образом, показатель, характеризующий темпы использования природных ресурсов в определенной степени дает возможность определить степень изменения природной системы, тогда приближенные значения коэффициента, характеризующего уровень техногенного нарушения агроландшафтов, можно определить по формуле:

$$K_m = \sum_{i=1}^{n} K_i / n,$$

где n – количество компонентов природной системы, принятых для определения уровня техногенных нарушений природных систем; K_i – коэффициент, характеризующий уровень использования компонентов природной системы, то есть $K_i = K_f = K_s = K_c = K_{op}$.

Для оценки уровня техногенного нарушения природной системы можно использовать обобщенный показатель, который определяется по формуле [3–4]:

$$K_{кт} = 1 - \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} K_i^i},$$

где $K_i^i = \exp(-K_i)$ – относительное значение уровня техногенных нарушений природного объекта.

Для анализа оценки техногенного нарушения компонентов локальных экосистем в низовьях реки Сырдарьи приводятся данные о почвенно-экологических и почвенно-мелиоративных условиях двух наиболее типичных массивов орошения (таблица 2), расположенных в долине реки Сырдарьи: Казалинский на правом берегу в пределах аллювиальной равнины, Тогускенский на левом берегу в пределах аллювиальной равнины. Как видно из таблиц 1 и 2, в результате широкомасштабного освоения орошаемых земель в низовьях реки Сырдарьи, в том числе засоленных, потребовало внедрение промывного режима орошения для управления и регулирования водно-солевым режимом почв и расширения посевов риса. В результате возросло водопотребление, усугубился до крайности экологический кризис, что привело к техногенному нарушению компонентов агроландшафтов.

Таблица 2

Оценка техногенно-нарушенных агроландшафтов в низовьях реки Сырдарьи

Показатели	Казалинский		Тогускенский	
	1960	2010	1960	2010
Параметры компонентов агроландшафта				
Площадь пашни, тыс. га	637,5		357,0	
Площади массивов орошения, тыс. га	14,8	37,1	22,9	32,0
Экологическая норма орошения O^n_p, мм	800		800	
Минерализация оросительной воды, г/л	1,0	2,2	1,0	2,0
Гидротермический показатель R	6,78	0,42	7,70	0,45
Фактическая оросительная норма $O^ф_p$, мм	2110	2610	2470	2610
Показатели техногенных нагрузок на агроландшафт				
$K_f = F_i/F$	0,05	0,06	0,09	0,11
$K_o = (O^ф_p - O^n_p)/O^n_p$	1,63	2,26	2,09	2,26
$K_c = (C_i - C_e)/C_e$	2,0	4,4	2,0	4,4
$K_s = F_s/F_i$	0,48	0,61	0,66	0,76
$K_{кт}$	0,88	0,98	0,91	0,98

Изменение гидротермического режима агроландшафтов с 3,0...5,0 (естественный режим) до 0,42...0,63 резко изменило потоки воды и солей в почве и в подстилающих грунтах, что предопределило направленность почвообразовательного процесса.

При оценке антропогенной нагрузки учитывались две группы показателей: прямого (непосредственного) и косвенного (опосредованного) воздействия на низовья бассейна реки Сырдарьи. Косвенное, площадное воздействия на бассейн реки проявлялось в виде антропогенных нагрузок на ландшафтные системы, связанных с заселением территории, хозяйственной деятельностью жителей, промышленной или сельскохозяйственной специализацией экономики [6].

В качестве основных (базовых) показателей применялись: плотность населения на водосборной территории, плотность промышленного производства (объем производимой в регионе промышленной продукции в тыс. долларах, приходящийся на 1 км^2) и сельскохозяйственная освоенность, включающая распаханность (%) и животноводческую нагрузку (количество условных голов на 1 км^2). Расчеты проводились с административной привязкой в границах Кызылординской области в разрезе районов.

Используемые показатели группировались по видам антропогенных воздействий – демографических, промышленных и сельскохозяйственных. Сельскохозяйственная нагрузка получена как среднеарифметическое значение балльных оценок интенсивности земледельческой (распаханность) и животноводческой нагрузок. Совокупная антропогенная нагрузка определялась как среднеарифметическое значение баллов демографической, промышленной и сельскохозяйственной нагрузок. Для каждого из показателей принята восьми балльная условная шкала интенсивности антропогенной нагрузки, в основу которой положена методика А. Г. Исаченко [7].

