

УДК 628.31

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ Г. СЛУЦКА И ВАРИАНТЫ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ

И. М. ГУРСКАЯ¹⁾, И. А. РОВЕНСКАЯ²⁾, С. В. ПОДШИВАЛЕНКО¹⁾

¹⁾Квazar-ТЕХНО, ул. Тимирязева, 65б, 220035, г. Минск, Беларусь

²⁾Белорусский государственный университет,
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, Минск, Беларусь

Проведена оценка состояния очистных сооружений г. Слуцка. Установлено, что, несмотря на высокий износ технологического оборудования сооружений (до 90–100 %), большинство показателей качества очистки сточных вод соответствуют нормативным. Исследован образующийся на очистных сооружениях осадок сточных вод. Показано, что по содержанию тяжелых металлов осадок может быть использован в зеленом строительстве, для биологической рекультивации нарушенных земель и др. Используя результаты проведенного анализа, предложено четыре варианта реконструкции очистных сооружений.

Ключевые слова: хозяйственно-бытовые сточные воды; городские очистные сооружения; реконструкция; интенсификация процессов удаления азота и фосфора; механическое обезвоживание осадков.

ANALYSIS OF WASTE WATER TREATMENT FACILITIES IN SLUTSK AND VARIANTS FOR ITS RECONSTRUCTION

I. M. HURSKAYA^a, I. A. RAVENSKAYA^b, S. V. PODSHIVALENKO^a

^aKvazar-TECHNO, Temirjazeva street, 65b, 220035, Minsk, Belarus

^bBelarusian State University, International Sakharov Environmental Institute,
Dolgobrodskaya street, 23/1, 220070, Minsk, Belarus
Corresponding author: S. V. Podshivalenko (swetik97tab@gmail.com)

The state of waste water treatment facilities in Slutsk was assessed. It is established that, despite the high wear of technological equipment of the plant (up to 90–100 %), most of the quality indicators for treated water correspond to normative ones. The sewage sludge formed at the plant was studied. The sediment can be used in green construction, for biological reclamation of disturbed lands etc. by the content of heavy metals, is shown. The four ways for the reconstruction of treatment facilities were proposed on the basis of the conducted analysis.

Key words: domestic wastewater; urban waste water plant; reconstruction; intensification of nitrogen and phosphorus removal processes; mechanical dehydration of precipitation.

Образец цитирования:

Гурская И. М., Ровенская И. А., Подшиваленко С. В. Анализ состояния очистных сооружений г. Слуцка и варианты их реконструкции // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 3. С. 104–109.

For citation:

Hurskaya I. M., Ravenskaya I. A., Podshivalenko S. V. Analysis of waste water treatment facilities in Slutsk and variants for it's reconstruction. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 3. P. 104–109. (in Russ.).

Авторы:

Ирина Мечиславовна Гурская – главный инженер проектов.

Ирина Александровна Ровенская – доцент кафедры экологического мониторинга и менеджмента.

Светлана Викторовна Подшиваленко – инженер по разработке раздела «Охрана окружающей среды».

Authors:

Irina M. Hurskaya, chief project engineer.
1092239@gmail.com

Irina A. Ravenskaya, associate professor of the department of environmental monitoring and management.
rovenskayaia@rambler.ru

Svetlana V. Podshivalenko, engineer for the development of the section «Environmental protection».
swetik97tab@gmail.com

