

УДК 502.63(476)

Волчек А. А., Таратенкова М. А.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛАРУСИ

**Введение.** Среди природных ресурсов водные ресурсы являются определяющими в развитии экономики всех стран, кроме того, их качество существенно влияет на здоровье населения. В настоящее время происходит стремительное техногенное загрязнение природных вод, несмотря на увеличение средств, выделяемых для сохранения естественных водных экосистем. Как на сегодня, так вероятно и на ближайшую перспективу, Беларусь не будет испытывать недостатка в водных ресурсах. Проблема в качестве природных вод, которая с течением времени будет усугубляться. Поэтому оценка качества природных вод является одним из паритетных направлений как в области науки, так и практики.

Целью настоящей работы является оценка трансформации гидрохимического режима поверхностных вод Беларуси.

**Исходные данные и методы исследования.** В работе использованы данные Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь за период с 1994 по 2016 гг. по гидрохимическому режиму поверхностных вод. Выполнен анализ динамики основных показателей качества воды: содержание в воде растворенного кислорода, никеля, нефтепродуктов, железа, меди, цинка, фосфат-ионов, нитрит-ионов, аммоний-ионов, синтетических поверхностных активных веществ (СПАВ), определен индекс загрязнения воды (ИЗВ), биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>).

Основным критерием для оценки физико-химического качества поверхностных вод Беларуси является предельно допустимая концентрация (ПДК) химических веществ, устанавливаемая для водных объектов различной категории.

Для оценки трансформации гидрохимического режима рек использовались методы математической статистики. Количественная оценка колебаний гидрохимических элементов оценивалась градиентом изменения, который численно равен коэффициенту регрессии (а), умноженному на 10 лет, т. е.  $\alpha = a \cdot 10$  лет [1].

**Полученные результаты и их обсуждение.** Характеристику состояния речной и озерных экосистем отражает их химический (гидрохимический) и экологический (гидробиологический) статус. Порядок определения гидрохимического статуса этих систем определяется согласно ТКП 17.13-08-2013 [2] и ТКП 17.13-09-2013 [2]. Перечень гидрохимических показателей, используемых при определении статуса экосистем, представлен в таблице 1.

В результате определения химического статуса экосистемы присваивается один из пяти статусов:

- отличный гидрохимический статус;
- хороший гидрохимический статус;
- удовлетворительный гидрохимический статус;
- плохой гидрохимический статус;
- очень плохой гидрохимический статус.

Данная система оценки качества поверхностных вод позволяет учитывать площадь водосбора, абсолютную высоту и среднюю глубину, что непосредственно влияет на формирование гидрохимического режима, а также некоторые фоновые концентрации химических веществ в этих водах. К недостаткам системы можно отнести ограниченный перечень показателей, которые отражают только общую картину химического статуса экосистемы, а так же тот факт, что

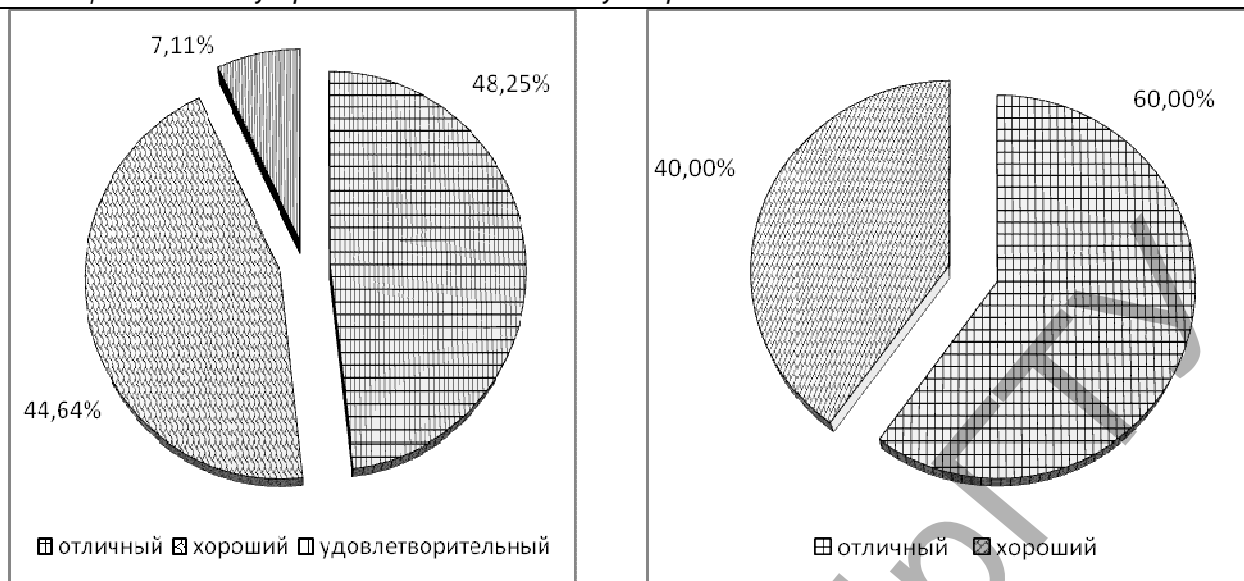
**Таблица 1** – Перечень показателей, используемых при определении химического (гидрохимического) статуса речных и озерных экосистем

Наименование групп показателей	Наименование показателя, единица измерения	Экосистема	
		речная	озерная
Газовый состав	растворенный кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	+	+
Ионы водорода	водородный показатель (рН), ед.	+	+
Физические свойства	прозрачность, м	–	+
Органические вещества	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	+	+
	бихроматная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	+	+
Азотосодержащие вещества	аммоний-ион, мгN/дм <sup>3</sup>	+	+
	нитрит-ион, мгN/дм <sup>3</sup>	+	+
	нитрат-ион, мгN/дм <sup>3</sup>	+	+
	азот общий по Кьельдалю, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
Фосфорсодержащие вещества	фосфат-ион (включая гидро- и дигидроформы), мгP/дм <sup>3</sup>	+	+
	фосфор общий, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
Металлы	медь, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	цинк, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	железо (общее), мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	марганец, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	никель, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	хром (общий), мг/дм <sup>3</sup>	+	+
Загрязняющие вещества	нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии, мг/дм <sup>3</sup>	+	+
	СПАВ анионоактивные (в том числе алкилоксиэтилированные сульфаты, алкилсульфонаты, олефинсульфонаты, алкилбензолсульфонаты, алкилсульфаты, натриевые и калиевые соли жирных кислот), мг/дм <sup>3</sup>	+	+

**Волчек Александр Александрович**, д. геогр. н., профессор, декан факультета инженерных систем и экологии Брестского государственного технического университета.

**Таратенкова М. А.**, магистр технических наук, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

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



а – речные экосистемы; б – озерные экосистемы

**Рисунок 1** – Относительное количество водотоков и водоемов с различным химическим (гидрохимическим) статусом в 2016 г. [6]

присвоение статуса осуществляется по наибольшему числовому значению класса качества по каждому показателю.

В настоящем времени распределение статусов для поверхностных вод Беларуси по гидрохимическим показателям выглядит следующим образом (рис. 1).

По данным наблюдений, на 2016 год количество водотоков Беларуси с отличным и хорошим гидрохимическим статусом уменьшилось по сравнению с 2015 годом на 0,6 %. Что касается гидрохимического статуса водоемов, то 4,8 % водоемов, которым в 2015 году был присвоен статус удовлетворительный, сменили его на хороший и отличный.

Экологический (гидробиологический) статус – степень отклонения величин гидробиологических показателей, характеризующих состояние речных и озерных экосистем, от величин гидробиологических показателей, определенных для эталонных условий. Порядок определения гидробиологического статуса этих систем устанавливается согласно ТКП 17.13-10-2013 [4] и ТКП 17.13-11-2013 [5]. В качестве гидробиологических показателей используется модифицированный биотический индекс, величина которого определяется структурной характеристикой сообществ макрозообентоса, и индекс сапробности. После сравнения гидробиологических показателей с определенными гидробиологическими показателями для исследуемого объекта, определяется класс качества. В свою очередь класс качества соответствует переделенному экологическому статусу (табл. 2).

**Таблица 2** – Соотнесение класса качества и экологического (гидробиологического) статуса

Класс качества	Экологический (гидробиологический) статус
I	отличный
II	хороший
III	удовлетворительный
IV	плохой
V	очень плохой

Количественное распределение поверхностных вод по экологическому статусу представлено на рисунке 2.

По-прежнему широко применяемой системой оценки качества поверхностных вод является система ПДК. Эта система, разработанная в СССР, до сих пор распространена в своем применении на всей территории постсоветского пространства. На сегодняшний день выявлен ряд недостатков данной системы, которые указывают на необходимость пересмотра подхода к нормированию загрязняющих веществ.

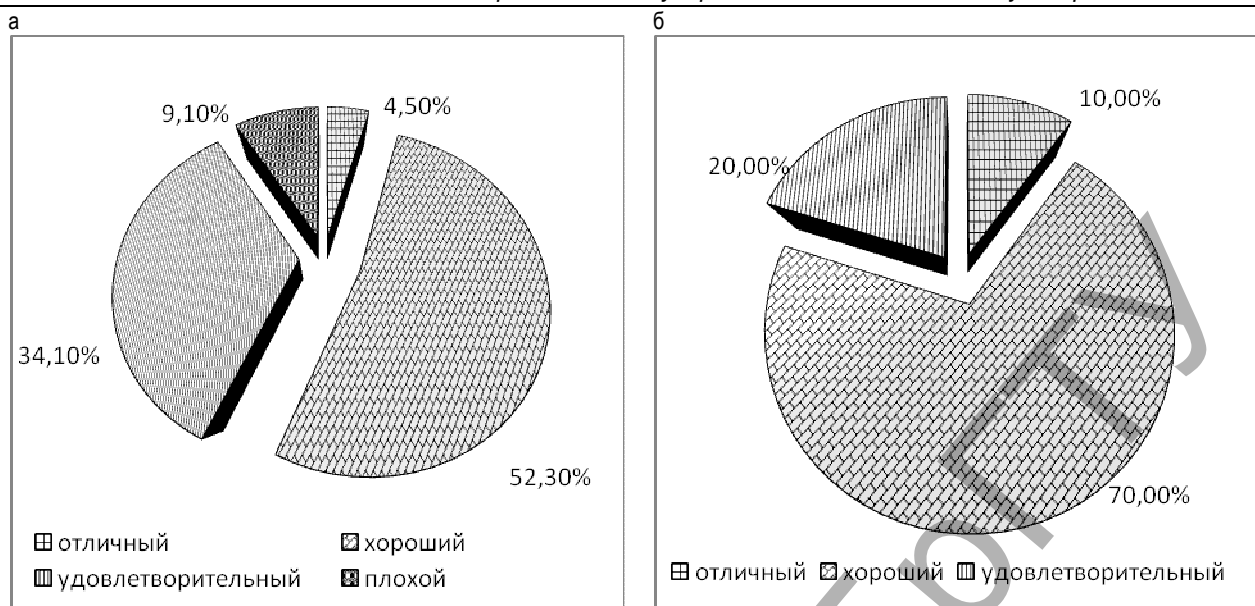
В таблице 3 приведена сравнительная характеристика ПДК, принятых в Беларуси, России и Казахстане, которая демонстрирует различия нормативов.

