

3. **Abdrahmanov R.F., Batanov B.N., Komissarov A.V.** i dr. Vodno- balansovaya stantsiya. – Ufa: BGAU, 2002. – 81 s.

4. **Abdrahmanov R.F.** Presnye podzemnye i mineralnye lechebnye vody Bashkortostana. – Ufa: Gilem, 2014. – 416 s.

5. **Alekin O.A.** Osnovy gidrohimii. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 442 s.

The material was received at the editorial office
29.06.2018

Information about the authors

Abdrahmanov Rafil Fazylovich, doctor of geological-mineralogical sciences, professor of the chair of environmental engineering, construction and hydraulics, FSBEI HE

Bashkir SAU, chief researcher of the laboratory of hydrogeology and geo ecology IG UNTS RAN, 450077, Ufa, ul. K. Marksa, 16/2, +7(905)1817805, e-mail: hydro@ufaras.ru

Komissarov Alexandr Vladimirovich, doctor of agricultural sciences, professor of the chair of cadastre and real estate, FSBEI HE Bashkir SAU, 450077, Ufa, ul. K. Marksa, 16/2, e-mail: alek-komissaro@yandex.ru

Durnaeva Vera Nikolaevna, junior researcher of the laboratory of hydrogeology and geo ecology IG UNTS RAN, e-mail: hydro@ufaras.ru

Poleva Alexandra Olegovna, candidate of biological sciences, senior chief researcher of the laboratory of hydrogeology and geo ecology IG UNTS RAN, e-mail: hydro@ufaras.ru

УДК 502/504:556:626.8

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-13-21

Н.П. КАРПЕНКО

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва

Ж.С. МУСТАФАЕВ, А.Т. КОЗЫКЕЕВА, К.Ж. МУСТАФАЕВ

Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Казахстан

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НИЗОВЬЯ РЕКИ СЫРДАРЬИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦЫ ЦЕЛЕВЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В работе в рамках реализации системного подхода была разработана и формализована матрица целевых показателей качества воды и проведена оптимизация набора отдельных показателей в водных объектах. На основании многолетних наблюдений с использованием матрицы целевых гидрохимических, гидробиологических и интегральных показателей проведена оценка геоэкологического состояния водных объектов нижнего течения реки Сырдарьи для выявления факторов, негативно влияющих на экологическое состояние. Оценка состояния проводилась по таким целевым показателям, как биохимическое потребление кислорода, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, хлориды, сульфаты, медь, цинк, натрий и нефтепродукты. По интегральным показателям выполнялась комплексная оценка качества воды, которая позволила определить интенсивность и направленность трансформации загрязняющих веществ в условиях антропогенной деятельности. Геоэкологическая оценка качества воды и экологическое состояние водных объектов в низовьях реки Сырдарьи проводилась с использованием коэффициента предельной загрязненности и индекса Шеннона, анализ которых позволил оценить интенсивность и характер загрязнения водных объектов в пространственно-временном масштабе и получить модель зависимости коэффициента предельной загрязненности и индекса Шеннона с различной обеспеченностью. Применение матрицы показателей целевых показателей и оценка геоэкологической ситуации рассматриваемых водных объектов явилось обоснованием для разработки природоохранных мероприятий и решений по управлению водными ресурсами и качеством воды в водных объектах низовий Сырдарьи в условиях высоких антропогенных нагрузок.

Геоэкологическая оценка, водные объекты, загрязняющие вещества, экологическое состояние, целевые показатели, интегральные показатели, антропогенная нагрузка

Введение. Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения в настоящее время остается одной из важнейших геологических проблем в системе природопользования и обустройства речных бассейнов. Особенно острой становится проблема загрязнения водных ресурсов в регионе рек Амударья и Сырдарья, являющихся основными водными артериями бассейна Аральского моря. Прежде всего, это связано с непрерывным увеличением антропогенной нагрузки и возрастанием для хозяйственных нужд объемов водных ресурсов, что приводит к заметному изменению качества воды, их истощению и, как правило, к ухудшению экологических условий и нарушению существующих биоценозов в бассейнах рек. Для решения проблемы снижения антропогенной нагрузки и эффективного управления водными ресурсами этого региона необходимо провести оценку геоэкологической ситуации водных объектов по целевым и интегральным показателям и выявить направленность развития региональных и локальных гидрогеохимических процессов.

