



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i04.185>

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОЗЁР ДЕЛЬТЫ АМУДАРЬИ В УСЛОВИЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД

Календерова К.Т.

докторант Каракалпакского государственного университета

Аннотация. В статье рассматриваются гидроэкологические особенности озёр дельты Амударьи, формирующихся в условиях деградации Аральского моря и значительного влияния коллекторно-дренажных вод. Цель исследования заключается в оценке устойчивости озёрных экосистем на основе анализа гидрологического режима, гидрохимического состава воды и антропогенных факторов воздействия. В качестве объектов исследования выбраны озёра Судочье и Жылтырбас, являющиеся крупнейшими водоёмами Южного Приаралья. Проведён анализ динамики минерализации воды за последние десятилетия, а также предложен гидроэкологический индекс устойчивости экосистем. Результаты исследования показывают устойчивую тенденцию роста минерализации озёрных вод, что связано с увеличением доли дренажных вод в водном балансе водоёмов. Установлено, что изменение гидрохимического режима оказывает значительное влияние на структуру водных биоценозов и экологическую устойчивость озёрных экосистем.

Ключевые слова: дельта Амударьи, озёра Приаралья, коллекторно-дренажные воды, минерализация, гидроэкология, устойчивость экосистем.

Введение. Антропогенное воздействие на природу в Южном Приаралье к катастрофическим последствиям, резко изменившим экологическую обстановку в регионе. В силу масштабов катастрофы проблема Арала из региональной превратилось в глобальную проблему нашего времени.

Как известно, одной из основных причин нарушения природного равновесия в Центральной Азии является качественное и количественное истощение водных ресурсов, а также их загрязнение и нарастающий дефицит воды. Наиболее ярким проявлением данного процесса стала экологическая катастрофа Аральского моря. Интенсивное использование вод рек Амударьи и Сырдарьи для нужд ирригации привело к резкому сокращению притока воды в Аральское море, что нарушило его естественный водный баланс. В результате этого уровень воды в море значительно снизился, произошло уменьшение площади акватории, а минерализация воды резко возросла. Деградация водных ресурсов бассейна Арала привела не только к изменению гидрологического режима водоёма, но и к ухудшению экологического состояния всего

региона Приаралья, что проявилось в опустынивании территории, ухудшении качества окружающей среды и социально-экономических проблемах населения.

С начала 1960-х годов Аральское море переживает одну из крупнейших антропогенных экологических трансформаций в мире. До 1960 года уровень водной поверхности моря сохранялся относительно стабильным и составлял около 53,4 м над уровнем Балтийского моря, а площадь акватории достигала 68–69 тыс. км². Однако интенсивное развитие ирригационного земледелия в бассейнах рек Амударья и Сырдарья привело к резкому сокращению притока речных вод в море. В результате уже к 1980 году уровень воды снизился примерно на 7 м, а к 1990 году достиг 38 м. В последующие десятилетия процесс деградации продолжился, и к началу XXI века уровень моря уменьшился более чем на 25–29 м по сравнению с естественным состоянием. Основным фактором этого процесса стало нарушение водного баланса: объём речного притока оказался значительно меньше суммарных потерь воды на испарение. В результате произошло не только падение уровня воды, но и резкое сокращение площади акватории (более чем на 80 %) и увеличение минерализации воды. Деградация гидрологического режима привела к разделению водоёма на несколько изолированных бассейнов — Северный и Южный Арал, что существенно изменило гидроэкологическое состояние региона и привело к трансформации природных экосистем Приаралья.

В результате интенсивности процессов выветривания с осушенного дна Арала непрерывно происходит пыле-солеперенос и выпадение этих частиц в окружающую среду, нанося тем самым значительный ущерб народному хозяйству и, и прежде всего, здоровью людей. Как показали исследования, вынос ветром пыли и солей с солончаков происходит в течение года многократно. В составе выпадающих аэрозолей преобладают сульфатные и хлоридные соли магния, кальция, натрия.