**Гидрохимический режим поверхностных вод.** Качественный состав поверхностных вод Беларуси формируется под действием природных и антропогенных факторов. Взаимодействие природных факторов создает индивидуальный гидрохимический режим, характерный только для данной местности, он выражается в фоновых концентрациях химических элементов. Данную информацию необходимо использовать при подходе к нормированию загрязняющих веществ, поступающих в результате деятельности человека.

В последнее время роль антропогенной нагрузки на речные и озерные экологические системы значительно возросла. На ряду с такими факторами загрязнения водотоков и водоемов, как сточные воды промышленных предприятий, бытовые стоки, сосредоточенные и рассредоточенные сбросы с сельскохозяйственных угодий, значительную роль в изменении гидрохимического режима рек играют стоки с мелиоративных систем. В результате мелиораций произошло существенное сгущение проводящей сети, что усилило сброс и перенос избытка растворенных солей. Это приводит, как правило, не просто к трансформации гидрохимического режима, а и к изменению экологического статуса данной территории.

Проследивая динамику сброса сточных вод в природные водные объекты (рис. 3), наблюдаем тенденцию к снижению данных объемов, исключение составляет 2016 г., где наблюдается рост объемов на 23 % по сравнению с предыдущим годом. Сокращение объема сбрасываемых сточных вод не является основным критерием снижения качества поверхностных вод. Анализ динамики концентраций приоритетных химических элементов в водах водотоков и водоемов (рис. 5–8) выявил, что уменьшение количества сбрасываемых сточных вод не влияет на уменьшение концентрации загрязнения. Это связано прежде всего с тем, что помимо количества сбрасываемых сточных вод, необходимо учитывать специфику и концентрацию загрязнения.

При рассмотрении распределения сброса сточных вод по отраслям экономики (рис. 4) основная масса приходится на сельское, лесное, рыбное хозяйство и водоснабжение. Это свидетельствует о том, что основными загрязняющими веществами являются биогенные элементы. Подтверждением тому служат данные наблюдений за гидрохимическим режимом поверхностных вод. Приоритетными компонентами загрязняющих веществ в составе сбрасываемых сточных вод для большинства бассейнов рек являются аммоний-ион, фосфат-ион, нитрит-ион, БПК<sub>5</sub>, соединения железа общего [6].



а – речные экосистемы; б – озерные экосистемы

**Рисунок 2** – Относительное количество водотоков и водоемов с различным экологическим (гидробиологическим) статусом в 2016 г. [6]

**Таблица 3** – Значения ПДК водных объектов

Показатель, единица измерения	Водные объекты					
	хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое назначение			рыбохозяйственное назначение		
	Беларусь	Россия	Казахстан	Беларусь	Россия	Казахстан
Алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,2	0,5	0,04	0,04	0,04
Аммоний-ион, мгN/дм <sup>3</sup>	0,39	1,5	2,0	0,39	0,4	0,5
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0,0023-0,0045*	1,0	1,0	0,0023-0,0045*	0,001	0,001
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0,023-0,040*	0,1	0,1	0,023-0,040*	0,01	0,01
Мышьяк, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	0,034	0,02	0,1	0,034	0,01	0,01
Нефть и нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05
Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	40,0	45,0	45,0	40,0	40,0	40,0
Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,08	3,3	3,0	0,08	0,08	0,08
Ртуть, мг/дм <sup>3</sup>	0,00007	0,0005	0,0005	0,00007	0,00001	0,0001
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	0,014	0,01	0,03	0,014	0,006	0,006
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	500	500	500	100	100	100
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	350	350	350	300	300	300
Формальдегид, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,05	0,05	0,01	0,01	0,01
Хлор, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	отсутствие	отсутствие	0,005	0,00001	0,00001
Хром <sup>3+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>				-	0,07	0,07
Хром <sup>6+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,05	0,05	0,001	0,02	0,02
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,010-0,015*	1,0	5,0	0,010-0,015*	0,01	0,01
Растворенный кислород, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,0 – 6,0	не менее 4,0	не менее 4,0	6,0 – 8,0	4,0-6,0	4,0-6,0
БПК <sub>полн</sub> , мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,0-4,0 (БПК <sub>5</sub> )	3,0 - 6,0	3,0-6,0	не более 3	4,0-6,0	4,0
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,135-0,335*	0,3	0,3	0,135-0,335*	0,1	0,1
Фосфат-ион, мгP/дм <sup>3</sup>	0,066	0,05-0,2	-	0,066	0,05	0,05
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	не более 1000	1000	не более 1000	не более 1000	Нормируется таксации согласно рыбохозяйственных водных объектов	Нормируется таксации согласно рыбохозяйственных водных объектов
Фенолы, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5

– ПДК зависит от фонового содержания в воде и определяется бассейном, к которому относится водоток или водоем.

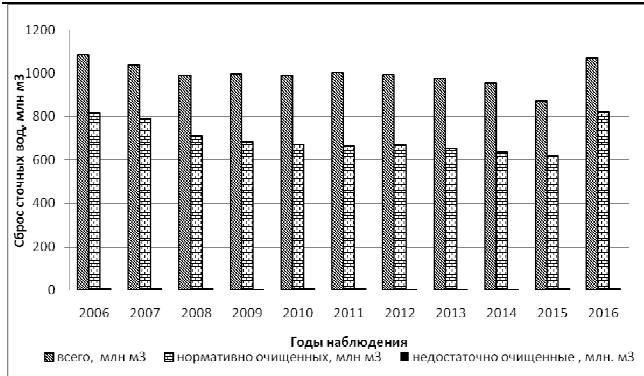
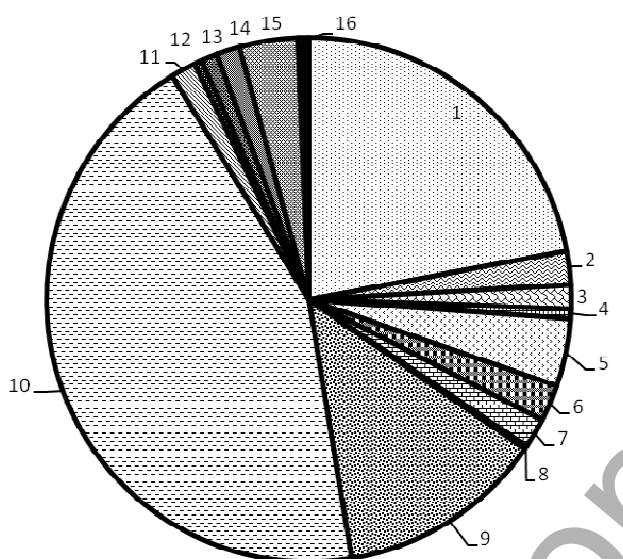


Рисунок 3 – Динамика сброса сточных вод в природные водные объекты



- 1 – сельское, лесное и рыбное хозяйство;
- 2 – горнодобывающая промышленность;
- 3 – производство продуктов питания, напитков и табачных изделий;
- 4 – производство текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха, дерева и бумаги;
- 5 – производство кокса и продуктов нефтепереработки;
- 6 – производство химических продуктов и фармацевтических продуктов;
- 7 – производство резиновых и пластмассовых изделий;
- 8 – металлургическое производство, производство электрооборудования, машин, транспортных средств;
- 9 – снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом;
- 10 – водоснабжение; сброс, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений;
- 11 – строительство;
- 12 – оптовая и розничная торговля, операции с недвижимостью;
- 13 – транспортная деятельность, складирование, почтовая и курьерская деятельность;
- 14 – услуги по временному проживанию и питанию;
- 15 – деятельность в сфере администрирования, государственное управление;
- 16 – здравоохранение, социальные услуги, образование, творчество, спорт, отдых и развлечения

Рисунок 4 – Сброс сточных вод в поверхностные объекты по видам экономической деятельности за 2016 год по Республике Беларусь

В 2016 году мониторинг поверхностных вод проводился на 117 поверхностных объектах (80 водотоках и 37 водоемах). Большинство пунктов наблюдения располагается в пределах населенных пунктов

и промышленных зон, т. е. на водотоках и водоемах, находящихся под наиболее сильным воздействием сконцентрированных источников загрязнения.

На рис. 5–8 представлена динамика показателей качества природных вод по приоритетным загрязнителям: аммоний-ион, нитрит-ион, фосфат-ион, железо общее, наблюдаемая за период с 1994 по 2016 гг., по створам рек, где распределение носит нестабильный характер.

Рассматривая гидрохимический режим р. Западная Двина выявили, что варьирование аммоний-иона (рис. 5) на створах выше пгт. Сураж, ниже г. Полоцка, ниже г. Новополоцка носит достаточно стабильный характер, в то время как на створах ниже г. Витебска и г. Верхнедвинска изменение данного показателя превышает в 2–3 раза средние значения. Иной характер носит распределение нитрат-иона (рис. 6) по створам р. Западная Двина. Здесь значительные превышения средних значений наблюдаются на створах выше пгт. Сураж, ниже г. Новополоцка, ниже г. Полоцка и ниже г. Верхнедвинска, при этом на последних двух створах максимальные значения нитрит-иона зафиксированы дважды в 1996 г. и 1994 г. соответственно. Распределение фосфат-иона носит нестабильный характер на створах выше пгт. Сураж, ниже г. Полоцка и ниже г. Витебска. Режим распределения железа общего на всем течении р. Западная Двина носит стабильный характер.

Река Полота в черте г. Полоцка испытывает нестабильную нагрузку по таким показателям, как нитрит-ион и фосфат-ион (рис. 6, 7).

