

ISSN 1810-9810  
УДК 504.453/556.53

**Л. Н. Гертман, А. П. Станкевич**

*Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов,  
Минск, Беларусь, e-mail: lubov.hertman@yandex.ru*

## **ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ОСОБО ОПАСНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ С ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Аннотация.** Приведены результаты исследований по оценке возможного влияния на поверхностные водные объекты особо опасных загрязняющих веществ, поступающих в составе сточных вод предприятий. На основе проведенного анализа используемых на предприятиях Беларуси технологических процессов, химического анализа сбрасываемых сточных вод и вод поверхностных водных объектов сделаны выводы о принципиальной возможности поступления в окружающую среду особо опасных загрязняющих веществ.

**Ключевые слова:** особо опасные загрязняющие вещества, сточные воды, поверхностные водные объекты, донные отложения

**L. N. Hertman, A. P. Stankevich**

*Central Research Institute for Complex Use of Water Resources, Minsk, Belarus,  
e-mail: lubov.hertman@yandex.ru*

## **ESTIMATION OF HAZARDOUS POLLUTANTS ADMISSION TO SURFACE WATER BODIES FROM ENTERPRISES OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

**Abstract.** The article presents the results of studies to assess the possible impact on surface water of especially hazardous pollutants with the wastewater of enterprises. Conclusions are drawn about the principle possibility of especially dangerous pollutants entering the environment based on the analysis of technological processes of the Belarusian enterprises, chemical analysis of wastewater and surface water.

**Keywords:** hazardous pollutants, waste water, surface water bodies, bottom sediments

**Л. М. Гертман, А. П. Станкевич**

*Цэнтральны навукова-даследчы інстытут комплекснага выкарыстання водных рэсурсаў, Мінск, Беларусь,  
e-mail: lubov.hertman@yandex.ru*

## **АЦЭНКА ПАСТУПЛЕННЯ НЕБЯСПЕЧНЫХ ЗАБРУДЖВАЮЧЫХ РЭЧЫВАЎ Ў ПАВЕРХНЕВЫЯ ВОДНЫЯ АБ'ЕКТЫ З ПРАДПРЫЕМСТВАЎ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ**

**Аннотацыя.** Прыведзены вынікі даследаванняў ацэнкі верагоднага ўздзеяння на паверхневыя водныя аб'екты небяспечных рэчываў, якія могуць трапіць са сцёкавымі водамі прадпрыемстваў. На аснове аналізу тэхналагічных працэсаў, якія выкарыстоўваюцца на прадпрыемствах Беларусі, хімічных аналізаў сцёкавых вод і вод паверхневых водных аб'ектаў зроблены вывады аб прынцыповай магчымасці паступлення ў навакольнае асяроддзе небяспечных забруджваючых рэчываў.

**Ключавыя словы:** небяспечныя забруджваючыя рэчывы, сцёкавыя воды, паверхневыя водныя аб'екты, донныя адклады

**Введение.** Проблема применения особо опасных загрязняющих веществ (ОЗВ) в различных отраслях хозяйственной деятельности международным сообществом определена как глобальная экологическая угроза, требующая принятия немедленных мер. Эти вещества даже в небольших количествах оказывают негативное воздействие как на окружающую среду, так и на здоровье человека.

ОЗВ, к которым, кроме веществ, содержащих тяжелые металлы, также относятся стойкие органические загрязнители (СОЗ), являются высокотоксичными органическими веществами, устойчивыми к физическому, химическому и биологическому разложению в окружающей среде, способными к биоаккумуляции и переносимые на большие расстояния во всех экологических средах. Они значительно влияют на окружающую среду и здоровье человека.

В Европейском союзе (ЕС) основополагающим документом в области охраны вод является Директива 2000/60/ЕС Европейского Парламента и Совета ЕС от 23 октября 2000 г., устанавливающая основу для действий в сфере водной политики (Водная рамочная директива, ВРД) и дополняющие ее в части приоритетных загрязняющих веществ Директива 2008/105/EU Европейского Парламента и Совета ЕС от 16 декабря 2008 г. и Директива 2013/39/EU Европейского парламен-

та и Совета от 12 августа 2013 г. о внесении поправок в Директивы 2000/60/ЕС и 2008/105/ЕС в отношении приоритетных загрязняющих веществ в области водной политики.