Необратимый процесс высыхания моря и его отрицательные последствия, безусловно, приводят к природно – климатическим, социально-экономическим и, в основном, экологическим изменениям в данном регионе.

Увлажняющий эффект действия моря на окружающую среду ежегодно уменьшается в значительной степени. Постепенно исчезает теплое влияние моря зимой и охлаждающее-летом. Сокращение акватории моря приводит к уменьшению испарения, однако повышение температуры воды вызывает рост интенсивности испарения.

Атмосферный воздух является важным компонентом природной среды. Его загрязнение отрицательно влияет не только на здоровье человека, но также и на металлические конструкции, сооружения, линии электропередачи, состояние лесных насаждений, урожайность культурных и дикорастущих растений. Так высохло более 30 больших и 50 малых озер общей площадью 100-150 тысяч гектаров, в 60 раз сократились тростниковые заросли, 70-тугайные массивы, погибло около 115-120 тысяч гектаров солодки голой, несколько сотен тысяч гектаров других видов сенокосно-пастбищных площадей. Исчезло несколько видов кормовых, лекарственных и дикорастущих культур.

До 1992 года в дельте Амударьи ежегодно добывалось около 10-15 тысяч шкурок ондатры, сейчас этот показатель практически равен нулю. Полностью исчезли норка и нутрия. Сокращается количество диких влаголюбивых видов млекопитающих и водных птиц, рыб промышленного значения. На смену влаголюбивым видам флоры и фауны приходят их разновидности, устойчивые к сухому климату пустынных зон. Растет количество многих видов псаммофильных грызунов, представляющих паразитов-клопов, блох являющихся основными переносчиками эпизотических болезней.

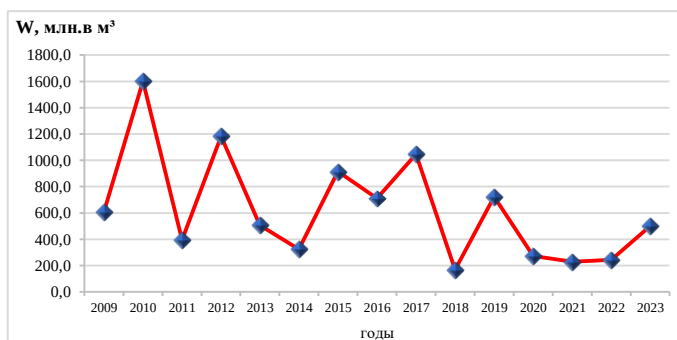
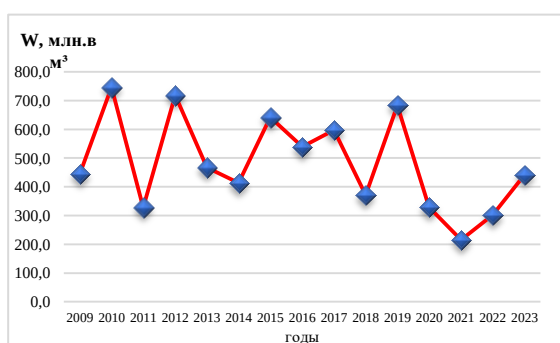
В современных условиях важную роль в поддержании гидрологического режима Южного Приаралья играют озёрные системы дельты Амударьи. Объектами исследования являются озёра Судочье и Жылтырбас, расположенные в дельте Амударьи на территории Южного Приаралья.

Эти водоёмы являются своеобразными аккумуляторами поверхностных и дренажных вод, формирующихся в результате функционирования ирригационных систем.

Значительная часть воды, поступающей в озёра, имеет коллекторно-дренажное происхождение. Такие воды характеризуются повышенной минерализацией и содержанием растворённых солей, что оказывает существенное влияние на гидрохимический режим водоёмов и устойчивость их экосистем (1-таблица).

В связи с этим актуальной научной задачей является проведение гидроэкологической оценки состояния озёр дельты Амударьи и анализ факторов, определяющих их экологическую устойчивость.

