

УДК 577.472:282.555.1

## СОВРЕМЕННОЕ ГИДРОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НИЗОВЬЕВ РЕКИ АМУДАРЬИ

**Б. Е. Аденбаев**

Кандидат геогр. наук, заведующий кафедрой гидрологии суши  
(Национальный университет Узбекистана им. М. Улугбека, Ташкент, Узбекистан)  
E-mail: adenbaev.b@mail.ru

**Ключевые слова:** водные экосистемы, качество воды, гидрохимические показатели, органические и неорганические вещества.

**Аннотация.** Рассмотрены современные состояния и условия функционирования водных экосистем различного типа дельты Амударьи, находящихся под антропогенным воздействием. Предложены способы их обеспечения другими источниками водного питания при резком уменьшении притока пресной воды в маловодные годы.

**Введение.** Аральская экологическая катастрофа затронула все звенья биосферы крупнейшего Приаральского региона и сопредельных территорий [1]. Особенно сильно изменились лимнические экосистемы, что повлияло на гидрологический режим водоемов и населяющих их гидробионтов. Из-за резкого дефицита воды, поступающей в дельту, многие водоемы перешли на иной источник питания. Им стал, например, коллекторно-дренажный сток, формирующийся с орошаемых территорий.

Как известно, ранее озерные системы низовьев Амударьи были сформированы на пресноводном стоке этой реки. Под влиянием нарушенного гидрологического режима, совпавшего с избыточным поступлением биогенных элементов, эти водоемы трансформировались, а их потенциал самоочищения был существенно уменьшен. Сегодня для многих озер характерно резкое изменение лимнического состояния, выраженное процессами эвтрофирования.

**Исходные материалы.** При изучении антропогенного воздействия на гидрохимический режим малых водоемов низовьев Амударьи сделана попытка исследовать трансформацию озерных систем с экологических позиций. В качестве репрезентативных величин выбраны гидрохимические показатели, которые точнее характеризуют условия устойчивых необратимых изменений под влиянием антропогенных факторов.

Исследованы озера с различным уровнем трофности (таблица 1), а также р. Амударья и ирригационные каналы, питающиеся ее водами. Гидрохимические анализы воды проводили по общепринятой методике [3, 4].

Таблица 1 – Основные морфометрические характеристики озер

Озеро	Площадь, га	Глубина, м	Средняя прозрачность, м	Минерализация, г/л
Дауткуль	1700	5	0,5	1,13–3,17
Шегекуль	49000	2	0,6	0,93–2,11
Каратерень	1800	19	0,8	1,80–6,00

*Примечание.* В маловодные годы площадь зеркала воды резко сокращается.

**Основные результаты и их обсуждение.** В этой статье вопросы гидрохимического режима озерных экосистем рассмотрены на примере озер Дауткуль, Шегекуль и Каратерень. Далее приводится их краткая гидрографическая характеристика.

Оз. Дауткуль расположено на правом берегу Амударьи, в 47 км севернее г. Нукуса. Берега озера пологие, слабоизрезанные. Вода озера используется на орошение сельхозугодий и для поддержания водообеспеченности массивов лиманных сенокосов.

Это озеро в течение длительного периода получало воду из Амударьи. В последние годы в связи с резким сокращением речного стока практически прекратилось поступление воды по малочисленным протокам, что привело к резкому снижению уровня воды озера. Подпитка озера коллекторно-дренажными водами резко ухудшила его гидрологический и гидрохимический режимы.

