

УДК 502.504:627.83

Доктор техн. наук

Доктор техн. наук

Ж.С. Мустафаев¹А.Т. Козыкеева¹Л.Б. Рыскулбекова¹

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТРАНСПИРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОСБОРЕ БАСЕЙНА ТРАНСГРАНИЧНОЙ РЕКИ ИЛЕ

Ключевые слова: анализ, оценка, система, систематизация, вода, вещество, экология, состояние, воздействие, природа, методика, трансформация.

На основе системного анализа многолетних информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в бассейне трансграничной реки Иле и с использованием индекса Шеннона и коэффициента предельной загрязненности В.В. Шабанова, произведена оценка качества воды по гидрохимическим показателям в пространственно-временном масштабе в условиях антропогенной деятельности.

Актуальность. Потенциал самоочищения природной среды водосбора речных бассейнов можно рассматривать как интегральную экологическую оценку техногенных процессов, которые возникают при загрязнении в условиях антропогенной деятельности. При этом именно через определение потенциала самоочищения водной экологической системы появляется возможность определить степень влияния антропогенной деятельности в формировании эколого-водохозяйственного состояния водосборов речных бассейнов. Потенциал самоочищения природной среды водосборов речных бассейнов определяет его геоэкологическую устойчивость к техногенным воздействиям.

Любое техногенное вмешательство в структуру миграционных процессов в водосборах речных бассейнов влечет за собой прямую или обратную цепную реакцию, которые приводят к экологическому нарушению в водной среде и особенно проявляется в их трансаккумулятивной зоне, что требует необходимости проведения эколого-водохозяйственной оценки с

¹ КазНАУ, Алматы, Казахстан

учетом уровня изменения внешних факторов, в условиях антропогенной деятельности.

Объект исследования. Река Иле является основной водной артерией бассейна озера Балкаш. Она берет начало на ледниках Музарт в Центральном Таниртау истоком реки Текес на горный хребет в Кыргызстане и частично Казахстане, затем течет по территории КНР, где сливается с реками Кунес и Каш, затем снова входит в пределы Республики Казахстан и на 1001-м км впадает в озеро Балкаш. Общая длина реки составляет 1439 км, а в пределах Республики Казахстан - 815 км. Площадь бассейна реки Иле на территории Казахстана составляет 77400 км², тогда как общая площадь равна 140 тыс. км² (примерно 75 % водосборной площади озера Балкаш [1]. Стокоформирующая часть бассейна расположена в Китае (густота сети – от 0,6 до 3 км/км²) [1].

Цель исследования. Провести оценку эколого-водохозяйственного состояния водосбора бассейна реки Иле в Казахстанской части, на основе многолетних наблюдений с помощью гидрохимических показателей.

Материалы и методы исследования. На основе информационной базы, для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов в бассейне реки Иле, были использованы материалы сборников «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод» Республики Казахстан» РГП «Казгидромет» МОСВР РК и многолетние фондовые и литературные источники по гидрохимическим показателям [1], включающих азот аммонийный (NH_4), азот нитритный (NO_2), азот нитратный (NO_3), хлориды (Cl), сульфаты (SO_4), медь (Cu), цинк (Zn), железо общее (Fe) и нефтепродукты (табл. 1).

Теоретический и методологический подход основывается на современных представлениях в географической науке о системно-формирующей роли речного стока, структуре и функциях водосборов, определяющих условия жизни людей и функционирование экологических систем.

Таблица 1

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде в водосборе бассейна реки Иле в пространственно-временном масштабе

