

**Рис. 4 Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной по Столинскому району**

Исследования показали, что в настоящее время наиболее перспективным методом прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур для Брестской области является регрессионный анализ. Это подтверждается анализом динамики урожайности озимой ржи по Барановичскому и Столинскому районам, давшим положительные результаты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек А. А., Плужников В. Н. Пространственно-временные колебания элементов водного баланса (на примере Беларуси) // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – с. 21-38.
2. Лихащевич А. П. Модель влияния регулируемых факторов окружающей среды на урожай сельскохозяйственных культур // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №2 (25). – с. 123-143.
3. Рачкулик В. И., Ситникова М. Ф. Методические указания по определению параметров растительного покрова методом отношения коэффициентов яркости в двух участках спектра (по наземным, самолетным, вертолетным измерениям). – Ташкент, 1972. – 39 с.
4. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – т.1. – 309 с.
5. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – т.2. – 309 с.
6. Статистический ежегодник. Брестская область. – Брест. – 2004. – 335 с.
7. Френкель А. А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. – М.: Экономика. – 1972. – 190 с.

УДК 612.16

Царюк С.С.

Научный руководитель: АСС. Волчек Ан.А.

## АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. МУХАВЕЦ

### Введение

Под воздействием природных и антропогенных факторов происходят изменения гидрохимического режима рек и зачастую не в лучшую сторону. Этот процесс, по мере роста промышленного производства, городов и интенсификации сельского хозяйства, будет нарастать. Река Мухавец не является исключением, картина усугубляется тем, что она

является основным притоком трансграничной реки Западный Буг и во многом определяет его гидрохимический режим. Поэтому ухудшение качества поверхностных вод может не только негативно влиять на речную экосистему, эффективность производства, но и стать причиной конфликтных ситуаций между государствами.

Целью настоящей работы является анализ качества поверхностных вод р. Мухавец и определение трансформации гидрохимического режима.

#### **Исходные данные и методика исследований**

Река Мухавец, являясь наиболее крупным правобережным притоком р. Западный Буг, расположена на западе Брестской области в верховье Прибужской равнины и является типичной для Белорусского Полесья. Площадь водосбора составляет 6600 км<sup>2</sup>, среднегодовой расход р. Мухавец в устье составляет 34,9 м<sup>3</sup>/с.

В исследовании использовались официальные данные Государственного водного кадастра Республики Беларусь за период с 1994 по 2005 г., а именно - содержание в воде растворенного кислорода, никеля, нефтепродуктов, железа, меди, цинка, фосфатов, азота нитритного, азота аммонийного, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), индекс загрязнения, биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>).

Основным стандартом качества речных вод в Беларуси является предельно допустимая концентрация химических веществ (ПДК), устанавливаемая для водных объектов различного назначения. Оценка качества воды при этом производится с использованием интегрального показателя – индекса загрязнения воды (ИЗВ), при помощи которого идентифицируются 7 различных степеней загрязнения поверхностных вод.

Величина критерия ИЗВ нормирована, и эта норма является экспертной оценкой; в зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяются на классы (табл. 1). Данная система оценки качества воды является наиболее распространенной из-за ее относительной простоты, несмотря на очевидные недостатки.

**Таблица 1. Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения вод**

Оценка качества воды	Значение ИЗВ	Классы вод
Очень чистые	до 0,2	1
Чистые	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0 – 2,0	3
Загрязненные	2,0 – 4,0	4
Грязная	4,0 – 6,0	5
Очень грязная	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязная	>10,0	7

#### **Обсуждение результатов**

По степени загрязненности поверхностных вод и донных отложений в 2005 г. р. Мухавец соответствует II–III (чистые, умеренно-загрязненные) классу качества [Государственный ..., 2006]. По данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды поверхностные воды р. Мухавец загрязнены в основном легко окисляемыми органическими веществами, соединениями азота и фосфора, тяжелыми металлами и нефтепродуктами, а также соединениями меди, цинка, содержание которых составляет соответственно 0,002 – 0,009 мг/дм<sup>3</sup> и 0,01 – 0,023 мг/дм<sup>3</sup>.