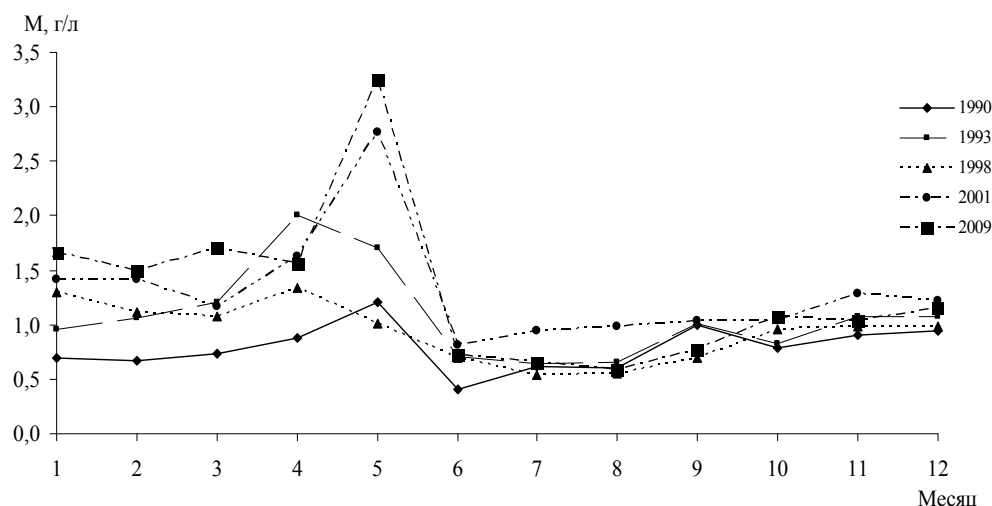
Оз. Шегекуль расположено в северо-западной части междуречья Кипчакдарьи и Акдарьи (низовье Амударьи). В результате перекрытия дамбой русла Акдарьи образовалось Междуреченское водохранилище. Несмотря на незначительную глубину, озеро имеет большое значение для дельтовой части, так как из него питается водой вся Муйнакская зона, Сарыбасский и Муйнакский заливы. Вода из этого водохранилища поступает также в системы озер Майпост и Макпалкуль. Мелководность и сравнительно небольшой объем воды в озере затрудняют его дальнейшую эксплуатацию. В современных условиях уровень воды в озере регулируется лишь с помощью сливной плотины и нескольких водовыпускных систем, вода из которых поступает в оз. Майпост. Береговая линия озера плавная, а берега пологие. Грунты водоема представлены в основном черными остатками, на отдельных участках – песком. Дно озера преимущественно ровное, местами отмечены небольшие углубления руслового характера.

Оз. Каратерень расположено у подножия останцевой возвышенности Бельтау в Тахтакупырском районе. Водоем в течение длительного периода существовал за счет сбросных вод с рисовых полей и из концевых сбросов ирригационных каналов. На севере озера построена перекачивающая станция с двумя насосами (мощность 5 м<sup>3</sup>/с), поднимающая воду на 27 м и способствующая водообмену в озере. Основные источники водного питания – грунтовые и сбросные воды.

В настоящее время водоем питается коллекторно-дренажной водой Джилванского коллектора-сброса. Берега озера пологие, углубляющиеся к середине впадины, большая часть поверхности которой занята мощными отложениями илов. Наиболее широко распространены черные илы с примесью песков, глины, полуразложившиеся органические остатки и ракушечник. Черные илы преобладают в центральной части озера, где их мощность достигает 2 м и более. У западного берега грунт песчаный с примесью ракушечника, у юго-восточного он состоит из глин с полуразложившимися органическими остатками.

Гидрохимический анализ вод Амударьи за многолетний период показывает, что вниз по течению минерализация ее воды повышается. Причем преобладают  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ , после которых в ряду уменьшающихся концентраций следуют  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . При высокой минерализации воды содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  немного выше содержания  $\text{Cl}^-$ .

С ростом общей минерализации воды количество  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  растет, а темпы роста концентраций  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  и  $\text{Mg}^{2+}$  снижаются. Наиболее выраженную связь с плотным остатком имеют  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . В результате анализа многолетних данных установлен общий непрерывный рост минерализации амударьинской воды. Этот процесс обусловлен большими водозаборами и снижением общей водоносности самой реки и главным образом сбросом большого количества коллекторно-дренажных вод почти по всей длине реки после выхода ее из горной части на равнину (см. рисунок).



Минерализация воды в Амударье (г/л «Саманбай»)

В основном в воде изученных озер (аналогично водам Амударьи) преобладают  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  (таблица 2). Затем в порядке уменьшения содержания ионов располагаются следующим образом:  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Минерализация воды в озерах подвержена сезонным изменениям. При высокой минерализации воды концентрация  $\text{SO}_4^{2-}$  незначительно выше концентрации  $\text{Cl}^-$ .

В таблице 2 приведены результаты анализа данных летних наблюдений за период маловодья (2000–2001 годы). При изучении вертикального распределения минерализации закономерным оказалось ее увеличение ко дну. К осени с уменьшением поступления воды в озера начинается постепенный рост ее минерализации, который достигает максимума весной до наступления нового паводка. Наибольшим постоянством ионного состава вода отличается зимой и весной, когда озера переходят на собственное питание. Минерализация воды и концентрация привносимых со стоком органических и неорганических веществ во многом зависят от характера питающих их вод.