Введение

Большинство сооружений Республики Беларусь были спроектированы и построены в 60–70-х годах прошлого столетия, однако в настоящее время они устарели морально и физически, пришли в негодность и не соответствуют современным требованиям. В этот период очистные сооружения городов проектировались с учетом преимущественного удаления органической части загрязнений. Следует отметить, что резкое увеличение количества и использования стиральных машин-автоматов в быту привело к изменению состава хозяйственно-бытовых сточных вод. Постепенно увеличивается содержание в сточных водах биогенных элементов (азота и фосфора), так как разрабатываются новые составы моющих средств, защищающих нагревательные элементы стиральных машин от накипи, улучшающих стирку загрязненного белья и др. В этих условиях очистные сооружения не справляются с увеличением нагрузки, что приводит к поступлению чрезмерного количества фосфор- и азотсодержащих соединений в водоемы. Увеличение их концентрации вызывает бурный рост водорослей, особенно сине-зеленых (эвтрофикацию). При этом повышается температура воды, ухудшается цвет, у воды появляется неприятный привкус и запах. Продукты метаболизма водорослей могут вызывать кожные аллергические реакции и желудочно-кишечные заболевания у людей и животных [1].

Наиболее эффективным методом удаления биогенных элементов из сточных вод является глубокая биологическая очистка, позволяющая избавиться от 98–99 % соединений азота и фосфора (при классической биологической очистке выводится лишь 35–50 % этих соединений) [2]. Снижение концентрации соединений азота и фосфора происходит за счет чередования в аэротенке аэробных и анаэробных зон. Азот удаляется при последовательном чередовании процессов нитрификации и денитрификации, осуществляемом консорциумом микроорганизмов активного ила. При этом извлекается и фосфор, накапливаясь в клетках микроорганизмов активного ила.

При реконструкции очистных сооружений нельзя использовать типовые решения, которые применяются при проектировании новых объектов. Реконструкция требует нестандартных, творческих подходов. Первым шагом для разработки рекомендаций и предпроектных решений реконструкции сооружений является проведение трудоемких предварительных исследований: анализа сложившейся ситуации, технологического обследования сооружений, изучение состояния строительных конструкций. Для минимизации капитальных вложений в объекты и возможности применения современных технологий очистки сточных вод особенно важно максимально использовать существующие емкости и строения, пригодные для каждого конкретного объекта или сооружения [3].

Цель исследования – проведение анализа состояния очистных сооружений г. Слуцка и предложение вариантов для их реконструкции. В соответствии с поставленной целью необходимо было решить следующие задачи: изучить существующую систему сбора и очистки сточной воды города; провести оценку состояния очистных сооружений города; предложить варианты реконструкции очистных сооружений.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – очистные сооружения г. Слуцка. Для оценки состояния сооружений проводили визуальный осмотр их конструкций. Дополнительно анализировалась документация КУП «Слуцкий ЖКХ». Качественный состав сточной воды проводился лабораторией КУП «Слуцкое ЖКХ».

Для исследования направлений использования осадков сточных вод, образующихся на канализационных очистных сооружениях, были отобраны их пробы с иловых площадок. Анализ проб осадка сточных вод проводился Брестской областной лабораторией аналитического контроля.

Результаты исследования и их обсуждение

Город Слуцк является административным центром Слуцкого р-на, город областного подчинения, узел железнодорожных и автомобильных дорог. Площадь района составляет 1,821 тыс. км². Его площадь – 2460 га; население – более 62 тыс. чел.

В настоящее время в промышленном секторе района функционирует 23 промышленных предприятия, 8 из которых относятся к пищевой и перерабатывающей отраслям: сахарорафинадный комбинат, мясокомбинат, сыродельный завод, льнозавод, хлебозавод, комбинат хлебопродуктов, консервный завод. В городе также работают деревообрабатывающие предприятия, завод художественных промыслов, текстильная фабрика, завод «Эмальпосуда» и др.

Единственным поставщиком услуг водоснабжения и водоотведения в городе является жилищно-коммунальное хозяйство г. Слуцка (КУП «Слуцкое ЖКХ»).

В г. Слуцке действует сложившаяся централизованная система хозяйственно-бытовой и производственной канализации, которая выполнена по полной раздельной системе с отводом хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод на городские очистные сооружения полной биологической очистки. Охват города канализационной сетью составляет 89 %. Сеть дождевой канализации находится под контролем и эксплуатируется КУП «Слуцкое ЖКХ».

