

3. Бурлибаев М.Ж., Волчек А.А., Шведовский П.В. Проблемы оптимизации природопользования и природообустройства в математических моделях и методах. – Алматы.: Каганат, 2003. – 532 с.
4. Ивченко Б.П., Мартыщенко А.А. Информационная экология. – С.-Пб.:Кормедиздат, 1998. – 201с.
5. Логинов В.Ф., Волчек А.А., Шведовский П.В. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов. – Брест: БрГТУ, 2004. – 301с.
6. Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. – Минск: БГУ, 1997. – 320 с.
7. Мартыщенко А.А., Панов В.В. Моделирование распределений, заданных характеристическими функциями. – М.: Кибернетика, 1985. – №3. – С. 19-26.
8. Шведовский П.В., Волчек А.А., Бурлибаев М.Ж. Особенности прогнозирования эколого-фитоценологических изменений при агротрансформации ландшафтов // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2004, №2 (20). – С. 22-29.

Статья поступила в редакцию 26.02.2007

УДК 502.63(476)

Волчек А.А., Волчек А.А.

ТРАНСФОРМАЦИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕК БЕЛАРУСИ

Введение

Антропогенным воздействием на водные ресурсы гидрология и смежные с ней науки уделяют пристальное внимание уже более 100 лет. Вначале исследовались преимущественно изменения водного режима территории под влиянием различных видов хозяйственной деятельности. Затем, с началом «научно-технической революции» и связанного с ней роста загрязнения природных вод, стало актуальным изучение трансформации качества водных ресурсов. Это вызвано в первую очередь влиянием загрязнения вод на окружающую среду, здоровье населения и т. д.

В настоящее время Беларусь не испытывает острого дефицита в воде, аналогичная картина сохранится и на обозримую перспективу. Однако проблема качества поверхностных вод уже в настоящее время дает о себе знать. Под воздействием природных и антропогенных факторов произошли изменения гидрохимического режима рек Беларуси и зачастую не в лучшую сторону. Этот процесс, по мере роста промышленного производства, городов и интенсификации сельского хозяйства, будет нарастать. Картина усугубляется тем, что почти все крупные реки Беларуси являются трансграничными и ухудшение качества поверхностных вод может не только негативно отразиться на состоянии окружающей среды, эффективности производства, создать проблему сохранения биоразнообразия, но и может стать причиной конфликтных ситуаций между государствами, расположенными в одном бассейне. Поэтому необходима современная оценка качества поверхностных вод и прогноз изменения гидрохимического режима рек.

Подробная современная гидрохимическая картина поверхностных вод Беларуси представлена в монографии [1]. Целью настоящей работы является оценка трансформации гидрохимического режима поверхностных вод по основным показателям.

Исходные данные и методика исследований

В исследовании использовались данные Государственного водного кадастра Республики Беларусь за период с 1994 по 2005 гг. Анализировались изменения по следующим показателям: 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 (БПК₅).

Волчек Александр Александрович, д.г.н., доцент, заместитель директора по научной работе ГНУ Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси.

Беларусь, 224020, г. Брест ул. Московская, 202.

Волчек Анастасия Александровна, аспирант каф. сельскохозяйственных гидротехнических мелиораций Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

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.

Для оценки трансформации гидрохимического режима рек в основном использовались линейные тренды, значимость которых определялась коэффициентами корреляции. В зависимости от хронологического хода того или иного элемента использовались также и нелинейные тренды. Оценка изменений временных рядов оценивалась градиентом изменения (α), т. е. величиной численно равной коэффициенту регрессии (a), умноженному на 10 лет ($\alpha = a \cdot 10$ лет). Значимость коэффициента корреляции установлена на 5 %-ом уровне ($r_{кр} = 0,576$).

Обсуждение результатов

Способы определения качества природных вод

Величина критерия ИЗВ нормирована, и эта норма является экспертной оценкой; в зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяются на классы (табл. 1).

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

Оценка качества воды	Значение ИЗВ	Классы вод
Чистая	$\leq 0,30$	I
Относительно чистая	0,31 – 1,00	II
Умеренно загрязненная	1,01 – 2,50	III
Загрязненная	2,51 – 4,00	IV
Грязная	4,01 – 6,00	V
Очень грязная	6,01 – 10,00	VI
Чрезвычайно грязная	$> 10,00$	VII

Данная система оценки качества воды является наиболее распространенной из-за ее относительной простоты, несмотря на очевидные недостатки.

Основной недостаток системы ПДК заключается в требовании к очистным сооружениям обеспечить концентрацию всех компонентов ниже допустимых. Эта задача теоретически выполнима, но требует значительных финансовых затрат. Поэтому на практике большинство систем очистки воды ориентированы на те приоритетные компоненты состава, которые

Таблица 2. Значения ПДК водных объектов, мг/дм³

Показатель	Водные объекты			
	хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения		рыбохозяйственного назначения	
	Беларусь	Украина	Беларусь	Украина
pH	6 – 9	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
O ₂	4,0	4,0	4 – 6	6,0
CL ⁻	350	350	350	300
SO ₄ ²⁻	500	500	100	100
Минерализация	1000	1000	1000	1000
БПК ₅	6,0	4,0	3,0	2,0
ХПК	–	15 – 30	–	20,0
NH ₄ -N	1,0	2,0	0,39	0,39
NO ₂ -N	0,99	1,0	0,02	0,02
NO ₃ -N	10,2	10,2	9,1	9,1
PO ₄ -P	0,2	1,14	0,05	1,0
Fe общ.	0,3	0,3	0,5	0,1
Mn	0,1	0,1	0,01	0,01
Cu	1,0	1,0	0,001	0,001
Zn	1,0	1,0	0,01	0,01
Cr ⁶⁺	0,05	0,05	0,001	0,001
Cr ³⁺	0,5	0,5	0,005	0,005
Pb	0,03	0,03	0,01	0,1
Hg	0,0005	0,0005	0,0001	отс.
Cd	0,001	0,001	0,005	0,01
Ni	0,1	0,1	0,01	0,01
As	0,05	0,05	0,05	0,05
Нефтепродукты	0,3	0,3	0,05	0,05
Фенолы	0,001	0,001	0,001	0,001
Спав	0,5	0,05	0,1	0,01

Примечание. Выделены различные показатели

присущи природным водам в мало загрязненном состоянии. Кроме того, в силу различного использования водных объектов и система ПДК также должна быть различной. Однако в настоящее время разработана система ПДК только для двух случаев: водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования; водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей.

Кроме этого, можно отметить еще ряд недостатков системы ПДК [2]:

- не зависит от характера водного объекта, географических условий, сезона, гидрологических, гидрохимических и гидробиологических свойств водного объекта;
- ориентирована на безопасность, связанную со здоровьем человека, и впрямую не связана с экологическим благополучием водного объекта;
- ориентирована на благополучие популяции рыб, а вовсе не всей экосистемы;
- не учитывает многообразие форм вредных веществ;
- определена для индивидуальных компонентов и не учитывает их взаимного влияния;
- большое количество подлежащих нормированию веществ и определить концентрации всех вредных веществ слишком трудоемкая и дорогостоящая задача;
- природный гидрохимический фон, сформированный под влиянием химического состава подстилающих пород, ландшафтов и с минимальным антропогенным воздействием, весьма часто превышает нормативы ПДК.

В табл. 2 приведена сравнительная оценка ПДК принятых в Беларуси и Украине, которая наглядно демонстрирует различия белорусских и украинских нормативов, причем как в сторону занижения, так и в сторону завышения. При этом не учитывается ни форма существования токсиканта, ни время воздействия. Показатель ПДК не учитывают и минимальных концентраций, когда сверхмалые дозы загрязняющих веществ

на тест-объекты вызывают более значимые реакции, чем высокие концентрации. Современная точка зрения на нормирование компонентов состава вод заключается в том, что следует указывать диапазон изменения концентраций веществ, а не только верхний предел. Качество воды в нынешних условиях неотделимо от оценки состояния водных экосистем в целом. Поэтому и оценка качества воды должна основываться на оценке риска для водных экосистем [2].

В последнее время начали развиваться методы оценки качества путем биотестирования. Методы биотестирования являются интегральными показателями загрязнения природных сред токсичными веществами. Они основаны на тест-реакциях организмов, культивируемых в искусственно поддерживаемых стандартных условиях при лабораторных экспериментах. В качестве тест-объектов выбираются гидробионты различных систематических групп.

Эти методы рекомендованы для государственного эколо-гического контроля и используются при оценке качества поверхностных пресных, сточных, грунтовых, питьевых вод, а также водных вытяжек из почв и донных осадков. Они не выявляют причину токсичных свойств воды, однако позволяют установить критерии токсичности для конкретных веществ. Главный недостаток подхода, построенного на биотестировании, который проводится строго определенным стандартизированным способом (в этом преимущество метода, делающее его воспроизводимым и соизмеримым), состоит в том, что данные лабораторных исследований могут не совпадать с данными полевых экологических измерений. То же и в случае с ПДК: экосистема конкретного водного объекта включает все многообразие взаимодействующих видов; поэтому показатели токсичности, полученные для одного вида, не всегда можно переносить на сложную экосистему.

