

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ КОМПЛЕКСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**В.В. Шумак**, кандидат биологических наук  
УО «Полесский государственный университет»  
г. Пинск, Беларусь

**Ключевые слова:** водоем комплексного назначения, водохранилище, пруд, загрязнения, рыбо-

### Введение

При организации рационального природопользования из ВКН возможно получение высококачественной рыбной продукции в значительных количествах. Продуктивность естественных водоемов отличается определенной ограниченностью. Подходы к определению оптимального уровня вылова и рыбопродуктивности ВКН подлежат дальнейшей разработке и корректировке. Принимается во внимание ряд возможностей для проведения мелиоративных мероприятий по повышению продуктивности водных угодий. В данной работе изучается возможность использования ВКН как резервуаров для очистки вод мелиоративной сети с получением товарной рыбной продукции.

### Материалы и методика исследования

Загрязнение водоемов веществами, содержащимися в водоисточниках, является следствием хозяйственной деятельности на территории водосборных бассейнов. Если на территории подвергшейся осушительной мелиорации существуют ВКН, то именно они служат центром накопления и/или биологической нейтрализации загрязнений. В 2008 году изучались ВКН польдерной системы ОАО «Почепово», Пинского района, а также пруды участка «Житновичи», ОАО «Рыбхоз «Полесье». Данные сведены в таблицы для большей наглядности и доступности материала.

Кривичи-1, ВКН расположенный в пойме реки Пина, площадь около 47 га, при средней глубине в 2,5 м, на ложе имеются котлованы, где глубина достигает 6,8 м. Обеспечивается водой из мелиоративной сети близлежащего водосборного бассейна, представляющего собой польдерную систему ОАО «Почепово». Кривичи-1 является водоемом двойного регулирования, т.е. обеспечивает как осушение, так и увлажнение земель сельскохозяйственного назначения.

Кривичи-2, ВКН в пойме реки Припять, площадью 59 га, при средней глубине около 1,5 м, обеспечивается водой из мелиоративной сети близлежащего водосборного бассейна, представляющего собой также польдерную систему ОАО «Почепово». Кривичи-2 является водоемом двойного регулирования, т.е. обеспечивает как осушение, так и увлажнение земель сельскохозяйственного назначения. В работе учитываем, что вода подается насосной станцией в зависимости от потребностей сельскохозяйственного производства. Для того, чтобы обеспечить нормальный подпорный уровень с учетом фильт-

рации и испарения массы поступающей воды, обеспечивается как минимум 4 кратное наполнение изучаемого объема в течение года (табл. 1). Что подтверждается данными расхода электроэнергии по насосным станциям.