Директива 2013/39/ЕС устанавливает нормы содержания в воде веществ или групп веществ, борьба с загрязнением которыми требует первоочередных мер, в частности пестициды, тяжелые металлы, ПАУ и др. Директива основана на положении о том, что химическое загрязнение поверхностных вод создает проблему не только водной среде, но и проявляется такими эффектами, как острая и хроническая интоксикация водных организмов, накопление в экосистемах, ухудшение среды обитания, снижение биоразнообразия, а также представляет угрозу для окружающей среды и здоровья человека вблизи и вдали от их источников. Приоритетной задачей является определение источников загрязнения и состава загрязняющих веществ, содержащихся в них.

В Беларуси никогда не производились химические вещества, относящиеся к СОЗ, и к началу 1980-х годов в стране, как и в других республиках СССР, был прекращен ввоз и применение СОЗ-содержащих пестицидов. Кроме ДДТ (дихлор-дифенил-трихлорэтан), который в свое время получил широкое применение в сельском хозяйстве, в ограниченных количествах также применялись альдрин, гептахлор и гексахлорбензол. Имело место также использование гексахлорциклогексана или линдана. В соответствии со Стратегией в области охраны окружающей среды Республики Беларусь на период до 2025 г., одобренной решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 8-Р от 28.01.2010 г., до 2020 г. в республике должны быть ликвидированы все захоронения непригодных пестицидов [1].

Выявленные отдельные ОЗВ в донных отложениях свидетельствуют о наличии источников загрязнения и аккумуляции ОЗВ в водных объектах Беларуси. Подобная зависимость обнаруживается на участках рек урбанизированных районов, где водотоки являются основными приемниками сточных вод. Например, по результатам исследований [2, 3] отдельные ОЗВ были выявлены в донных отложениях рек Березины (н.п. Якимова Слобода) и Свислочь (н.п. Королищевичи), в донных отложениях отдельных водоемов бассейна Западной Двины [4]. Указанные факты требуют организации аналитического (лабораторного) контроля за содержанием ОЗВ в сточных водах и принимающих поверхностных водных объектах. Тем не менее, в Республике Беларусь в должной мере не проводится мониторинг ОЗВ как в составе производственных сточных вод, сбрасываемых предприятиями непосредственно в окружающую среду и через системы коммунальной канализации, так и мониторинг их содержания в природных водных объектах.

В действующем национальном законодательстве в области использования и охраны вод не упорядочены требования в части ОЗВ: отсутствует перечень отраслей, сточные воды которых содержат ОЗВ, перечень ОЗВ по каждой отрасли, периодичность отбора проб сточных вод для контроля поступления ОЗВ в окружающую среду с учетом особенностей производства.

Лабораторные исследования сточных вод с целью выявления в них ОЗВ довольно дорогостоящие, поэтому важным является определить четкий перечень отраслей экономики, конкретных предприятий и перечень наиболее вероятных ОЗВ, содержащихся в их сточных водах, периодичность отбора проб. В связи с этим в рамках Государственной научно-технической программы «Природопользование и экологические риски» в 2016–2018 гг. проводились работы по оценке влияния на поверхностные водные объекты ОЗВ, сбрасываемых в составе сточных вод промышленных предприятий. Проведение данной работы важно для предотвращения и минимизации отрицательного влияния на окружающую среду и здоровье населения ОЗВ, а также реализации положений Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях. Результаты исследований могут быть также использованы при подготовке инвентаризации поступления отдельных загрязняющих веществ в окружающую среду. Так, например, поступление ртути со сточными водами или при сжигании осадка сточных вод может быть рассчитано с учетом выявления наличия ртути в сточных водах для подготовки отчетности по Минаматской конвенции.