Река Мухавец испытывает нестабильную нагрузку по аммоний-иону и нитрит-иону на створах ниже г. Кобрин и в черте г. Бреста (рис. 5, 6). Максимальные пиковые значения по аммоний-иону на обоих створах приходятся на 2003 год, по показателю нитрит-иона – в 1997 году. Распределение фосфат-иона носит нестабильный характер на створе ниже г. Кобрин (рис. 7). По показателю общего железа такой характер распределения относится к створу в черте г. Бреста (рис. 8).

Река Неман ниже г. Мосты испытывает неравномерность распределения аммоний-иона, ниже г. Столбцы – фосфат-иона. Неравномерность распределения железа общего фиксируется на створах ниже г. Гродно и ниже г. Столбцы.

Гидрохимический режим р. Днепр испытывает неравномерность распределения по показателям: нитрит-ион (на всех створах наблюдения), фосфат-ион (на створах ниже г. Быхова, ниже г. Шклова, ниже г. Орши, ниже г. Могилева) и железо общее (ниже г. Речицы, ниже г. Шклова, ниже г. Орши).

Как было сказано выше, р. Свислочь ниже г. Минска испытывает большую антропогенную нагрузку. Ее гидрохимический режим характеризуется большой амплитудой колебания таких показателей, как аммоний-иона и нитрит-иона. Интервал варьирования показателей фосфат-ионов находится в пределах от 0,1 до 0,5 мг P/дм<sup>3</sup> и железа общего от 0,2 до 0,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Р. Ясельда ниже г. Березы испытывает неравномерную нагрузку по нитрит-иону, фосфат-иону и общему железу. В последние годы здесь наблюдается тенденция роста данных ингредиентов на данном створе.

На рисунке 9 и таблице 3 приведены градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде некоторых рек Беларуси за исследуемый период.

Почти по всем наблюдаемым створам, за исключением р. Мухавец в черте г. Бреста и ниже г. Кобрин, р. Свислочь ниже г. Минска, р. Припять ниже г. Пинска, р. Горынь ниже г. Речицы и оз. Нарочь в черте п. Нарочь прослеживается тенденция снижения содержания растворенного кислорода в воде. Это свидетельствует об увеличении сбрасываемых загрязняющих веществ, на окисление которых требуется кислород.

Наметилась так же тенденция к снижению содержания никеля по всем наблюдаемым створам. Статистически значимые характеристики данного процесса наблюдаются на 33 постах. Аналогичная тенденция наметилась и с содержанием нефтепродуктов, за исключением вдхр. Вилейское в черте г. Вилейка, где происходит увеличение содержания данного элемента, причем статистически значимо. Повсеместно наблюдается снижение ИЗВ (статистически значимо на 32 постах).

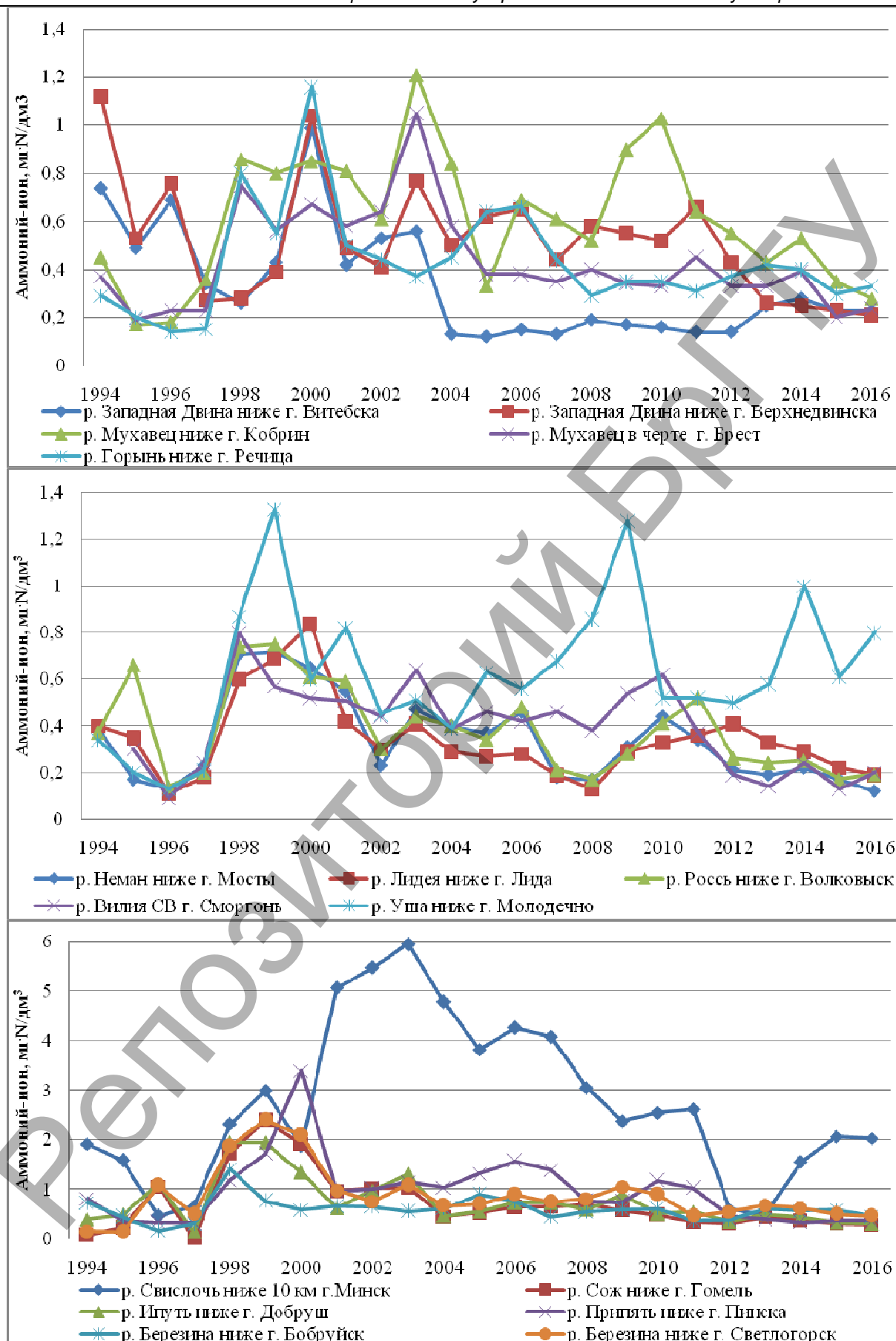
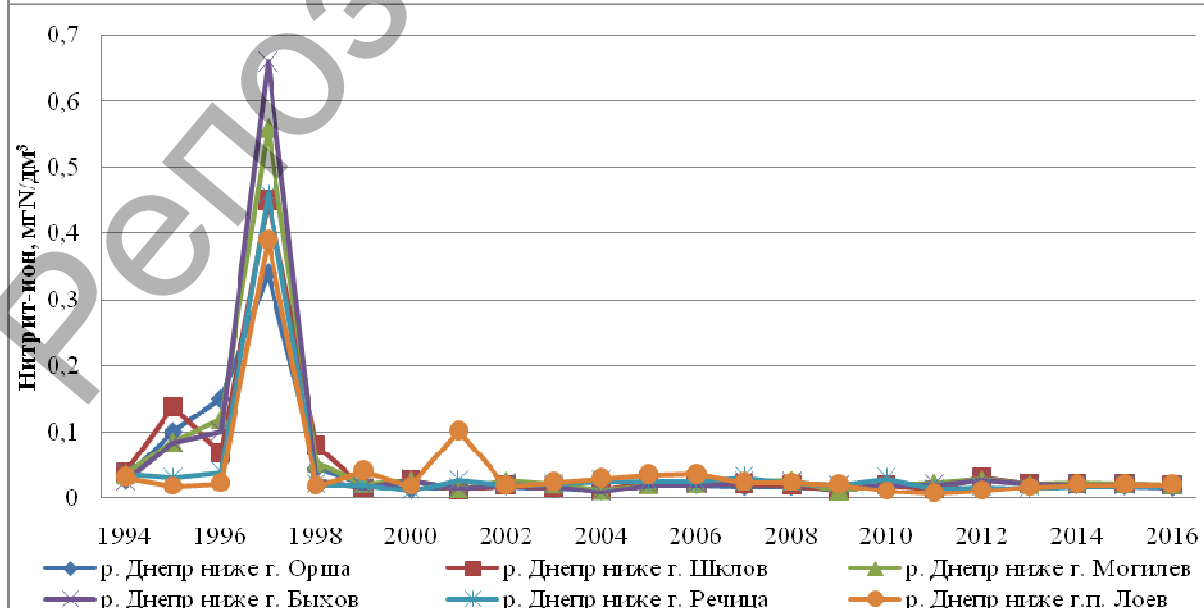
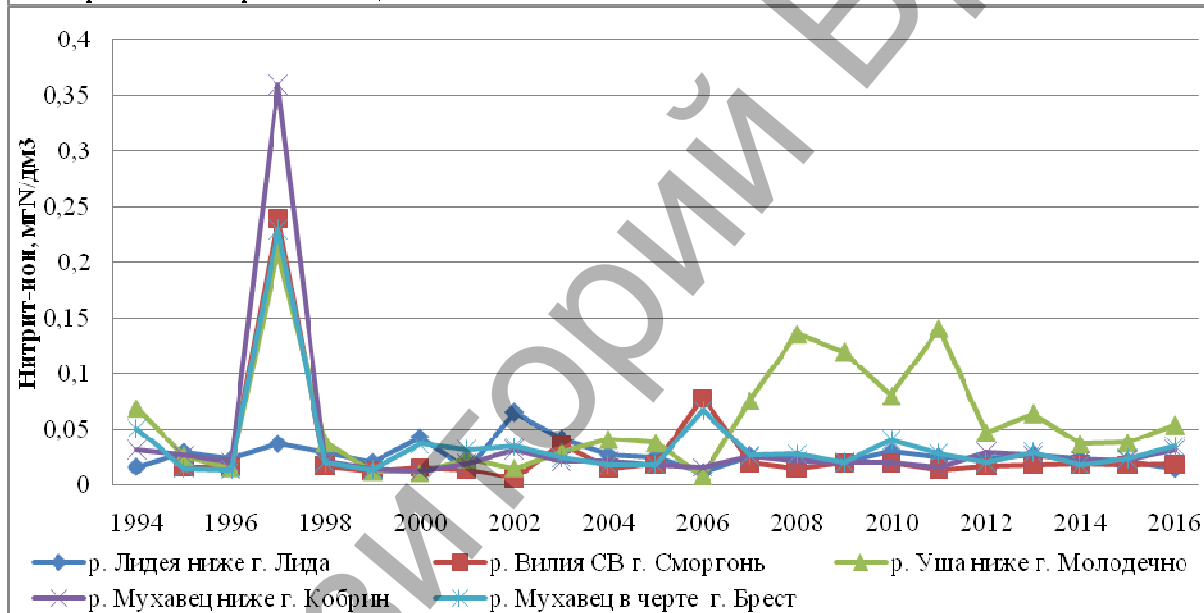
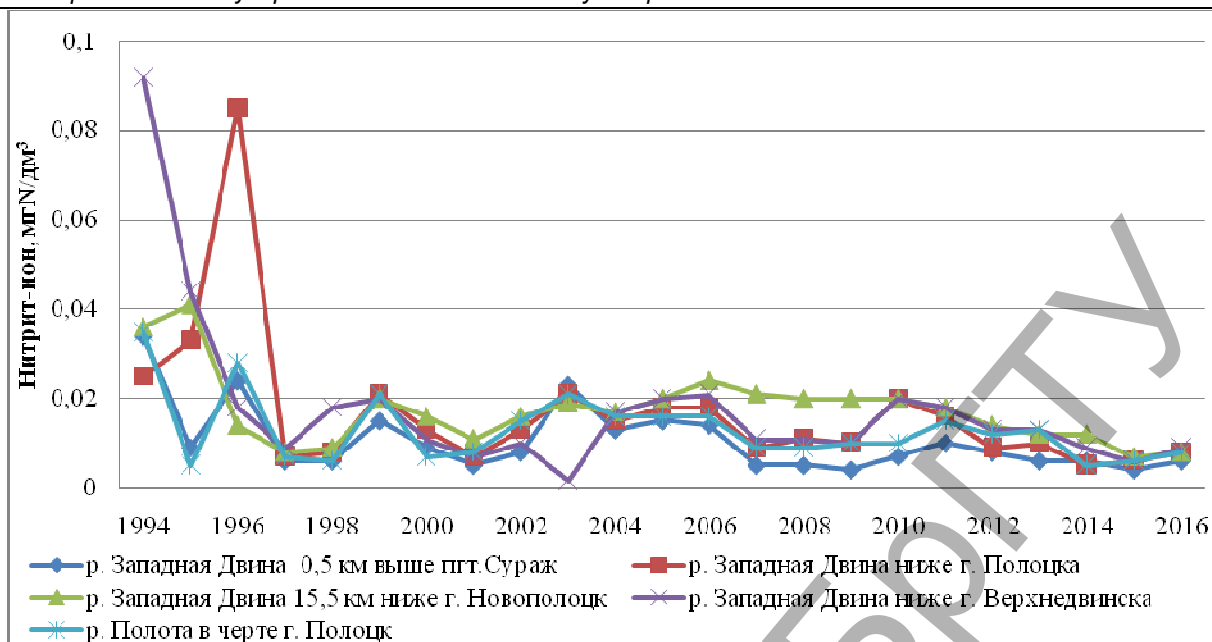