**Таблица 1 – Исследование поверхностных вод водоемов Кривичи-1, Кривичи-2, 2008 год**

Наименование показателя	Место отбора образцов	Фактические значения	Ед.изм.	Объем водоема, тыс. м <sup>3</sup>	Масса загрязнений на объем, кг	Переработанная разница, кг
Железо общее	т.1	0,6	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	669	4683 кг; 99,64 кг/га
	т.2	0,6		1115(2,5)	669	
	т.3	1,2		900(1,5)	1080	3240 кг; 54,92 кг/га
	т.4	1,0		900(1,5)	900	
	т.5	1,2		V-K-1=4460 V-K-2=3600	5352 4320	
Хлориды	т.1	14,0	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	15610	91430 кг; 1945,32 кг/га
	т.2	14,0		1115(2,5)	15610	
	т.3	14,0		900(1,5)	12600	73800 кг; 1250,85 кг/га
	т.4	13,5		900(1,5)	12600	
	т.5	24,0		V-K-1=4460 V-K-2=3600	107040 86400	
Сульфаты	т.1	23,3	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	25979,5	77436,75 кг; 1647,59 кг/га
	т.2	24,2		1115(2,5)	26983,0	
	т.3	23,0		900(1,5)	20700,0	63045 кг; 1068,56 кг/га
	т.4	23,3		900(1,5)	20970,0	
	т.5	23,3		V-K-1=4460 V-K-2=3600	103918,0 83880,0	
Фосфаты	т.1	0,02	мгP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	22,3	590,95 кг; 12,57 кг/га
	т.2	0,04		1115(2,5)	44,6	
	т.3	0,07		900(1,5)	63,0	444,5 кг; 7,53 кг/га
	т.4	0,08		900(1,5)	56,0	
	т.5	0,14		V-K-1=4460 V-K-2=3600	624,4 504,0	
Аммиак	т.1	0,55	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	613,25	2428,6 кг; 59,88 кг/га
	т.2	0,63		1115(2,5)	702,45	
	т.3	0,53		900(1,5)	477,00	2025 кг; 34,32 кг/га
	т.4	0,49		900(1,5)	441,00	
	т.5	0,69		V-K-1=4460 V-K-2=3600	3077,40 2484,00	
Нитриты	т.1	0,005	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	5,575	26,77 кг; 0,57 кг/га
	т.2	0,003		1115(2,5)	3,345	
	т.3	0,007		900(1,5)	6,300	18,9 кг; 0,32 кг/га
	т.4	0,007		900(1,5)	6,300	
	т.5	0,007		V-K-1=4460 V-K-2=3600	31,220 25,200	
Нитраты	т.1	0,07	мг/дм <sup>3</sup>	1115(2,5)	78,05	485 кг; 10,32 кг/га
	т.2	0,08		1115(2,5)	89,20	
	т.3	0,30		900(1,5)	270,00	175,5 кг; 2,98 кг/га
	т.4	0,19		900(1,5)	171,00	
	т.5	0,11		V-K-1=4460 V-K-2=3600	490,60 396,00	

- т.1 - Кривичи-1, с поверхности;
- т.2 - Кривичи-1, со дна;
- т.3 - Кривичи-2, с поверхности;
- т.4 - Кривичи-2, со дна;
- т.5 – подающая система, канава

*Примечание – источник: данные актов сертифицированной лаборатории ЖКХ г. Пинска.*

Переработанная разница для водоемов Кривичи-1 устанавливается по следующей формуле:

$$Pr = (V_5 \times C_5) - (V_1 \times C_{1-2}), \quad (1)$$

где  $V_5$  – объем подаваемой воды из водоисточника;

$C_5$  – концентрация загрязнений в водоисточнике;

$V_1$  - объем водоема Кривичи-1;

$C_{1-2}$  - среднее значение концентрации загрязнений по водоему Кривичи-1.

Переработанная разница для водоема Кривичи-2 устанавливается по следующей формуле:

$$Pr = (V_5 \times C_5) - (V_2 \times C_{3-4}), \quad (2)$$

где  $V_5$  – объем подаваемой воды из водоисточника;

$C_5$  – концентрация загрязнений в водоисточнике;

$V_2$  - объем водоема Кривичи-2;

$C_{3-4}$  - среднее значение концентрации загрязнений по водоему Кривичи-2.

Также изучался участок «Житновичи», ОАО «Рыбхоз «Полесье», который представляет собой последовательно расположенных 2 пруда. Пруд №1 расположен ниже, заливаемая площадь около 40 га, при средней глубине в 1 м, в рыбосбороосушительной сети глубина на водосбросе достигает 1,8 м.

По мелиоративной сети близлежащего водосборного бассейна, болота Красное, мелиоративной сети лесного массива вода попадает в пруд №2, заливаемая площадь не превышает 30 га, при средней глубине около 0,7 м, в рыбосбороосушительной сети глубина достигает 1 м на подаче в пруд №1. Через пруд № 1 вода попадала в сбросную канаву ведущую к реке Пине, которая находится в 700 м. Учитывали в расчетах, что вода в пруды начинала собираться с осени, для того чтобы обеспечить достаточное ее количество и предупредить и так чрезмерную зарастаемость рыбоводных площадей. С учетом фильтрации и испарения массы поступающей воды обеспечивается как минимум 2-х кратное наполнение изучаемого объема.