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год				
	1990	1995	2000	2005	2010
Река Иле - в створе гидропоста пристань Добын					
Расход воды (Q), м ³ /с	435,0	409,0	370,0	480,0	595,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	751,6	123,3	49,2	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	-	0,10	0,11	0,06	-
Азот нитритный (NO_2), мг/л	-	0,01	0,03	0,06	-
Азот нитратный (NO_3), мг/л	-	1,00	0,87	0,72	-
Нефтепродукты, мг/л	-	0,06	0,07	0,03	0,025
Хлориды (Cl), мг/л	-	8,87	6,55	12,86	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	-	76,70	77,06	62,38	-
Железо общее (Fe), мг/л	-	0,18	0,30	0,34	0,233
Медь (Cu), мг/л	-	3,33	14,52	7,10	8,568
Цинк (Zn), мг/л	-	5,00	22,46	4,00	2,005
Река Иле - в створе гидропоста 164 км выше ГЭС					
Расход воды (Q), м ³ /с	493,0	454,0	433,0	521,0	750,0
Взвешенные вещества, мг/л	-	-	120,6	69,0	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	-	-	0,07	0,11	0,027
Азот нитритный (NO_2), мг/л	-	-	0,03	0,02	0,020
Азот нитратный (NO_3), мг/л	-	-	0,94	0,89	0,599
Нефтепродукты, мг/л	-	-	0,05	0,03	0,011
Хлориды (Cl), мг/л	-	-	7,31	11,80	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	-	-	80,91	79,43	-
Железо общее (Fe), мг/л	-	-	0,14	0,14	0,074
Медь (Cu), мг/л	-	-	6,32	8,08	10,78
Цинк (Zn), мг/л	-	-	13,95	1,95	1,763
Река Иле - в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС					
Расход воды (Q), м ³ /с	454,0	451,0	526,0	533,0	718,0
Взвешенные вещества, мг/л	29,4	20,6	40,0	14,2	-

Показатель	Средние концентрации загрязняющих веществ за период, год				
	1990	1995	2000	2005	2010
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,03	0,05	0,08	0,09	0,009
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,66	0,56	0,81	2,14	0,573
Нефтепродукты, мг/л	0,15	0,15	0,05	0,02	0,009
Хлориды (Cl), мг/л	18,69	35,03	5,65	70,31	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	61,59	98,34	78,0	70,28	-
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,11	0,05	0,13	0,065
Медь (Cu), мг/л	0,93	1,75	4,36	5,03	6,028
Цинк (Zn), мг/л	2,44	3,63	8,11	3,19	2,468
Река Иле – в створе гидропоста село Ушжарма					
Расход воды (Q), м ³ /с	447,0	451,0	552,0	539,0	-
Взвешенные вещества, мг/л	46,4	40,4	34,9	33,0	-
Азот аммонийный (NH_4), мг/л	0,01	0,03	0,05	0,06	-
Азот нитритный (NO_2), мг/л	0,00	0,02	0,01	0,01	-
Азот нитратный (NO_3), мг/л	0,61	0,46	0,85	0,67	-
Нефтепродукты, мг/л	0,18	0,17	0,07	0,02	0,007
Хлориды (Cl), мг/л	27,20	30,28	8,26	12,21	-
Сульфаты (SO_4), мг/л	86,40	88,84	78,02	82,13	-
Железо общее (Fe), мг/л	0,06	0,09	0,05	0,05	0,068
Медь (Cu), мг/л	0,13	1,00	3,96	7,26	10,52
Цинк (Zn), мг/л	2,36	6,67	14,15	1,95	1,933

Для оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем в практике водного хозяйства широко используются методы, основанные на использовании комплексных показателей, то есть определения пределов допустимых изменений (ПДИ) [2], порога критического действия (ПДВВ) [3], предельно-допустимой концентрации (ПДК) [3], гидрохимического индекса загрязнения (ГЗВ) [3], а также методологического обеспечения Н.Г. Булгакова [4], В.П. Емельяновой [5], Т.Н. Моисеенко [6], М.Ж. Бурлибаева [7] и В.В. Шабанова [8].

При этом, для оценки качества воды и экологического состояния водных объектов, в водосборе бассейна реки Иле, применена методика В.В. Шабанова, с использованием коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [8]:

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

где i – номер загрязняющего воду вещества; N – количество учитываемых веществ; $ПДК_i$ – предельно-допустимая концентрация учитываемых веществ; C_i – фактическая концентрация учитываемых веществ; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности, характеризующий качество воды, состояние водного объекта рек и его водохозяйственное значение, которое оценивается в соответствии классификации, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Классификация качества воды по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) [8] и трофического статуса Е.С.Шеннона (H) [9]

Коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$)					
Очень чистая	Чистая	Умеренно чистая	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
<-0.80	-0.80-0.0	0.0-1.0	1.0-3.0	3.0-5.0	>5.0
Трофического статуса Е.С.Шеннона (H)					
3,06-2,30	2,30-1,89	1,89-1,52	1,52-1,32	1,32-1,25	1,25-1,11
Олиготрофные	α -мезотрофные	β -мезотрофные	Эвтрофные	Политрофные	Гипертрофные

Между коэффициентом предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова и трофического статуса Е.С.Шеннона (H) имеется определенная зависимость, которая имеет следующий вид [8]:

$$H = 3,06 \cdot \exp[-0,23(K_{пз} + 2)].$$

Результаты исследования. Оценка качества воды и экологического состояния водных объектов в водосборе бассейна реки Иле проводилась в пространственно-временном масштабе, с интервалом пять лет, для выявления направленности и интенсивности гидрохимического процесса в водных экосистемах, как среды обитания человека (таблица 3) [10; 11; 12].

Таблица 3

Оценка загрязненности воды в низовьях реки Иле в пространственно-временном масштабе по коэффициенту предельной загрязненности

Загрязняющие вещества (мг/л)	ПДК, мг/л	Годы				
		1990	1995	2000	2005	2010
Река Или- в створе гидропоста пристань Добын						
Азот аммонийный	0.39	-	-0,743	-0,717	-0,846	-
Азот нитратный	0.02	-	-0,500	0,500	2,000	-
Азот нитратный	9.0	-	-0,888	-0,903	-0,920	-
Нефтепродукты	0.05	-	0,200	0,400	-0,400	-0,500
Хлориды	300.0	-	-0,970	-0,978	-0,957	-
Сульфаты	100.0	-	-0,233	-0,229	-0,366	-
Железо общее	0,30	-	-0,400	0,000	0,133	-0,223
Медь	1,0	-	2,330	13,520	6,10	7,568
Цинк	10,0	-	-0,500	1,246	-0,600	-0,800
$K_{пз}$		-	-0,223	1,610	0,480	1,511
Река Или - в створе гидропоста 164 км выше ГЭС						
Азот аммонийный	0.39	-	-	-0,821	-0,717	-0,930
Азот нитратный	0.02	-	-	0,500	0,000	0,000
Азот нитратный	9.0	-	-	-0,896	-0,901	-0,933
Нефтепродукты	0.05	-	-	0,000	-0,400	-0,780
Хлориды	300.0	-	-	-0,976	0,960	-
Сульфаты	100.0	-	-	-0,191	-0,205	-
Железо общее	0,30	-	-	-0,533	-0,533	-0,753
Медь	1,0	-	-	5,320	7,080	9,786
Цинк	10,0	-	-	0,395	-0,805	-0,824
$K_{пз}$		-	-	0,255	0,497	0,906
Река Или - в створе гидропоста Капчагай 26 км ниже ГЭС						
Азот аммонийный	0.39	-0,923	-0,871	-0,794	-0,769	-0,769
Азот нитратный	0.02	-0,500	-0,500	-0,500	-0,500	-0,750
Азот нитратный	9.0	-0,927	-0,938	-0,910	-0,762	-0,936
Нефтепродукты	0.05	2,000	2,000	0,000	-0,600	-0,820
Хлориды	300.0	-0,938	-0,883	-0,981	-0,766	-
Сульфаты	100.0	-0,384	-0,017	-0,220	-0,297	-
Железо общее	0,30	-0,800	-0,633	-0,833	-0,567	-0,783
Медь	1,0	-0,07	0,750	1,360	4,030	5,028
Цинк	10,0	-0,756	-0,637	-0,189	-0,681	-0,753
$K_{пз}$		-0,366	-0,192	-0,341	-0,101	0,031
Река Или – в створе гидропоста село Ушжарма						
Азот аммонийный	0.39	-	-0,974	-0,923	-0,871	-0,846
Азот нитратный	0.02	-	0,000	0,000	-0,500	-0,500
Азот нитратный	9.0	-	-0,932	-0,949	-0,907	-0,926
Нефтепродукты	0.05	-	2,600	2,400	0,400	-0,600