Материал и методы исследований. При анализе и разработке комплекса целевых показателей качества воды в водных объектах в качестве основного научного подхода был использован системный подход, позволяющий проводить не только декомпозицию водных объектов речного бассейна, но и выявлять их общие характеристики и свойства, характерные для всех поверхностных водных объектов, функционирующих как единое целое. Применение этого подхода в разработке целевых показателей качества воды в водных объектах вызвано необходимостью совершенствования системы этих показателей и системы управления, что позволяет наилучшим образом организовать процесс принятия решений на всех уровнях в системе управления качеством воды и планомерно снижать вредное воздействие на водные объекты.

В рамках реализации системного подхода была разработана и формализована пространственно-временная матрица целевых показателей качества воды в водных объектах и проведена оптимизация набора отдельных показателей, позволяющих на основе приоритетных и дополнительных информационных показателей учитывать антропогенные факторы воздействия на водные объекты.

С точки зрения использования системного подхода целевые показатели качества воды

в водном объекте являются подмножеством целевых показателей состояния и включают в себя микробиологические, гидробиологические, паразитологические, гидрологические, гидроморфологические, морфометрические, физические, химические и радиационные характеристики, их индикаторы и индексы.

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства была разработана матрица целевых и интегральных показателей, в которой широко используются методы, основанные на применении интегральных, комплексных, атрибутивных, целевых, приоритетных и других показателей с определением пределов пороговых и допустимых изменений [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Матрица таких показателей является обоснованием для принятия решений по управлению водными ресурсами и их качеством.

Результаты и их обсуждение. Информационной базой для оценки качества воды и геоэкологической ситуации водных объектов в бассейне реки Сырдарья послужили «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан, РГП «Казгидромет», МОСВР Республики Казахстан, фондовые материалы и литературные данные [7, 8, 9, 10] (табл. 1).

Для качественной и количественной оценки воды и экологического состояния водных объектов предлагается использовать такой интегральный показатель, как коэффициент предельной загрязненности (K_{nz}), который выражается следующей зависимостью [11]:

$$K_{nz} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1,$$

где i – номер загрязняющего вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества; C_i – фактическая концентрация загрязняющего вещества; K_{nz} – коэффициент предельной загрязненности.

Коэффициент предельной загрязненности характеризует качество и экологическое состояние водного объекта, его водохозяйственное значение (назначение реки, объем сброса загрязненных вод и т.д.) и оценивается в соответствии с классификацией от очень чистой ($< -0,80$) до очень грязной ($> 5,0$) [11].

Комплексная оценка геоэкологического состояния водных объектов в рассматриваемом регионе проводилась для изучения тренда развития биологических и гидрогео-

химических природных и нарушенных процессов в экосистемах низовья реки Сырдарья (Кызылординская область) по целевым показателям с интервалом в пять лет (табл. 2).