Таким образом, прогноз возможных изменений природных процессов на агроландшафтах на перспективу, при сохранении существующей системы земельных отношений, сельскохозяйственной и мелиоративной деятельности в низовьях реки Сырдарьи есть специфически аргументированная информация о будущем. Содержание и степень реальности такой информации определяется обобщением многолетнего опыта системы земледелия, результатами теоретических и производственных исследований и разработанными на их основе методами оценки возможных изменений природных процессов.

Информационно-аналитические материалы для оценки техногенной нагрузки ландшафтных систем в низовьях реки Сырдарьи, то есть Кызылординской области в разрезе районов приведены в таблице 3 [8].

Таблица 3

Социально-экономические показатели Кызылординской области

Администра-тивный район	Площадь, тыс. км^2	Насел-ение, тыс. чел	Валовая продукция, тыс. доллар	Площадь орошаемых земель, тыс. га	Животно-водство, голов
Аральский	55,20	73,6	35087	0,2	179477
Жалагашский	22,90	36,4	10780	30,5	84090
Жанакорганский	15,40	75,7	76227	29,3	252115
Казалинский	37,60	112,1	40000	19,1	138756
Кармакшинский	31,00	52,2	21913	21,4	80043
Сырдарьинский	31,50	285,9	68818087	39,0	78507
Шиелийский	32,40	77,0	112087	24,0	146866

Как видно из таблицы 3, кроме Сырдарьинского района валовые продукции формируются за счет деятельности аграрного сектора и, следовательно, во многом зависят от продуктивности сельскохозяйственных культур и их площади, которые занимают в сельскохозяйственном обороте. На основе информационно-аналитических социально-экономических данных Кызылординской области в разрезе административных районов (таблица 3) определены техногенные нагрузки в результате антропогенной деятельности (таблица 4).

На основе системного анализа данных, приведенных в таблице 4, по уровню совокупной антропогенной нагрузки на территорию трансграничного бассейна в низовьях реки Сырдарьи выделено четыре ее группы интенсивности: от низкой – 4 балла, до очень высокой – 8 баллов.

Низкая антропогенная нагрузка (4 балла) наблюдается на территории Аральского района Кызылординской области, где плотность населения равна 1,1333 чел./км^2, плотность промышленного производства – 0,6356 тыс. долл./км^2. Территория характеризуется наименьшей для рассматриваемых трансграничных бассейнов сельскохозяйственной освоенностью с уровнем распашки 0,0035 % и животноводческой нагрузкой около 3,251 условных голов на км^2.

Таблица 4

Оценка антропогенной (техногенной) нагрузки на территории Кызылординской области (в низовьях реки Сырдарьи)

Администра-тивный район	Показатели техногенной нагрузки				Оценка
	Плотность населения, чел./км^2	Плотность промышленного производства, тыс. долл./км^2	Распахан-ность, %	Плотность животноводства, голов/км^2	
Аральский	1,1333	0,6356	0,0035	3,251	низкая
Жалагашский	1,5895	0,4707	0,1332	3,572	средная
Жанакорганский	4,3156	4,9498	0,1903	15,371	высокая
Казалинский	2,3814	1,0638	0,0508	4,476	высокая
Кармакшинский	1,5838	0,7068	0,0690	2,582	средная
Сырдарьинский	9,0792	2184,7012	0,1238	2,492	очень высокая
Шиелийский	2,3765	3,4595	0,0740	4,533	высокая

Средняя антропогенная нагрузка (5 баллов) характерна для самой многочисленной группы, в которую вошли Жалагашский и Кармакшинский район, где плотность населения составляет 1,5838...1,5895 чел./км^2, плотность промышленного производства изменяется от 0,4707 до 0,7068 тыс. долл./км^2, уровень распашки – от 0,0690 до 0,1332 %, животноводческая нагрузка – от 2,582 до 3,572 условных голов/км^2.