Цель исследований – оценить влияние на поверхностные водные объекты особо опасных загрязняющих веществ, включая СОЗ, сбрасываемых в составе сточных вод промышленных предприятий.

**Методика исследований.** Исходя из международной практики, на сегодняшний день основными критериями отнесения веществ к ОЗВ являются критерии их влияния на водные объекты: токсичность загрязняющих веществ (ЗВ) при превышении определенных значений концентрации; накопление ЗВ и длительный процесс полураспада; высокая токсичность ЗВ для живых организмов при малых дозах; канцерогенность ЗВ.

Изначально с учетом международного опыта был определен перечень ОЗВ, включающий 61 вещество. Исходя из характеристик и свойств каждого из предложенных к включению в перечень ОЗВ, были определены виды экономической деятельности, где данные вещества могут использоваться в процессе производства, либо образовываться в качестве побочных продуктов. В результате анализа данных государственной статотчетности водопользователей по форме: «1-вода (Минприроды)», информации о применяемых промышленными предприятиями Республики Беларусь технологий, данных территориальных органов Минприроды, анкетирования промышленных предприятий сформирован перечень предприятий, сточные воды которых, исходя из специфики производственных процессов, могут содержать ОЗВ.

На основе анализа полученной информации обоснована необходимость проведения исследований качества сточных вод на выпусках сточных вод 33 предприятий: 18 промышленных предприятий, непосредственно сбрасывающих сточные воды в поверхностные водные объекты, и 15 предприятий, принимающих сточные воды промышленных предприятий через систему канализации для очистки и последующего отведения в поверхностные водные объекты.

Лабораторные исследования состава сточных вод и качества поверхностных вод проводились лабораторией Государственного учреждения «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды» (ГУ «РЦАК»), имеющей наибольшую область аккредитации по исследуемым веществам.

**Обсуждение результатов.** Анализ характеристик, предлагаемых в перечень ОЗВ и применяемых промышленными предприятиями Беларуси технологий, позволил сделать вывод, что наиболее вероятно наличие ОЗВ в сточных водах предприятий по производству текстильных изделий, одежды, изделий из кожи и меха; изделий из дерева и бумаги; полиграфии; химических продуктов; фармацевтических продуктов и фармацевтических препаратов; резиновых и пластмассовых изделий; металлургической промышленности; электрооборудования; машин и оборудования; транспортных средств; продуктов питания, напитков и табачных изделий.

Особо необходимо дополнительно отметить предприятия секции «Водоснабжение; сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений», на очистные сооружения которых поступают сточные воды и твердые отходы. Это вызывает необходимость детального анализа перечня абонентов таких предприятий для определения возможного итогового состава ОЗВ в их сточных водах.

Установлено, что на территории Республики Беларусь есть вероятность наличия ОЗВ в сточных водах 104 предприятий, отводящих свои сточные воды в систему очистных сооружений, 15 предприятий коммунальной канализации и 18 промышленных предприятий сбрасывают сточные воды в поверхностные водные объекты [5].

Наиболее вероятными ОЗВ в составе сточных вод промышленных предприятий Беларуси являются: гексахлорбензол; полициклические ароматические углеводороды – бензо(а)пирен, бензо(б)флуорантен, бензо(г,х,и)пирилен, бензо(к)флуорантен, инден(1,2,3-сd)пирен; полихлорированные бифенилы (ПХБ); трихлорбензол; нафталин; ртуть; никель; кадмий; свинец; бромдифенилэферы; перфтороктановая сульфоновая кислота и ее соли; ди(2-этилгексил)фталат (диоктилфталат); октилфенол ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол); дихлорметан (метилен хлорид, хлористый метилен); трихлорэтилен; нонилфенолы (4-(пара)-нонилфенол).