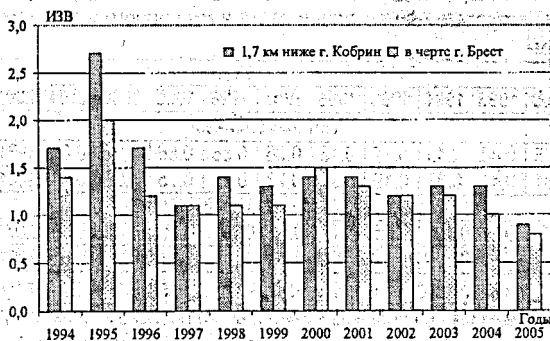
Антропогенная нагрузка со стороны водопотребителей определяется в целом двумя разнонаправленными процессами. Первый – снижение объема производства и, следовательно, образующегося количества загрязняющих веществ. Второй – снижение эф-

фактивности действия водоохраных мероприятий, в частности очистки сточных вод. Сопоставление концентраций загрязняющих веществ в природных и сточных водах указывает на то, что качество сточных вод гораздо хуже качества природных вод, т. е. сосредоточенные источники загрязнения продолжают оставаться существенным элементом ухудшения качества водной среды. В 2005 г. в бассейне Мухавца мощность городских очистных сооружений составляла 10 млн м<sup>3</sup>. Несмотря на то, что через них прошло только 7 млн м<sup>3</sup>, качество очистки не всегда достигает нужного эффекта [1]. Это связано, в основном, с тем, что на очистные сооружения многих предприятий поступают сточные воды, в которых концентрация загрязняющих веществ значительно выше нормативов, имеются случаи перегрузки очистных сооружений по объему принимаемых сточных вод.

**Таблица 2.** Значения величин индекса сапробности, биотического индекса и класса чистоты на стационарных створах р. Мухавец в 2005 г.

Населенный пункт, створ		Индекс сапробности по Пантле и Букку		Биотический индекс зообентос	Класс чистоты
		фитопланктон	зоопланктон		
г. Кобрин	1,8 км выше	2,19	1,53	6 – 8	II – III
г. Кобрин	1,7 км ниже	1,89	1,66	4 – 7	III
г. Брест	0,8 км выше	1,68	1,52	3 – 9	III
г. Брест	в черте города	1,80	1,58	3 – 7	III

С 2000 г. в перечень загрязняющих веществ, определяющих ИЗВ, включен только цинк. Следует иметь в виду, что высокое содержание в воде рек железа общего и марганца обусловлено, главным образом, природными процессами и не вызывает опасений функционирования речных экосистем (рис.1).



**Рис. 1.** Изменение индекса загрязненности речной воды в р. Мухавец

Источником загрязнения воды рек является поверхностный сток с городских территорий (Кобрин, Жабинка, Брест), возникающий в период дождей, в процессе таяния снега и полива улиц, – в результате смыва с благоустроенных городских и производственных территорий. Загрязненность этих стоков сопоставима с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Концентрация нефтепродуктов в период с 80-х годов в р. Мухавец изменялась от 11 до 76 ПДК. В среднем за последние десять лет концентрация нефтепродуктов снизилась в 10 раз (табл. 3).

**Таблица 3. Среднегодовые концентрации нефтепродуктов в р. Мухавец, мг/дм<sup>3</sup>**

Створ	Годы														
	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Кобрин	0,79	0,12	0,22	0,16	0,49	0,22	0,13	0,06	0,06	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Брест	0,89	0,20	0,32	0,10	0,35	0,17	0,13	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Мощным источником загрязнения вод является сток с сельскохозяйственных угодий. Применение средств химизации и бесподстилочного навоза также оказывает влияние на состояние почвенного покрова и водных ресурсов.

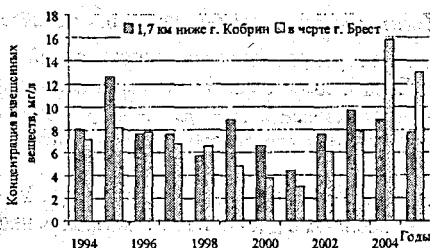
При внесении значительных доз удобрений в грунтовых водах появляются заметные концентрации нитратов, возрастает содержание ионов  $Cl^-$ ,  $N_3^-$  и  $K^+$ . С грунтовым и дренажным стоком эти компоненты попадают в мелиоративные каналы, реки и пруды, загрязняя их и ускоряя процессы их эвтрофикации. Негативные явления проявились также в повышении минерализации вод (в 1,5 – 2,0 раза), в увеличении в поверхностных водах содержания азота и фосфора. Процесс осушения сопровождается ростом минерализации ( $SO_4^{2-}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , реже  $HCO_3^-$ ). Сульфаты – характерный компонент грунтовых вод осушенных земель. Накопление в водах ионов  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  определяется процессами разрушения осушенного торфа. В 2000 г. наблюдалась высокая концентрация в воде бассейна Мухавца железа общего.