Загрязняющие вещества (мг/л)	ПДК, мг/л	Годы				
		1990	1995	2000	2005	2010
Хлориды	300.0	-	-0,909	-0,899	-0,972	-0,959
Сульфаты	100.0	-	-0,136	-0,112	-0,220	-0,179
Железо общее	0,30	-	-0,800	-0,700	-0,833	-0,833
Медь	1,0	-	-0,970	0,000	2,960	6,260
Цинк	10,0	-	-0,764	-0,333	0,415	-0,805
$K_{пз}$		-	-0,320	-0,068	0,034	0,068

Таким образом, оценка качества воды, в водосборе бассейна реки Иле, проведенная в пространно-временном масштабе, начиная с границы Китайской Народной Республики (гидрологический пост пристань Добын) до устья реки (гидрологический пост село Ушжарма) позволила определить направленность и интенсивность их загрязнения главными ионами (Cl, Na, SO_4), биогенными элементами (NH_4, NO_2, NO_3) и тяжелыми металлами (Cu, Zn). Как видно из табл. 3 вода в водосборе бассейна реки Иле в основном загрязнена тяжелыми металлами (Cu, Zn) и нефтепродуктами, что необходимо учитывать при разработке природоохранных мероприятий. При этом следует отметить, что качество воды в створе гидрпоста пристань Добын выше Капшагайского водохранилища по показателю коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) относится к чистой, ниже в створе гидрологического поста село Ушжарма, к умеренно чистой, которые показывают, что во время трансформации водного потока происходит самоочищение в природной среде на территории исследуемого объекта.

В водосборе бассейна реки Иле основными загрязняющими веществами по рыбо-хозяйственным критериям, по которым наблюдались экстремальные значения, являются: азот нитритный, нефтепродукты, сульфаты, медь, цинк, железо общее.

На основе уравнения связи, характеризующая зависимость трофического статуса Шеннона (H) и коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) определены их количественные значения по гидрологическим постам, расположенных в водосборе бассейна реки Иле, во временном масштабе (табл. 4).

Таблица 4

Сравнительная оценка геоэкологического состояния водной экосистемы в водосборе бассейна реки Иле, зависимости от трофического статуса Шеннона (H) и коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$)

Год	Гидрологические посты в водосборе бассейна реки Иле			
	пристань Добын	164 км выше ГЭС Капшагай	26 км ниже ГЭС Капшагай	Ушжарма
Коэффициент предельной загрязненности ($K_{пз}$)				
1990	-	-	-0,366	-
			чистая	
1995	-0,233	-	-0,192	-0,320
	чистая		чистая	чистая
2000	1,610	0,255	-0,341	-0,068
	загрязнен- ная	умеренно чи- стая	чистая	чистая
2005	0,480	0,497	-0,101	0,034
	умеренно чистая	умеренно чи- стая	чистая	умеренно чистая
2010	1,511	0,906	0,031	0,068
	загрязнен- ная	умеренно чи- стая	умеренно чи- стая	умеренно чистая
Трофического статуса Шеннона (H)				
1990	-	-	2,102	-
			α -мезо- трофные	
1995	2,038	-	2,020	2,078
	α -мезо- трофные		α -мезо- трофные	α -мезо- трофные
1995	1,334	1,821	2,090	1,961
	Эвтрофные	β -мезо- трофные	α -мезо- трофные	α -мезо- трофные
2000	1,729	1,723	1,977	1,916
	β -мезо- трофные	β -мезо- трофные	α -мезо- трофные	α -мезо- трофные
2005	1,365	1,567	1,916	1,903
	Эвтрофные	β -мезо- трофные	α -мезо- трофные	α -мезо- трофные

Следует отметить, что водосбору бассейна реки Иле характерны определенные виды загрязняющих веществ, которые меняются в значительной мере в зависимости от интенсивности поступления загрязнений с верховьях течения рек, в том числе и с трансграничных территорий.