Лабораторный контроль за содержанием ОЗВ в поверхностных водах и очищенных сточных водах, исходя из технических возможностей лаборатории ГУ «РЦАК», возможен только для следующих ОЗВ: гексахлорбензол; полициклические ароматические углеводороды – бензо(а)пирен, бензо(б)флуорантен, бензо(г,х,и)пирилен, бензо(к)флуорантен, инден(1,2,3-сd)пирен; полихлорированные бифенилы (ПХБ); трихлорбензол; нафталин; ртуть; никель; кадмий; сви-

нец. Итоговый перечень предприятий с характерными для них ОЗВ, а также местами отбора проб для проведения исследований качества вод на содержание ОЗВ приведен в таблице. Предприятия, у которых осуществлялся отбор проб для проведения химических исследований с целью подтверждения содержания в их сточных водах ОЗВ, отмечены на рисунке.

Необходимо отметить, что завод по производству сульфатной беленой целлюлозы ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат» на момент проведения исследований не был введен в эксплуатацию, поэтому отбор проб на этом предприятии рекомендовано осуществить после проведения пуско-наладочных работ.

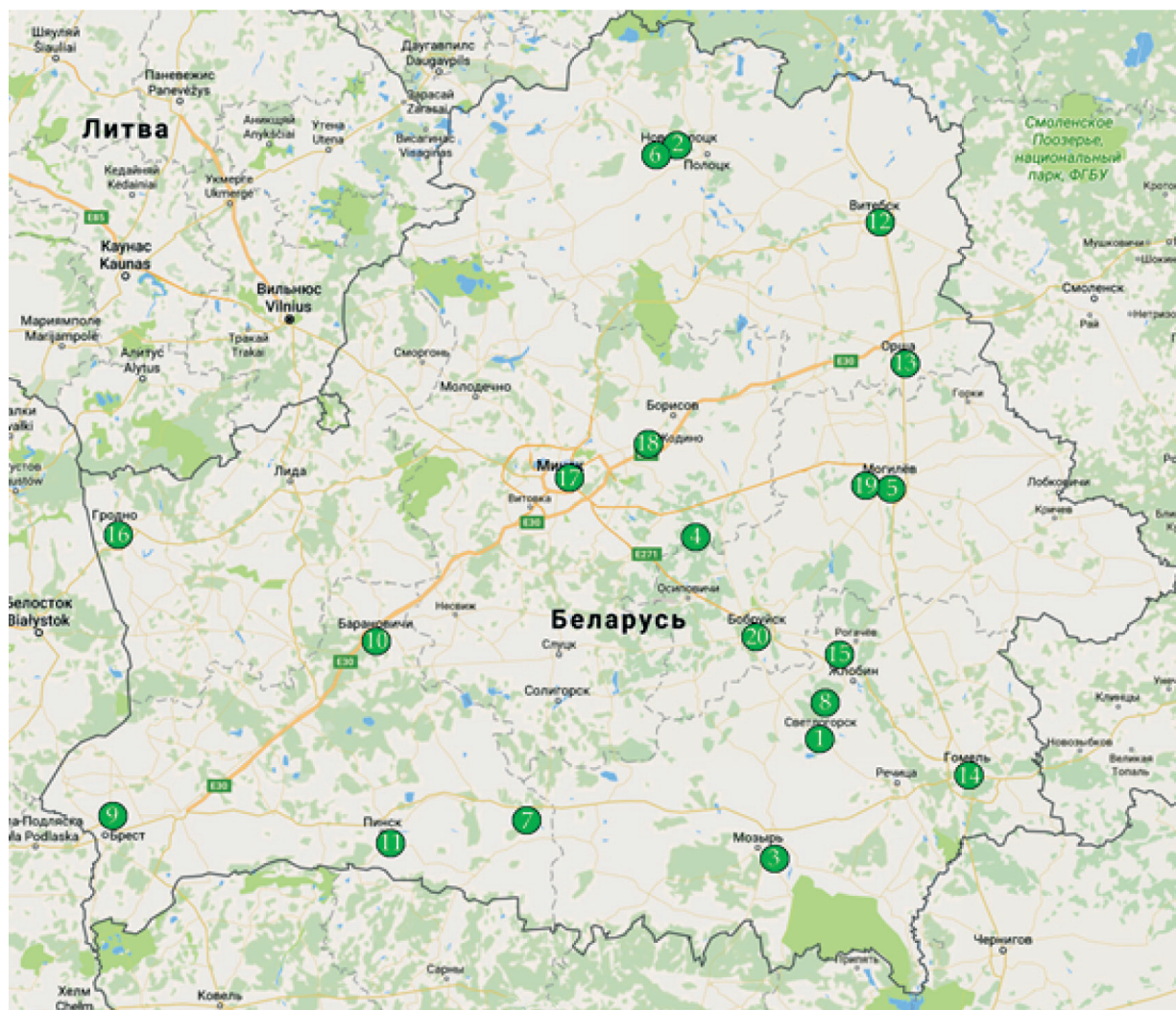
**Перечень промышленных предприятий для проведения исследований  
с целью подтверждения вероятности содержания ОЗВ в их сточных водах**