Переработанная разница для прудов участка «Житновичи» устанавливалась по следующей формуле:

$$Pr=(V_4 \times C_4)-(V_3 \times C_3)-(V_{1-2} \times C_{1-2}), \quad (3)$$

где  $V_4$  – объем подаваемой воды из водоисточника;

$C_4$  – концентрация загрязнений в водоисточнике;

$V_3$  – объем пруда Житновичи-2;

$C_3$  – концентрация загрязнений в пруду Житновичи-2;

$V_{1-2}$  – объем пруда Житновичи-1;

$C_{1-2}$  – среднее значение концентрации загрязнений в пруду Житновичи-1.

Данные проведенных расчетов изложены в табл. 2. Особо можно отметить, что количество переработанных загрязнений на единицу площади заметно меньше. Очевидно, следует учитывать эффективную глубину водоема, прозрачность среды и возможности к наращиванию биомассы продуцентов, что будет расширять кормовую базу и способствовать повышению естественной рыбопродуктивности. При наличии достаточно большой прозрачности, около 70 см, способность водоема к очистке водной среды от загрязнений гораздо меньше изученных выше ВКН.

Водохранилища служат мощными поглотителями биогенных и загрязняющих веществ благодаря процессам деструкции, осаждения и седиментации. По утверждению К.К. Эдельштейна (1998) [2], это положительное воздействие водохранилищ на качество воды может быть реализовано лишь при правильном режиме эксплуатации водохранилища, при условии ограничения антропогенной нагрузки на качество воды и принятии природоохранных мер на водосборе водоема.

При площади водосбора участка «Житновичи» около 40 км<sup>2</sup> определим объем поверхностных вод в соответствии с таблицей 3 [3, с.68].

Так при годовом значении выше 116 мм получим значение более 116 тыс.м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>, а со всей площади 4640 тыс.м<sup>3</sup>. Среднегодовое количество осадков вполне обеспечивает двухкратное наполнение прудов участка «Житновичи» объемом около 1290 тыс.м<sup>3</sup>.

Можно сравнить данные литературных источников по естественному водосбору и оценить эффективность использования поверхностных вод на хозяйственные нужды. Таким образом, отношение количества поверхностных вод, собранных в пруды, к общему объему водосбора составит около 27 %.

При использовании данных с естественного водосбора реки Меречанки расчетной обеспеченности стока 10-15 % соответствует величина среднедекадного модуля 68-72 л/с км<sup>2</sup>, среднедекадные модули для польдеров 73-78 л/с км<sup>2</sup> [4, с. 104].

При пересчете на годовой сток реки Меречанки, Пинского района, получили около 92 мм/год, что вполне удовлетворяет расчетным данным по водосбору участка «Житновичи» Пинского района.

**Таблица 2 – Исследование поверхностных вод участка «Житновичи»,  
ОАО «Рыбхоз «Полесье», 2008 год**

Наименование показателя	Место отбора образцов	Фактические значения, С	Ед.изм.	Объем водоема, V, тыс. м <sup>3</sup>	Масса загрязнений на весь объем, М, кг	Переработанная разница, кг
Железо общее	т.1	0,40	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	160,0	2798,39 кг; 39,98 кг/га
	т.2	0,42		400 (1,0)	168,0	
	т.3	0,48		245 (0,7)	117,6	
	т.4	2,30		1290	2967	
Хлориды	т.1	4,0	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	1600	3024 кг; 43,2 кг/га
	т.2	3,1		400 (1,0)	1240	
	т.3	16,0		245 (0,7)	3920	
	т.4	4,0		1290	5160	
Сульфаты	т.1	1,1	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	440,0	3554 кг; 50,77 кг/га
	т.2	1,4		400 (1,0)	560,0	
	т.3	2,5		245 (0,7)	612,5	
	т.4	3,1		1290	3999	
Фосфаты	т.1	0,03	мгР <sub>2</sub> О <sub>5</sub> /дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	12,0	328,2 кг; 4,69 кг/га
	т.2	0,02		400 (1,0)	8,0	
	т.3	0,02		245 (0,7)	8,0	
	т.4	0,26		1290	335,4	
Аммиак	т.1	0,46	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	184,0	943,04 кг; 13,47 кг/га
	т.2	0,46		400 (1,0)	184,0	
	т.3	0,42		245 (0,7)	102,9	
	т.4	0,82		1290	1057,8	
Нитриты	т.1	0,007	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	2,800	112,72 кг; 1,61 кг/га
	т.2	0,005		400 (1,0)	2,000	
	т.3	0,004		245 (0,7)	0,980	
	т.4	0,090		1290	116,1	
Нитраты	т.1	0,14	мг/дм <sup>3</sup>	400 (1,0)	56,00	213,5 кг; 3,05 кг/га
	т.2	0,12		400 (1,0)	48,00	
	т.3	0,11		245 (0,7)	26,95	
	т.4	0,19		1290	245,1	