Рисунок 5 – Динамика показателя по аммоний-иону по створам рек за период с 1994 по 2016 гг.



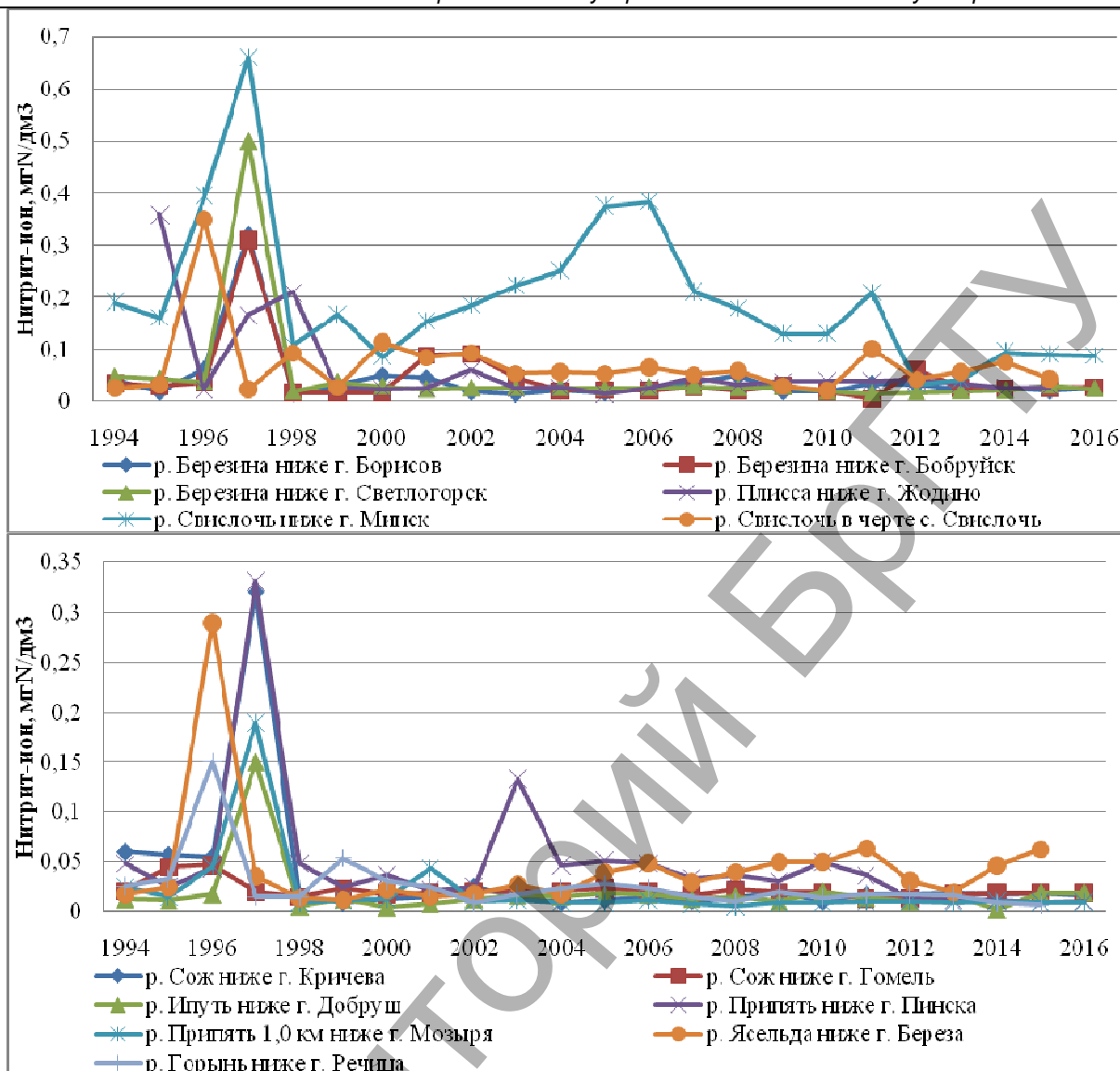
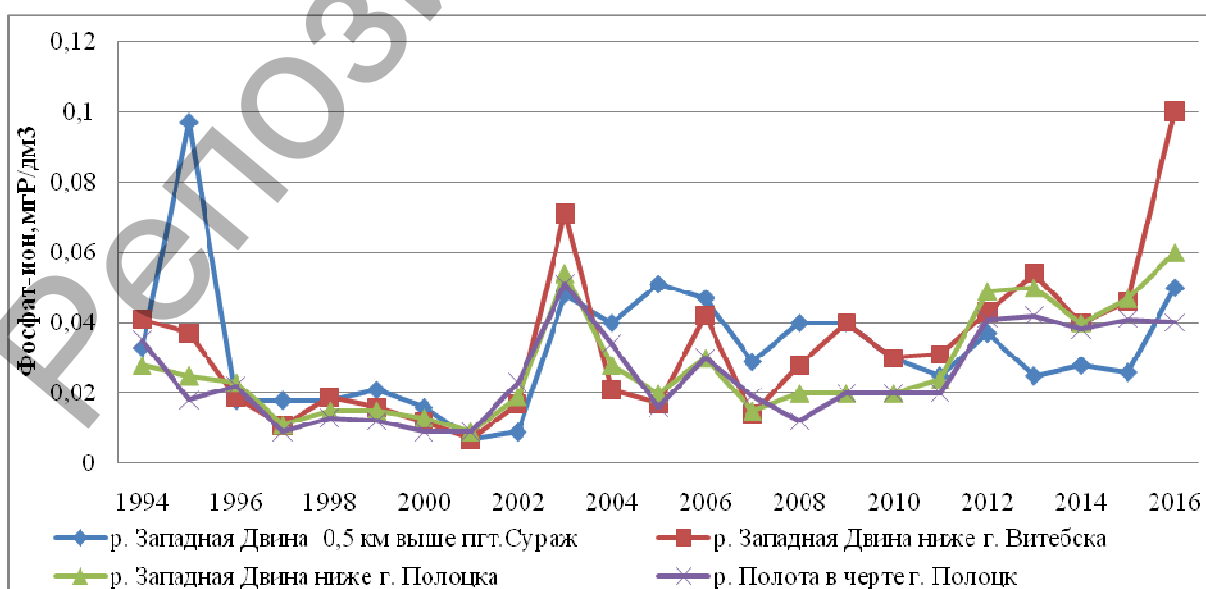


Рисунок 6 – Динамика нитрит-иона по створам рек за период с 1994 по 2016 гг.