Таблица 1

Динамика целевых показателей в речной воде в низовьях реки Сырдарья

Целевые показатели	Годы				
	1985	1990	2000	2005	2010
Гидрологический пост Кокбулак					
<i>БПК₅, мг/л</i>	–	–	–	–	1,130
<i>NH₄, мг/л</i>	0,09	0,05	0,040	0,040	0,045
<i>NO₂, мг/л</i>	0,21	0,07	0,050	0,060	0,078
<i>NO₃, мг/л</i>	3,19	4,33	3,650	2,660	8,55
<i>Cl, мг/л</i>	83,44	117,70	268,960	78,520	135,0
<i>Cu, мг/л</i>	0,85	6,01	3,480	3,530	2,250
<i>Zn, мг/л</i>	2,25	3,84	6,560	5,210	5,683
<i>Na, мг/л</i>	199,35	161,91	50,220	114,93	335,0
<i>SO₄, мг/л</i>	451,63	462,43	424,31	518,22	941,0
<i>Нефть, мг/л</i>	0,09	0,100	0,050	0,110	0,097
Гидрологический пост Шардара					
<i>БПК₅, мг/л</i>	–	–	–	–	1,710
<i>NH₄, мг/л</i>	0,120	0,050	0,050	0,050	0,053
<i>NO₂, мг/л</i>	0,100	0,040	0,030	0,040	0,032
<i>NO₃, мг/л</i>	2,580	2,950	2,420	1,850	9,34
<i>Cl, мг/л</i>	115,74	84,97	78,08	88,01	156,0
<i>Cu, мг/л</i>	0,140	3,170	3,040	3,130	2,500
<i>Zn, мг/л</i>	1,080	2,600	3,370	6,010	6,967
<i>Na, мг/л</i>	180,34	102,70	96,06	120,14	285,0
<i>SO₄, мг/л</i>	514,70	526,34	487,47	526,19	845,0
<i>Нефть, мг/л</i>	0,09	0,080	0,080	0,090	0,052
Гидрологический пост Кызылорда					
<i>БПК₅, мг/л</i>	–	–	–	3,140	2,325
<i>NH₄, мг/л</i>	0,090	0,060	0,050	0,070	0,105
<i>NO₂, мг/л</i>	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010
<i>NO₃, мг/л</i>	2,180	2,690	2,410	1,060	3,47
<i>Cl, мг/л</i>	124,82	84,19	85,01	121,80	214,7
<i>Cu, мг/л</i>	1,100	2,740	3,850	2,80	2,500
<i>Zn, мг/л</i>	2,470	1,740	7,10	3,40	5,20
<i>Na, мг/л</i>	188,98	126,00	111,92	188,14	603,0
<i>SO₄, мг/л</i>	471,73	513,75	525,06	388,19	620,0
<i>Нефть, мг/л</i>	0,08	0,120	0,120	0,061	0,30
Гидрологический пост Казалинск					
<i>БПК₅, мг/л</i>	–	–	–	3,530	2,606
<i>NH₄, мг/л</i>	0,090	0,080	0,050	0,080	0,138
<i>NO₂, мг/л</i>	0,020	0,030	0,020	0,020	0,012
<i>NO₃, мг/л</i>	1,720	2,550	2,150	1,240	5,10
<i>Cl, мг/л</i>	156,06	92,73	123,37	123,23	298,0
<i>Cu, мг/л</i>	1,090	0,340	4,08	3,10	7,80
<i>Zn, мг/л</i>	2,71	0,030	5,47	4,590	8,80
<i>Na, мг/л</i>	208,08	172,33	147,03	176,95	630,3
<i>SO₄, мг/л</i>	650,81	643,33	566,98	398,38	1383,0
<i>Нефть, мг/л</i>	0,240	0,100	0,030	0,102	0,102

**Оценка загрязненности воды по целевым показателям
и коэффициенту предельной загрязненности по различным
гидрологическим постам низовья реки Сырдарья**