Таблица 2 – Ионный состав воды озер (числитель – в мг-экв/л, знаменатель – в мг/л)

Озеро	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\Sigma_u$ , г/л
Даткуль	$\frac{2,80}{170,8}$	$\frac{16}{568}$	$\frac{12,8}{614,4}$	$\frac{2,40}{48}$	$\frac{14,4}{172,8}$	$\frac{14,8}{370}$	1,94
Шегекуль	$\frac{2}{122}$	$\frac{25}{887}$	$\frac{31}{148}$	$\frac{9}{180}$	$\frac{25}{300}$	$\frac{24}{600}$	2,64
Каратерень	$\frac{1,48}{90,2}$	$\frac{10}{355}$	$\frac{13,7}{660,5}$	$\frac{2,40}{48}$	$\frac{14,4}{172,8}$	$\frac{8,44}{211}$	1,34

Биогенный режим в озерах также изменчив в течение года. Он зависит от календаря сельскохозяйственных работ и показывает состояние загрязнения водоемов. Соединения N и P появляются в последние годы как в амударьинской, так и в оросительной и коллекторно-дренажной водах. В амударьинской и оросительной водах содержание  $\text{NH}_4^+$  составляет 0,03–0,089,  $\text{NO}_3^-$  – 0,01–0,016,  $\text{PO}_4^{3-}$  – 0,09–0,12 мг/л, в коллекторно-дренажной воде – 0,12–7,2; 0,34–2,8 и 2–12,6 мг/л соответственно. В озерах Даткуль, Шегекуль и Каратерень содержание  $\text{NH}_4^+$  равно 0,7–2,75 мг/л (превышение ПДК в 4,6–18,3 раза), а количество  $\text{NO}_3^-$  – 1,2–1,91 мг/л (превышение ПДК в 2,8–3,28 раза) (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание биогенных элементов в озерах, мг/л

Озеро	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{PO}_4^{3-}$
Дауткуль:				
ст. 1	0,70	1,40	0,055	0,075
ст. 2	1,20	1,20	0,053	0,077
ст. 3	1,30	1,10	0,048	0,078
Шегекуль:				
ст. 1	2,75	1,20	1,60	1,00
ст. 2	2,25	0,330	0,640	0,700
ст. 3	1,90	0,160	0,190	0,096
Каратерень:				
ст. 1	0,90	1,91	0,025	0,140
ст. 2	1,40	1,75	0,170	0,040
ст. 3	1,20	1,50	0,028	0,010

Качество природных вод необходимо оценивать с помощью показателей, достаточно чутко реагирующих на фоновые загрязнения. К таким показателям относятся растворенный кислород (БПК), органическое вещество (ОВ), оцениваемое по БПК, и перманганатная окисляемость (ПО). Использование БПК<sub>5</sub> дает возможность учитывать содержание в воде лабильного ОВ и получать ориентировочное представление об идущих в толще воды процессах биохимического окисления. Этот показатель незаменим при качественной и количественной характеристиках ОВ. Наиболее высокие значения БПК<sub>5</sub> отмечены в оз. Шегекуль, наименьшие – в оз. Каратерень в поверхностном слое (таблица 4). В оз. Шегекуль в придонных слоях воды БПК<sub>5</sub> больше, чем на поверхности. В оз. Дауткуль по вертикали водной толщи значения БПК<sub>5</sub> распределены равномерно и указывают на содержание значительных количеств нестойкого быстро окисляемого ОВ автохтонного происхождения. Уменьшение БПК<sub>5</sub> в этом случае происходит под влиянием биохимического окисления ОВ.

Таблица 4 – Основные морфометрические и лимнические характеристики водоемов

Озеро	Глубина, м	Содержание $\text{O}_2^*$	БПК <sub>5</sub> , мг $\text{O}_2/\text{л}$	ПО, мг $\text{O}_2/\text{л}$	pH	БПК <sub>5</sub> /ПО
Дауткуль	0,3	7,36 / 98,9	6,4	8,0	8,0	0,80
	1,0	7,04 / 93,7	6,4	7,52	7,5	0,85
	2,3	7,36 / 98,0	6,4	7,84	7,5	0,82
Шегекуль	0,3	1,80 / 64,5	9,6	12,8	8,0	0,75
	1,0	4,20 / 55,4	10,2	12,0	7,5	0,85
Каратерень	0,3	6,80 / 87,1	5,6	7,0	8,0	0,80
	1,5	5,00 / 79,5	6,2	8,0	8,3	0,70
	3,0	4,00 / 52,7	6,8	9,0	8,3	0,75

\* Числитель – в мг/л, знаменатель – % насыщения.

Концентрации ОВ водоемов определены по значениям ПО. В нефильтованной воде ПО характеризует содержание растворенного и взвешенного в воде ОВ, его стойкую в биохимическом отношении фракцию. Согласно данным таблицы 4 значения ПО в озерах выше значений БПК<sub>5</sub>. Природные воды, богатые стойким ОВ, характеризуются большими значениями БПК по сравнению с ПО, а в незагрязненных природных водах, наоборот, значения БПК меньше значений ПО.