Другой экологический метод характеристики качества воды основан на оценке функциональных и структурных

Таблица 3. Классы качества вод в зависимости от индекса сапробности

Страна	Класс качества					
	I	II	III	IV	V	VI
Степень загрязнения воды						
Беларусь	очень чистая	чистая	умеренно загрязненная	загрязненная	грязная	очень грязная
Украина	отличная	хорошая	удовлетворительная	плохая	очень плохая	–
Россия	очень чистая	чистая	умеренно загрязненная	тяжело загрязненная	очень тяжело загрязненная	очень грязная
Центральная Европа	вода очень чистая	чистая	очень незначительно загрязненная	незначительно загрязненная	сильно загрязненная	очень сильно загрязненная
По фитопланктону, зоопланктону, перифитону (Индекс сапробности по Пантле и Букку)						
Беларусь	<1,00	1,00 – 1,50	1,51 – 2,50	2,51 – 3,50	3,51 – 4,00	>4,00
Украина	<1,0 =	1,5 =	2,0	3,0	3,5	>3,5
Россия	<0,5	0,50 – 1,50	1,51 – 2,50	2,50 – 3,50	3,51 – 4,0	>4,0
Центральная Европа	<1,0	1,5	2,5	3,5	4,0	>4,0
По зообентосу (индекс Гуднайта – Уитлея) (Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов, %)						
Беларусь	1 – 20	21 – 35	36 – 50	51 – 65	66 – 85	86 – 100
Украина	1 – 20 =	21 – 45	46 – 60	61 – 80	81 – 90	91 – 100
Россия	–	–	–	–	–	–
Центральная Европа	–	–	–	–	–	–

характеристик водных экосистем, т. е. метод *биоиндикации*. Один из наиболее распространенных критериев качества вод основан на определении индекса сапробности (ИС). Рассчитывается ИС исходя из индивидуальных характеристик сапробности видов, т. е. их способности обитать в водных объектах с тем или иным содержанием органического вещества. Классы качества вод в зависимости от ИС для различных стран представлены в табл. 3.

Методы биоиндикации в последние годы получили значительное развитие, были предложены новые, более сложные и объективные методы.

Качество поверхностных вод

Формирование состава речных вод Беларуси происходит при сложном взаимодействии ряда естественных и антропогенных факторов.

К основным естественным факторам, обуславливающим химическое качество поверхностных вод и характерные черты их гидрохимического режима, относятся климатические условия, геоморфологическое и геологическое строение территории, характер почв и растительного покрова. Доминирующим фактором являются климатические условия, которые определяют основные черты водного режима рек Беларуси и направленность почвообразовательного процесса. Смена фаз водного режима в течение года, а также различия в водности отдельных лет обуславливают сезонные и многолетние изменения минерализации и химического состава поверхностных вод.

Климатические условия отличаются таким сочетанием тепла и влаги, при котором на возвышенностях и на равнинных частях территории развиваются преимущественно дерново-подзолистые, в разной степени оподзоленные суглинистые, супесчаные и песчаные почвы, в понижениях рельефа с застойным увлажнением, как правило, формируются торфяно-болотные и дерново-подзолистые заболоченные почвы. Почвенная толща дерново-подзолистых почв повсеместно хорошо отмыта от легко растворимых неорганических соединений (сульфатов и хлоридов), что способствует формированию здесь вод гидрокарбонатного характера, преимущественно малой и средней минерализации. Влияние торфяно-болотных почв сказывается двояко. Общеизвестным является то, что наиболее распространенные на территории неосушенные низинные и верховые болота обогащают воды боль-

шим количеством органических соединений, вследствие чего в заболоченных водосборах формируются воды с пониженной и малой минерализацией, высокой окисляемостью и цветностью. Кроме того, низинные торфяные болота, находящиеся в естественном состоянии, играют в формировании химического состава поверхностных вод роль своеобразного буфера. Так, жесткие грунтовые воды, питающие низинные болота, снижают жесткость с 5 – 7 до 3 – 4 мг·экв/дм³, а маломинерализованные паводочные воды, поступаая на торфяники, повышают свою жесткость до 2 – 4 мг·экв/дм³ [3].

Обнажения меловых пород часто встречаются в бассейне р. Немана, это объясняет несколько повышенную минерализацию речных вод бассейна р. Немана. Для ледниковых и послеледниковых отложений, представленные главным образом песками, супесями и реже суглинками, характерна высокая водопроницаемость, способствующая хорошему промыванию их атмосферными водами и выносу солей.

Распространение лесных массивов, часто заболоченных, оказывает существенное влияние на формирование химического состава поверхностных вод. Наличие лесов сказывается на общей минерализации воды и некоторых других гидрохимических характеристиках, в частности, потому, что в лесах подзолообразовательный процесс протекает наиболее интенсивно. В залесенных водосборах поверхностно-склоновые воды в период половодья и высоких летних паводков стекают по поверхности хорошо промытой лесной почвы и их минерализация остается близкой к минерализации снеговых вод. В то же время они выщелачивают из лесной подстилки и верхнего горизонта почвы продукты разложения растительных и животных остатков и обогащаются органическими веществами гумусового происхождения, в частности органическими кислотами. Это проявляется в увеличении цветности воды, снижении величины *pH* и ослаблении степени выраженности гидрокарбонатного характера воды, которое связано с относительным увеличением содержания ионов SO₄²⁺. В меженьный период влияние облесенности заметно ослабляется.

В табл. 4 приведен химический состав речных вод в летнюю межень до проявления значительного антропогенного воздействия для некоторых рек Беларуси [3]. Эту гидрохимическую картину, с некоторыми допущениями, можно принять за естественный гидрохимический фон воды рек Беларуси.

Таблица 4. Фоновый химический состав речных вод Беларуси, (мг/дм³)

Реки	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Fe _{общ}	Общая минерализация
Западная Двина – г. Витебск	25,2	2,0	1,5	84,2	3,3	0,9	0,07	0,000	1,52	117,2
Дисна – пгт. Шарковщина	36,5	9,5	7,5	158,0	7,0	5,1	0,18	0,000	0,37	223,3
Неман – г. Гродно	52,9	10,6	2,8	206,8	8,3	2,1	0,00	0,001	0,48	283,5
Щара – с. Великая Воля	50,1	7,8	1,0	186,0	5,9	0,3	0,08	0,006	0,71	251,2
Гривда – г. Ивацевичи	53,5	7,4	2,2	190,4	8,5	2,4	0,05	0	0,5	264,4
Днепр – г. Могилев	61,6	14,7	6,5	258,6	8,3	4,1	0,75	0,042	0,40	354,6
Березина – г. Бобруйск	39,3	8,4	–	147,0	7,1	1,0	0,35	0,028	1,38	203,2
Суша – с. Сушанка	38,3	9,4	–	153,1	2,4	0,8	0,60	0,048	2,46	204,6
Ведрич – с. Демехи	63,8	10,1	1,5	226,3	4,4	3,2	2,00	0,058	1,12	311,4
Сож – г. Гомель	42,3	8,3	1,5	161,1	7,1	2,2	0,00	0,005	0,35	222,5
Рыга – с. Малые Радваничи	40,5	2,3	–	115,9	4,0	1,9	0,35	0,006	1,62	165,0
Лесная – с. Замостье	53,0	4,6	–	171,4	3,4	0,8	0	0,002	0,71	233,2
Припять – с. Коробы	73,7	3,0	0,5	233,7	3,7	1,4	0,07	0,001	0,48	316,1
Ясельда – г. Береза	44,5	5,7	–	139,1	2,1	0,9	0	0,005	2,12	192,3
Горынь – п. Горынь	70	9,9	5	243,4	15,7	6,5	0	0,002	0,38	350,5
Оресса – с. Андреевка	42,7	7,4	2,2	148,2	10,7	6,0	0,50	0,105	3,50	217,8

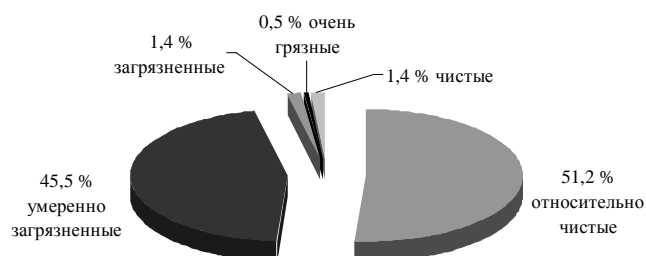


Рис. 1. Структура загрязненности поверхностных вод по ИЗВ в 2005 г. (% контролируемых водных объектов)

Поверхностные воды республики загрязнены в основном легко окисляемыми органическими веществами, соединениями азота и фосфора, тяжелыми металлами и нефтепродуктами. Загрязняющие вещества поступают в водные объекты не только с выпусками промышленных и коммунальных сточных вод, но и с ливневым стоком с территорий предприятий и городов, стоянок автотранспорта и дорожных магистралей, со сбросом загрязнений с животноводческих комплексов и с выносом не ассимилированных растениями химических компонентов удобрений с сельскохозяйственных угодий.

На рис. 2 представлена динамика изменения ИЗВ основных рек Беларуси.

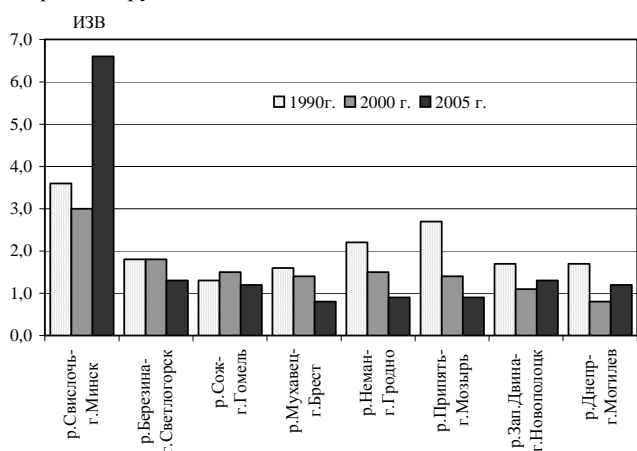


Рис. 2. Изменение индекса загрязненности речной воды в 1990 – 2005 гг.