Загрязняющие вещества	Предельно-допустимая концентрация, мг/л	Годы				
		1985	1990	2000	2005	2010
Гидрологический пост Кокбулак						
<i>БПК₅, мг/л</i>	3	—	—	—	—	-0,623
<i>NH₄, мг/л</i>	0,5	-0,820	-0,900	-0,920	-0,920	-0,910
<i>NO₂, мг/л</i>	0,08	1,625	-0,125	-0,375	-0,250	-0,025
<i>NO₃, мг/л</i>	9,1	-0,650	-0,524	-0,599	-0,707	-0,060
<i>Cl, мг/л</i>	300,0	-0,722	-0,608	-0,103	-0,738	-0,550
<i>Cu, мг/л</i>	1,0	-0,150	5,010	1,480	2,350	1,250
<i>Zn, мг/л</i>	1,0	1,250	1,840	5,560	4,210	4,683
<i>Na, мг/л</i>	120,0	0,661	0,349	-0,581	-0,042	1,792
<i>SO₄, мг/л</i>	100,0	3,519	3,624	3,243	4,182	8,410
<i>Нефть, мг/л</i>	0,10	-0,100	0	-0,500	0,100	-0,030
<i>K_{пз}</i>	—	0,512	0,963	0,800	0,909	1,394
Гидрологический пост Шардара						
<i>БПК₅, мг/л</i>	3	—	—	—	—	-0,430
<i>NH₄, мг/л</i>	0,5	-0,760	-0,900	-0,900	-0,900	-0,894
<i>NO₂, мг/л</i>	0,08	0,250	-0,500	-0,625	-0,500	-0,600
<i>NO₃, мг/л</i>	9,1	-0,716	-0,576	-0,731	-0,796	-0,026
<i>Cl, мг/л</i>	300,0	-0,614	-0,716	-0,740	-0,707	-0,480
<i>Cu, мг/л</i>	1,0	0,400	2,170	2,040	2,130	1,500
<i>Zn, мг/л</i>	1,0	0,080	1,600	2,370	5,010	5,967
<i>Na, мг/л</i>	120,0	0,503	-0,144	-0,199	0,001	1,375
<i>SO₄, мг/л</i>	100,0	4,147	4,263	3,875	4,262	7,450
<i>Нефть, мг/л</i>	0,10	-0,100	-0,200	-0,200	-0,100	-0,480
<i>K_{пз}</i>	—	0,354	0,555	0,543	0,933	1,338
Гидрологический пост Кызылорда						
<i>БПК₅, мг/л</i>	3	—	—	—	0,047	-0,225
<i>NH₄, мг/л</i>	0,5	-0,820	-0,880	-0,900	-0,860	-0,790
<i>NO₂, мг/л</i>	0,08	-0,625	-0,625	-0,750	-0,875	-0,875
<i>NO₃, мг/л</i>	9,1	-0,760	-0,704	-0,35	-0,884	-0,618
<i>Cl, мг/л</i>	300,0	-0,584	-0,719	-0,716	-0,594	-0,284
<i>Cu, мг/л</i>	1,0	0,100	1,740	2,850	1,800	1,500
<i>Zn, мг/л</i>	1,0	1,470	0,740	6,100	2,400	4,200
<i>Na, мг/л</i>	120,0	0,575	0,050	-0,067	0,568	4,038
<i>SO₄, мг/л</i>	100,0	3,717	4,137	4,251	2,882	5,200
<i>Нефть, мг/л</i>	0,10	-0,200	0,200	0,200	-0,390	2,000
<i>K_{пз}</i>	—	0,319	0,415	1,137	0,409	1,415
Гидрологический пост Казалинск						
<i>БПК₅, мг/л</i>	3	—	—	—	0,177	-0,131
<i>NH₄, мг/л</i>	0,5	-0,820	-0,840	-0,900	-0,840	-0,724
<i>NO₂, мг/л</i>	0,08	-0,750	-0,625	-0,725	-0,725	-0,850
<i>NO₃, мг/л</i>	9,1	-0,811	0,719	-0,764	-0,864	-0,439
<i>Cl, мг/л</i>	300,0	-0,480	-0,691	-0,589	-0,589	-0,007
<i>Cu, мг/л</i>	1,0	0,090	-0,660	3,080	2,100	6,800
<i>Zn, мг/л</i>	1,0	1,710	-0,970	4,470	3,590	7,800
<i>Na, мг/л</i>	120,0	0,734	0,436	0,225	0,474	4,250
<i>SO₄, мг/л</i>	100,0	5,508	5,433	4,669	2,984	12,830
<i>Нефть, мг/л</i>	0,10	1,400	0	-0,700	0,020	0,020
<i>K_{пз}</i>	—	0,731	0,311	0,974	0,633	2,955

Результаты проведенных исследований выявили, что динамика качества воды в низовьях реки Сырдарьи от существующей границы Республики Узбекистан (гидрологический пост Кокбулак) до устья реки Сырдарьи (гидрологический пост Казалинск) показывает высокую степень загрязнения по приоритетным показателям: макрокомпонентам и главным ионам (Cl , Na , SO_4), биогенным элементам (NH_4 , NO_2 , NO_3) и тяжелым металлам (Cu , Zn).

Как видно из таблицы 2, вода в низовьях реки Сырдарьи отличается неудовлетворительным состоянием, загрязнена тяжелыми металлами (Cu , Zn), сульфатами (SO_4) и нефтепродуктами. При этом следует отметить, что коэффициент предельной загрязненности ($K_{нз}$) в водных

объектах сильно варьирует в многолетнем временном цикле (от гидрологического поста Кокбулак до поста Казалинск), и этот показатель к 2010 году заметно возрастает с 0,5...1,0 до 1,0...3,0. Комплексная геоэкологическая оценка по степени загрязненности водных объектов может быть охарактеризована как неудовлетворительная и загрязненная с трофическим статусом [12] (рис. 1).

Динамика качества воды по коэффициенту предельной загрязненности позволила получить характеристики качества воды с учетом ее обеспеченности (рис. 2), получить уравнения связи этих показателей и рассчитать коэффициент корреляции по различным гидрологическим постам (табл. 3).