Номер предприятия	Наименование предприятия	Контролируемые ОЗВ	Водный объект – приемник сточных вод	Место отбора проб
1	ОАО «Светлогорск Химволокно»	Нафталин Гексахлорбензол	Березина	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Березина 500 м выше выпуска T3 – р. Березина 500 м ниже выпуска
2	ОАО «Нафтан»	Полициклические ароматические углеводороды: бензо(а)пирен, бензо(б)флюорантен, бензо(г,х,и)пирилен, бензо(к)флюорантен, инден(1,2,3-сд)пирен Ртуть	Западная Двина	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Зап. Двина 50 м выше выпуска T3 – р. Зап. Двина 500 м ниже выпуска
3	ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод»	Полициклические ароматические углеводороды: бензо(а)пирен, бензо(б)флюорантен, бензо(г,х,и)пирилен, бензо(к)флюорантен, инден(1,2,3-сд)пирен Ртуть Трихлорбензол Никель Кадмий Свинец	р. Припять	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Припять 500 м выше выпуска T3 – р. Припять 500 м ниже выпуска
4	ПУП «Нефтебитумный завод»	Полициклические ароматические углеводороды: бензо(а)пирен, бензо(б)флюорантен, бензо(г,х,и)пирилен, бензо(к)флюорантен, инден(1,2,3-сд)пирен	р. Каменка	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Каменка 500 м выше выпуска T3 – р. Каменка 500 м ниже выпуска
5	Филиал ОАО «БЕЛАЗ» в г. Могилеве – «Могилевский автомобильный завод им. С. М. Кирова»	Никель Кадмий Свинец	р. Днепр	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Днепр 500 м выше выпуска T3 – р. Днепр 500 м ниже выпуска
6	ОАО «Нафтан» завод «Полимир»	Никель	р. Западная Двина	T1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений T2 – р. Зап. Двина 50 м выше выпуска T3 – р. Зап. Двина 500 м ниже выпуска
7	РУПП «Гранит»	Никель	Ситницкий канал – р. Припять	T1 – Ситницкий канал общий створ после выпусков T2 – р. Припять выше Ситницкого канала T3 – р. Припять ниже Ситницкого канала
8	Завод по производству сульфатной беленой целлюлозы ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат»	Гексахлорбензол	р. Березина	Не был введен в эксплуатацию