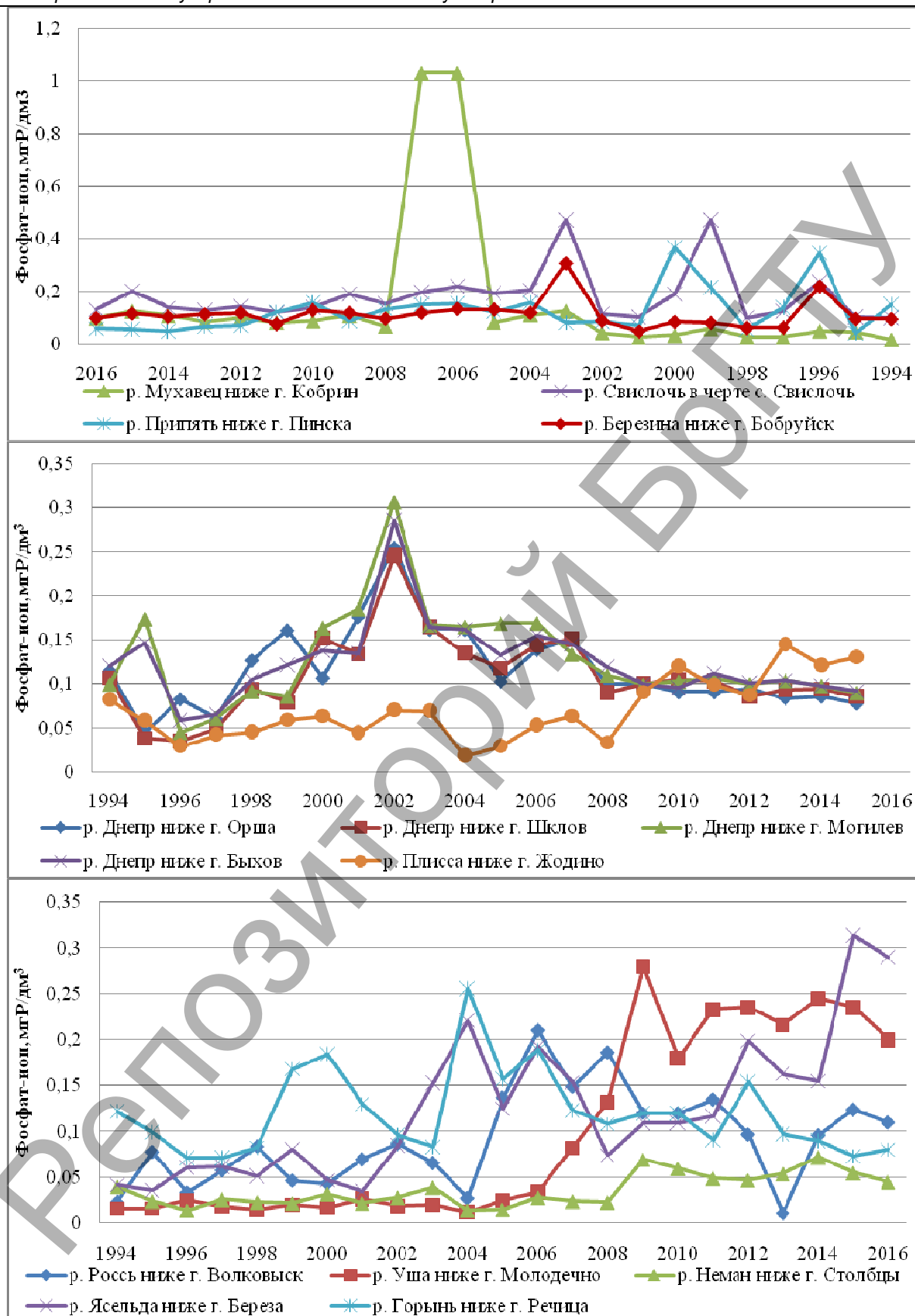


Рисунок 7 – Динамика показателя по фосфат-иону по створам рек за период с 1994 по 2016 гг.



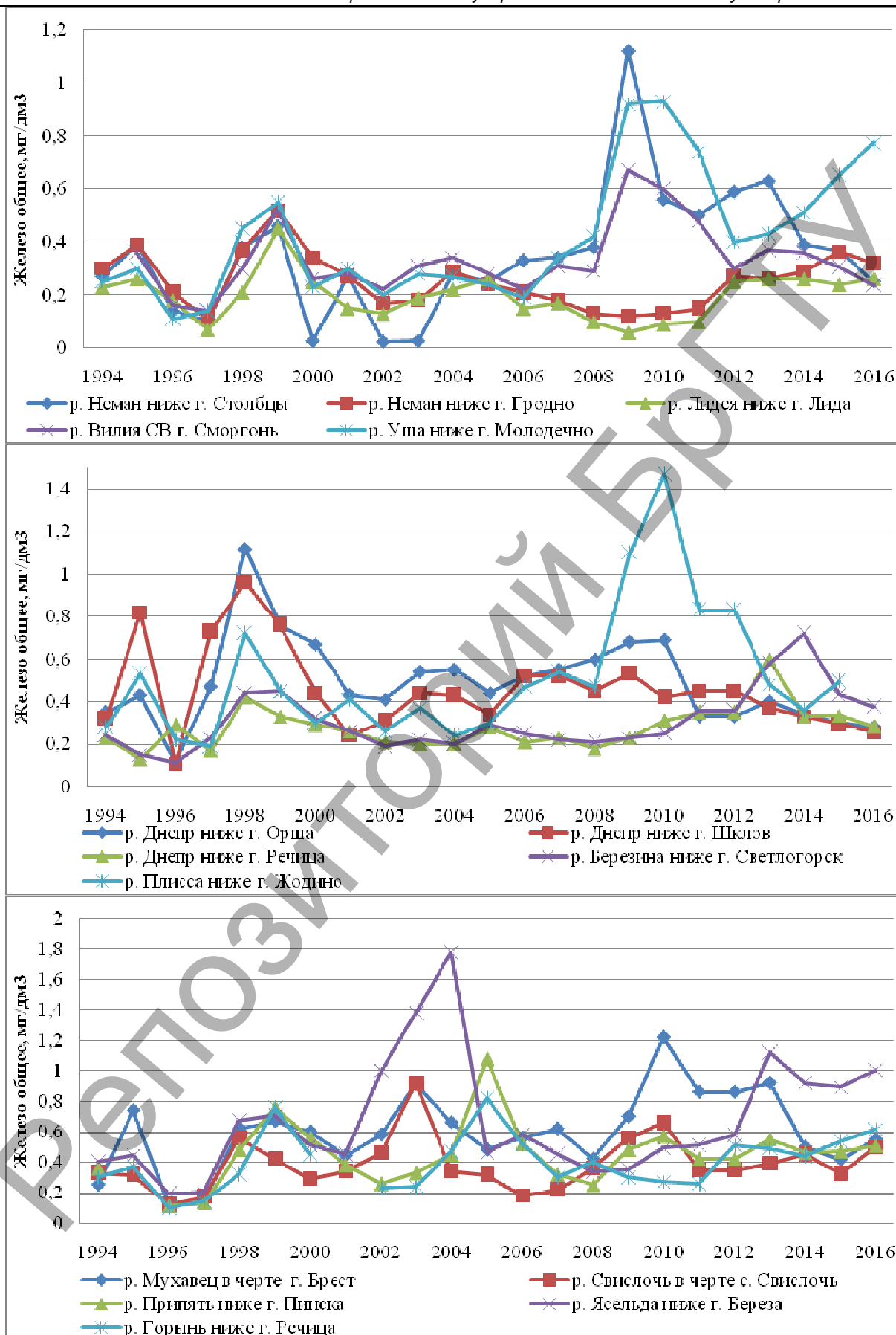
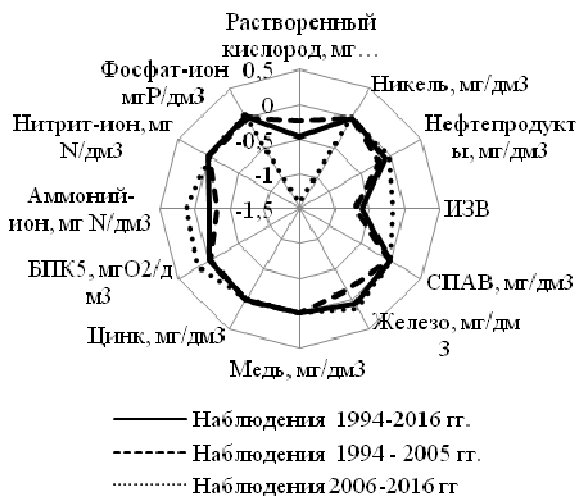
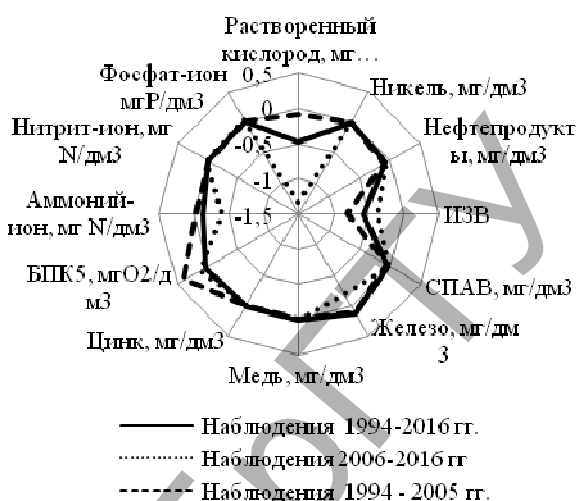


Рисунок 8 – Динамика показателя по железу общему по створам рек за период с 1994 по 2016 гг.

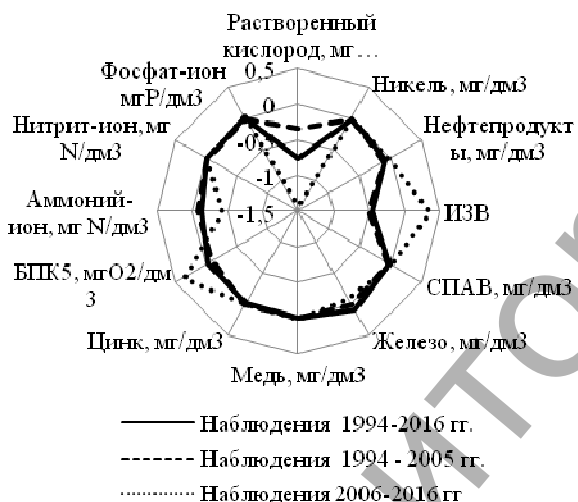
р. Западная Двина ниже г. Витебска



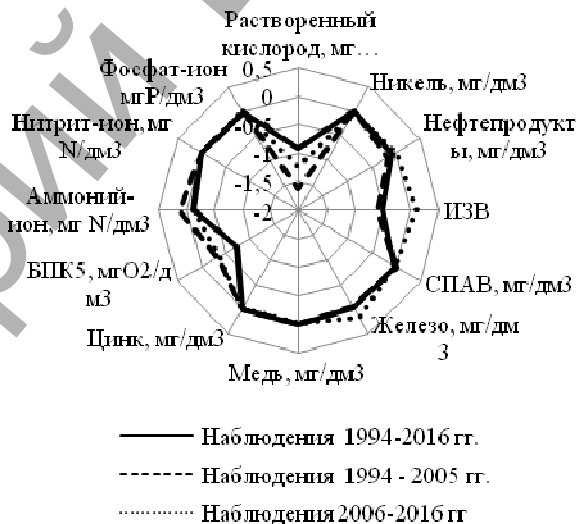
р. Западная Двина ниже г. Полоцка



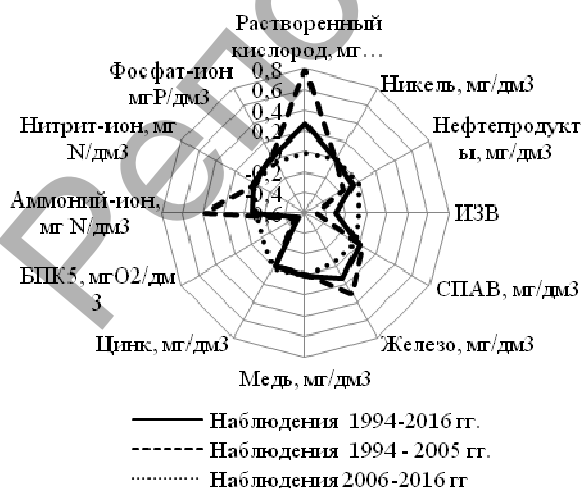
р. Западная Двина 15,5 км ниже г. Новополоцк