Объемы подаваемой воды в озера согласно данным Приаральского дельтового управления в течение 2009-2023 гг. изменялись следующим образом (в млн.м³): в озеро Жылтырбас -от 169,4 млн.м³ (2018 г.) до 1601 млн.м³ (2010) ; в озеро Судочье-от 215,4 млн.м³ (2018 г.) до 746,4 млн.м³ (2010 г.); (Баллиев А. 2025.)



А)

Б)

Рисунок 1. Многолетние изменения подачи воды, в млн.м³, в 2009-2023 гг.: А) Судочье Озеро судочье, Б) озеро Жылтырбас

Озеро Жылтырбас расположено в северо-западной части дельты Амударьи и также является важным водным объектом региона. Гидрологический режим озера в значительной степени зависит от поступления коллекторно-дренажных вод и сезонных изменений водности Амударьи.

Основными источниками питания исследуемых озёр являются: коллекторно-дренажные воды; паводковые воды Амударьи; атмосферные осадки; подземные воды.

Для оценки гидроэкологического состояния озёр использованы данные гидрологических и гидрохимических наблюдений, включающие показатели минерализации воды, концентрации основных ионов, а также характеристики водного баланса водоёмов.

Озеро Судочье является одним из крупнейших водоёмов дельты Амударьи и представляет собой систему взаимосвязанных озёрных бассейнов. Водоём характеризуется относительно большой площадью водного зеркала и значительной ролью в формировании водно-болотных экосистем региона.

Таблица 1

Основные гидрологические характеристики исследуемых озёр

Показатель	Судочье	Жылтырбас
Площадь водного зеркала (км ²)	300–350	80–100
Средняя глубина (м)	2.5–3.0	1.8–2.3
Основной источник питания	дренажные воды	дренажные воды
Тип водообмена	слабый	очень слабый
Минерализация (г/л)	7–12	9–18

Коллекторно-дренажные воды формируются в результате фильтрации оросительных вод через почвенный профиль. В процессе инфильтрации вода растворяет соли, содержащиеся в почвах и грунтах, что приводит к увеличению минерализации дренажных вод.

Основными компонентами растворённых солей являются: хлориды натрия, сульфаты кальция, сульфаты магния. Во внутригодовом изменении минерализации в озере Судочье за 2009-2023гг. наблюдается некоторое повышение минерализации в мае (до 4,2 г/л), а также понижение в сентябре-декабре (до 2,0 г/л), в остальные месяцы она равна 3,0-3,5 г/л. Преобладающий химический состав сульфатно-хлоридно-магниевно-натриевый (СХ-МН).

Среднемесячная величина минерализации в водохранилище Жилтырбас в 2009-2013 гг., 2014-2018 гг., изменялась от 2,1 до 3,5 г/л, несколько выше она была в 2019-2023 гг.: от 3,0 до 4,1 г/л., преобладающий химический состав хлоридно-сульфатный - магниевно-натриевый (ХС-МН).

Поступление таких вод в озёра приводит к постепенному изменению гидрохимического состава водных экосистем.

В результате многолетних наблюдений установлено, что в озёрах дельты Амударьи преобладает сульфатно-хлоридный тип воды, характерный для аридных регионов (таблица-2).

Таблица 2

Химический состав воды исследуемых озёр

Показатель	Судочье	Жылтырбас
Минерализация (г/л)	8–12	10–18
Хлориды (мг/л)	2500	3100
Сульфаты (мг/л)	3200	4500
Натрий (мг/л)	1800	2300
pH	7.6–8.2	7.8–8.3

Анализ многолетних данных показывает устойчивую тенденцию роста минерализации воды. Это связано с несколькими факторами: увеличением доли дренажных вод, уменьшением притока речных вод, интенсивным испарением.

Внутригодовое изменение минерализации и химического состава воды в озере Судочье в 2021 г.