Максимум содержания азота аммонийного наблюдался в 2003 г., однако в настоящее время величина концентраций ниже ПДК (табл. 4). Загрязнение речных вод нитритным азотом по сравнению с аммонийным значительно ниже. За последнее десятилетие произошло некоторое снижение концентраций нитритного азота, однако, несмотря на это, по-прежнему выше допустимого значения наблюдаются на р. Мухавец (табл. 4). Концентрация аммонийного азота в поверхностных водах довольно часто превышает ПДК. В р. Мухавец на участке от Кобрина до Бреста содержание азота аммонийного составляет 1,4 – 2,3 ПДК.

**Таблица 4. Среднегодовые концентрации азота аммонийного и азота нитритного в воде р. Мухавец, мг/дм<sup>3</sup>**

Створ	Годы														
	1985	1990	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Азот аммонийный															
Кобрин	0,09	0,25	0,43	0,45	0,17	0,18	0,36	0,86	0,86	0,85	0,81	0,61	1,21	0,84	0,33
Брест	0,14	0,31	0,41	0,37	0,19	0,23	0,23	0,75	0,75	0,67	0,58	0,64	1,05	0,58	0,38
Азот нитритный															
Кобрин	0,013	0,011	0,024	0,031	0,026	0,180	0,36	0,021	0,021	0,012	0,019	0,031	0,021	0,021	0,018
Брест	0,013	0,033	0,037	0,050	0,014	0,230	0,23	0,02	0,020	0,036	0,031	0,034	0,024	0,018	0,018

Наличие в поверхностных водах взвешенных веществ свидетельствует о её загрязнённости нерастворимыми примесями в основном минерального происхождения. На рис. 2 представлена динамика изменения содержания взвешенных веществ в р. Мухавец за 1994 – 2005 гг.



**Рис. 2. Динамика изменения содержания взвешенных веществ в р. Мухавец**

Присутствие в поверхностных водах легкоокисляемых органических веществ идентифицируется величиной БПК<sub>5</sub>, фоновое значение которой составляет 1,2 – 2,0 мг/дм<sup>3</sup>. Исследования показали, что в р. Мухавец наблюдается стабильно неудовлетворительное состояние поверхностных вод по показателю БПК<sub>5</sub>. Главная причина – неэффективно работающие сооружения биологической очистки на городских станциях аэрации.

Периодически действующим источником загрязнения вод биогенными веществами являются и атмосферные осадки, которые в значительной степени загрязнены. Основными источниками трансграничного загрязнения воздушного бассейна являются сернистые соединения [2].

Тенденция изменения среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Мухавец с помощью линейных трендов и представлена на рис. 3.

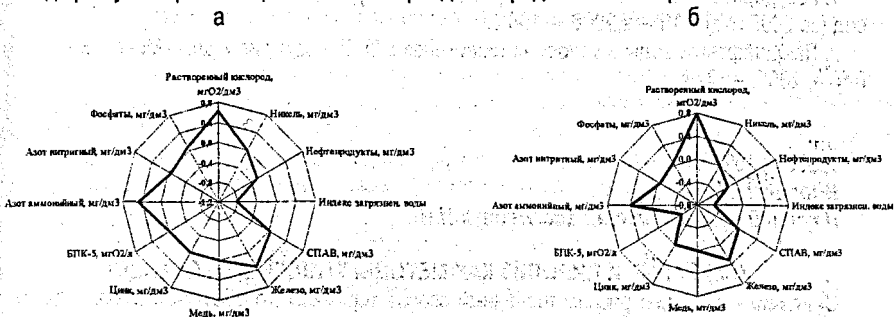


Рис. 3. Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде р. Мухавец: а) 1,7 км ниже г. Кобрин; б) в черте г. Брест

Как показывает анализ табл. 5, значительные уменьшения произошли по никелю, цинку, нефтепродуктам, ИЗВ: Наметились тенденции к уменьшению по БПК<sub>5</sub>, азоту нитритному. В то же время увеличилось содержание СПАВ, фосфатов, имеет место некоторое увеличение по железу, азоту аммонийному, растворенному кислороду.