Обсуждение. Система оценки качества и экологического состояния водной экосистемы, в водосборе бассейна реки Иле, с использованием трофического статуса Шеннона (H) и коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) В.В. Шабанова показали, что по качеству воды в створе гидропоста пристань Добын, выше Капшагайского водохранилища, относится к чистой (α -мезотрофные), ниже гидрологического поста села Ушжарма, к умеренной чистой (β -мезотрофные). Полученные данные качества воды требуют необходимости учитывания, при разработке системы мероприятий по охране окружающей среды и предотвращения возможных чрезвычайных ситуаций на основе средообразующей способности природной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокольский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Смирнова Д.А., Ефименко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана- Алматы: Издательство «Қанағат», 2014.– том 1.–744 с.
2. Калихман А.Д., Педерсен А.Д., Савенкова Т.П., Сукнев А.Я. Методика «пределов допустимых изменений» на Байкале – участке Всемирного наследия ЮНЕСКО. Иркутск: Оттиск, 1999. – 100 с.
3. Методические указания по организации и функционированию подсистемы мониторинга состояния трансграничных поверхностных вод Казахстана.- Алматы, 2012.– 140 с.
4. 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.
5. 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.
6. Моисеенко Т.И. Методические подходы к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики (на примере Кольского се-

- вера) // Проблемы химического и биологического мониторинга экологического состояния водных объектов Кольского севера. – Аппатиты: Кольский научный центр, 1995. – С. 7-23.
7. Бурлибаев М.Ж., Амиргалиев Н.А., Шенбергер И.В., Сокальский В.А., Бурлибаева Д.М., Уваров Д.В., Симернова Д.А., Ефимонко А.В., Милюков Д.Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы: Канагат, 2014. – том 1. – 742 с.
 8. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем- М: МГУП, 2009. – 154 с.
 9. Shannon, C.E., Warren Weaver. The mathematical theory of communication. Urbana: the University of Illinois Press., 1949.–117 p.
 10. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Арыстанова А.Б., Карпенко Н.П. Эколого-водохозяйственная оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах водосбора бассейна реки Жайык // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – №6. – С. 123-130.
 11. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Абдывалиева К.С. Геоэкологическая оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в водах низовья реки Сырдаья // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2017. – №1. – С.160-169.
 12. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Маймеков З.К., Абдывалиева К.С. Геоэкологическая оценка трансформации концентрации загрязняющих веществ в воде в низовьях реки Сырдаья в условиях антропогенной деятельности // Международный технико-экономический журнал. – 2016. – №5.– С.41-47.

Поступила 18.02.2019

Техн. ғылым. докторы
Техн. ғылым. докторы

Ж.С. Мұстафаев
Ә.Т. Қозыкеева
Л.Б. Рысқұлбекова

ТРАНСШЕКАРАРАЛЫҚ ІЛЕ ӨЗЕНІНІҢ СУ ЖИНАУ АЛАБЫНДАҒЫ ЛАСТАУШЫ ЗАТТАРДЫҢ ТАСМАЛДАУЫН ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҮРҒЫДА БАҒАЛАУ

Түйін сөздер: талдау, бағалау, жүйе, жүйелеу, су, заттар, экология, жағдайы, техногендік жүктеме, табиғат, әдістеме, тасмалдау.

Шекара аралық Іле өзенінің суының ластану туралы «Қазгидромет» РМӨ-нің көпжылдық ақпараттық-талдау мәліметтеріне жүйелік талдау жүргізудің негізінде және

Шенноның белісі мен В.В. Шабановтың ластанудың шектелген көрсеткішін пайдалана отырып, техногендік қызметтің кеңістік-уақыт масштабындағы жағдайындағы гидрохимиялық өлшемдік көрсеткіштер бойынша өзеннің суының сапасына бағалау жүргізілген.

Zh.S. Mustafayev, A.T. Kozykeyeva, L. B. Ryskulbekova

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF TRANSPIRATION OF POLLUTED SUBSTANCES IN THE DRAINAGE BASIN OF A TRANS-BOUNDARY RIVER ILE

Keywords: analysis, assessment, system, systematization, water, sustance, ecology, state, anthropogenic, nature, methods, transformation.

Based on the system analysis of long-term information and analytical materials of the RSE «Kazhydromet» on water pollution in the basin of the transboundary Ili River and using the Shannon index and the maximum pollution coefficient V.V. Shabanov made anassessment of water quality by hydrochemical indicators in a space-time scale under conditions of anthropogenic activity.