Сбор и отведение хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод г. Слуцка осуществляется системой самотечных и напорных коллекторов, общей протяженностью 153,9 км. Из них протяженность главных коллекторов составляет 40,0 км, уличной канализационной сети – 67,0 км, внутриквартальной и внутридворовой сети – 46,9 км. По данным КУП «Слуцкое ЖКХ», система канализации находится в удовлетворительном состоянии. Однако некоторые участки сети повреждены и имеют многочисленные течи. Значительный объем инфильтрационной воды и дождевых вод проникает в систему.

Очистные сооружения канализации г. Слуцка расположены в 10 км на юго-восток от городской черты и предназначены для полной биологической очистки сточных вод. Первая очередь очистных сооружений, производительностью 18500 м³/сут, введена в эксплуатацию в 1976 г., вторая очередь, производительностью 8500 м³/ч, – в 1990 г.

Очистные сооружения принимают сточные воды жилой застройки, коммунально-бытовых и промышленных предприятий. До 62 % общего сброса производственных сточных вод приходится на два предприятия: ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» и ОАО «Слуцкий мясокомбинат». Качество производственных сточных вод, сбрасываемых в городскую канализационную сеть, соответствует установленным ПДК по всем показателям, за исключением водородного показателя у ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» (рН 9, при норме – 6,5–8,5).

Существующая схема очистки сточных вод – полная биологическая с доочисткой на биологических прудах. Сточные воды поступают на площадку очистных сооружений от канализационных насосных станций в приемную камеру. Далее сточные воды проходят сооружения механической очистки (решетки-дробилки, песколовки, преаэратор, первичные отстойники), сооружения биологической очистки (аэротенки), вторичные отстойники и контактный резервуар. Доочистка сточных вод производится в биологических прудах каскадного типа. Предусмотрен также пруд-накопитель, который при нарушениях в работе комплекса биологической очистки позволяет предотвратить сброс недостаточно очищенных сточных вод в водный объект. Обработка осадка очистных сооружений предусмотрена на иловых площадках.

Качество очистки сточных вод регулярно контролируется лабораторий КУП «Слуцкое ЖКХ». В настоящее время концентрации загрязняющих веществ в очищенной воде очистных сооружений соответствовали установленным нормативам, и только в единичных случаях концентрации общего фосфора и анионных СПАВ превышали установленные нормативы сброса (табл. 1). Объяснить это можно значительным увеличением использования в быту синтетических моющих средств, а также возможными залповыми сбросами их на пищевых предприятиях во время мойки технологического оборудования.

Визуальный осмотр состояния очистных сооружений показал высокую степень износа основного технологического оборудования, включая трубопроводы технологических коммуникаций. Наблюдается разрушение емкостных сооружений и подводящих лотков. Полностью изношены и корродированы металлические шиберы и щитовые затворы, что не позволяет отключать отдельные сооружения для производства ремонтных работ без прекращения процесса очистки сточных вод. Износ металлических конструкций сооружений достигает 90–100 %. Вышли из строя и не используются следующие сооружения: решетки-дробилки, песколовки с круговым движением воды, вертикальные илоуплотнители. Демонтирован цех механического обезвоживания осадка и хлораторная. Исчерпаны возможности существующих иловых площадок и насосной станции иловых вод. С 2009 г. осадки сточных вод подаются на временную площадку, в качестве которой, по согласованию с инспекцией по охране природы, использован существующий песчаный карьер. Очистка биологических прудов не производилась более 10 лет.