(по данным мелиоративной экспедиции РК)

Дата отбора пробы	Форма выражения анализа	Содержание главных ионов, в г/л						Минерализация, в г/л	химический состав
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оз. Судочье									
январь	г/л	0,303	0,743	1,449	0,327	0,228	0,484	3,603	
	мг-экв	4,969	20,939	30,181	16,301	18,742	21,045		
	%-экв	8,86	37,34	53,90	29,11	33,47	37,58		ХС-КМН
февраль	г/л	0,342	0,611	1,130	0,327	0,180	0,351	2,997	
	мг-экв	5,602	17,216	23,541	16,301	14,796	15,263		
	%-экв	12,08	37,15	50,78	35,16	31,86	32,92		ХС-МНК
март	г/л	0,348	0,759	1,368	0,353	0,268	0,367	3,527	
	мг-экв	5,702	21,404	28,506	17,631	22,030	15,952		
	%-экв	10,26	38,49	51,28	31,71	39,63	28,69		ХС-НКМ
апрель	г/л	0,411	0,974	1,421	0,360	0,328	0,434	4,010	
	мг-экв	6,736	27,453	29,600	17,964	26,962	18,863		

	%-ЭКВ	10,57	43,03	46,40	28,15	42,27	29,57		XC-KHM
май	г/л	0,378	1,221	1,653	0,407	0,220	0,844	4,843	
	МГ-ЭКВ	6,202	34,43 2	34,44 0	20,29 3	18,08 4	36,69 8		
	%-ЭКВ	8,26	45,85	45,86	27,02	24,08	48,87		XC-MKH
июнь	г/л	0,319	0,974	1,744	0,400	0,280	0,599	4,393	
	МГ-ЭКВ	5,235	27,45 3	36,34 2	19,96 0	23,01 6	26,05 4		
	%-ЭКВ	7,58	39,79	52,67	28,93	33,35	37,76		XC-KMH
июль	г/л	0,289	0,908	2,064	0,300	0,240	0,889	4,783	
	МГ-ЭКВ	4,735	25,59 2	43,00 4	14,97 0	19,72 8	38,63 3		
	%-ЭКВ	6,50	35,06	58,91	20,51	27,02	52,92		XC-KMH
август	г/л	0,285	0,891	1,604	0,440	0,332	0,321	3,953	
	МГ-ЭКВ	4,669	25,12 6	33,41 5	21,95 6	27,29 0	13,96 3		
	%-ЭКВ	7,42	39,89	53,05	34,86	43,23	22,16		XC-HKM
сентябрь	г/л	0,305	0,578	1,210	0,460	0,216	0,133	2,960	
	МГ-ЭКВ	5,002	16,28 6	25,20 4	22,95 4	17,75 5	5,782		
	%-ЭКВ	10,76	35,04	54,20	49,36	38,20	12,43		XC-MK
октябрь	г/л	0,317	0,809	1,514	0,447	0,356	0,184	3,703	
	МГ-ЭКВ	5,202	22,80 0	31,54 7	22,28 9	29,26 3	7,997		
	%-ЭКВ	8,73	49,09	38,26	37,43	49,14	13,44		CX-KH
ноябрь	г/л	0,362	0,941	1,474	0,427	0,256	0,479	4,020	
	МГ-ЭКВ	5,936	26,52 2	30,70 4	21,29 1	21,04 3	20,82 8		
	%-ЭКВ	9,40	41,97	48,66	33,71	33,35	32,98		XC-HMK
декабрь	г/л	0,413	0,990	1,502	0,533	0,308	0,323	4,163	
	МГ-ЭКВ	6,769	27,91 8	31,29 7	26,61 3	25,31 8	14,05 3		
	%-ЭКВ	10,26	42,37	47,50	40,38	38,43	21,32		XC-HMK
среднее значение	г/л	0,339	0,867	1,511	0,398	0,268	0,451	3,913	
	МГ-ЭКВ	5,563	24,42 8	31,48 2	19,87 7	22,00 2	19,59 4		
	%-ЭКВ	8,33	36,45	45,32	29,76	32,59	27,91		

Внутригодовое изменение минерализации и химического состава воды в озере
Жилтырбас в 2021 г.