Высокая антропогенная нагрузка (7 баллов) наблюдается в пределах Жанакорганского, Казалинского и Шиелийского района. Это наиболее плотно заселенная и сельскохозяйственная освоенная часть бассейна в низовьях реки Сырдарьи, где плотность населения находится в диапазоне от 2,3814 до 4,3156 чел./км^2, плотность промышленного производства – 1,0638...4,9498 тыс. долл./км^2, уровень распашки от 0,0508 до 0,1903 %, то есть на данном участке достигают максимума, высокий уровень животноводческой нагрузки – от 4,476 до 15,371 условных голов/км^2.

Очень высокая антропогенная нагрузка (8 баллов) наблюдается только в пределах Сырдарьинского района, где расположен город Кызылорда. Это наиболее плотно заселенная и промышленно освоенная часть области с плотностью населения – 9,0792 чел./км^2, плотностью промышленного производства – 2184,7012 тыс. долл./км^2, уровень распашки – 0,1238 %, высоким уровнем животноводческой нагрузки – 2,492 условных голов/км^2.

На основе систематизации природопользования и показателей совокупной антропогенной нагрузки составлена картосхема эколого-техногенного районирования бассейна в низовьях реки Сырдарьи (рисунок).

Эколого-техногенное районирование бассейна в низовьях реки Сырдарьи на территории Кызылординской области (цифрами указан балл антропогенной нагрузки)

В целом, геоэкологическая нагрузка в результате антропогенной деятельности территория Кызылординской области достаточно высокая, то есть бассейн в низовьях реки Сырдарьи относится к регионам с высокими техногенными нагрузками.

Для бассейна трансграничной реки Сырдарьи характерно возникновение дефицита воды, как на локальном, так и региональном уровнях и высокая степень ее загрязнения. Совокупная антропогенная нагрузка на территорию бассейна реки Сырдарьи увеличивается вниз по течению рек, достигая наибольших величин в регионах Кызылординской области.

В связи со сложившимися системами природопользования с преимущественным развитием агропромышленного комплекса в верховьях и в среднем течении реки Сырдарьи проблема загрязнения воды наиболее всего проявляются в средней части бассейна (в основном за счет сброса высоко минерализованных коллекторно-дренажных вод).

Заключение и рекомендации

Выполненное эколого-экономическое районирование территории на основе оценки техногенной нагрузки в результате антропогенной деятельности может послужить основой для разработки ряда мероприятий, направленных на решение водохозяйственных проблем в бассейне трансграничной реки Сырдарьи.

1. **Хачатурьян В. Х.** Концепция улучшения экологической и мелиоративной ситуации в бассейне Аральского моря // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – № 12. – С. 5–12.

2. **Решеткина Н. М., Икрамов Р. К.** Борьба с засолением земель и экологический кризис в Приаралье // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 1. – С. 33–36.

3. Оценка уровня техногенных нагрузок на природную систему в низовьях реки Сырдарьи / Ж. С. Мустафаев [и др.] // Вестник ТарГУ: Природопользование и проблемы антросферы. – 2001. – № 4(4). – С. 107–11.

4. **Щедрин В. Н., Гузыкин Д. С.** Эколого-экономические аспекты обоснования мелиорации // Мелиорация и водное хозяйство. – 1993. – № 2. – С. 9–11.

5. **Джени К.** Средние величины. – М.: Статистика, 1990. – 532 с.

6. **Стоящева Н. В., Рыбкина И. Д.** Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию и водные объекты трансграничного бассейна р. Иртыш // Ползуновский вестник. – 2011. – № 4–2. – С. 98–102.

7. **Исаченко А. Г.** Экологическая география России. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2001. – 8 с.

8. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Казахстана (статический сборник). – Астана, 2010. – 238 с.

Материал поступил в редакцию 16.06.2014.

Мустафаев Жумахан Сулейменович, *профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Мелиорация и агрономия»,*
E-mail: z-mustafa@rambler.ru
Козыкеева Алия Тобажановна, *доктор технических наук, профессор кафедры «Мелиорация и агрономия»*
Ескермесов Жандос Елеукенович, *докторант*