Таблица 1

Параметры сточных вод, контролируемые на очистных сооружениях г. Слуцка

Table 1

Parameters of waste water, controlled at treatment facilities

Параметр	Концентрация в исходной сточной воде, мг/дм ³	Концентрация в очищенной воде, мг/дм ³	Допустимая концентрация, мг/дм ³
рН	6,8 ÷ 7,4	7,6 ÷ 7,9	6,5 ÷ 8,5
Общий фосфор	6,9 ÷ 18,2	4 ÷ 6	4,5
Фосфаты по Р	4,8 ÷ 13,3	2,7 ÷ 3,17	не нормируется
Азот общий	27,4 ÷ 42,2	6,5 ÷ 10,64	20
Азот аммонийный	23,9 ÷ 46,2	3,6 ÷ 9	не нормируется
Азот нитритный	0,009 ч 0,71÷	0,16 ÷ 0,6	не нормируется
Азот нитратный	0,11 ÷ 1,3	0,42 ÷ 4,3	не нормируется
Взвешанные вещества	171 ÷ 223	11,7 ÷ 15,8	25
Сухой остаток	873 ÷ 1595	718 ÷ 873	1000
Сульфаты	59 ÷ 102	39 ÷ 66	100
Хлориды	151 ÷ 294	150 ÷ 206	300
Железо общее	1,13 ÷ 3,3	0,34 ÷ 0,98	не нормируется
ХПК	518 ÷ 707	27,7 ÷ 41,8	80
БПК ₅	249 ÷ 428	9,7 ÷ 15,1	20
СПАВ-анионные	0,27 ÷ 0,66	0,14 ÷ 0,6	0,4
Хром общий	< 0,05	0,001 ÷ 0,05	не нормируется
Цинк	< 0,005	0,005 ÷ 0,05	не нормируется
Медь	< 0,02	< 0,02	не нормируется
Никель	< 0,005	< 0,005	не нормируется

Столь высокая степень износа технологических сооружений позволяет говорить о том, что окончательный выход из строя очистных сооружений – лишь дело времени. В любой момент неочищенные сточные воды могут попасть в р. Случь и Солигорское водохранилище, расположенное в нескольких километрах ниже по течению и оказывающее большое влияние на технологическую и рекреационную обстановку в регионе.

Вопросам обработки осадков сточных вод уделяют меньшее внимание по сравнению с параметрами очистки сточных вод. Тем не менее осадок представляет собой потенциальную угрозу для окружающей среды, так как содержит большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных, может содержать токсичные соединения (особенно ионы тяжелых металлов) и, кроме того, является крупнотоннажным отходом. Согласно официальному классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, большинство отходов, образующихся на очистных сооружениях, относится к III классу, за исключением песка, который относится к IV классу.

При оценке количества образующихся на очистных сооружениях г. Слуцка отходов было установлено, что в 2016 г. на очистных сооружениях образовалось 1613,89 м³ в сутки смеси избыточного активного ила и сырого осадка влажностью 99,5 %. При этом исследуемые пробы осадков по содержанию тяжелых металлов соответствовали марке УОСВ-2 (ТУ ВУ 300003249.001-2009). Таким образом, образующийся осадок может применяться в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, лесных и декоративных питомниках, а также для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов твердых коммунальных отходов (табл. 2).

Таблица 2

Качественный состав осадков сточных вод

Table 2

Quality compound of sewage sludge

Показатели	Фактическое значение	Требования ТУ РБ		
		УОСВ-1	УОСВ-2	УОСВ-3
Кадмий, мг/кг	5	5	15	30
Хром, мг/кг	37,5	300	500	1000
Медь, мг/кг	729,5	300	750	1500
Никель, мг/кг	14,8	100	200	400
Свинец, мг/кг	65	200	250	500
Цинк, мг/кг	745	500	1750	3500

Результаты исследования свидетельствуют о том, что необходима реконструкция очистных сооружений канализации г. Слуцка с выбором ее оптимального варианта, направленного на обеспечение эффективного отведения и качества очистки всего объема сточных вод и утилизации образующегося осадка на данный момент и расчетную перспективу развития города.

Нами предлагается к рассмотрению несколько вариантов реконструкции очистных сооружений. При этом окончательными критериями отбора должны являться: капитальные и эксплуатационные затраты, технические преимущества и недостатки рассматриваемых вариантов.