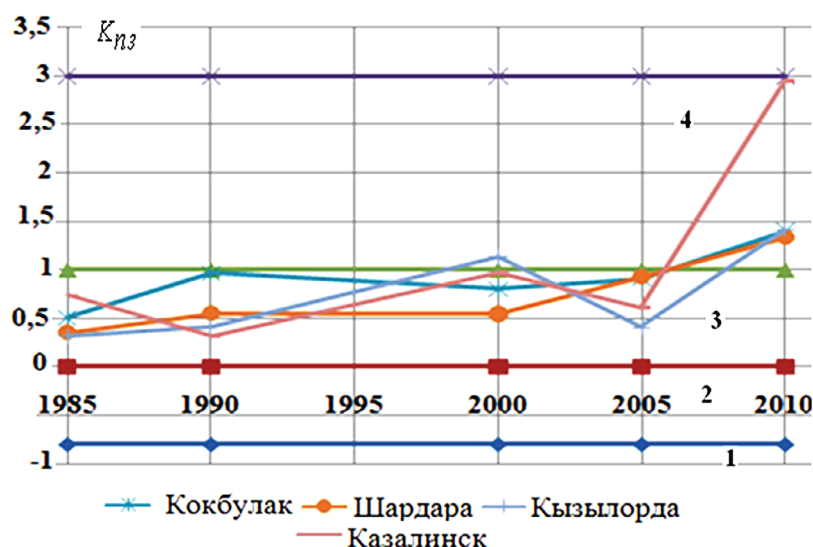


Рис. 1. Динамика качества воды по коэффициенту предельной загрязненности в низовьях реки Сырдарьи: 1 – очень чистая (олиготрофные); 2 – чистая (мезотрофные); 3 – умеренно-загрязненная (мезоэвтрофные); 4 – загрязненная (эвтрофные)

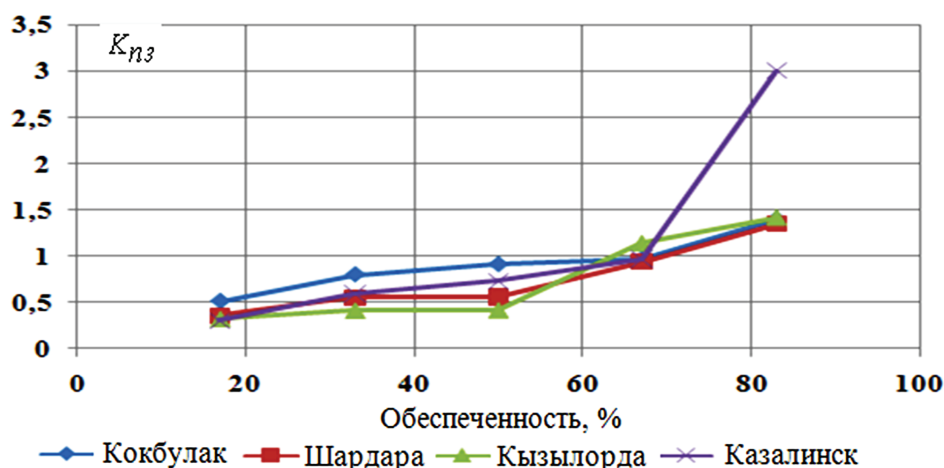


Рис. 2. Кривая обеспеченности коэффициента предельной загрязненности

Изменение коэффициента предельной загрязненности ($K_{нз}$) с учетом расчетной обеспеченности (P) для различных гидрологических постов в низовьях реки Сырдарья

Гидрологические посты	Уравнение связи	Квадрат коэффициента корреляции (детерминации)
Кокбулак	$K_{нз} = 0.459 \cdot \exp(0.012 \cdot P)$	$R^2 = 0.915$
Шардара	$K_{нз} = 0.255 \cdot \exp(0.019 \cdot P)$	$R^2 = 0.955$
Кызылорда	$K_{нз} = 0.175 \cdot \exp(0.026 \cdot P)$	$R^2 = 0.853$
Казалинск	$K_{нз} = 0.185 \cdot \exp(0.030 \cdot P)$	$R^2 = 0.905$

Уравнения связи коэффициентов предельной загрязненности с учетом расчетной обеспеченности были аппроксимированы функциями, для которых в дальнейшем были рассчитаны квадраты коэффициентов детерминации. Для оценки экологического состояния водных экосистем в нижнем течении реки Сырдарья было использовано уравнение связи индекса Шеннона (H) и коэффициента предельной загрязнен-

ности ($K_{нз}$), которое имеет следующий вид [13, 14]:

$$H = -7,17 \cdot \ln \cdot K_{нз} + 6,104.$$

Это уравнение было использовано для расчета количественной оценки интегральных целевых показателей и их динамики по ряду гидрологических постов в низовьях р. Сырдарья (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительная оценка экологического состояния водных экосистем низовий р. Сырдарья по индексу Шеннона и коэффициенту предельной загрязненности