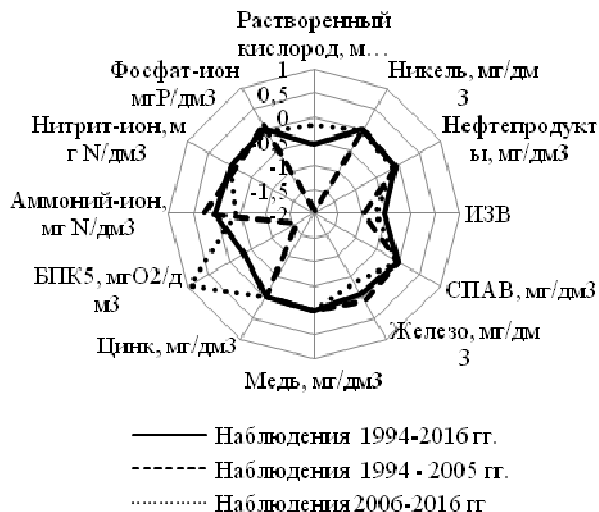
р. Неман ниже г. Гродно



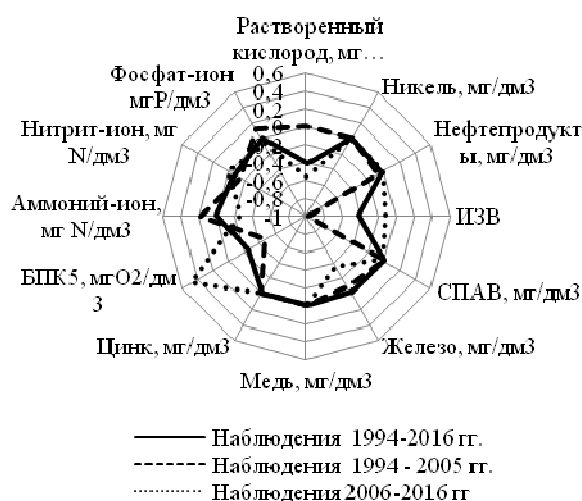
р. Мухавец в черте г. Брест



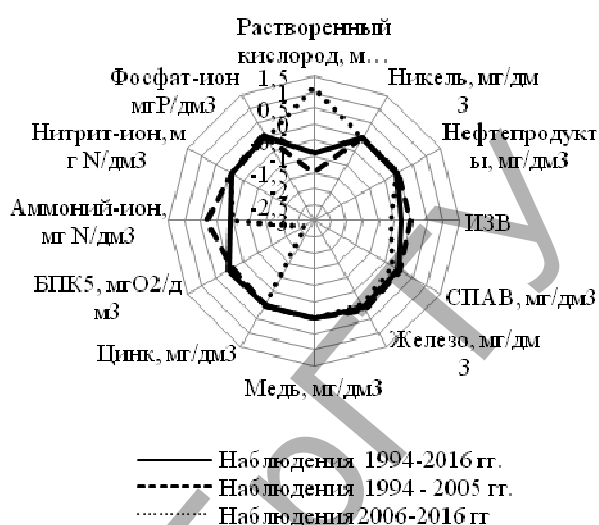
р. Днепр ниже г. Орша



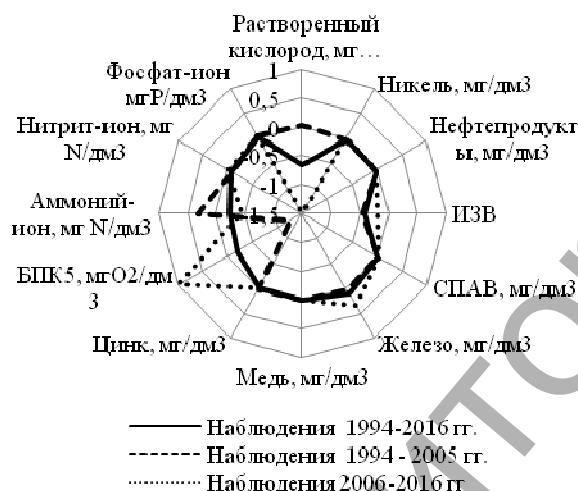
р. Днепр ниже г. Могилев



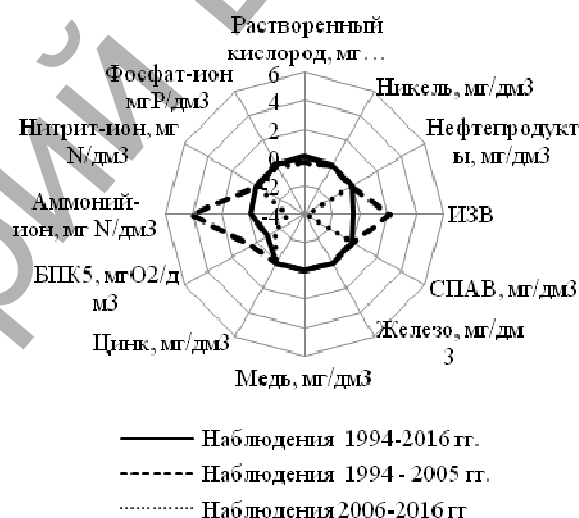
р. Днепр ниже г.п. Лоев



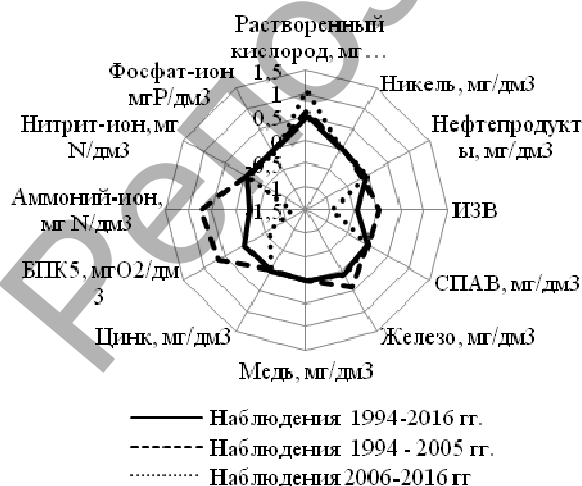
р. Березина ниже г. Светлогорск



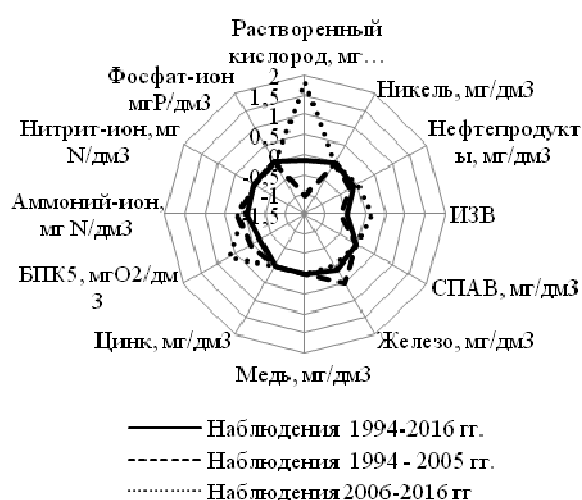
р. Свислочь ниже г. Минск



р. Припять ниже г. Пинска



р. Припять ниже г. Мозыря



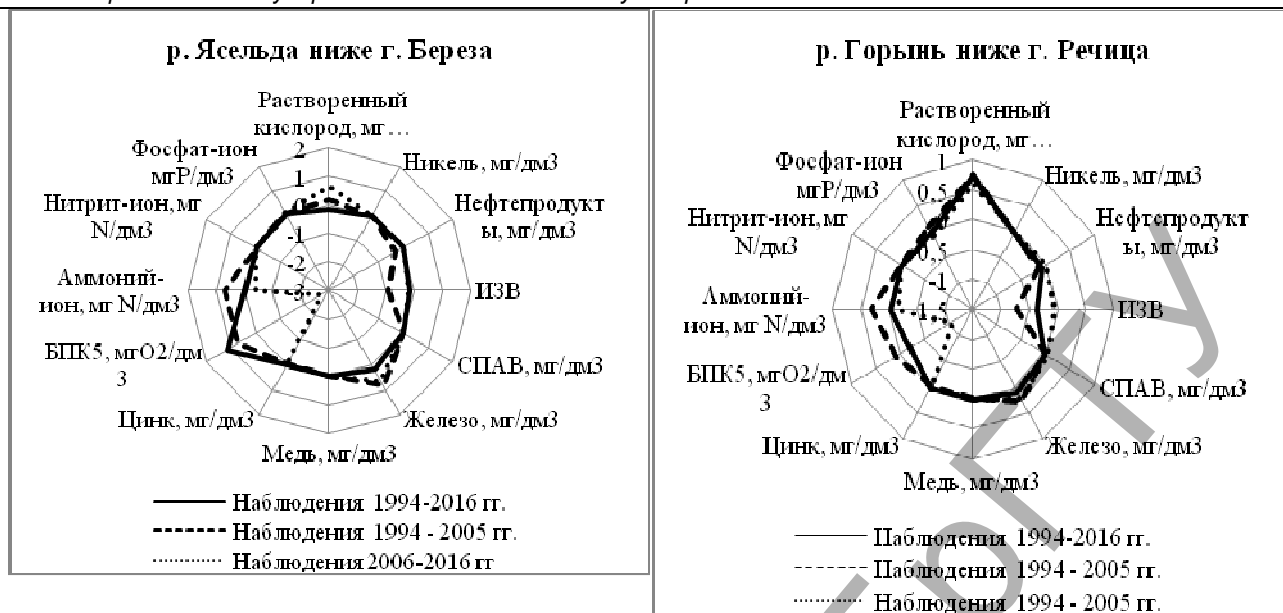


Рисунок 9 – Градиенты изменения среднегодовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Беларуси

Загрязнение водотоков и водоемов СПАВ носит разнонаправленный характер. Статистически значимыми являются увеличение содержания данного вещества на р. Уше ниже г. Молодечно и р. Мухавец ниже г. Кобрин, и снижение – на р. Западная Двина ниже Полоцка, Новополоцка и Верхнедвинска.

