

Список цитированных источников

1. Гросс, А. Р. Оценка энергосиловых параметров механических погружных аэраторов / А. Р. Гросс, М. С. Россова // Процессы и оборудование экологических производств : тезисы докладов V-й традиционной научно-технической конференции стран СНГ, Волгоград, 27-29 нояб., 2000г. – Волгоград : Политехник, 2000. С. 94-95.
2. Арутюнов, Г. А. Новые технологии по очистке сточных вод. / Г. А. Арутюнов // Нов. технол. и оборуд. в водоснабж. и водоотведении. – 1999. – N 2, – С. 146-147.
3. Мешенгиссер, Ю. М., Аэрационные системы "Экополимер" / Ю. М. Мешенгиссер, Р. А. Галич // Нов. технол. и оборуд. в водоснабж. и водоотведении. – 1999. – N 2. – С. 56-58.
4. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250).
5. Худеико, Б. М. Аэраторы для очистки сточных вод / Б. М. Худенко, Е. А. Шпирт. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.

УДК 628.35

Каперейко Д. В., Ильеня Е. С.

Научные руководители: Андреюк С. В., к. т. н.,

Акулич Т. И. – ст. преподаватель

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С АЭРОТЕНКАМИ С УДАЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение

Современные технологические схемы биологической очистки в аэротенках позволяют использовать их для глубокой очистки сточных вод с удалением биогенных элементов (азота и фосфора) [1].

Исследованиями последних лет установлено значительное влияние конструктивных форм и режимов эксплуатации аэротенков на эффективность и надежность аэробной биологической очистки сточных вод активным илом. Под влиянием этих факторов складывается гидравлический режим потока в аэротенке, который, в свою очередь, влияет на режим питания микроорганизмов активного ила органическим субстратом, на селекцию микроорганизмов и осаждаемость активного ила.

Целью исследования стало изучение основных концепций реконструкции аэротенков в зависимости от достижения необходимых показателей очищенной сточной воды по известной классической схеме очистки сточных вод, не учитывая конкретные конструкции аэротенков.

Для достижения поставленной цели выполнялись следующие задачи:

1) аналитический обзор технологических схем биологической очистки сточных вод с использованием аэротенков, вариантов реконструкции сооружений и оборудования;

2) оценка технологической эффективности работы действующих городских очистных сооружений на предмет снижения биогенных элементов перед выпуском очищенных сточных вод в водоем.

Основные варианты реконструкции технологических схем очистки сточных вод с аэротенками

Особый интерес представляет реконструкция очистных сооружений, когда при относительно небольших капитальных вложениях удастся получить существенное повышение эффективности очистки и надежности работы очистных сооружений. Актуальной остается проблема эвтрофикации водоемов, решением которой является строительство новых или реконструкция действующих сооружений канализации путем внедрения технологии глубокого удаления соединений азота и фосфора [2].

Для обеспечения экологической безопасности водных объектов в Республике Беларусь разработаны нормативные документы, в которых установлены ПДК загрязнений в воде водных объектов, а также разработан порядок установления нормативов допустимых сбросов веществ в составе сточных вод, отводимых в водные объекты. Большое значение придается качеству очищенных сточных вод по соединениям азота и фосфора [3].

Таблица 1 – Допустимые значения показателей и концентраций загрязняющих веществ в составе хозяйственно-бытовых, городских сточных вод, удаляемых в процессе биологической очистки [4]

Эквивалент населения (масса органических веществ в составе сточных вод, кг/сут)	Значение показателей			Концентрация загрязняющих веществ		
	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Аммоний-ион, мгN/дм ³	Азот общий, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³
До 500 (до 30)	125	25	30	25	–	–
501–2000 (30–120)	120	25	25	20	–	–
2001–10000 (120–600)	100	20	25	15	25	4,5
10001–100000 (600–6000)	80	20	20	15	20	3,0
Более 100001 (более 6000)	70	15	20	10	20	2,0

В качестве возможных вариантов реконструкции сооружений и оборудования биологической очистки сточных вод рассмотрено секционирование аэротенков, реконструкция аэротенков с использованием прикрепленных биоценозов, реконструкция с изменением технологической схемы работы станции аэрации и реконструкция аэротенков в карусельные системы с глубокой очисткой сточных вод (рисунок 1).