Окончание таблицы

Номер предприятия	Наименование предприятия	Контролируемые ОЗВ	Водный объект – приемник сточных вод	Место отбора проб
9	ГП «Брестводоканал»	Никель	р. Западный Буг	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Зап. Буг 500 м выше выпуска Т3 – р. Зап. Буг 500 м ниже выпуска
		Кадмий		
		Свинец		
		Ртуть		
		Гексахлорбензол		
10	Барановичское КУПП «Водоканал»	Никель	р. Мышанка	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Мышанка 500 м выше выпуска Т3 – р. Мышанка 500 м ниже выпуска
		Кадмий		
		Свинец		
11	КПУП «Пинскводоканал»	Никель	р. Припять	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Припять 500 м выше выпуска Т3 – р. Припять 500 м ниже выпуска
		Кадмий		
		Свинец		
12	УП «Витебск-водоканал»	Никель	р. Западная Двина	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Зап. Двина 200 м выше выпуска Т3 – р. Зап. Двина 360 м ниже выпуска
		Кадмий		
		Свинец		
13	КУП ВКХ «Оршаводоканал»	Никель	р. Днепр	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – фоновый створ на р. Днепр Т3 – контрольный створ на р. Днепр
		Кадмий		
		Свинец		
14	КПУП «Гомель-водоканал»	Никель	р. Уза	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений в Мильчанскую канаву Т2 – р. Уза выше впадения Мильчанской канавы Т3 – р. Уза ниже впадения Мильчанской канавы
		Кадмий		
		Свинец		
15	КЖУП «Уником» г. Жлобин	Никель	р. Днепр	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Днепр 500 м выше выпуска Т3 – р. Днепр 500 м ниже выпуска
		Кадмий		
		Свинец		
		Гексахлорбензол		
16	ГУКПП «Гродно-водоканал»	Ртуть	р. Неман	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Неман 500 м выше выпуска Т3 – р. Неман 500 м ниже выпуска
		Никель		
		Кадмий		
		Бензол		
		Нафталин		
17	УП «Минск-водоканал»	Ртуть	р. Свислочь	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Свислочь 500 м выше выпуска Т3 – р. Свислочь 500 м ниже выпуска
		Полихлорированные бифенилы (ПХБ)		
		Никель		
		Кадмий		
		Свинец		
18	ГКУП «Жодинский водоканал»	Никель	р. Рова	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Рова выше выпуска Т3 – р. Рова ниже выпуска
19	МГКУП «Горводоканал» г. Могилев	Гексахлорбензол	р. Днепр	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Днепр 500 м выше выпуска Т3 – р. Днепр 500 м ниже выпуска
		Нафталин		
		Никель		
		Кадмий		
20	БУКДПП «Водоканал» г. Бобруйск	Свинец	р. Березина	Т1 – Выпуск сточных вод после очистных сооружений Т2 – р. Березина 500 м выше выпуска Т3 – р. Березина 500 м ниже выпуска
		Ртуть		
		Никель		
		Кадмий		





Месторасположения предприятий, у которых осуществлялся отбор проб для проведения химических исследований с целью подтверждения содержания в их сточных водах ОЗВ (номера соответствуют номерам в таблице)

Практически во всех точках отбора проб по исследуемым веществам их концентрации были ниже предела обнаружения. Исключение составляют сточные воды ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Нафтан» завод «Полимир», КПУП «Брестводоканал», в которых определен никель. Концентрация никеля находится в пределах ПДК.

Необходимо отметить, что отбор проб в поверхностных и сточных водах производился разово, что является показателем текущей ситуации содержания элементов в сточных водах. Для достоверного определения наличия ОЗВ в природных водах необходимо проведение отбора серии проб на протяжении длительного периода. Многие ОЗВ определяются в воде исключительно вблизи выпуска сточных вод, однако имеют свойство накапливаться в донных отложениях и в тканях живых организмов с увеличением концентрации по трофической цепи.

Для выявления вероятности нахождения данных ОЗВ в водных объектах рекомендовано провести анализ их содержания в донных отложениях, которые являются депонирующей средой, с целью получения достоверных данных о содержании ОЗВ в поверхностных водных объектах, оценки уровня и динамики распространения загрязнений. Аккумулируя загрязнения, которые поступают в водный объект на протяжении продолжительного периода, донные отложения являются индикатором экологического состояния территории. Как было сказано ранее, особенно ярко подобная зависимость обнаруживается в бассейнах рек сильно урбанизированных районов.

В силу ограниченной технической возможности и отсутствия аккредитованных методик ГУ «РЦАК» не выполняет химические анализы по определению данных ОЗВ в природных и сточных водах следующих веществ, которые также могут быть характерными для предприятий нашей республики: бромдифенилэферы; перфтороктановая сульфоновая кислота и ее соли; ди(2-этилгексил)фталат (диоктилфталат); октилфенол ((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол); дихлорметан метилен хлорид (хлористый метилен); трихлорэтилен; нонилфенолы (4-(пара)-нонилфенол).