(по данным мелиоративной экспедиции РК)

Дата отбора пробы	Форма выражения анализа	Содержание главных ионов в г/л						Минерализация, в г/л	химический состав	
		anion			kation					
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Озеро Жилтырбас										
январь	г/л	0,30 5	0,69 3	1,41 1	0,26	0,26 4	0,44 3	3,447	ХС-КНМ	
	мг-экв	5,00 2	19,5 43	29,3 95	12,9 74	21,7 01	19,2 65			
	%-экв	11,0 2	31,1 5	58,9	26	43,9	38,6 2			
февраль	г/л	0,26	0,44 6	0,99 7	0,3	0,15 6	0,22 5	2,390	ХС-НМК	
	мг-экв	4,26 8	12,5 63	20,7 62	14,9 7	12,8 23	9,8			
	%-экв	11,3 6	33,4 2	55,2 3	39,8 3	34,1 1	26,0 7			
март	г/л	0,29 7	0,52 8	1,07 1	0,35 3	0,20 8	0,16 9	2,670	ХС-МК	
	мг-экв	4,86 9	14,8 9	22,3 22	17,6 31	17,0 98	7,35 2			
	%-экв	11,5 7	35,3 7	53,0 2	41,8 8	40,6 2	17,4 7			
апрель	г/л	0,30 3	0,66	1,33 2	0,44 7	0,21 2	0,26 7	3,290	ХС-НМК	
	мг-экв	4,96 9	18,6 12	27,7 43	22,2 89	17,4 26	11,6 09			
	%-экв	9,69	36,2 8	54,0 8	43,4 5	33,9 8	22,6 4			
май	г/л	0,31 1	1,02 3	1,54 2	0,32	0,22 4	0,72 9	4,237	ХС-КМН	
	мг-экв	5,10 2	28,8 49	32,1 28	15,9 68	18,4 13	31,6 98			
	%-экв	7,72	43,6 5	48,6 1	24,1 6	27,8 6	47,9 8			
июнь	г/л	0,24 6	0,80 9	1,54 2	0,34	0,32 4	0,35 3	3,677	ХС-НKM	
	мг-экв	4,03 5	22,8	32,1 28	16,9 66	26,6 33	15,3 64			
	%-экв	6,86	38,6 7	54,5	28,7 9	45,1 7	26,0 6			
июль	г/л	0,25	0,97	2,11	0,25	0,27	0,93	4,907	ХС-МН	

Qo'qon DPI. Ilmiy xabarlar 2026-yil 4-son

A seriya

		8	4		3	2	5		
	<i>мг-экв</i>	4,23 5	27,4 53	43,9 5	12,6 41	22,3 58	40,6 38		
	<i>%-экв</i>	5,84	37,8 1	60,5 4	17,4 1	30,8	55,9 8		
август	<i>г/л</i>	0,29 9	0,89 1	1,53 9	0,36 7	0,22	0,59 1	3,983	XC-MKH
	<i>мг-экв</i>	4,90 2	25,1 26	32,0 6	18,2 97	18,0 84	25,7 07		
	<i>%-экв</i>	7,89	40,1 7	51,6 3	29,4 7	29,1 3	41,4		
сентябрь	<i>г/л</i>	0,34 4	0,74 3	1,39 3	0,54	0,18 8	0,30 4	3,577	XC-HMK
	<i>мг-экв</i>	5,63 6	20,9 39	29,0 3	26,9 46	15,4 54	13,2 05		
	<i>%-экв</i>	10,1 5	37,6 7	52,2 2	48,4 8	27,7 9	23,7 5		
октябрь	<i>г/л</i>	0,30 7	0,84 2	1,47 9	0,48 7	0,32	0,20 7	3,900	XC-KM
	<i>мг-экв</i>	5,03 5	23,7 3	30,8 18	24,2 85	26,3 04	8,99 5		
	<i>%-экв</i>	8,99	41,0 7	53,2 1	29,3 5	56,4 1	17,4 9		
ноябрь	<i>г/л</i>	0,33 1	0,69 3	1,32 8	0,41 3	0,24 4	0,27 5	3,350	XC-HKM
	<i>мг-экв</i>	5,43 6	19,5 43	27,6 75	20,6 25	20,0 57	11,9 71		
	<i>%-экв</i>	10,3 3	37,1 6	52,5 7	30,1 5	38,1 4	22,7 6		
декабрь	<i>г/л</i>	0,37 8	0,85 8	1,42 1	0,56	0,28	0,20 8	3,780	XC-MK
	<i>мг-экв</i>	6,20 2	24,1 96	29,6 11	27,9 44	23,0 16	9,04 9		
	<i>%-экв</i>	11,3 4	41,0 2	49,3 5	46,5 7	38,3 7	15,0 9		
среднее значение	<i>г/л</i>	0,30 3	0,76 3	1,43 0	0,38 7	0,24 3	0,39 2	3,601	
	<i>мг-экв</i>	4,97 4	21,5 20	29,8 02	19,2 95	19,9 47	17,0 54		
	<i>%-экв</i>	9,39 7	37,7 87	53,6 55	33,7 95	37,1 90	29,6 09		