По отношению БПК<sub>5</sub>/ПО можно судить об усвояемости ОВ бактериями. Это отношение представляет собой коэффициент нестойкости ОВ, образованного в результате деятельности фитопланктона или внесенного извне. При БПК<sub>5</sub>/ПО = 0,8–1,2 в водоеме преобладает ОВ фитопланктона, а при БПК<sub>5</sub>/ПО > 1,2 – бытовые и промышленные загрязняющие вещества [2].

БПК<sub>5</sub> – наиболее важный показатель качества воды при естественном состоянии водоема и антропогенном загрязнении.

В воде водоемов из-за наличия большого количества легкоокисляющихся ОБ в придонных слоях значительно снижается содержание растворенного кислорода. Наименьшее его количество отмечено в оз. Каратерень (4,0 мг О<sub>2</sub>/л).

Во всех озерах в течение исследованного периода рН 7,5–8. Температура воды летом составляла 29,3–30,0 °С.

**Выводы.** Водотоки и водоемы низовьев Амударьи, как естественные, так антропогенные, подвержены сильному антропогенному воздействию, нарушающему саморегуляцию биологических процессов в водоемах.

Минерализация вод Амударьи, оросительных каналов и коллекторно-дренажного стока подвержена сезонным изменениям и превышает ПДК в 2–3 раза.

Минерализация воды в озерах подвержена резким сезонным внутригодовым колебаниям и зависит от качества и количества поступающего в их чашу стока.

Привносимые со стоком органические и неорганические вещества влияют на баланс и режим внутриводоемных геохимических и биологических процессов, а также на качество воды водоемов и являются пусковым механизмом перестройки экосистем.

Проведенные исследования дают представление о содержании и особенностях распределения кислорода, значениях ПО и БПК<sub>5</sub> в водоемах Каракалпакии в условиях сильного антропогенного воздействия.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Глазовский Н.Ф. Концепция выхода из Аральского кризиса // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1990. – № 4. – С. 28-44.
- [2] ГОСТ 17. 1. 2. 04-77. Охрана природы и гидросферы. – М.: Госстандарт, 1977. – 130 с.
- [3] Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод. – М.: Химия, 1971. – 376 с.
- [4] Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. – М.: Медицина, 1990. – 400 с.
- [5] Рубинова Ф.Э. Изменение стока р.Амударьи под влиянием водных мелиораций в ее бассейне // Труды САНИГМИ. – 1985. –Вып. 106 (187). – 113 с.
- [6] Чембарисов Э.И. Гидрохимия орошаемых территорий (на примере бассейна Аральского моря). – Ташкент: Фан, 1988. – 108 с.

#### REFERENCES

- [1] Glazovskiy N.F. The concept of exit from the Aral Sea crisis, Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geogr. 1990. N 4. P. 28-44 (in Russian).
- [2] GOST 17.1.2.04-77. Nature and Hydrosphere protection. Moscow: Gostandart, 1977. 130 p. (in Russian).
- [3] Lurie Yu.Yu. Standardized methods for water analysis. Moscow: Chemistry, 1971. 376 p. (in Russian).
- [4] Novikov Y.V., Lastochkina K.O., Boldina Z.N. Methods of investigation of ponds water quality. Moscow: Medicine, 1990. 400 p.
- [5] Rubinov F.E. Changing Amu Darya river runoff under the influence of water melioration in the basin. Transactions of SANIGMI, 1985. Vol. 106 (187). 113 p. (in Russian).
- [6] Chembarisov E.I. Hydrochemistry of Irrigated Areas (by an example of the Aral Sea). Tashkent: Fan, 1988. 108 p. (in Russian).

### ӘМУДАРИЯ САҒАСЫНДАҒЫ СУ ЭКОЖҮЙЕСІНІҢ ҚАЗІРГІ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ

**Б. Е. Аденбаев**

Геогр. ғылымының кандидаты, құрлық гидрологиясы кафедрасының меңгерушісі  
(М. Ұлықбек атындағы Өзбекстан Ұлттық университеті, Ташкент, Өзбекстан)

**Тірек сөздері:** су экожүйесі, су сапасы, гидрохимиялық көрсеткіштері, органикалық және органикалық емес зат.

**Аннотация.** Антропогендік ықпалдан болған Әмудария атырауындағы әртүрлі типтегі су экожүйесінің жұмыс істеу жағдайлары мен қазіргі ахуалы қарастырылған. Суы аз жылдардағы ащысу күйылымдарының күрт төмендеу кезінде оларды су қорегінің басқа көздерімен қамтамасыз ету ұсынылған.