т.1 - Житновичи-1, с поверхности;

т.2 - Житновичи-1, со дна;

т.3 - Житновичи-2, со дна;

т.4 – подающая система, канава

*Примечание – источник: данные актов сертифицированной лаборатории ЖКХ г.Пинска*

Как известно, развитие процессов эвтрофирования инициируется присутствием в воде соединений азота и фосфора в количествах гораздо меньших, чем регламентируется ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Так, ПДК для фосфора фосфатного составляет 0,066 мгР/дм<sup>3</sup>, а экологически приемлемое содержание в воде речных экосистем – 0,030 мгР/дм<sup>3</sup>, для азота нитратного ПДК составляет 9 мгN/дм<sup>3</sup>, а экологически при-

емлемая величина его содержания - 0,50 мгN/дм<sup>3</sup> [5, с. 126].

Одним из основных факторов, влияющих на экологическое состояние озерных вод, является эвтрофикация. Для определения трофического статуса озер используются некоторые интегральные параметры, которые характеризуют общее абиотическое и биотическое состояние озерных экосистем, но без детализации их биологической составляющей.

Наиболее широко для этих целей применяется индекс Карлсона – трофический индекс состояния озер (TSI – a trophic state index for lakes). Основой для создания индекса послужил тот факт, что при увеличении содержания биогенных веществ в водоеме возрастает обилие фитопланктона и потребляющего его зоопланктона, в результате чего прозрачность воды снижается. Индекс рассчитывается как натуральный логарифм величин прозрачности по диску Секки и служит мерой биомассы водорослей по шкале от 0 до 110. Каждое увеличение индекса на 10 единиц соответствует удвоению биомассы водорослей. Поскольку хлорофилл «а» и общий фосфор обычно тесно скоррелированы с величинами прозрачности, эти параметры также могут использоваться для определения трофического статуса. Индекс удобен для сравнения озер в пределах региона, а также для того, чтобы оценивать изменения в трофическом статусе водоема во времени [5, с. 181].

Особый предмет изучения – ВКН с тепловым загрязнением, где дополнительные сбросы загрязняющих веществ влияют на качество вод и вызывают изменение структуры и биомассы первичной продукции.

Наиболее низкому качеству воды соответствовали биомассы фитопланктона в оз. Белом. Обращает на себя внимание тот факт, что в летние месяцы в подогреваемой части озера, когда температура воды превышала 30<sup>0</sup>С, качество было выше в зоне озера с естественными температурами. В осенний период уровень общей биомассы фитопланктона соответствовал низкому качеству воды как в зоне подогрева, так и в зоне с естественными температурами. В то же время в другом водоеме-охладителе – оз. Лукомльском – биомассы фитопланктона соответствовали хорошему качеству воды, несмотря на высокую температуру [5, с. 183].

Отмечаемые особенности гидрохимического и гидробиологического режимов водоемов комплексного назначения определяется рядом обстоятельств:

1. Количеством поступающих водных масс;
2. Гидрохимическим составом вод;
3. Наличием гидробионтов и структурой водных экосистем;
4. Физико-химической характеристикой ложа водоемов;
5. Климатическими особенностями региона.

Возможно отложение значительных масс загрязнений в зоне мертвого объема водоема. Колебания уровня воды ведут к формированию особой береговой зоны со специфическим видовым составом живых организмов растительного и животного происхождения.