Годы	Гидрологические посты							
	Кокбулак		Шардара		Кызылорда		Казалинск	
	$K_{нз}$	H	$K_{нз}$	H	$K_{нз}$	H	$K_{нз}$	H
1985	1,394	1,935	1,338	1,974	1,415	1,931	2,995	1,597
1990	0,963	2,036	0,933	2,045	1,137	1,995	0,974	2,036
2000	0,909	2,051	0,555	2,140	0,415	2,177	0,731	2,096
2005	0,800	2,078	0,543	2,143	0,409	2,178	0,603	2,128
2010	0,512	2,150	0,354	2,193	0,319	2,206	0,311	2,184

На основе данных таблицы 4 была разработана модель зависимости индекса Шеннона с учетом ее обеспеченности, получена

кривая связи и рассчитан коэффициент корреляции по рассматриваемым гидрологическим постам р. Сырдарья (табл. 5).

Таблица 5

Динамика индекса Шеннона (H) с учетом расчетной обеспеченности (P) для различных гидрологических постов низовий р. Сырдарья

Гидрологические посты	Уравнение связи	Квадрат коэффициента корреляции (детерминации)
Кокбулак	$H = 0.119 \cdot \ln(P) + 1.599$	$R^2 = 0.930$
Шардара	$H = 0.153 \cdot \ln(P) + 1.513$	$R^2 = 0.975$
Кызылорда	$H = 0.190 \cdot \ln(P) + 1.380$	$R^2 = 0.909$
Казалинск	$H = 0.351 \cdot \ln(P) + 0.681$	$R^2 = 0.878$

Выводы

В рамках реализации системного подхода для водных объектов нижнего течения реки Сырдарья была разработана и формализована пространственно-временная ма-

трица целевых показателей качества воды и проведена оптимизация набора отдельных ее характеристик.

На основании интегральных показателей были выявлены региональные законо-

мерности изменения (в сторону ухудшения) гидрогеохимической трансформации водных объектов, определены степень, интенсивность, направленность, характер и динамика загрязнения водных объектов.

Выполненные исследования позволили разработать модель зависимости коэффициента предельной загрязненности и индекса Шеннона с различной расчетной обеспеченностью по нескольким гидрологическим постам в низовьях Сырдарьи.

Применение пространственно-временной матрицы целевых и интегральных показателей показало, что геоэкологическая оценка водных объектов в низовьях Сырдарьи и качество воды по всем рассматриваемым гидрологическим постам оценивается на уровне «умеренно-загрязненная (мезоэвтрофные)» и «загрязненная (эвтрофные)».

Проведенные исследования по оценке геоэкологической ситуации водных объектов низовья Сырдарьи явились основанием для разработки системы комплексных и превентивных природоохранных мероприятий и управленческих решений по снижению негативного воздействия в этом регионе.

Библиографический список

1. **Карпенко Н.П.** Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков // *Природообустройство*. – 2018. – № 2. – С. 15-22.
2. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Минздрав СССР. – 1988. – 74 с.
3. **Булгаков Н.Г.** Экологически допустимые уровни абиотических факторов в водоемах России и сопредельных стран. Зависимость от географических и климатических особенностей // *Водные ресурсы*. – 2004. – № 2. – том 31. – С. 193-198.
4. **Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д.** Способ обобщения показателей для оценки качества поверхностных вод. // *Гидрохимические материалы*. – 1980. – Т. 77. – С. 88-96.
5. **Моисеенко Т.И.** Методические подходы к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики (на примере Кольского севера) // *Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского севера*. – Апатиты: Кольский научный центр. – 1995. – С. 7-23.
6. **Бурлибаев М, Ж., Фащевский Б.В., Опп К., Бурлибаева Д.Ж., Кайдарова Р.К., Вагапова А.Р.** Научные основы нормирования экологического стока рек Казахстана. – Алматы, 2014. – 408 с.
7. Аналитический отчет «Качество воды в бассейнах рек Амударья и Сырдарья». – Ташкент:(РЭЦ ЦА), 2011. – 31 с.
8. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. / Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., и др. – Алматы: Канагат, – 2014. – том 1. – 742 с.
9. Биогенные вещества в основных водотоках Казахстана / Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж., Искаков Н.А., и др. – Алматы: Канагат, 2003. – 723 с.
10. **Базарбаев С.К., Бурлибаев М.Ж., Кудеков Т.К., Муртазин Е.Ж.** Современное состояние загрязнения основных водотоков Казахстана ионами тяжелых металлов. – Алматы: Канагат, 2002. – 196 с.
11. **Шабанов В.В., Маркин В.Н.** Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. – М: МГУП, 2009. – 154 с.
12. **Shannon, C.E., Warren Weaver.** The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949. – 117 p.
13. **Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Маймеков З.К., Абдывалиева К.С.** Геоэкологическая оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах низовья реки Сырдарьи в условиях антропогенной деятельности // *Международный технико-экономический журнал*. – 2016. – № 5. – С. 41-47.
14. **Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдывалиева К.С.** Геоэкологическая оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах низовья реки Сырдарьи // *Гидрометеорология и экология*. – 2017. – № 1. – С. 160-169.