Как видно из рисунка, наибольшую нагрузку по-прежнему испытывает р. Свислочь – г. Минск. Увеличение ИЗВ в 2005 г.

в водах рек Западная Двина и Днепр связано с поступающими с территории России трансграничными переносами высокого содержания железа общего, некоторых тяжелых металлов, азота аммонийного и нефтепродуктов [4].

Для рек Беларуси загрязнение вод выражено по-разному и проявляется, как правило, в превышении ПДК таких ингредиентов, как азот аммонийный, азот нитритный, легкоокисляемые органические вещества и нефтепродукты. Максимальное загрязнение по азоту аммонийному наблюдается на р. Свислочь створ г. Минск, где концентрация в 2005 г. составила 3,82 мг/дм³, при ПДК – 0,39 мг/дм³, далее следуют р. Припять ниже г. Пинск – 1,32 мг/дм³; р. Березина ниже г. Борисов – 1,15 мг/дм³ [4].

Основные источники загрязнения природных вод

Прежде чем перейти к его анализу антропогенных воздействий, отметим, что антропогенная нагрузка со стороны водопотребителей определяется в Беларуси в целом двумя разнонаправленными процессами. Первый – снижение объема производства и, следовательно, образующегося количества загрязняющих веществ. Второй – снижение эффективности действия водоохраных мероприятий, в частности очистки сточных вод.

Основные объемы сточных вод образуются в сфере жилищно-коммунального хозяйства, меньше в промышленности и сельском хозяйстве. Городские хозяйственные объекты в 2005 г. были оснащены очистными сооружениями мощностью 1329 млн м³. Однако, несмотря на то, что через них прошло только 1146 млн м³, вследствие перегрузки в отдельные периоды, износа оборудования, а также несовершенства технологий производства очистки в поверхностные водные источники было сброшено 10 млн м³ без очистки и недостаточно-очищенных сточных вод [4]. Современные системы и схемы канализации городских поселений предусматривают, как правило, совместную очистку коммунальных и производственных сточных вод на единых очистных сооружениях. Несмотря на то, что суммарная мощность очистных сооружений выше фактического объема очищенных сточных вод, качество очистки не всегда достигает нужного эффекта. Это связано, в основном, с тем, что на очистные сооружения многих предприятий поступают сточные воды, в которых концентрация загрязняющих веществ значительно выше нормативов. Кроме того, имеются случаи перегрузки очистных сооружений по объему принимаемых сточных вод.

Очистка городских сточных вод осуществляется на станциях аэрации и отвечает санитарным требованиям лишь до тех пор, пока можно обеспечить значительное разбавление стоков и длительное пребывание их в водоеме. В настоящее

время такая очистка городских сточных вод во многих случаях недостаточна. Во-первых, постоянно увеличивается сброс сточных вод в водоемы и увеличивается забор воды из них, что резко снижает возможности эффективного использования самоочищающей способности водоемов. Во-вторых, в городском стоке постоянно растет доля промышленных сточных вод, которые плохо поддаются биологической очистке. Этим и рядом других причин обусловлена необходимость доочистки (глубокой очистки) городских сточных вод. Около 75,4 % объемов сточных вод образуются именно в жилищно-коммунальном хозяйстве. Только с коммунально-бытовым стоком в водные объекты сбрасывается 85 % органических веществ, 87 % хлоридов и нефтепродуктов, 93,5 % азота аммонийного, 98,3 % азота нитритного, 90,6 % фосфатов, 90 % СПАВ, 83 % взвешенных веществ и 54 % сульфатов [4]. Поскольку имеющиеся очистные сооружения не способны эффективно выполнять свои функции, то, как вследствие этого часть сточных вод сбрасывается не нормативно чистыми, а некоторая их часть и вовсе неочищенными. Изменилась структура сбрасываемых сточных вод (рис. 3): почти в 10 раз сократился сброс недостаточно-очищенных сточных вод, на протяжении всего периода объем нормативно-очищенных сточных вод существенно не изменился и составляет около 850 млн м³/год. Проведенный анализ сброса в водные объекты загрязняющих веществ в составе сточных вод за многолетний период (1990 – 2005 гг.) показал, что установленное ежегодное снижение объемов водоотведения не всегда влечет за собой снижение количества содержащихся в них химических веществ, поступающих в водотоки и водоемы [4].

В республике на *промышленные нужды* используется около 25 % от общего забора воды. Водопотребление в промышленности является оборотным и повторно-последовательным. Объем промышленных вод который непосредственно идет в водные объекты составляет менее 10 % всех сточных вод. Сточные воды предприятий содержат широкий спектр загрязняющих веществ: машиностроительные предприятия – неорганические примеси с токсическим воздействием (соли, основания, тяжелые металлы), пищевые – органические вещества (спирты, жиры, органические загрязнения и другие).

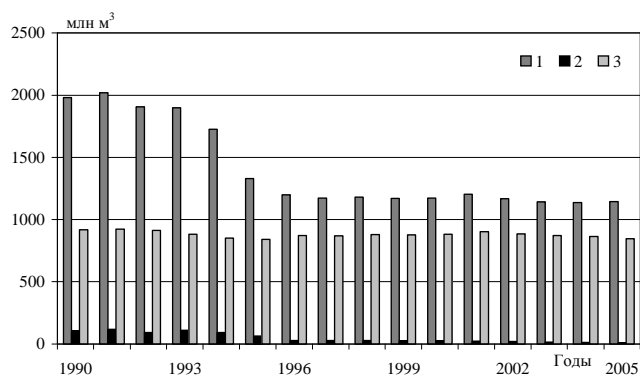


Рис. 3. Динамика сброса сточных вод в природные водные объекты: 1 – всего, 2 – недостаточно очищенных сточных вод, 3 – нормативно очищенных сточных вод

В республике наибольшую нагрузку сточными водами испытывают р. Свислочь, в нее поступают стоки Минска, который является самым мощным локальным источником химической нагрузки на речные системы, в его промышленно-хозяйственном комплексе образуется стоков больше, чем во всех крупных городах, вместе взятых, или в любой из областей республики. Днепр принимает сточные воды гг. Орша, Шклов, Могилев, Быхов, Речица и Лоев. Наибольшую хими-

ческую нагрузку испытывает Днепр ниже г. Могилева, где в реку поступают сточные воды ПО «Химволокно», «Могилев-трансмаш» и др. предприятия. В Березину (правый приток Днепра) сброс сточных вод осуществляют г. Борисов, Бобруйск, Светлогорск, в Западную Двину поступают промышленно-коммунальные сточные воды городов Витебск, Полоцк, Новополоцк и Верхнедвинск. Речная система Западного Буга по сравнению с остальными бассейнами испытывает наименьшую нагрузку. Основной рекой бассейна Западного Буга является р. Мухавец, в которую поступают сточные воды Кобрина, Жабинки, Бреста.

Таким образом, поверхностные воды республики испытывают существенную химическую нагрузку, которая неравномерна для рек основных бассейнов региона. Наибольшее количество сточных вод сбрасывается в реки бассейна Днепра (69,1 %, в т. ч. Припяти – 17,5 %, Березины – 37,3 %, Сожа – 6,2 %) Западного Буга (5,1 %), Западной Двины (13,6 %) и Немана (12,2 %).

В последние годы существенным фактором, вызывающим ухудшение качества речных вод, стал *поверхностный сток с городских территорий*, возникающий в период дождей, в процессе таяния снега и полива улиц, – в результате смыва с благоустроенных городских и производственных территорий средств борьбы с пылью и гололедом, потери различного сырья и др. Загрязненность этих стоков сопоставима с хозяйственно-бытовыми сточными водами.

В конце прошлого века практически все реки республики были загрязнены нефтепродуктами. Они являются наиболее распространенными и опасными веществами, загрязняющими поверхностные воды. При содержании нефтепродуктов более 0,05 мг/дм³ портятся вкусовые качества воды, а рыба приобретает неприятный привкус нефти. Концентрация нефти выше 0,5 мг/дм³ смертельна для рыб, а равная 1,2 мг/дм³ вызывает гибель планктона. Кроме того, геохимические особенности нефтесодержащего вещества (стойкость к окислению, высокая подвижность) способствует значительному увеличению протяженности загрязненных участков. В последнее время наблюдается тенденция снижения концентраций нефтепродуктов в речной воде. Так, в 2005 г. из всех рассматриваемых рек превышение ПДК наблюдалось на рр. Западная Двина, Полота, Уша, Виляя, Днепр, Свислочь. Наибольшие изменения за последние десять лет произошли на р. Припять – г. Мозырь, снижение концентраций нефтепродуктов составило 87,5 %, р. Щара – г. Слоним – 94,1 %, р. Горынь – г. Речица – 87,5 %, р. Ясельда – г. Береза – 89,7 %.

Полигоны-накопители промышленных и бытовых отходов формируют аномальные зоны разной интенсивности, негативно влияющие на природный комплекс. Во многом это меняет характер водного режима. При разложении отходов и промывании их атмосферными осадками образуются фильтратные воды. Распространение загрязняющих веществ за пределы полигонов происходит за счет поверхностного стока, инфильтрации в грунтовые воды, ветровой эрозии, в результате химических и биологических процессов метаболизма. Несоответствие обустройства и эксплуатации полигонов нормативным требованиям усугубляет их экологическую опасность.

Мощным источником загрязнения вод является *сток с сельскохозяйственных угодий*. Применение средств химизации (известковых и минеральных удобрений, микроэлементов, пестицидов) и бесподстилочного навоза также оказывает влияние на состояние почвенного покрова и водных ресурсов.