Таблица 5. Градиенты изменения среднегодовых концентраций основных загрязняющих веществ в воде р. Мухавец

Створ	Растворенный кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	Никель, мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	Индекс загрязнения воды	СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	Железо, мг/дм <sup>3</sup>	Медь, мг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	Азот нитритный, мг/дм <sup>3</sup>	Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>
Кобрин	0,62	-0,005	-0,27	-0,825	0,028	0,329	0,002	-0,015	-0,01	0,457	-0,064	0,066
	0,41	0,80	-0,70	-0,66	0,68	0,44	0,43	-0,79	-0,01	0,51	-0,24	0,68
Брест	0,79	-0,001	-0,17	-0,493	0,040	0,312	-0,002	-0,006	-0,48	0,385	-0,041	0,049
	0,41	-0,36	-0,66	-0,59	0,71	0,46	-0,39	-0,37	-0,45	0,55	-0,24	0,74

Примечание. В числителе приведены градиенты  $\alpha$  мг/дм<sup>3</sup>/10лет, в знаменателе – коэффициенты корреляции. Выделены статистически значимые параметры.

### Заключение

В настоящее время состояние водной экосистемы р. Мухавец несколько улучшилось и соответствует категории чистые – умеренно загрязненные. Это выражается в тенденции уменьшения количества сбрасываемых сточных вод в р. Мухавец. Однако картина

состояния качества воды в реке остается сложной: увеличились концентрации загрязнений по таким показателям, как БПК<sub>5</sub>, азот аммонийный, фосфаты, взвешенные вещества. Основной причиной дестабилизации между антропогенной нагрузкой и самоочищающей способностью реки являются недостаточно очищенные сточные воды (хозяйственно-бытовые, производственные, дождевые), поступающие в реку. Приоритетными решениями проблемы улучшения качества воды р. Мухавец является интенсификация работы коммунальных очистных сооружений, строительство локальных очистных сооружений на предприятиях АПК, очистка дождевого стока и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2005 год). - Минск, 2006. - 106 с.

2. Ландшафтные воды в условиях техногенеза/ О. В. Кадацкая и др. - Минск: Бел. наука, 2005. - 347 с.

УДК 628.162

*Вдовиченко И.Г.*

*Научный руководитель: асс. Левчук Н.В.*

#### СЖИГАНИЕ И ПИРОЛИЗ КАК МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ

Сжигание - наиболее распространенный способ термического обезвреживания промышленных отходов. Сжигание осуществляется в печах и топках различных конструкций.

Промышленные печи — это технологические или энерготехнологические агрегаты, в которых тепло сожженного твердого, жидкого или газообразного топлива или нагрев, производимый электрическим током, используются для технологических либо отопительных целей. Топка представляет собой устройство для сжигания топлива в печах и паровых котлах и является одним из элементов печи [1].

В основу классификации топочных устройств для сжигания отходов положены признаки аэродинамического характера как наиболее важные, так как ими определяется подвод окислителя к реагирующей поверхности, что в наибольшей мере влияет на удельную теплопроизводительность и экономичность топочного процесса. В этой связи различают топки слоевые — для сжигания кускового топлива, например неизмельченных твердых бытовых отходов (ТБО), и камерные - для сжигания газообразных и жидких отходов, а также твердых отходов в пылевидном (или мелкодробленом) состоянии. Комбинированный способ сжигания реализуется в факельно-слоевых топках. Особое место в этой классификации занимают барботажные и турбобарботажные топки для сжигания жидких отходов.

Слоевые топки подразделяют на топки с плотным и кипящим слоем, камерные — на факельные прямоточные и циклонные (вихревые). Слоевые топки с плотным слоем, чаще их называют просто "слоевыми топками", могут быть с колосниковой решеткой либо без нее.

Топки для слоевого сжигания, которые более других используются для сжигания твердых отходов (прежде всего ТБО и их смеси с производственным мусором), классифицированы по ряду других признаков: способам подачи и воспламенения отходов, удаления шлака и т.д. По режиму подачи отходов в слой различают топочные устройства с периодической и непрерывной загрузкой. По организации тепловой подготовки и воспламенения отходов в слое различают топки с нижним, верхним и смешанным (неограниченным) воспламенением. По способу подвода к слою топлива (отходов) существу-