Функция самоочищения водных ресурсов реализуется посредством физических,

химических и биологических процессов в водоеме.

При равномерном отложении наносов период заиления мертвого объема водохранилища  $\tau_{зл}$  можно приближенно определить по формуле:

$$\tau_{зл} = V_{мо} / W_R (1 - \sigma), \quad (4)$$

где  $V_{мо}$  – мертвый объем водохранилища, м<sup>3</sup>;

$W_R$  – средний годовой сток наносов реки, м<sup>3</sup>;

$\sigma$  – доля стока наносов, проходящая через водохранилище транзитом (для равнинных водохранилищ  $\sigma$  может достигать 0,3-0,4, для глубоких горных водохранилищ практически весь сток наносов реки задерживается в водохранилище и  $\sigma$  приближается к 0).

Сток наносов реки в свою очередь определяют по формуле :

$$W_R = R \times 31,5 \times 10^6 / \rho_{отл}, \quad (5)$$

где  $R$  – средний годовой расход наносов, кг/с;

$31,5 \times 10^6$  – количество секунд в году;

$\rho_{отл}$  – плотность донных отложений, равная 700-900 кг/м<sup>3</sup> для илистых отложений, 900-1300 кг/м<sup>3</sup> для песчаного ила и илистого песка, 1500-2200 кг/м<sup>3</sup> для песков и гравия с галькой [6, с.324].

Так наличие высшей водной растительности на площади ВКН, выраженное в долях единицы от общей площади, будет условно отражать понижающий коэффициент к естественной функции самоочищения вод. Проведение очистки воды идет по определенным направлениям в зависимости от глубины ВКН, очевидно, что эффективно развивающиеся планктонные организмы способствуют росту естественной кормовой базы водоема. Зарастаемость водоема препятствует активному росту планктонных организмов. Просматривается определенная зависимость по показателям при сведении данных в общую табл.3.

**Таблица 3 - Общее количество переработанных загрязнений за год, Кривичи-1,**

Показатели	Общее количество загрязнений, кг	Переработанные загрязнения		
		Общее количество, кг	кг/га	% переработки
Железо общее	5688,00	4740,00	100,85	83,3
Хлориды	107 040,00	91 430,00	1 945,32	85,4
Сульфаты	103 918,00	77 436,75	1 647,59	74,5
Фосфаты	624,40	590,95	12,57	94,6
Аммиак	3 077,40	2 428,60	59,88	78,9
Нитриты	31,22	26,77	0,57	85,7
Нитраты	490,60	485,00	10,32	98,9
Итого	220 869,62	177 138,07	3 777,10	80,2

По итогам табл. 3 отмечено, что фосфаты перерабатывались лучше всего 94,6 % от попавших загрязнений на фоне расходования нитратов около 98,9 %.

Количество переработанных загрязнений в Кривичи-2 по исследуемым показателям при сведении данных в общую табл. 4 представлено в удобной для анализа форме.

**Таблица 4 - Общее количество переработанных загрязнений за год Кривичи-2, средняя глубина 1,5 м, 2008 г.**

Показатели	Общее количество загрязнений, кг	Переработанные загрязнения		
		общее количество, кг	кг/га	% переработки
Железо общее	4 320,00	3 240,00	54,92	75,0
Хлориды	86 400,00	73 800,00	1 250,85	85,4
Сульфаты	83 880,00	63 045,00	1 068,56	75,2
Фосфаты	504,00	444,50	7,53	88,2
Аммиак	2 484,00	2 025,00	34,32	81,5
Нитриты	25,20	18,90	0,32	75,0
Нитраты	396,00	175,50	2,98	44,3
Итого	178 009,20	142 784,90	2 419,48	80,2

При анализе табл. 4 отмечается, что фосфаты перерабатывались лучше всего 88,2 % от попавших загрязнений при высоком значении расходования аммиака около 81,5 %.

Количество переработанных загрязнений определенное по фактическим показателям, зафиксированным на участке «Житновичи», сведены в общую табл. 5.