Проведённое исследование позволило выполнить комплексную гидроэкологическую оценку состояния озёр дельты Амударьи в условиях значительного влияния коллекторно-дренажных вод. Полученные результаты показывают, что в современных условиях данные водоёмы играют важную роль в поддержании водно-болотных экосистем Южного Приаралья и формировании гидрологического режима территории.

Анализ многолетних гидрологических и гидрохимических данных показал, что основным источником питания исследуемых озёр в настоящее время являются коллекторно-дренажные воды, поступающие из орошаемых сельскохозяйственных территорий. В результате их поступления формируется специфический гидрохимический режим водоёмов, характеризующийся повышенной минерализацией и преобладанием сульфатно-хлоридного типа воды.

Установлено, что в последние десятилетия наблюдается тенденция изменения водного баланса озёр, сопровождающаяся колебаниями объёмов поступающей воды и постепенным увеличением минерализации. Эти процессы обусловлены как природно-климатическими условиями региона, так и антропогенными факторами, связанными с развитием ирригационного земледелия и функционированием коллекторно-дренажных систем.

Повышение минерализации воды оказывает заметное влияние на гидробиологическое состояние водоёмов и структуру водных биоценозов. В условиях аридного климата и ограниченного водообмена происходит постепенная трансформация экосистем озёр, что проявляется в изменении видового состава гидробионтов и снижении экологической устойчивости отдельных участков водных экосистем.

Таким образом, озёра Судочье и Жылтырбас в современных условиях выступают важными природными регуляторами гидрологического режима и центрами сохранения биологического разнообразия дельты Амударьи. Их устойчивое функционирование во многом зависит от характера поступления коллекторно-дренажных вод и уровня антропогенной нагрузки на водные ресурсы региона.

В связи с этим особую актуальность приобретает совершенствование системы управления водными ресурсами дельты Амударьи, направленное на оптимизацию режимов поступления дренажных вод, улучшение качества водных ресурсов и сохранение экологической устойчивости озёрных экосистем Южного Приаралья.

Использованная литература

1. Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Баллиев А.И., Реймова Г.Б.

К изученности гидрологических и гидрохимических проблем Южного Приаралья / Материалы Республиканской научно-практической конференции «Гидрологические и гидроэкологические проблемы Южного Приаралья: настоящее и будущее». - Нукус, 2023.

2. Арушанов М.Л., Тлеумуратова Б.С. Динамика экологических процессов Южного Приаралья. - Гамбург: Palmarium. – 2012. – 183 с.

З. Баранов Е.Е. Трансформация соединений фосфора в водных системах на примере водоемов волжского бассейна // Проблемы региональной и глобальной экологии.- 2014. – Т. 23.