Еще одним видом хозяйственной деятельности человека, существенно влияющим на гидрологический режим территории, является проведение экологически не обоснованных *гидромелиоративных работ* (осушение долин и спрямление русел рек, вырубка лесов и кустарников в бассейнах рек). Это ведет к изменению УГВ и соотношения между поверхностным и подземным слагаемыми стока (увеличивается доля

последнего), к нарушению характера стока по сезонам года и температуры воды водотоков. Существенные температурные нарушения водной массы малых рек приводят к значительным перестройкам экосистем, а иногда и формированию новых экосистем, не свойственных данному региону. Осушение и сельскохозяйственное освоение болот, сопровождающиеся внесением минеральных удобрений, меняют направленность биохимических процессов, происходивших в них ранее, при болотообразовании. В хорошо аэрируемом окультуренном верхнем слое осушенного торфяника начинается процесс разрушения органического комплекса и происходит интенсивная минерализация торфа. Как следствие, воды, стекающие с осушенных и окультуренных болот, имеют несколько повышенную минерализацию. При этом в речную сеть выносятся ионы закисного железа, марганца и некоторых микроэлементов, которые накапливались в торфяной залежи в результате многовековых процессов болотообразования. Поступление азота в поверхностные воды связано с процессами минерализации органического вещества, в результате которых образуются аммонийные, нитратные и нитритные соединения, которые в естественных условиях в силу своей высокой миграционной способности, как правило, в речных водах не накапливаются. Нарушение природного биогеохимического цикла азота проявляется, в частности, в увеличении в водах содержания аммонийного и нитритного азота. Увеличение концентраций этих соединений создает условия, способствующие эвтрофированию водотоков.

Изменения гидродинамических условий приводят к перестройке геохимических процессов (изменяется газовый состав вод, миграции химических элементов). 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. При осушении болотных массивов резкое снижение уровней грунтовых вод вызвало значительный рост концентрации железа [5].

Как показали исследования Пружанского гидролого-гидрогеологической мелиоративной лаборатории, только за период шестилетней эксплуатации мелиоративной системы, расположенной в верховьях реки Ясельда, наблюдался значительный рост концентрации почти всех ионов в речной воде [6]. Значения среднегодовых концентраций растворенных веществ в водах р. Ясельда до и после осушения приведены в табл. 5.

Серьезные проблемы в области загрязнения окружающей среды связаны с развитием *животноводства на промышленной основе*, которое сопровождалось строительством крупных комплексов и ферм. Отходы животноводства и стоки животноводческих комплексов являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды, в том числе и природных вод. Количество загрязнений, поступивших в водные объекты, определяется мощностью объектов животноводства, выходом твердых и жидких отходов и их составом. Большинство предприятий животноводства не имеют необходимых систем сбора, хранения, обработки и утилизации стоков. Имеющиеся природоохранные сооружения устарели и пришли в негодность, многие требуют капитального ремонта и реконструкции. Не обезвреженные навозосодержащие стоки и отходы животноводства являются одним их наиболее опас-

ных источников загрязнения водных экосистем. Сточные воды комплексов сильно минерализованы. Содержание солей в них колеблется от 11360 (на фермах крупного рогатого скота) до 19860 мг/дм³ (на свиноподкомплексах). В состав сточных вод входят: 2560...5710 мг/дм³ гидрокарбонат-ионов; 500 – 700 мг/дм³ неорганического азота; 370 – 712 мг/дм³ фосфора; 610 – 650 мг/дм³ калия; 241 – 350 мг/дм³ и другие элементы. Этим водам присуще повышенное количество общего числа микроорганизмов, в том числе сапрофитных бактерий, кишечной палочки, условно-патогенных и патогенных микробов, а также гельминтов.

Периодически действующим источником загрязнения вод биогенными веществами являются и *атмосферные осадки*, которые в значительной степени загрязнены. Автотранспорт, объекты энергетики и промышленные предприятия – основные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. На долю автотранспорта, по данным 2004 г., приходится примерно 71,1 % (944,7 тыс. т) суммарных выбросов, а на стационарные источники – 28,9 % (384,7 тыс. т) [1]. В качестве примера, по данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, на рис. 4 приведены величины выбросов вредных веществ в атмосферу городов и районов Брестской области.

Существенным фактором, неблагоприятно влияющим на состояние воздушного бассейна Беларуси, является трансграничное загрязнение. Особенности географического положения республики, а также преобладание ветров западного направления способствуют тому, что Беларусь является одной из загрязняемых стран Европы за счет трансграничного переноса. Основными источниками трансграничного загрязнения воздушного бассейна Беларуси сернистыми соединениями, кроме нее самой, являются Польша, Германия, Украина, Россия, Румыния, Венгрия, Болгария, Чешская республика, Литва. В настоящее время выпадения загрязняющих веществ из атмосферы за счет глобального и регионального переноса становятся все более существенным фактором загрязнения водных экосистем. Из всех водосборных бассейнов Беларуси именно бассейн Западного Буга находится в наиболее неблагоприятном положении испытывая воздействие близрасположенных промышленных районов Западной Европы и стран СНГ [1]. Антропогенное загрязнение поверхностных вод происходит путем поступления загрязняющих веществ через атмосферу, как на водную поверхность, так и на почвы, с дальнейшим выносом в водотоки. Основной перенос загрязняющих веществ из атмосферы на подстилающую поверхность осуществляется атмосферными осадками. Этот процесс протекает также в периоды без осадков – сухое осаждение, вклад которого составляет 15 – 30 %, а в засушливый период может превышать 30 %. Негативный вклад в качество поверхностных вод от загрязняющих веществ в атмосфере складывается из непосредственного осаждения загрязняющих веществ на акваторию водных объектов и выноса загрязняющих веществ, осевших на территории водосбора и претерпевших частную трансформацию за счет воздушной и водной эрозии.

В связи с этим значительный интерес представляет изучение тенденций изменения химического состава атмосферных осадков. Загрязнения поверхностных вод атмосферными осадками имеет тенденцию к уменьшению по всем показателям, их динамика представлена в виде линейных трендов, параметры которых приведены в табл. 6.

Таблица 5. Среднегодовая концентрация растворенных веществ в р. Ясельда до и после осушения, (мг/дм³)

Период наблюдений	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Общая минерализация
До осушения	45,0	4,3	0,7	3,8	0,6	152	5,3	6,0	0,4	0,14	218
6 лет после осушения	60,0	5,5	1,0	4,1	0,6	202	9,1	6,3	0,7	0,16	289
Возрастание минерализации	15,0	1,2	0,3	0,3	0	50	3,8	0,3	0,3	0,02	71

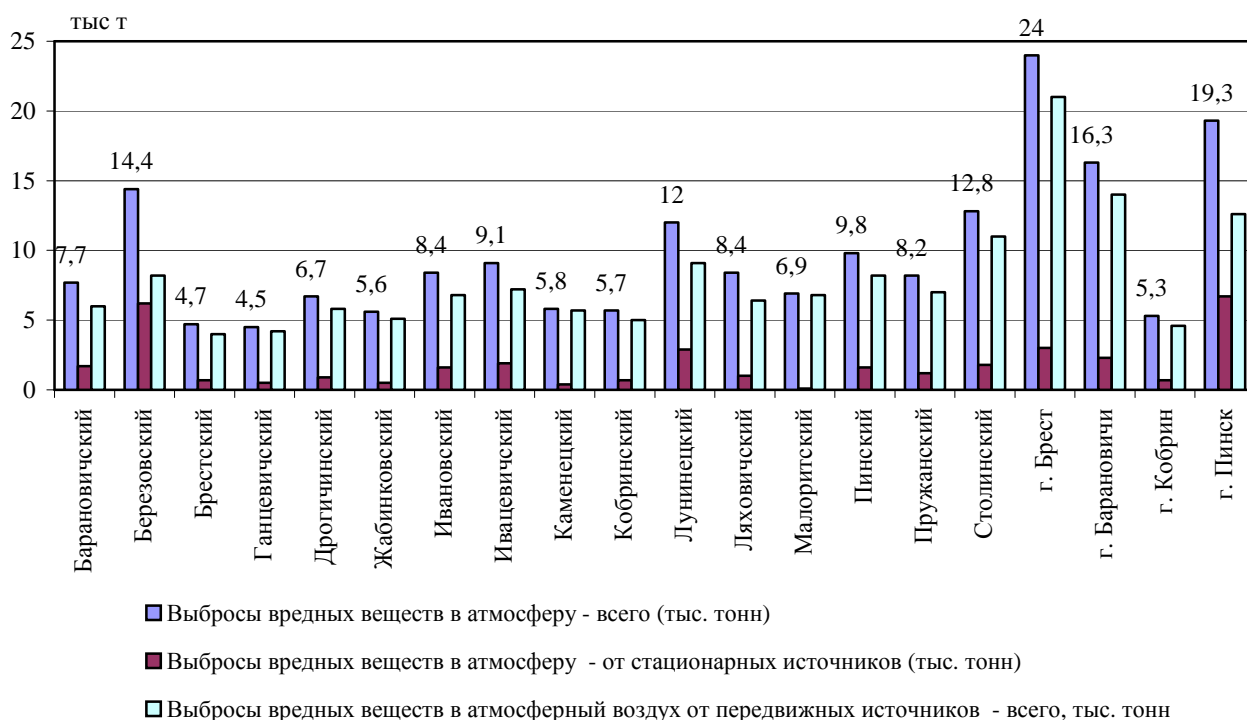


Рис. 4. Выбросы вредных веществ в атмосферу городами и районами Брестской области

Таблица 6. Градиенты изменения средневзвешенные суточных выпадений закисляющих соединений в бассейне р. Западный Буг

Параметр	Сера		Окисленный азот		Восстановленный азот	
	Брест	Пружаны	Брест	Пружаны	Брест	Пружаны
α (кг/км ² сут (10 лет))	-1,095	-1,838	-1,387	-0,847	-2,318	-1,549
Коэффициент корреляции	-0,48	-0,66	-0,84	-0,47	-0,56	-0,46

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты.