Изменение среднегодовых концентраций железа общего, цинка и меди носит разнонаправленный характер. Снижение содержания железа общего наблюдается на 11 створах; меди – на 33 постах (из них 12 статистически значимы); цинка – на 31 посту (из них 11 статистически значимы).

Тенденция к увеличению показателя БПК<sub>5</sub> фиксируется на 7 створах, при этом статистически значимыми являются показатели на створах р. Лидеи ниже г. Лиды и р. Ясельды ниже г. Березы. Эти два створа так же характеризуются наибольшей скоростью загрязнения по данному показателю. К статистически значимым характеристикам снижения показателя БПК<sub>5</sub> относятся 9 створов, из них наибольшей скоростью снижения характеризуется вдхр. Заславское ГЭС/Онолес.

Статистически значимым снижением содержания аммоний-иона характеризуются 3 створа (р. Западная Двина выше г.п. Сураж, ниже г. Витебска и оз. Лукомльское г. Новолукомля), а нитрит-иона – 1 створ (р. Россь ниже г. Волковыска). Несмотря на наметившуюся тенденцию к снижению этих элементов превышения ПДК наблюдаются на реках Уша, Припять, Березина, Ясельда и Свислочь, а по нитрит-иону еще и на р. Мухавец. По-прежнему наибольшую нагрузку по аммоний-иону и нитрит-иону испытывает р. Свислочь ниже г. Минска, где среднегодовая концентрация его превышает ПДК в 5,2 раза и 3,7 раза соответственно.

Тенденция увеличения фосфат-ионов наблюдается на 33 постах (из них на 17 постах – статистически значимо). Наибольшей скоростью увеличения содержания фосфат-ионов характеризуется р. Уша ниже г. Молодечно. По данному компоненту на 19 наблюдаемых створах зафиксировано превышение ПДК. На р. Свислочь ниже г. Минска среднегодовое содержание фосфат-иона превышает ПДК в 6,1 раз, а на р. Ясельде ниже г. Березы – в 4,4 раза.

**Заключение.** В настоящий момент реки Беларуси по гидрохимическому статусу имеют следующее процентное соотношение: 48,25 % рек относится к статусу отличный, 44,64 % – хороший, 7,11 % – удовлетворительный. Процентное соотношение статусов озер выглядит следующим образом: 60 % озер относятся к отличному гидрохимическому статусу и 40 % к хорошему.

При рассмотрении многолетних наблюдений гидрохимического режима рек по приоритетным загрязнениям на створах фиксируются пиковые значения. Неравномерность распределения аммоний-иона,

нитрит-иона, фосфат-иона, железа общего наблюдается на реках Западная Двина, Мухавец, Неман, Сож, Уша, Березина, Днепр, Ясельда, Свислочь и Припять.

В последние годы значительные превышения ПДК по аммоний-иону наблюдается на р. Уше ниже г. Молодечно и р. Свислочь ниже г. Минска. Повышенное содержание нитрит-иона зафиксировано на р. Уше ниже г. Молодечно и р. Свислочь ниже г. Минска и р. Ясельде ниже г. Березы. Нагрузку по фосфат-иону испытывают р. Западная Двина ниже г. Витебска, Березина ниже г. Бобруйска, р. Припять ниже г. Пинска, Днепр ниже г. Быхова, г. Шклова, г. Орши и г. Могилева, Плисса ниже г. Жодино, Россь ниже г. Волковыска, р. Ясельда ниже г. Березы, р. Уша ниже г. Молодечно и р. Свислочь ниже г. Минска, р. Горынь ниже г. Речицы. Повышенное содержанием общего железа наблюдается на р. Уша ниже г. Молодечно, р. Ясельде ниже г. Березы и р. Горынь.

Превышающие значения ПДК загрязняющих ингредиентов ниже городов свидетельствует о значительном влиянии этих объектов на формирование гидрохимического режима. В настоящее время продолжается тенденция ухудшения качественного состава природных вод, вызванная увеличением антропогенной нагрузки за счет увеличения концентрации биогенных элементов.

Особое внимание следует уделять рекам, на которых расположены крупные промышленные города. К таким рекам относится р. Свислочь ниже г. Минска, р. Уша ниже г. Молодечно, где наблюдаются превышения ПДК по всем приоритетным загрязняющим показателям. Также р. Ясельда ниже г. Березы, которая испытывает нагрузку по нитрит-иону, фосфат-иону и общему железу. Данные наблюдений свидетельствуют о необходимости проведения комплексных мероприятий по улучшению экологической обстановки. К таким мероприятиям можно отнести интенсификацию работы очистных сооружений, строительство и введение в эксплуатацию локальных очистных сооружений, пересмотр и разработку нормативов по сбросу сточных вод в природные воды, ужесточение контроля за сбросом сточных вод и т. д.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волчек, А.А. Трансформация качества поверхностных вод рек Беларуси / А.А. Волчек, Ан.А. Волчек // Вестник БрГТУ. – Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – 2006. – № 2. – С. 5–15.
2. Правила определения химического (гидрохимического) статуса речных экосистем: ТКП 17.13-08-2013 (02120). – Минск: Минприроды, 2013. – 32 с.

Таблица 4 – Градиенты изменения средних годовых концентраций приоритетных веществ в воде рек Беларуси

Река-створ	Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	Никель, мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	ИЗВ	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> /дм <sup>3</sup>	Аммоний-ион, мг N/дм <sup>3</sup>	Нитрит-ион, мг N/дм <sup>3</sup>	Фосфат-ион мгP/дм <sup>3</sup>
р. Западная Двина 0,5 км выше пгт. Сураж	-0,105	-0,005	-0,054	-0,603	-0,009	0,117	0,0002	-0,001	-0,418	-0,227	-0,006	0,0004
	-0,13	-0,559	-0,799	-0,836	-0,462	0,387	0,064	-0,101	-0,478	-0,632	-0,527	0,014
р. Западная Двина ниже г. Витебска	-0,472	-0,002	-0,091	-0,609	-0,009	0,07	0,00007	-0,001	-0,03	-0,219	-0,003	0,017
	-0,60	-0,421	-0,783	-0,856	-0,453	0,335	0,017	-0,122	-0,075	-0,636	-0,218	0,526
р. Западная Двина ниже г. Полоцка	-0,487	-0,002	-0,056	-0,56	-0,019	0,125	0,002	0,002	0,038	-0,135	-0,011	0,013
	-0,478	-0,471	-0,705	-0,776	-0,635	0,575	0,329	0,261	0,085	-0,491	-0,472	0,599
р. Западная Двина 15,5 км ниже г. Новополоцка	-0,764	-0,004	-0,068	-0,455	-0,013	0,102	0,0008	0,0009	-0,034	-0,13	-0,005	0,014
	-0,651	-0,612	-0,774	-0,824	-0,61	0,541	0,225	0,177	-0,100	-0,406	-0,435	0,581
р. Западная Двина ниже г. Верхнедвинска	-0,254	-0,003	-0,039	-0,567	-0,015	0,078	0,001	-0,003	-0,461	-0,172	-0,013	0,013
	-0,257	-0,575	-0,775	-0,811	-0,607	0,38	0,427	-0,271	-0,628	-0,481	-0,482	0,665
р. Полота в черте г. Полоцка	-0,504	-0,002	-0,071	-0,458	-0,017	0,092	0,001	0,0009	0,122	-0,099	-0,005	0,012
	-0,439	-0,407	-0,717	-0,802	-0,558	0,35	0,347	0,118	0,241	-0,362	-0,405	0,599
р. Неман ниже г. Столбцы	-0,259	-0,004	-0,036	-0,313	0,008	0,154	0,0001	0,0001	-0,404	-0,064	0,002	0,017
	-0,263	-0,79	-0,579	-0,782	0,474	0,433	0,028	0,014	-0,487	-0,269	0,265	0,665
р. Неман ниже г. Мосты	-0,409	-0,003	-0,078	-0,54	0,002	-0,003	-0,003	-0,008	-0,609	-0,108	-0,003	0,015
	-0,585	-0,746	-0,533	-0,661	0,063	-0,02	-0,809	-0,649	-0,842	-0,397	-0,306	0,867
р. Неман ниже г. Гродно	-0,917	-0,004	-0,049	-0,479	-0,0006	-0,029	-0,003	-0,008	-0,722	-0,124	-0,004	-0,028
	-0,755	-0,812	-0,598	-0,846	-0,024	-0,188	-0,803	-0,772	-0,814	-0,447	-0,369	-0,124
р. Лидея ниже г. Лиды	-0,255	-0,003	-0,066	-0,27	0,002	-0,008	-0,002	-0,004	1,402	-0,08	-0,004	0,0003
	-0,217	-0,724	-0,637	-0,639	0,098	-0,062	-0,578	-0,401	0,89	-0,315	-0,233	0,010
р. Щара ниже г. Слонима	-0,403	-0,003	-0,067	-0,347	0,001	0,009	-0,003	-0,008	-0,442	-0,009	-0,005	0,023
	-0,519	-0,711	-0,597	-0,727	0,04	0,046	-0,763	-0,645	-0,698	-0,030	-0,400	0,857
р. Россь ниже г. Волковыска	-0,585	-0,003	-0,034	-0,335	-0,004	-0,038	-0,002	-0,003	-0,276	-0,132	-0,021	0,034
	-0,636	-0,61	-0,634	-0,703	-0,166	-0,237	-0,538	-0,252	-0,467	-0,471	-0,604	0,447
р. Виляя ниже г. Вилейки	-1,023	-0,003	-0,079	-0,454	-0,006	0,099	-0,002	-0,006	-0,462	-0,051	-0,001	0,005
	-0,661	-0,647	-0,668	-0,726	-0,199	0,505	-0,569	-0,581	-0,477	-0,209	-0,191	0,384
р. Виляя СВ г. Сморгони	-0,655	-0,003	-0,045	-0,284	0,011	0,058	-0,002	-0,005	-0,121	-0,098	-0,02	0,015
	-0,445	-0,744	-0,607	-0,48	0,435	0,288	-0,727	-0,431	-0,122	-0,339	-0,262	0,622
р. Уша ниже г. Молодечно	-1,236	-0,003	-0,082	0,126	0,017	0,224	-0,002	-0,006	-0,162	0,155	0,010	0,128
	-0,704	-0,562	-0,528	0,165	0,579	0,633	-0,509	-0,600	-0,197	0,342	0,129	0,862
р. Мухавец ниже г. Кобрин	0,43	-0,004	-0,091	0,392	0,018	0,097	-0,0008	-0,002	-0,461	0,001	-0,026	0,066
	0,374	-0,868	-0,585	0,658	0,685	0,279	-0,35	-0,296	-0,61	0,003	-0,249	0,162
р. Мухавец в черте г. Бреста	0,260	-0,003	-0,06	-0,299	0,011	0,129	-0,0005	0,0003	-0,517	-0,076	-0,015	0,033
	0,318	-0,815	-0,573	-0,691	0,406	0,336	-0,204	0,035	-0,721	-0,251	-0,235	0,684
р. Днепр ниже г. Орши	-0,571	-0,004	-0,077	-0,566	-0,006	-0,097	-0,001	-0,01	-0,327	0,036	-0,047	-0,008
	-0,394	-0,822	-0,671	-0,668	-0,259	-0,302	-0,518	-0,706	-0,378	0,138	-0,441	-0,119
р. Днепр ниже г. Шклова	-0,43	-0,004	-0,042	-0,396	-0,006	-0,104	-0,003	-0,007	-0,405	0,036	-0,055	0,01
	-0,348	-0,889	-0,66	-0,702	-0,345	-0,354	-0,76	-0,706	-0,518	0,171	-0,407	0,147
р. Днепр ниже г. Могилева	-0,415	-0,004	-0,035	-0,429	-0,007	-0,027	-0,003	-0,006	-0,243	0,015	-0,061	-0,005
	-0,401	-0,821	-0,700	-0,689	-0,348	-0,139	-0,704	-0,499	-0,394	0,066	-0,367	-0,057
р. Днепр ниже г. Быхова	-0,603	-0,004	-0,024	-0,39	-0,007	-0,116	-0,003	-0,005	-0,188	0,024	-0,064	-0,009
	-0,465	-0,803	-0,513	-0,547	-0,374	-0,414	-0,702	-0,531	-0,381	0,102	-0,326	-0,133
р. Днепр ниже г. Речицы	-0,128	-0,002	-0,02	-0,468	-0,005	0,06	0,0003	-0,011	-0,557	-0,419	-0,04	0,03
	-0,095	-0,629	-0,663	-0,803	-0,421	0,409	0,072	-0,136	-0,561	-0,496	-0,297	0,762
р. Днепр ниже г. п. Лоев	-0,869	-0,002	-0,018	-0,306	0,015	0,087	-0,0005	-0,003	0,07	-0,366	-0,037	0,043
	-0,555	-0,583	-0,546	-0,696	0,143	0,561	-0,259	-0,238	0,056	-0,458	-0,319	0,735
р. Березина ниже г. Борисова	-0,001	-0,003	-0,04	-0,197	0,001	0,064	-0,002	-0,002	-0,151	-0,057	-0,028	-0,001
	-0,001	-0,788	-0,747	-0,558	0,067	0,235	-0,75	-0,477	-0,187	-0,081	-0,308	-0,014