Материал поступил в редакцию 06.06.2018 г.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: +7(499)9762368; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Мустафаев Жумахан Сулейменович, доктор технических наук, профессор, Казахский национальный аграрный университет; Казахстан, 0500010, г. Алматы, проспект Абая 8; e-mail: z-mustafa@rambler.ru

Козыкеева Алия Тобажановна, доктор технических наук, Казахский национальный аграрный университет; Казахстан, 0500010, г. Алматы, проспект Абая 8; e-mail: aliya.kt@yandex.ru

Мустафаев Канат Жумаханович, кандидат экономических наук, Казахский национальный аграрный университет; Казахстан, 0500010, г. Алматы, проспект Абая 8; e-mail: kanatm79@gmail.com

N.P. KARPENKO

Federal state budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

ZH.S. MUSTAFAEV, A.T. KOZYKEEVA, K.ZH. MUSTAFAEV

Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER BODIES OF THE LOWER REACHES OF THE SYRDARYA RIVER USING THE MATRIX OF TARGET AND INTEGRAL INDICATORS

In work within the implementation of the system approach there was developed and formalized a matrix of water quality targets and an optimization of the set of certain water quality indicators was carried out. Based on long-term observations using the matrix of target hydro chemical, hydro biological and integral indicators there was conducted an assessment of the geo ecological state of water bodies in the lower reaches of the Syrdarya River to identify the factors that adversely affect the ecological state. The assessment was carried out for such targets as biochemical oxygen consumption, ammonium nitrogen, nitrogen nitrite, nitrogen nitrate, chlorides, sulfates, copper, zinc, sodium and petroleum products. On integral indicators a comprehensive assessment of water quality was carried out which made it possible to determine the intensity and direction of transformation of pollutants under the conditions of anthropogenic activities. The geo ecological assessment of the water quality and ecological state of water bodies in the lower reaches of the Syrdarya river was carried out using the pollution limit coefficient and Shannon index, the analysis of which allowed to assess the intensity and nature of water pollution on a spatial and temporal scale and to obtain a model of the dependence of the pollution limit coefficient and Shannon index in the calculated availability. The application of the matrix of indicators of target indicators and the assessment of the geo ecological situation of the water bodies under consideration was the rationale for the development of environmental measures and decisions on water resources management and water quality in the water bodies of the lower Syrdarya under the conditions of high anthropogenic loads.

Geo ecological assessment, water bodies, pollutants, ecological state, target indicators, integral indicators, anthropogenic load

References

1. **Karpenko N.P.** Otsenka geologicheskoy situatsii rechnyh bassejnov na osnove atributivnyh pokazatelej i obobshchennyh geologicheskikh riskov. // Prirodoobustrojstvo. – 2018. – № 2. – S. 15-22.
2. Sanitarnye pravila i normy ohrany poverhnostnyh vod ot zagryaznenija. – M.: Mინzdrav SSSR. – 1988. – 74 s.
3. **Bulgakov N.G.** Ecologicheskii dopustimyye urovni abioticheskikh faktorov v vodoemah Rossii i sopredelnyh stran. Zavisimost ot geograficheskikh i klimaticheskikh osobennostej. // Vodnye resursy. – 2004. – № 2. – tom 31. – S. 193-198.
4. **Emelyanova V.P., Danilova G.N., Rodziller I.D.** Spособ obobshcheniya pokazatelej dlya otsenki kachestva poverhnostnyh vod. // Gidrohimicheskie materialy. – 1980. – T. 77. – S. 88-96.
5. **Moiseenko T.I.** Metodicheskie podhody k normirovaniyu antropogennyh nagruzok na vodoemy Subarktiki (na primere Koljskogo severa). // Problemy himicheskogo i biologicheskogo monitoring ekologicheskogo sostoyaniya vodnyh objektov Koljskogo severa. – Apatity: Koljsky nauchny tsentr. – 1995. – S. 7-23.
6. **Burlibaev M.Zh., Fashchevsky B.V., Opp K., Burlibaeva D.J., Kaidarova R.K., Vagapova A.R.** Nauchnye osnovy normirovaniya ekologicheskogo stoka rek Kazakhstana. – Al, aty, 2014. – 408 s.
7. Analitichesky otchet «Kachestvo vody v basseinah rek Amudarya i Syrdarya». – Tashkent: (RETS TSA), 2011. – 31 s.
8. **Burlibaev M.Zh., Amirgaliev N.A., Shenberger I.V., Sokalsky V.A., Burlibaeva D.M., Uvarov D.V., Simernova D.A., Efimonko A.V., Milyukov D.I.** Problemy