Литературные источники свидетельствуют о широком распространении в составе сточных вод, в воде и донных отложениях водных объектов зарубежных стран ОЗВ, определенные как наиболее вероятные в составе сточных вод предприятий Беларуси.

ОЗВ определяются в сточных водах и водных объектах даже после принятия жестких ограничений по использованию данных веществ и глубокой очистки сточных вод. Ограничения и контроль за производством веществ, использованием их в технологических процессах и качеством сточных вод предприятий позволили странам Европы и Северной Америки значительно снизить поступление ОЗВ в окружающую среду к началу 2000-х годов.

Концентрации большинства органических соединений значительно снижаются в результате очистки сточных вод, при этом плохо разлагаемые органические вещества переходят в осадок. Комплексное внедрение современных технологий на производстве совместно с технологиями очистки сточных вод позволяет существенно снизить поступление ОЗВ в водные объекты. Однако следует учитывать, что некоторые из ОЗВ в окружающую среду поступают с хозяйственно-бытовыми сточными водами. В этой связи контроль за поступлением ОЗВ в страну с готовой продукцией является важным фактором снижения загрязнения окружающей среды. Кроме самих сточных вод, большинство ОЗВ, накапливаясь в осадке сточных вод, попадают в природные воды при захоронении данного осадка. Мощным источником поступления ОЗВ в природные воды являются полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО), в фильтрате которых могут быть ОЗВ в значительных концентрациях. Отдельные ОЗВ, например ди(2-этилгексил)фталат (диоктилфталат)), поступают в водные объекты в составе поверхностных сточных вод с территории населенных пунктов.

Коммунальные очистные сооружения сточных вод не предназначены для очистки от ОЗВ, вместе с тем их удаление на таких сооружениях может производиться, а степень их удаления зависит от применяемых процессов очистки, биоразлагаемости удаляемых веществ и ряда других факторов. При этом управление эффективностью удаления ОЗВ на таких сооружениях практически трудно реализуемо. Накопление биологически неразлагаемых ОЗВ в осадке приводит к существенным проблемам с обработкой осадка и его утилизацией.

Наиболее эффективным является максимальное снижение содержания ОЗВ в сточных водах до их поступления на коммунальные очистные сооружения. Очистка производственных сточных вод с удалением веществ из перечня ОЗВ может быть организована с использованием регенеративных методов с концентрированием целевых групп веществ с их последующим извлечением и утилизацией, либо с применением деструктивных методов очистки с целью разрушения загрязняющего вещества до простейших органических или неорганических веществ с минимизацией их негативного воздействия при их эмиссии в окружающую среду.

Удаление тяжелых металлов при очистке производственных сточных вод (ртуть, никель, свинец, кадмий) может осуществляться химическим осаждением при нейтрализации, карбонатным и сульфидным осаждением. Доочистка сточных вод от тяжелых металлов может производиться с применением методов концентрирования сорбцией, ионным обменом, мембранным разделением.

Предварительное удаление биологически разлагаемых и не разлагаемых органических ОЗВ может производиться методами механической очистки, включающими процеживание, отстаивание, фильтрование, сепарацию с использованием центробежных сил, а также методами механической очистки с дополнительной физико-химической обработкой для интенсификации процессов разделения с дозированием коагулянтов и флокулянтов. Доочистка может проводиться с применением методов концентрирования, сорбции, ионного обмена, мембранного разделения, экстракции, эвапорации или деструктивных методов биологического окисления и восстановления, химического и электрохимического окисления, термоокисления.

С целью предотвращения поступления ОЗВ в водные объекты, кроме внедрения современных технологий очистки, требуется также организация регулярных наблюдений за содержанием ОЗВ в сточных и поверхностных водах в рамках локального мониторинга окружающей среды на соответствующих предприятиях, а также аналитического (лабораторного) контроля в области охраны окружающей среды.