Реконструкция будет включать строительство новой приемной камеры; здания решеток с установкой ступенчатых механизированных решеток (в настоящее время задержания твердых отходов не производится); монтаж установки для промывки и обезвоживания песка; ремонт первичных отстойников с заменой изношенных конструкций.

Для узла биологической очистки предусматривается два варианта реконструкции: первый – очистка сточных вод будет производиться по существующей традиционной схеме (аэротенк-смеситель) с ремонтом и заменой основных конструктивных элементов аэротенка; второй – реконструкция будет осуществляться с выделением функциональных зон для интенсификации процессов удаления азота и фосфора из сточных вод. При этом понадобится монтаж дополнительных перегородок для зонирования аэротенка и установка мешалок. Также предусмотрен ремонт вторичных отстойников.

Перед сбросом в реку необходимо обеззараживание очищенных сточных вод. На площадке очистных сооружений уже имеется контактный резервуар, поэтому предлагается обеззараживание производить привозным гипохлоритом натрия. С этой целью необходимо выполнить реконструкцию контактного резервуара и строительство станции дозирования обеззараживающего раствора в очищенные сточные воды.

Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод (песок из песколовок, осадок первичных отстойников, избыточный активный ил и др.), должны подвергаться обезвоживанию, стабилизации, снижению запаха, обеззараживанию, улучшению физико-механических свойств, обеспечивающих возможность их экологически безопасной утилизации или размещения (хранения и /или захоронения) в окружающей среде.

Промытый и обезвоженный песок необходимо собирать и вывозить отдельно, а осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил мы предлагаем смешивать, обрабатывать и использовать для рекультивации территории существующих иловых площадок. Наиболее перспективными, по нашему мнению, являются два варианта обработки осадков: первый – строительство биогазового комплекса с механическим обезвоживанием осадка; второй – строительство комплекса механического обезвоживания осадка.

Заключение

Таким образом, возможны четыре основных варианта полной реконструкции очистных сооружений г. Слуцка:

- 1) реконструкция аэротенков-смесителей по существующей схеме со строительством цеха механического обезвоживания осадка;
- 2) реконструкция аэротенков с интенсификацией процессов удаления биогенных элементов со строительством цеха механического обезвоживания осадка;
- 3) реконструкция аэротенков-смесителей по существующей схеме со строительством биогазового комплекса;

4) реконструкция аэротенков с интенсификацией процессов удаления биогенных элементов со строительством биогазового комплекса.

Окончательный выбор варианта реконструкции всей площадки очистных сооружений возможен только после детального обсуждения всех затрат на реализацию проекта, а также сопоставления достоинств и недостатков предложенных схем.

Библиографические ссылки

1. Саломеев В. П., Гогина Е. С., Макиша Н. А. Решение вопросов удаления биогенных элементов из бытовых сточных вод // Водоснабжение и канализация. 2012. № 11–12. С. 31–39.
2. Ручай Н. С., Маркевич Р. М. Экологическая биотехнология. Минск, 2006.
3. Саломеев В. П., Рыжков А. Д. Реконструкция и модернизация очистных сооружений водоотведения в Московской области // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 11 (143). С. 38–41.

References

1. Salomeev V. P., Gogina E. S., Makisha N. A. [Decision of problems of removal of biogenous elements from domestic wastewater]. *Water service and sewerage*. 2012. No 11–12. P. 31–39 (in Russ.).
2. Ruczaj N. S., Markievicz R. M. [Ecological biotechnology]. Minsk, 2006 (in Russ.).
3. Salomeev V. P., Ryzhov A. D. [Reconstruction and modernization of sewage disposal plants in Moscow region]. *Plumbing, heating, conditioning*. 2013. No 11 (143). P. 38–41 (in Russ.).

Статья поступила в редколлегию 26.06.2018
Received by editorial board 26.06.2018