Река-створ	Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	Никель, мг/дм <sup>3</sup>	Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	ИЗВ	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> /дм <sup>3</sup>	Аммоний-ион, мг N/дм <sup>3</sup>	Нитрит-ион, мг N/дм <sup>3</sup>	Фосфат-ион мгP/дм <sup>3</sup>
р. Березина ниже г. Бобруйска	-0,239	-0,004	-0,049	-0,381	-0,007	-0,013	-0,001	-0,003	-0,675	-0,056	-0,027	0,002
	-0,204	-0,799	-0,761	-0,662	-0,34	-0,071	-0,388	-0,295	-0,604	-0,158	-0,297	0,02
р. Березина ниже г. Светлогорска	-0,639	-0,003	-0,021	-0,424	0,009	0,110	0,000	0,003	-0,177	-0,222	-0,045	0,04
	-0,463	-0,701	-0,698	-0,709	0,475	0,524	0,379	0,292	-0,168	-0,269	-0,307	0,885
р. Плисса ниже г. Жодино	-0,506	-0,003	-0,054	-0,256	0,008	0,211	-0,002	-0,004	-0,211	0,052	-0,065	0,036
	-0,433	-0,681	-0,766	-0,546	0,465	0,439	-0,527	-0,411	-0,219	0,134	-0,515	0,656
р. Свислочь ниже г. Минска	0,083	-0,008	-0,043	-0,488	-0,009	0,073	-0,011	-0,01	-0,955	-0,185	-0,094	0,002
	0,087	-0,909	-0,713	-0,221	-0,259	0,468	-0,378	-0,462	-0,57	-0,077	-0,451	0,072
р. Свислочь в черте с. Свислочь	-0,448	-0,004	-0,048	-0,389	-0,005	0,055	-0,001	-0,008	-0,455	-0,022	-0,022	-0,016
	-0,352	-0,754	-0,729	-0,367	-0,195	0,216	-0,24	-0,416	-0,506	-0,056	-0,225	-0,11
р. Сож ниже г. Кричева	-0,265	-0,003	-0,038	-0,287	-0,009	-0,008	-0,002	-0,006	-0,277	0,059	-0,036	0,004
	-0,233	-0,395	-0,647	-0,655	-0,356	-0,035	-0,51	-0,646	-0,383	0,299	-0,375	0,126
р. Сож ниже г. Гомеля	-0,219	-0,003	-0,026	-0,339	0,001	0,08	0,0002	-0,002	0,044	-0,313	-0,006	0,035
	-0,193	-0,638	-0,638	-0,713	0,114	0,623	0,037	-0,145	0,088	-0,357	-0,498	0,747
р. Ипуть ниже г. Добруша	-0,251	-0,002	-0,022	-0,192	0,001	0,033	0,0002	-0,003	0,22	-0,3	-0,009	0,031
	-0,201	-0,576	-0,741	0,447	0,124	0,181	0,062	0,219	0,46	-0,418	-0,211	0,819
р. Припять ниже г. Пинска	0,494	-0,003	-0,061	-0,433	-0,014	0,069	-0,001	-0,002	0,025	-0,304	-0,036	-0,052
	0,54	-0,77	-0,709	-0,576	-0,321	0,204	-0,366	-0,132	0,035	-0,284	-0,37	-0,415
р. Припять ниже г. Мозыря	-0,152	-0,004	-0,062	-0,45	0,006	0,095	-0,001	-0,007	-0,216	-0,056	-0,021	0,012
	-0,117	-0,721	-0,599	-0,785	0,39	0,321	-0,4	-0,731	-0,345	-0,208	-0,377	0,543
р. Ясельда ниже г. Березы	-0,186	-0,003	-0,0117	-0,168	0,016	0,165	0,0005	0,003	1,203	-6E-05	-0,006	0,089
	-0,211	-0,826	-0,608	-0,256	0,531	0,273	0,216	0,405	0,583	-0,0001	-0,075	0,766
р. Горынь ниже г. Речицы	0,733	-0,003	-0,065	-0,362	-0,006	0,087	-0,001	0,0007	-0,214	-0,032	-0,021	-0,006
	0,556	-0,783	-0,741	-0,705	-0,181	0,307	-0,472	0,053	-0,241	-0,097	-0,486	-0,088
оз. Лукомльское от г. Новолукомля	-0,604	-0,003	-0,067	-0,726	-0,01	-0,033	-0,001	-0,006	-0,085	-0,291	-0,031	0,0004
	-0,576	-0,582	-0,626	-0,825	-0,399	-0,531	-0,209	-0,499	-0,104	-0,623	-0,339	0,024
оз. Нарочь в черте п. Нарочь	0,186	-0,002	-0,041	-0,216	-0,009	-0,007	-0,001	-0,001	-0,625	-0,015	-0,004	0,001
	0,147	-0,584	-0,654	-0,704	-0,544	-0,093	-0,737	-0,136	-0,802	-0,194	-0,259	0,339
вдхр. Вилейское в черте г. Вилейки	-0,27	-0,002	0,077	-0,397	-0,005	0,121	-0,004	-0,01	-0,067	-0,098	-0,029	-0,005
	-0,276	-0,584	0,733	-0,734	-0,208	0,557	-0,744	-0,743	-0,073	-0,447	-0,282	-0,15
вдхр. Заславское, ГЭС Гонолес	-0,127	-0,003	-0,048	-0,446	-0,008	0,093	-0,0001	-0,005	-1,378	-0,028	-0,007	0,11
	-0,054	-0,487	-0,457	-0,674	-0,223	0,504	-0,032	-0,36	-0,695	-0,104	-0,166	0,393
вдхр. Осиповичское на СЗ от г. Осиповичи	-0,551	-0,002	-0,016	-0,13	-0,01	0,054	-0,002	-0,02	-0,383	-0,066	-0,008	0,002
	-0,321	-0,566	-0,345	-0,143	-0,313	0,146	-0,117	-0,611	-0,33	-0,111	-0,098	0,009
вдхр. Солигорское на ЮЗ от г. Солигорска	-0,421	-0,006	-0,111	-0,565	-0,02	0,143	-0,004	-0,013	-1,178	-0,073	-0,023	0,004
	-0,184	-0,796	-0,481	-0,688	-0,342	0,473	-0,672	-0,78	-0,539	-0,236	-0,394	0,051

3. Правила определения химического (гидрохимического) статуса озерных экосистем: ТКП 17.13-09-2013 (02120). – Минск: Минприроды, 2013. – 14 с.
4. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса речных экосистем: ТКП 17.13-10-2013 (02120). – Минск: Минприроды, 2013. – 18 с.
5. Правила определения экологического (гидробиологического) статуса озерных экосистем: ТКП 17.13-11-2013 (02120). – Минск: Минприроды, 2013. – 13 с.
6. Государственный водный кадастр: Водные ресурсы, их использование и качество воды (за 2006-2016 гг.). – Минск, ЦНИИКИВР, 2017. – 172 с.

Материал поступил в редакцию 13.04.2018

**VOLCHAK A.A., TARATSENKAVA M.A. Transformation of the hydrochemical regime of the surface waters of Belarus**

The article assesses the transformation of the hydrochemical regime of surface waters of Belarus for the period from 1994 to 2016. methods of mathematical statistics. The sections with uneven distribution of natural water quality indicators were identified.