В настоящее время в Беларуси отсутствуют лаборатории, аккредитованные на анализ содержания в поверхностных и сточных водах следующих веществ: бромированные дифенил-эфиры (№ 28, 47, 99, 100, 153,154); диоксины и диоксиноподобные соединения; дихлорметан; трихлорэтилен; перфтороктансульфоновая кислота и ее производные (ПФОС); ди(2-этилгексил)-фталат (DEHP); нонилфенолы (4-нонилфенол); октилфенолы((4-(1,1',3,3'-тетраметилбутил)-фенол)).

Совершенствование приборно-аналитического парка лабораторий системы Минприроды и увеличение его производительности в настоящее время является основным и решающим фактором для организации регулярных наблюдений за содержанием ОЗВ в объектах окружающей среды. Требуется проведение работ по обеспечению приборной базой для определения ОЗВ перечисленных выше. Важной задачей также является проведение дальнейшей гармонизации с международными стандартами методической базы Республики Беларусь по определению отдельных ОЗВ (в первую очередь полибромдифенилэфиров) в объектах окружающей среды. Кроме того, необходимо повышение уровня квалификации специалистов Республики Беларусь, задействованных в организации и проведении наблюдений за содержанием ОЗВ.

Ознакомление с опытом передовых европейских лабораторий как по вопросам организации и функционирования системы менеджмента в лаборатории, так и в части организации наблюдений и методического обеспечения проведения измерений концентраций ОЗВ в объектах окружающей среды позволит повысить уровень квалификации белорусских специалистов и, в конечном итоге, будет способствовать совершенствованию системы мониторинга в республике в целом. Учитывая, что некоторые из ОЗВ в окружающую среду поступают с хозяйственно-бытовыми сточными водами, контроль за поступлением ОЗВ в страну с готовой продукцией является важным фактором снижения загрязнения окружающей среды.

**Выводы.** Основываясь на результатах проведенных исследований, можно утверждать, что влияние ОЗВ на водные объекты Республики Беларусь аналогично влиянию, установленному в других странах: отсутствует влияние ОЗВ на морфометрические характеристики поверхностных водных объектов; ОЗВ поступают в водные объекты со сточными водами и депонируются в донных отложениях, что приводит к загрязнению также биотической составляющей экосистем.

Поступление ОЗВ со сточными водами предприятий Беларуси в настоящее время не привело к значительному критическому накоплению этих загрязняющих веществ в окружающей среде. Тем не менее, контроль за возможными источниками поступления ОЗВ необходим для снижения вероятности такого загрязнения. Первый шаг в решении данного вопроса сделан путем определения пороговых значений ОЗВ в донных отложениях поверхностных водных объектов с внесением соответствующих изменений в ЭкоНигП 17.01.06-001-2017 «Требования экологической безопасности» [6].

#### Список использованных источников

1. Кузьмин, С. И. Пестициды в Республике Беларусь: инвентаризация, мониторинг, оценка воздействия на окружающую среду / С. И. Кузьмин, А. А. Савастенко: под общ. ред. В. М. Федени. – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2011. – 84 с.
2. Скрининг приоритетных веществ (в воде и отложениях) Проект EPIRB – деятельность 2.4 Совместные полевые исследования для заполнения пробелов – 2015. – Минск, 2015. – 51 с.
3. Report on Surface Water Survey in Dnieper River Basin, Belarus, 10–14 August, 2015. – 80 p.
4. Разработка методической базы и организация наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных экосистем. – Минск, 2018. – С. 27–154.
5. Выполнить оценку содержания особо опасных загрязняющих веществ в составе сточных вод предприятий Республики Беларусь и составить их актуализированный перечень для организации мониторинга. Этап 4: Отчет о НИР / РУП «ЦНИИКИВР»; науч. рук. А. П. Станкевич. – Минск, 2017. – № ГР 20163209. – 210 с.
6. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь «Об изменении постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Т» № 6-Т от 18 декабря 2019 г.

Поступила 12.08.2020