Надежная оценка вклада снежного покрова в загрязнение водотоков довольно затруднительна. Поверхностный сток в период весеннего снеготаяния включает в себя не только вещества, загрязняющие снежный покров, но и захватываемые тальми водами с поверхности городов, пашен и дорог. Исследования показали, что по общей минерализации весенний поверхностный сток с территории крупных городов в начале половодья является высокоминерализованным. Для небольших городов с индивидуальной застройкой и неасфальтированными улицами и дворами характерны два максимума минерализации воды. Первый наблюдается в начале половодья и связан с выносом веществ, накопившихся в снежном покрове с момента его образования. Второй максимум приходится на конец снеготаяния, когда происходит выщелачивание растворенных веществ из оттаиваемой почвы. В целом поверхностный сток с различных элементов городской территории, характеризуется более высокими концентрациями и модулем общей минерализации по сравнению со стоком с территорий, включенных в сельскохозяйственное производство [1].

Таким образом, наибольшую антропогенную нагрузку в пределах республики испытывают р. Свислочь ниже г. Минск, р. Уза, р. Днепр ниже Могилева, р. Западная Двина ниже гг. Новополоцк и Витебск, р. Неман ниже г. Гродно, Случь ниже г. Солигорск, р. Западный Буг ниже г. Брест, р. Березина ниже гг. Бобруйск и Светлогорск, р. Припять ниже г. Мозырь [4].

Трансформация гидрохимического режима воды рек

Под воздействием антропогенных факторов абиотические и биотические компоненты водных систем претерпели значи-

тельные изменения. Первые значимые изменения в гидрологическом и гидрохимическом режимах водных экосистем датируются концом 1960-х – началом 1970-х годов. В воде рек и озер практически повсеместно установлен рост концентраций ряда компонентов, достоверно превышающий их фоновые значения: хлоридов (в 2 – 9 раз), сульфатов (в 1,5 – 2 раза) и щелочных металлов (в 1,3 – 3 раза).

На рис. 5 и табл. 7 приведены градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде некоторых рек Беларуси за исследуемый период. Изменения среднегодовых концентраций азота аммонийного носит разнонаправленный характер, хотя и преобладают тенденции увеличения загрязнения. В то же время имеет место увеличение концентрации азота аммонийного, причем статистически значимо, на р. Свислочь – г. Минск (наибольшие темпы загрязнения), р. Свислочь – с. Свислочь, р. Днепр – г. Шклов, р. Сож – г. Кричев, р. Ясельда – г. Береза. На остальных реках темпы загрязнения меньше. Надо отметить наметившие тенденции на рр. Западная Двина, Россь и озерах к снижению загрязнения вод азотом аммонийным. Однако статистически значимые характеристики этих процессов наблюдаются только на р. Западная Двина – г. Верхнедвинск. Загрязнение всех рек азотом нитритным имеет тенденцию к уменьшению. Аналогичная картина наблюдается и с нефтепродуктами, но уменьшение данного показателя статистически значимо на 33 постах (наибольшая скорость уменьшения происходит на р. Ясельда – г. Береза и р. Мухавец – г. Кобрин, а также в Солигорском водохранилище). Практически на всех постах, за исключением р. Свислочь, идет снижение индекса загрязнения

р.З.Двина 2,0 км ниже г. Витебск



р.З.Двина 1,5 км ниже г. Полоцк



р.З.Двина 15,5 км ниже г. Новополоцк



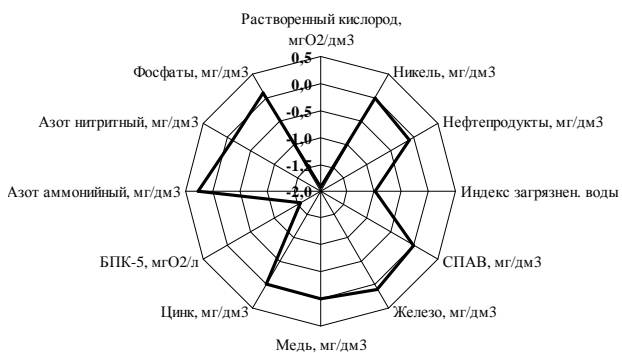
р.Неман 10,6 км ниже г. Гродно



р.Мухавец в черте г. Брест



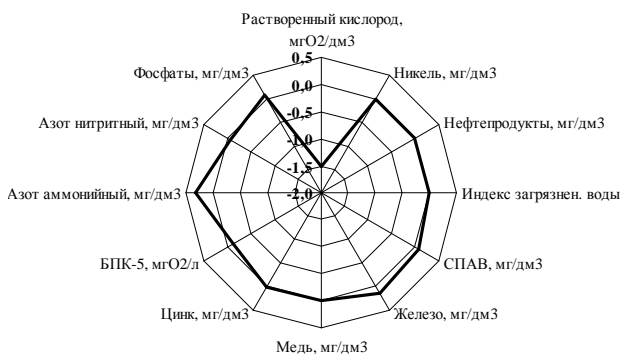
р.Днепр 0,5 км ниже г. Орша



р.Днепр 25,6 км ниже г. Могилев



р.Днепр 8,5 км ниже г. Лоев



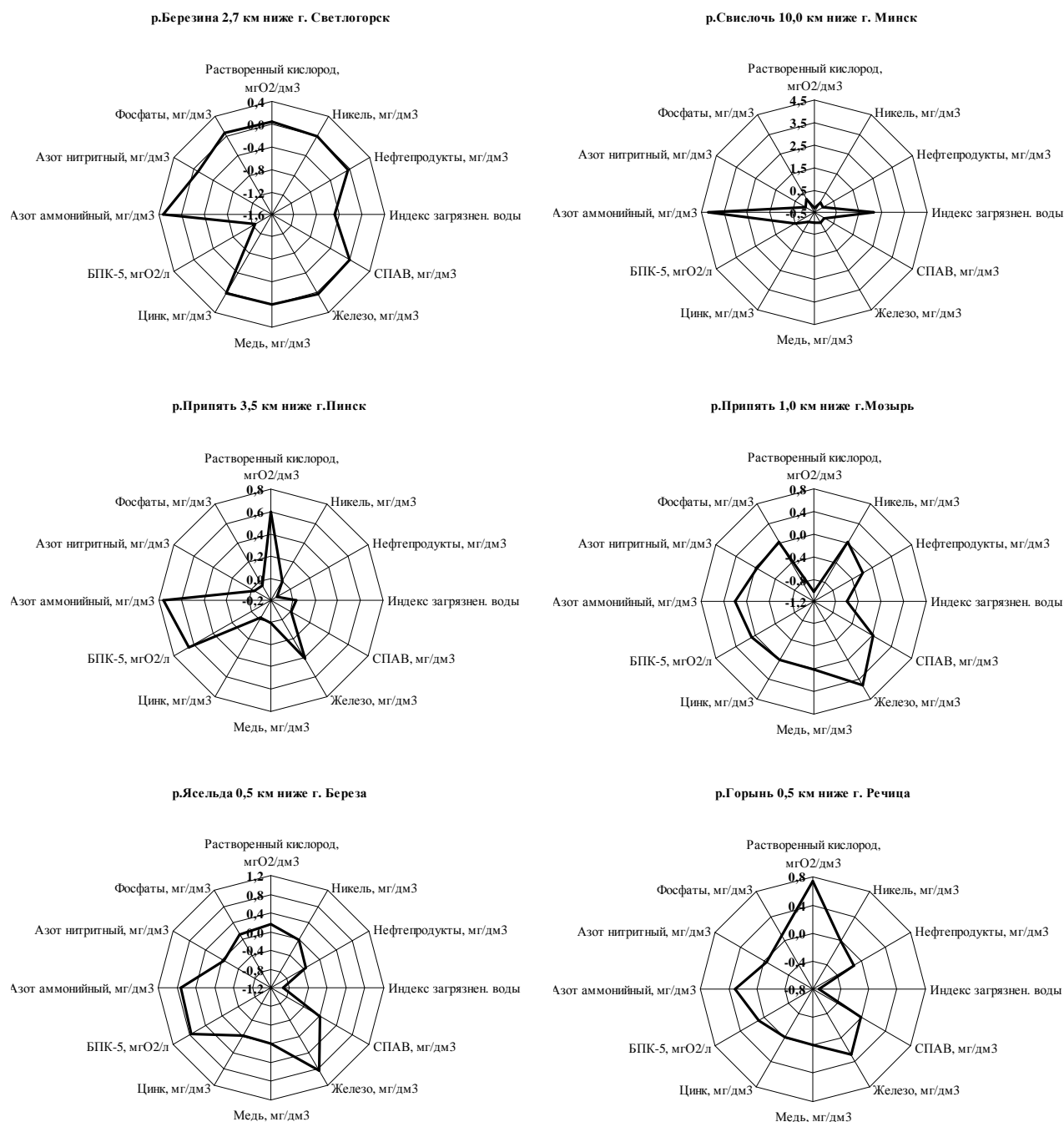


Рис. 5. Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Беларуси

(на 21 посту градиент является статистически значимым). Наблюдается увеличение некоторых показателей, таких как фенолы (наибольшая скорость загрязнения происходит на р. Днепр – г. Шклов, р. Днепр – г. Орша, р. Ясельда – г. Береза), цинк (на 7 постах это увеличение является статистически значимым), никель (на 9 постах статистически значимо увеличение, на 4 постах – уменьшение). Уменьшение содержания растворенного кислорода в Беларуси происходит в большинстве водных объектов, но наибольшие скорости наблюдаются в водохранилище Осиповичское (-4,73), р. Сож – г. Гомель (-3,52) и в р. Неман – г. Гродно (-1,63), которые являются статистически значимыми. Сложная картина имеет место с показателем содержания железа и меди, статистически значимые градиенты в первом случае на двух постах (на р. Припять – г. Мозырь и р. Ясельда – г. Береза имеется положи-

тельная тенденция), во втором – на трех (на р. Западная Двина – пгт. Сураж, р. Западная Двина – г. Витебск и на р. Сож – г. Кричев наблюдается уменьшение меди). Данные металлы имеют высокое содержание в водах природного характера. На 28 постах наблюдается уменьшение БПК₅, из них на 9 статистически значимые коэффициенты корреляции, а на 1 посту (р. Ясельда – г. Береза) положительная тенденция также является статистически значимой. На реках Западная Двина и Полота, а также в озере Лукомльское происходит статистически значимое снижение СПАВ, а на р. Мухавец и р. Припять – г. Мозырь – увеличение.