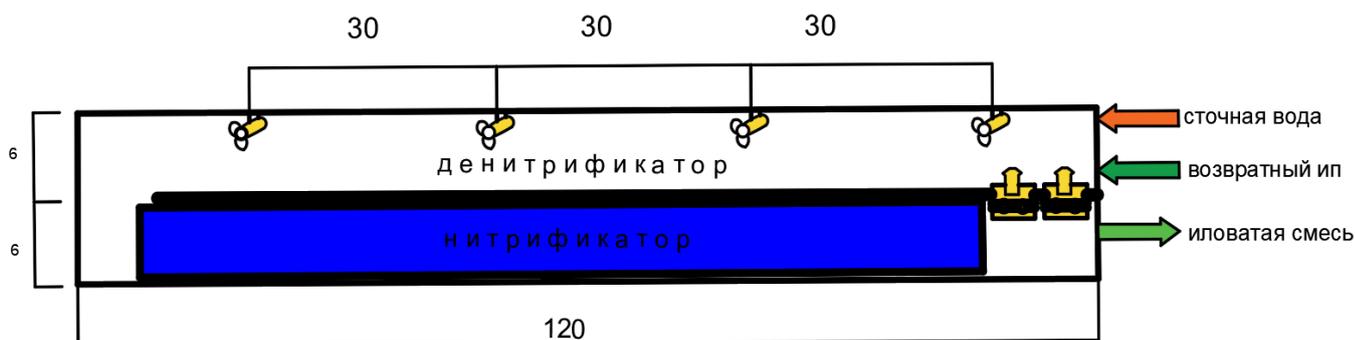


Рисунок 1 – Двухкоридорная система денитри-нитрификации («карусельного» типа)

В качестве приоритетных выбраны варианты реконструкции аэротенков в системы с глубокой очисткой сточных вод от азота и фосфора.

При использовании технологии глубокого удаления азота и фосфора биологическим методом предполагается искусственное создание различных зон, которые по степени обеспеченности кислородом делятся на три основные: зону анаэробной обработки смеси ила и сточных вод; аноксидную зону для денитрификации; оксидную (аэробную) зону для проведения нитрификации и аэробной очистки от органических веществ.

В мировой практике существует ряд схем сочетания анаэробных, аноксидных и оксидных зон, предложенных для глубокого удаления биогенных элементов из сточных вод.

На рисунке 2 представлена технология биологической очистки нового блока с удалением биогенных элементов на Люберецких очистных сооружениях производительностью 500 тыс. м³/сут в г. Москве, Российская Федерация [5].

Аэротенки блока удаления биогенных элементов (БУБЭ) состоят из 4-х коридоров, с разделением на зоны:

1 коридор – анаэробная зона (без принудительной подачи кислорода), в которой происходит высвобождение фосфора;

2 коридор – аноксидная зона (зона перемешивания), в которой происходит процесс денитрификации;

3 коридор – аэробная зона (принудительная аэрация + перемешивание), в которой происходит процесс нитрификации;

4 коридор – аэробная зона (принудительная аэрация), в которой происходит процесс нитрификации.