zagryazneniya osnovnykh transgranichnykh rek Kazakhstana. / Burlibaev M.Zh., Amirgaliev N.A., Shenberger I.V. i dr. – Almaty: Kanagat, – 2014. – tom 1. – 742 s.

9. **Burlibaev M.Zh., Murtazin E.Zh., Iskakov N.A., Kudekov T.K., Bazarbaev S.K.** Biogennye veshchestva v osnovnykh vodotokah Kazakhstana. – Almaty: Kanagat, 2003. – 723 s.

10. **Bazarbaev S.K., Burlibaev M.Zh., Kudekov T.K., Murtazin E.Zh.** Sovremennoe sostoyanie zagryazneniya osnovnykh vodotokov Kazakhstana ionami tyazhelykh metallov. – Almaty: Kanagat, 2002. – 196 s.

11. **Shabanov V.V., Markin V.N.** Metod otsenki kachestva vod i sostoyaniya vodnykh ekosistem. – M: MGUP, 2009. – 154 s.

12. **Shannon, C.E., Warren Weaver.** The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press. 1949. – 117 s.

13. **Mustafaev Zh.S., Kozykeeva A.T., Maymekov Z.K., Abdyvalieva K.S.** Geoecologicheskaya otsenka transformatsii kontsentratsii zagryazneniyshchih veshchestv v vodah nizovya reki Syrdaryi v usloviyah antropogennoj deyatel'nosti // Mezhdunarodny tehniko-ekonomicheskyy zhurnal. – 2016. – № 5. – S. 41-47.

14. **Mustafayev Zh.S., Kozykeeva A.T., Abdyvalieva K.S.** Geoecologicheskaya otsenka transformatsii kontsentratsii zagryaz-

nyayushchih veshchestv v vodah nizovya reki Syrdaryi // Hidrometeorologiyabi ekologiya. – 2017. – № 1. – S. 160-169.

The material was received at the editorial office
06.03.2018 g.

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, associate professor, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and flow regulation», FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev”, 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: +7(499)9762368; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Mustafayev Zhumakhan Suleimovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan, 0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: z-mustafa@rambler.ru

Kozykeyeva Aliya Tobazhanovna, Doctor of Technical Sciences, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan, 0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: aliya.kt@yandex.ru

Mustafayev Kanat Zhumakhanovich, Candidate of Economic Sciences, Kazakh National Agrarian University; Kazakhstan, 0500010, Almaty, Abai Avenue 8; e-mail: kanatm79@gmail.com

УДК 502/504: 551.49:639.03 (282.247.41)

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-21-30

В.Б. ЖЕЗМЕР, А.Л. БУБЕР

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

СООТВЕТСТВИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА НИЗОВЬЕВ ВОЛГИ ОСНОВНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ НЕРЕСТОВОГО ЦИКЛА РЫБ ВОЛГО-КАСПИЙСКОГО РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ПОДРАЙОНА

Волго-Каспийский рыбопромысловый подрайон является важнейшим внутренним рыбохозяйственным водоемом России. На протяжении столетий указанный регион отличала высокая продуктивность массовых промысловых видов полупроходных и речных рыб. Основной нерест полупроходных (лещ, вобла, сазан, судак и др.) и речных рыб указанного подрайона проходит в нижней зоне Волго-Ахтубинской поймы, а также в центральной дельте. Создание в бассейне Волги Волжско-Камского каскада гидроэлектростанций привело к сокращению годового волжского стока и глубокой деформации всех его гидрологических характеристик, что особенно наглядно проявляется в период половодья. Интересы и требования рыбного и сельского хозяйства по использованию водных ресурсов при управлении волжским стоком существенно расходятся с приоритетами энергетиков, которым в настоящее время отдается предпочтение. Путем сопоставления динамики уровня половодья в низовьях Волги, по данным Астраханского водпоста