В целом можно сказать, что наметились тенденции к уменьшению загрязнения рек Беларуси, азота, однако, несмотря на это, по-прежнему качество поверхностных вод на отдельных участках рр. Свислочь, Ясельда, Березина, Западный Буг, Днепр, Виляя, Неман не удовлетворительно.

Таблица 7. Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Беларуси

Река – створ	Растворенный кислород, мгО ₂ /дм ³	Никель, мг/дм ³	Нефтепродукты, мг/дм ³	Индекс загрязнен. воды	СПАВ, мг/дм ³	Железо, мг/дм ³	Медь, мг/дм ³	Цинк, мг/дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /л	Азот аммонийный, мг/дм ³	Азот нитритный, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³
р. Западная Двина 0,5 км выше пгт. Сураж	<u>0,74</u> 0,48	<u>-0,005</u> -0,27	<u>-0,13</u> -0,88	<u>-0,867</u> -0,72	<u>-0,028</u> -0,63	<u>0,018</u> 0,04	<u>-0,004</u> -0,62	<u>-0,008</u> -0,27	<u>-0,56</u> -0,28	<u>-0,198</u> -0,27	<u>-0,006</u> -0,25	<u>-0,007</u> -0,09
р. Западная Двина 2,0 км ниже г. Витебск	<u>-0,25</u> -0,30	<u>-0,002</u> -0,19	<u>-0,18</u> -0,79	<u>-0,717</u> -0,72	<u>-0,029</u> -0,69	<u>-0,152</u> -0,41	<u>-0,005</u> -0,71	<u>0,014</u> 0,53	<u>-0,03</u> -0,03	<u>-0,314</u> -0,45	<u>-0,007</u> -0,27	<u>-0,002</u> -0,04
р. Западная Двина 1,5 км ниже г. Полоцк	<u>-0,09</u> -0,06	<u>0,004</u> 0,71	<u>-0,09</u> -0,54	<u>-0,797</u> -0,64	<u>-0,050</u> -0,71	<u>0,113</u> 0,36	<u>-0,001</u> -0,30	<u>0,007</u> 0,71	<u>0,38</u> 0,38	<u>-0,039</u> -0,07	<u>-0,023</u> -0,40	<u>0,006</u> 0,18
р. Западная Двина 15,5 км ниже г. Новополоцк	<u>-0,34</u> -0,29	<u>0,002</u> 0,44	<u>-0,11</u> -0,64	<u>-0,524</u> -0,63	<u>-0,038</u> -0,71	<u>0,005</u> 0,02	<u>-0,002</u> -0,47	<u>0,009</u> 0,81	<u>-0,10</u> -0,14	<u>-0,075</u> -0,11	<u>-0,011</u> -0,40	<u>0,002</u> 0,06
р. Западная Двина 5,5 км ниже г. Верхнедвинск	<u>0,49</u> 0,29	<u>0,004</u> 0,55	<u>-0,06</u> -0,60	<u>-0,983</u> -0,76	<u>-0,044</u> -0,76	<u>-0,057</u> -0,14	<u>-0,001</u> -0,21	<u>-0,003</u> -0,10	<u>-1,33</u> -0,77	<u>-0,130</u> -0,17	<u>-0,038</u> -0,58	<u>0,003</u> 0,12
р. Полота в черте г. Полоцк	<u>-0,15</u> -0,08	<u>0,004</u> 0,75	<u>-0,10</u> -0,47	<u>-0,483</u> -0,55	<u>-0,055</u> -0,74	<u>0,070</u> 0,16	<u>-0,002</u> -0,50	<u>0,004</u> 0,42	<u>0,32</u> 0,26	<u>0,163</u> 0,31	<u>-0,004</u> -0,17	<u>0,007</u> 0,19
р. Неман 0,6 км ниже г. Столбцы	<u>0,39</u> 0,27	<u>0,001</u> 0,21	<u>-0,14</u> -0,85	<u>-0,531</u> -0,83	<u>0,011</u> 0,33	<u>-0,009</u> 0,03	<u>0,002</u> 0,53	<u>0,008</u> 0,43	<u>-1,07</u> -0,70	<u>0,158</u> 0,33	<u>-0,014</u> -0,53	<u>-0,006</u> -0,25
р. Неман 5,3 км ниже г. Мосты	<u>-0,36</u> -0,33	<u>0,001</u> 0,23	<u>-0,24</u> 0,66	<u>-0,913</u> -0,55	<u>0,018</u> 0,32	<u>-0,012</u> -0,04	<u>0,000</u> 0,04	<u>-0,006</u> -0,32	<u>-0,04</u> -0,06	<u>0,129</u> 0,22	<u>-0,009</u> -0,34	<u>0,015</u> 0,65
р. Неман 10,6 км ниже г. Гродно	<u>-1,63</u> -0,68	<u>0,000</u> 0,03	<u>-0,16</u> -0,78	<u>-0,598</u> -0,77	<u>0,015</u> 0,28	<u>-0,068</u> -0,22	<u>-0,003</u> -0,43	<u>-0,007</u> -0,46	<u>-0,33</u> -0,31	<u>0,124</u> 0,22	<u>-0,007</u> -0,27	<u>-0,020</u> -0,03
р. Лида 3,1 км ниже г. Лида	<u>-0,52</u> -0,33	<u>0,003</u> 0,74	<u>-0,21</u> 0,84	<u>-0,612</u> -0,82	<u>0,005</u> 0,10	<u>-0,001</u> -0,01	<u>0,002</u> 0,53	<u>0,001</u> 0,07	<u>0,39</u> 0,45	<u>0,012</u> 0,02	<u>0,011</u> 0,29	<u>0,013</u> 0,18
р. Щара 2,1 км ниже г. Слоним	<u>-0,17</u> -0,13	<u>0,003</u> 0,53	<u>-0,21</u> -0,77	<u>-0,545</u> -0,65	<u>0,014</u> 0,30	<u>-0,006</u> -0,02	<u>-0,001</u> -0,24	<u>-0,005</u> -0,26	<u>0,08</u> 0,10	<u>0,331</u> 0,52	<u>-0,007</u> -0,23	<u>0,027</u> 0,72
р. Россь 16,7 км ниже г. Волковыск	<u>-0,71</u> -0,38	<u>0,004</u> 0,56	<u>-0,10</u> -0,83	<u>-0,615</u> -0,69	<u>0,007</u> 0,13	<u>0,022</u> 0,07	<u>0,001</u> 0,16	<u>-0,001</u> -0,13	<u>0,10</u> 0,10	<u>-0,023</u> -0,04	<u>-0,032</u> -0,40	<u>0,039</u> 0,45
р. Виля 0,5 км ниже г. Вилейка	<u>-0,73</u> -0,30	<u>0,004</u> 0,86	<u>-0,20</u> -0,71	<u>-0,535</u> -0,47	<u>0,003</u> 0,04	<u>-0,022</u> -0,07	<u>0,002</u> 0,55	<u>0,003</u> 0,16	<u>-0,36</u> -0,20	<u>0,285</u> 0,56	<u>-0,008</u> -0,46	<u>-0,008</u> -0,55
р. Виля 6,0 км СВ г. Сморгонь	<u>-0,76</u> -0,25	<u>0,003</u> 0,66	<u>-0,08</u> -0,46	<u>0,164</u> 0,18	<u>0,007</u> 0,25	<u>0,039</u> 0,13	<u>0,000</u> 0,04	<u>0,009</u> 0,44	<u>0,65</u> 0,32	<u>0,220</u> 0,37	<u>-0,056</u> -0,27	<u>-0,004</u> -0,31
р. Уша 0,7 км ниже г. Молодечно	<u>0,30</u> 0,12	<u>0,006</u> 0,80	<u>-0,14</u> -0,39	<u>-0,350</u> -0,22	<u>0,020</u> 0,49	<u>0,012</u> 0,03	<u>0,003</u> 0,49	<u>0,001</u> 0,05	<u>0,15</u> 0,08	<u>0,276</u> 0,29	<u>-0,039</u> -0,26	<u>0,002</u> 0,18
р. Мухавец 1,7 км ниже г. Кобрин	<u>0,62</u> 0,41	<u>-0,005</u> 0,80	<u>-0,27</u> -0,70	<u>-0,825</u> -0,66	<u>0,028</u> 0,68	<u>0,329</u> 0,44	<u>0,002</u> 0,43	<u>-0,015</u> -0,79	<u>-0,01</u> -0,01	<u>0,457</u> 0,51	<u>-0,064</u> -0,24	<u>0,066</u> 0,68
р. Мухавец в черте г. Брест	<u>0,79</u> 0,41	<u>-0,001</u> -0,36	<u>-0,17</u> -0,66	<u>-0,493</u> -0,59	<u>0,040</u> 0,71	<u>0,312</u> 0,46	<u>-0,002</u> -0,39	<u>-0,006</u> -0,37	<u>-0,48</u> -0,45	<u>0,385</u> 0,55	<u>-0,041</u> -0,24	<u>0,049</u> 0,74
р. Днепр 0,5 км ниже г. Орша	<u>-1,93</u> -0,58	<u>0,000</u> 0,04	<u>-0,09</u> -0,42	<u>-0,986</u> -0,58	<u>-0,009</u> -0,27	<u>0,092</u> 0,13	<u>0,000</u> 0,03	<u>-0,005</u> -0,24	<u>-1,58</u> -0,80	<u>0,276</u> 0,56	<u>-0,124</u> -0,46	<u>0,112</u> 0,70
р. Днепр 2,0 км ниже г. Шклов	<u>0,63</u> 0,25	<u>-0,001</u> -0,18	<u>-0,11</u> -0,73	<u>-0,920</u> -0,78	<u>-0,007</u> -0,21	<u>-0,194</u> -0,27	<u>-0,003</u> -0,44	<u>-0,009</u> -0,57	<u>-1,00</u> -0,60	<u>0,277</u> 0,58	<u>-0,140</u> -0,41	<u>0,121</u> 0,71
р. Днепр 25,6 км ниже г. Могилев	<u>0,00</u> 0,04	<u>0,001</u> 0,19	<u>-0,08</u> -0,71	<u>-0,983</u> -0,74	<u>0,002</u> 0,06	<u>-0,095</u> -0,25	<u>-0,002</u> -0,28	<u>-0,006</u> -0,29	<u>-0,47</u> -0,36	<u>0,179</u> 0,37	<u>-0,151</u> -0,35	<u>0,115</u> 0,58
р. Днепр 2,0 км ниже г. Быхов	<u>0,45</u> 0,19	<u>0,001</u> 0,21	<u>-0,04</u> -0,43	<u>-0,825</u> -0,52	<u>-0,003</u> -0,08	<u>-0,227</u> -0,34	<u>-0,003</u> -0,35	<u>-0,007</u> -0,39	<u>-0,31</u> -0,24	<u>0,205</u> 0,40	<u>-0,158</u> -0,31	<u>0,102</u> 0,61
р. Днепр 5,6 км ниже г. Речица	<u>0,91</u> 0,39	<u>-0,001</u> -0,19	<u>-0,03</u> -0,50	<u>-0,255</u> -0,32	<u>-0,010</u> -0,48	<u>0,008</u> 0,04	<u>0,002</u> 0,33	<u>0,022</u> 0,91	<u>-1,33</u> -0,58	<u>0,177</u> 0,10	<u>-0,087</u> -0,25	<u>0,031</u> 0,48
р. Днепр 8,5 км ниже гп. Лоев	<u>-1,51</u> -0,49	<u>-0,002</u> -0,26	<u>0,00</u> 0,03	<u>-0,007</u> -0,01	<u>0,075</u> 0,56	<u>0,146</u> 0,46	<u>0,001</u> 0,18	<u>0,016</u> 0,80	<u>-0,12</u> -0,07	<u>0,318</u> 0,18	<u>-0,061</u> -0,21	<u>0,080</u> 0,87