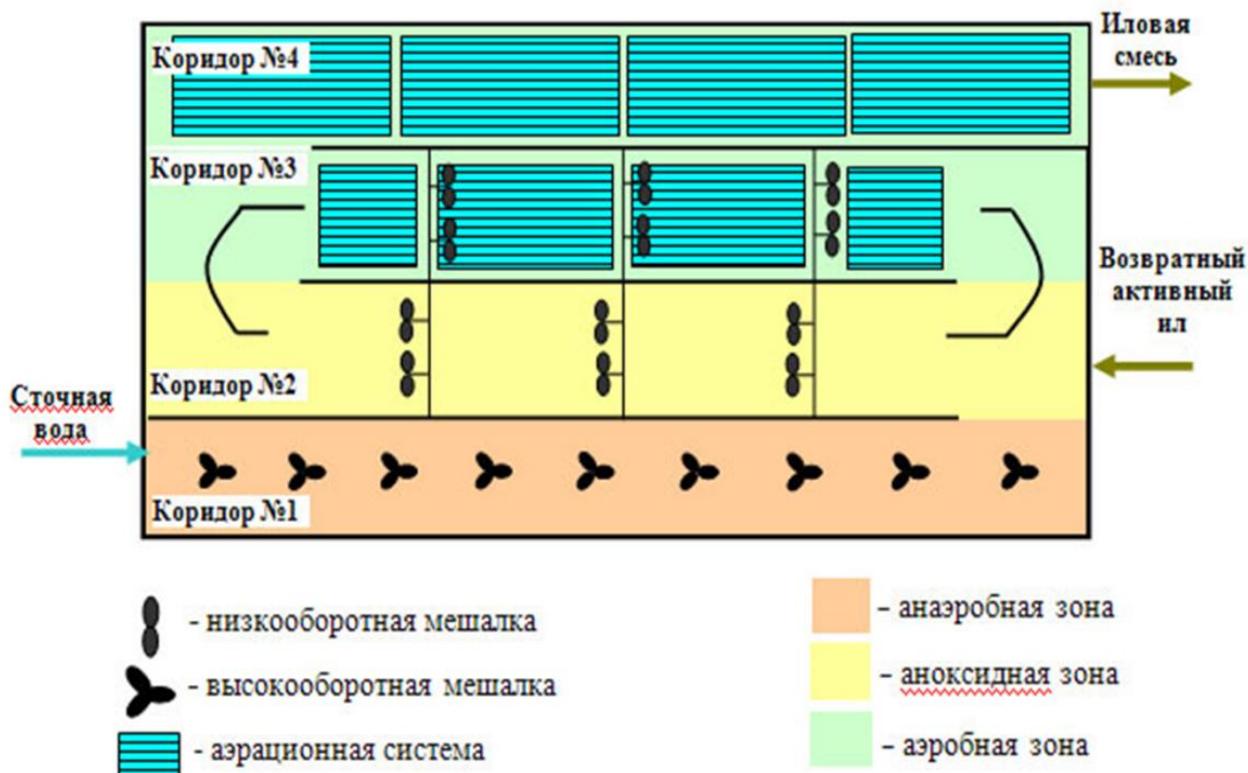


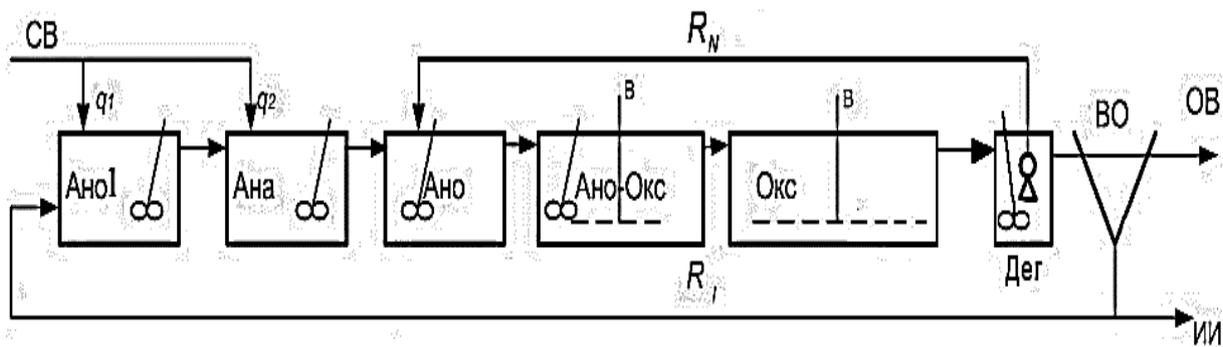
Рисунок 2 – Технология биологической очистки блока с удалением биогенных элементов (БУБЭ) [5]

Технология глубокого удаления биогенных элементов 3 и 4 коридоры соединены между собой бесконечным кольцевым коридором «карусельного» типа, что позволяет обеспечивать условия, необходимые для процесса нитриденитрификации. Разделение очищенных сточных вод и активного ила осуществляется в радиальных отстойниках.