**Таблица 5 - Общее количество переработанных загрязнений за год, участок «Житновичи», средняя глубина 0,9 м, 2008 г**

Показатели	Общее количество загрязнений, кг	Переработанные загрязнения		
		Общее к-во, кг	кг/га	% перераб
Железо общее	2967,00	2798,39	39,98	94,3
Хлориды	5160,00	3024,00	43,20	58,6
Сульфаты	3999,00	3554,00	50,77	88,9
Фосфаты	335,40	328,20	4,69	97,9
Аммиак	1057,80	943,04	13,47	89,2
Нитриты	116,1	112,72	1,61	97,1
Нитраты	245,10	213,50	3,05	87,1
Итого	13880,40	10973,85	156,77	79,1



### **Заключение**

Общее количество переработанных загрязнений по водоему Кривичи-1, достигает значения 177 т на всю площадь, или же 3,7 т на 1 га, при площади 47 га. По Кривичам-2 отмечается почти 143 т переработанных загрязнений, притом, что 2,4 т перерабатывается на 1 га. При изучении данных по общему количеству переработанных загрязнений по участку «Житновичи», отмечается значение на порядок ниже, почти 11 тонн на всю площадь, или же 0,16 тонны на 1 га, при площади 70 га. То есть ситуация по накоплению загрязнений с единицы площади водосбора не представленного землями сельскохозяйственного назначения гораздо более благополучная, в водоемы попадает значительно меньше загрязнений. Если рассматривали мелиоративный канал и водохранилище по литературным данным [3], то отмечали подобную ситуацию.

Цели разработки мероприятий на ближайшую перспективу – это обеспечение кратковременной программы сохранения высоких показателей очистки воды, при условии создания и поддержания биомелиоративного эффекта в естественной среде на определенном уровне за счет формирования высокопродуктивной экосистемы.

Цели более отдаленной перспективы сводятся к реализации долговременной программы сохранения и поддержания генетического разнообразия в разведении и выращивании товарной рыбной продукции высокого качества, при широком распространении отдельных видов в рыбоводстве республики.

При соблюдении перечисленных условий могут быть в полной мере реализованы предложения по формированию высокоэффективной водной экосистемы ВКН, в том числе – водоемов-охладителей электростанций, водохранилищ, рыбоводных прудов и карьеров. И как дополнение к традиционной поликультуре, основанной на растительноядных рыбах, можно разработать и внедрить в каждом конкретном случае ценные виды осетровых, сомовых и других рыб. Обосновано проводить непрерывно целенаправленную работу по реализации намечаемых мероприятий.

### **Библиографический список**

1. Костоусов, В.Г., Федоров В.А., Копылова Т.В., Оношко И.И., Полякова Г.И. Справочное пособие: Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси, предусматривающая оптимальное промышленное и любительское рыболовство. – Минск, 1997 – 122 с.
2. Эдельштейн, К.К. Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения. – М.: ГЕОС, 1998. – 277 с.
3. Актуальные проблемы природопользования Брестской области// Волчек А.А. [и др.]. – Минск: Беларус.навука, 2009. – 265 с.
4. Галковский, В.Ф. Исследование водного режима и расчетных параметров польдерных систем Белорусского Полесья./ Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н./ Минск. 1978. – 210 с.
5. Состояние природной среды Беларуси: экол.бюл. 2009 г./ Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2010.– 397 с.

6. Михайлов, В.Н. Гидрология: Учебник для вузов/В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – 3-е стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 463 с.

**Summary**

**V. Shumak**

**POLLUTION OF COMPLEX APPOINTMENT WATER BODIES**

By reclamative network of drainage basin water is pumped by stations in the complex appointment water bodies, the reservoir. On reclaimed areas dry-dumping system is a kind of collector of contamination. In autumn water flows in reservoirs and ponds used for fishery purposes due to its gravity or is pumped by the stations. Autumn filling provides a sufficient amount of water and prevents overgrowing in reservoirs as well. Actually water natural function of self-purification reduces the contents of contaminations in water bodies.

*Поступила 16.09.2014*