р. Березина 5,9 км ниже г. Борисов	<u>-0,26</u> -0,14	<u>0,001</u> 0,29	<u>-0,08</u> -0,74	<u>-0,266</u> -0,52	<u>0,006</u> 0,18	<u>0,114</u> 0,28	<u>0,000</u> 0,05	<u>0,022</u> 0,21	<u>-0,86</u> -0,60	<u>0,590</u> 0,43	<u>-0,069</u> -0,29	<u>-0,003</u> -0,01
р. Березина 1,9 км ниже г. Бобруйск	<u>-0,29</u> -0,13	<u>0,001</u> 0,26	<u>-0,12</u> -0,86	<u>-0,182</u> -0,23	<u>-0,001</u> -0,02	<u>0,020</u> 0,05	<u>0,001</u> 0,19	<u>0,004</u> 0,21	<u>-1,58</u> -0,78	<u>0,185</u> 0,21	<u>-0,036</u> -0,16	<u>0,046</u> 0,22
р. Березина 2,7 км ниже г. Светлогорск	<u>0,04</u> 0,02	<u>-0,003</u> -0,33	<u>-0,04</u> -0,60	<u>-0,483</u> -0,52	<u>-0,001</u> -0,46	<u>0,031</u> 0,11	<u>-0,001</u> -0,32	<u>0,019</u> 0,87	<u>-1,26</u> -0,53	<u>0,319</u> 0,16	<u>-0,099</u> -0,26	<u>0,053</u> 0,79
р. Плисса 0,8 км ниже г. Жодино	<u>-0,04</u> -0,03	<u>0,003</u> 0,79	<u>-0,12</u> -0,86	<u>-0,647</u> -0,69	<u>0,002</u> 0,62	<u>-0,072</u> -0,17	<u>0,002</u> 0,50	<u>0,009</u> 0,51	<u>-1,34</u> -0,79	<u>0,097</u> 0,12	<u>-0,068</u> -0,39	<u>-0,018</u> -0,34
р. Свислочь 10,0 км ниже г. Минск	<u>-0,29</u> -0,16	<u>-0,003</u> -0,38	<u>-0,07</u> -0,58	<u>2,140</u> 0,57	<u>0,002</u> 0,25	<u>0,056</u> 0,19	<u>-0,039</u> -0,54	<u>-0,003</u> -0,06	<u>0,46</u> 0,28	<u>4,171</u> 0,79	<u>-0,024</u> -0,05	<u>0,159</u> 0,41
р. Свислочь в черте с. Свислочь	<u>-0,45</u> -0,16	<u>-0,001</u> -0,11	<u>-0,08</u> -0,62	<u>0,280</u> 0,13	<u>0,000</u> 0,10	<u>0,221</u> 0,39	<u>0,000</u> 0,07	<u>0,003</u> 0,07	<u>-0,41</u> -0,25	<u>0,551</u> 0,66	<u>-0,019</u> -0,08	<u>0,114</u> 0,30
р. Сож 4,0 км ниже г. Кричев	<u>-0,22</u> -0,10	<u>0,000</u> 0,01	<u>-0,09</u> 0,66	<u>-0,507</u> -0,59	<u>0,002</u> 0,27	<u>-0,017</u> -0,04	<u>-0,006</u> -0,67	<u>-0,002</u> -0,17	<u>-0,28</u> -0,21	<u>0,309</u> 0,66	<u>-0,095</u> -0,39	<u>0,004</u> 0,05
р. Сож 13,7 км ниже г. Гомель	<u>-3,52</u> -0,71	<u>-0,002</u> -0,22	<u>-0,06</u> -0,58	<u>-0,122</u> -0,18	<u>0,000</u> 0,23	<u>0,051</u> 0,26	<u>0,005</u> 0,48	<u>0,022</u> 0,89	<u>-0,47</u> -0,44	<u>0,322</u> 0,15	<u>-0,013</u> -0,44	<u>0,034</u> 0,60
р. Ипуты 1,7 км ниже г. Добруш	<u>0,29</u> 0,13	<u>-0,001</u> -0,11	<u>-0,03</u> -0,59	<u>-0,017</u> -0,02	<u>-0,001</u> -0,33	<u>0,025</u> 0,06	<u>0,002</u> 0,39	<u>0,023</u> 0,83	<u>-0,10</u> -0,12	<u>0,087</u> 0,05	<u>-0,021</u> -0,19	<u>0,032</u> 0,77
р. Припять 3,5 км ниже г. Пинск	<u>0,60</u> 0,40	<u>-0,005</u> -0,74	<u>-0,13</u> -0,73	<u>0,028</u> 0,02	<u>0,000</u> 0,05	<u>0,399</u> 0,49	<u>0,001</u> 0,22	<u>-0,021</u> -0,73	<u>0,64</u> 0,40	<u>0,762</u> 0,33	<u>-0,026</u> -0,11	<u>-0,042</u> -0,14
р. Припять 1,0 км ниже г. Мозырь	<u>-1,03</u> -0,45	<u>0,002</u> 0,34	<u>-0,20</u> -0,78	<u>-0,615</u> -0,71	<u>0,003</u> 0,74	<u>0,520</u> 0,77	<u>0,002</u> 0,38	<u>-0,006</u> -0,32	<u>0,07</u> 0,06	<u>0,191</u> 0,30	<u>-0,044</u> -0,31	<u>0,030</u> 0,68
р. Ясельда 0,5 км ниже г. Береза	<u>0,15</u> 0,10	<u>-0,003</u> -0,61	<u>-0,34</u> -0,74	<u>-0,934</u> -0,62	<u>0,003</u> 0,45	<u>0,846</u> 0,63	<u>-0,001</u> -0,25	<u>-0,008</u> -0,67	<u>0,75</u> 0,59	<u>0,715</u> 0,67	<u>-0,051</u> -0,24	<u>0,114</u> 0,73
р. Горынь 0,5 км ниже г. Речица	<u>0,74</u> 0,29	<u>-0,007</u> -0,85	<u>-0,13</u> -0,74	<u>-0,710</u> -0,70	<u>-0,001</u> -0,16	<u>0,282</u> 0,46	<u>-0,001</u> -0,19	<u>-0,013</u> -0,37	<u>0,09</u> 0,05	<u>0,310</u> 0,38	<u>-0,040</u> -0,37	<u>0,076</u> 0,49
оз. Лукомльское 8,0 км 3 от г. Новолукомль	<u>0,21</u> 0,18	<u>-0,006</u> -0,67	<u>-0,17</u> -0,63	<u>-1,018</u> -0,71	<u>-0,055</u> -0,77	<u>-0,049</u> -0,35	<u>-0,005</u> -0,51	<u>-0,006</u> -0,21	<u>-0,28</u> -0,20	<u>-0,515</u> -0,51	<u>-0,081</u> -0,34	<u>-0,008</u> -0,27
оз. Нарочь в черте п. Нарочь	<u>0,40</u> 0,15	<u>0,003</u> 0,82	<u>-0,08</u> -0,57	<u>-0,266</u> -0,54	<u>0,000</u> 0,01	<u>-0,055</u> -0,31	<u>0,000</u> 0,18	<u>0,004</u> 0,29	<u>-0,92</u> -0,71	<u>-0,005</u> -0,06	<u>-0,015</u> -0,39	<u>-0,004</u> -0,52
вдхр. Вилейское в черте г. Вилейка	<u>0,18</u> 0,11	<u>0,007</u> 0,71	<u>-0,16</u> -0,74	<u>-0,315</u> -0,38	<u>0,012</u> 0,24	<u>-0,010</u> -0,04	<u>-0,001</u> -0,19	<u>-0,011</u> -0,50	<u>0,70</u> 0,32	<u>0,141</u> 0,35	<u>-0,060</u> -0,24	<u>-0,011</u> -0,13
вдхр. Заславское, ГЭС Гонолес	<u>1,00</u> 0,23	<u>0,003</u> 0,48	<u>-0,17</u> -0,65	<u>-0,645</u> -0,58	<u>-0,039</u> -0,45	<u>-0,021</u> -0,09	<u>-0,002</u> -0,28	<u>-0,020</u> -0,76	<u>-1,02</u> -0,37	<u>0,381</u> 0,57	<u>-0,040</u> -0,37	<u>-0,002</u> -0,04
вдхр. Осиповичское 15 км на СЗ от г. Осиповичи	<u>-4,73</u> -0,61	<u>0,000</u> 0,02	<u>-0,07</u> -0,70	<u>-0,231</u> -0,15	<u>-0,011</u> -0,21	<u>0,183</u> 0,23	<u>-0,004</u> -0,45	<u>-0,061</u> -0,82	<u>-0,32</u> -0,14	<u>0,119</u> 0,10	<u>-0,005</u> -0,03	<u>0,231</u> 0,56
вдхр. Солигорское 7,0 км на ЮЗ от г. Солигорск	<u>-6,54</u> -0,26	<u>-0,002</u> -0,24	<u>-0,33</u> -0,60	<u>-0,951</u> -0,50	<u>-0,026</u> -0,20	<u>-0,012</u> -0,03	<u>-0,003</u> -0,31	<u>-0,020</u> -0,72	<u>0,71</u> 0,22	<u>0,339</u> 0,56	<u>-0,053</u> -0,39	<u>0,003</u> 0,11

Примечание. В числителе приведены градиенты α мг/дм³/10лет, в знаменателе – коэффициенты корреляции. Выделены статистически значимые параметры

Таблица 8. Изменения величин индекса сапробности, биотического индекса и класса чистоты на стационарных створах основных рек Беларуси с 2002 по 2005 гг.

Населенный пункт, створ		Индекс сапробности по Пантле и Букку		Биотипический индекс	Класс чистоты
		фитопланктон	зоопланктон	зообентос	
р. Западная Двина					
пгт. Сураж	0,5 км выше	-0,20 – -0,42		0	0
г. Витебск	2,0 км ниже	-0,13		8 – 9	0
г. Полоцк	2,0 км выше	-0,14		1 – 5	-1
г. Полоцк	1,5 км ниже	-0,16		1 – 7	-1
г. Новополоцк	15,5 км ниже	-0,09		0 – 3	0
г. Верхнедвинск	2,0 км выше	0,04		0 – 6	1
р. Неман					
г. Столбцы	1,0 км выше	0 – 0,33		0 – 1	0
г. Столбцы	0,6 км ниже	-0,07 – 0,15		0	0
г. Гродно	1,0 км выше	-0,07		-2 – 1	0
г. Гродно	10,6 км ниже	-0,01		-2 – 1	1

Населенный пункт, створ		Индекс сапробности по Пантле и Букку		Биотипический индекс	Класс чистоты
		фитопланктон	зоопланктон	зообентос	
р. Мухавец					
г. Кобрин	1,8 км выше	0,23	0	-1 – 0	0
г. Кобрин	1,7 км ниже	0,02	0,10	-2 – 1	0
г. Брест	0,8 км выше	-0,31	-0,11 – 0,04	0 – 1	1
г. Брест	в черте города	-0,35	0,06 – 0,21	0 – 4	1
р. Днепр					
г. Орша	1,0 км выше	–	0,09	1	0
г. Орша	0,5 км ниже	–	0,12	0	0
г. Шклов	2,0 км ниже	0,05	-0,20	0	0
г. Могилев	1,0 км выше	0,57	-0,25 – 0,15	-1 – 0	0
г. Могилев	25,6 км ниже	0,05	-0,23 – 0,33	0	1
г. Быхов	2,0 км ниже	0,27	0,34	1	0
пгт. Лоев	0,8 км выше	-0,07	-0,36 – 0,14	3 – 7	1
р. Березина					
н. п. Брод	0,5 км выше	-0,02	-0,32	-1 – 0	0
г. Борисов	1,0 км выше	-0,09 – 0,45	-0,07	0	0
г. Борисов	5,9 км ниже	0,10 – 0,39	0,08	-1 – 0	0
г. Бобруйск	5,0 км выше	0,01	0,06	0 – 1	1
г. Бобруйск	1,9 км ниже	0,14	-0,23	0 – 2	0
г. Светлогорск	1,0 км выше	-0,14 – 0,14	0,10	1	0
г. Светлогорск	2,7 км ниже	-0,20 – -0,05	-0,11	1 – 3	-1 – 0
р. Свислочь					
н. п. Хмелевка	0,5 км выше	0,02 – 0,06	-0,15 – 0,21	0 – 1	0
г. Минск	1,5 км выше	-0,10 – 0,05	-0,55 – 0,10	0 – 2	0
г. Минск	0,5 км ниже	-0,27 – -0,15	-0,35 – -0,01	0	-1
г. Минск	10,0 км ниже	-0,13 – -0,04	-0,08 – 0,51	0	0
р. Сож					
н. п. Коськово	1,0 км выше	0,19 – 0,31	-0,09 – 0,50	0	0
г. Гомель	0,6 км выше	0,03	-0,38 – 0,05	-2 – 4	0
г. Гомель	13,7 км ниже	0,24	0,02 – 0,25	-1 – 5	-1 – 0
р. Припять					
г. Пинск	1,0 км выше	-0,33 – -0,01	-0,07	-	0
г. Пинск	3,5 км ниже	-0,10 – -0,01	-0,04	4	0 – 1
г. Мозырь	1,0 км выше	0,08	-0,25	1 – 2	0 – 1
г. Мозырь	1,0 км ниже	-0,10	-0,10	2 – 4	0
г. Мозырь	45,0 км ниже	-0,14 – -0,08	0,01 – 0,29	0 – 1	0 – 1

Характеристика изменения состояния поверхностных вод по гидробиологическим показателям представлена как разность между показателями 2005 и 2002 гг. приведена в табл. 5 [4].

За период с 2002 по 2005 гг. на рассматриваемых реках, кроме р. Днепр и Сож, произошло уменьшение индекса сапробности как по фитопланктону, так и по зоопланктону. На этих реках наблюдается рост индекса по фитопланктону и уменьшение по зоопланктону. Биотипический индекс уменьшения на рр. Неман, Березина, Сож, а увеличение на Западной Двине и Припяти. В целом класс чистоты воды в реках не изменился, хотя имели место колебания как в сторону увеличения, так и уменьшения.

Заключение

Процесс загрязнения водных объектов приостановился, и наметились позитивные тенденции к улучшению экологического состояния отдельных речных бассейнов. Однако, несмотря на снижение сброса загрязненных сточных вод, существенного улучшения качества поверхностных вод в настоящее время еще не наблюдается.

Магистральным направлением улучшения качества природных вод остается снижение антропогенной нагрузки и восстановление экологического благополучия водных объектов, а именно интенсификация работы коммунальных очист-

ных сооружений, строительство локальных очистных сооружений на предприятиях АПК, очистка дождевого стока и т.д.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ландшафтные воды в условиях техногенеза: монография/ О. В. Кадацкая [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – 347 с.
2. Раткович Д. Я. Актуальные проблемы водообеспечения. – М.: Наука, 2003. – 352 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоздат. – Т. 5. – ч.1. – 1966. – 718 с.; – ч. II. – 1966. – 621 с.
4. Государственный водный кадастр: Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2005 год). – Минск: ЦНИИКИВР, 2006. – 106 с.
5. Пашкевич В. И. Влияние осушительных мелиораций на формирование химического состава грунтовых вод// Формирование подземных вод под влиянием антропогенных факторов/ Сб. научн. ст./ Под А. В. Кудельского. – Минск: Наука и техника, 1990. – С. 73 – 86.
6. Бохонко В. И., Корчоха Ю. М. Формирование русел рек и экологическое состояние их водосборов. – Минск: БГЭУ, 2001. – 160 с.
7. Природная среда Беларуси/ Под ред. В. Ф. Логинова. Минск: ООО «БИП – С», 2002. – 352 с.

Статья поступила в редакцию 15.01.2007