На блоке удаления биогенных элементов (БУБЭ) достигается стабильно высокое качество очистки сточных вод по основным показателям и биогенным элементам.

В настоящее время на очистных сооружениях канализации г. Бреста прошла модернизацию механическая очистка сточных вод с установкой современного оборудования, в аэротенках внедрена схема биологического удаления азота и фосфора по принципу Йоханнесбургского процесса JNB (рисунок 3), проведена реконструкция вторичных отстойников.

Технологией JNB предусмотрено использование нескольких функциональных зон, которые соответствуют различным режимам. Данная технология может быть реализована как при реконструкции существующих сооружений, так и при проектировании новых.



*Ано – аноксидная зона 1; Ана – анаэробная зона; Окс – оксидная зона;
 Ано-Окс – переходная зона; Дег – зона дегазации; ВО – вторичный отстойник;
 СВ – подача сточных вод; ОВ – очищенная вода; ИИ – избыточный ил;
 В – подача воздуха; Ri – рециркуляция активного ила; RN – рециркуляция иловой смеси*
 Рисунок 3 – Йоханнесбургский процесс, внедренный на Брестских очистных сооружениях канализации

В аноксидной зоне 1 (предденитрификаторе) происходит удаление из возвратного ила растворенного кислорода и нитратов, обеспечивается механическое перемешивание. В анаэробная зона происходит высвобождение биологически связанного фосфора; присутствие свободного кислорода или нитратов не допускается; проводится при этом механическое перемешивание. Аноксидная зона (денитрификатор) предусматривается для разложения в ней азот нитратов с образованием газообразного азота, при этом органический углерод окисляется нитратами; присутствие свободного кислорода в данной зоне не допускается; проводится механическое перемешивание. В схеме присутствуют переходные зоны с перемешиванием или аэрацией. Оксидная зона (зона нитрификации), необходима для окисления в ней азота аммонийного с образованием нитратов и разложения органического углерода до CO_2 , при этом обеспечивается аэрация. Предусматривается зона дегазации, в которой из активного ила выделяется свободный кислород перед его возвратом в аноксидную зону или переливом на вторичные отстойники; проводится при этом механическое перемешивание.

Исследование технологической эффективности городских канализационных очистных сооружений В результате теоретических и экспериментальных исследований, статистической обработки эксплуатационных данных была проведена оценка надежности и установлена эффективность проведенных мероприятий по реконструкции очистных сооружений со сравнением качественного состава сточных вод, поступающих на очистные сооружения г. Бреста и выпускаемых в водный объект после очистки за период с 2019 по 2021 годы (таблица 2, рисунок 4). Согласно эксплуатационным данным обеспечивается эффект очистки по БПК5 – до 96 %, по взвешенным веществам – 95 %, по азоту общему – 85 %, по фосфору общему – 83 %.

Внедряемая технология удаления азота и фосфора по Йоханнесбургскому процессу на Брестских очистных сооружениях канализации позволила в целом также улучшить экологическую обстановку в городе. В таблице 2 представлены показатели качественного состава и эффект очистки сточных вод.

Таблица 2 – Технологические показатели работы городских очистных сооружений канализации г. Бреста

Год	Место отбора проб	Значение показателей, мг/дм ³			Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³		
		ХПК _{Cr}	БПК ₅	взвешенные вещества	аммоний-ион	азот общий	фосфор общий
1	2	3	4	5	6	7	8
2019	вход	875,5	310,6	298,9	49,7	58,1	6,7
	выпуск	160,3	49,5	67,4	22,3	32,9	3,9
	эффект очистки, %	82	84	77	55	43	42
2020	вход	933,2	306,9	312,9	51,7	59,2	5,9
	выпуск	69,7	17,4	18,9	16,8	24,8	3,0
	эффект очистки, %	93	94	94	68	58	50
2021	вход	1000,3	306,3	310,3	51,0	61,0	7,2
	выпуск	53,1	10,8	15,1	7,0	9,0	1,2
	эффект очистки, %	95	96	95	86	85	83
Норматив допустимого сброса по [2]		70	15	20	10	20	2,0

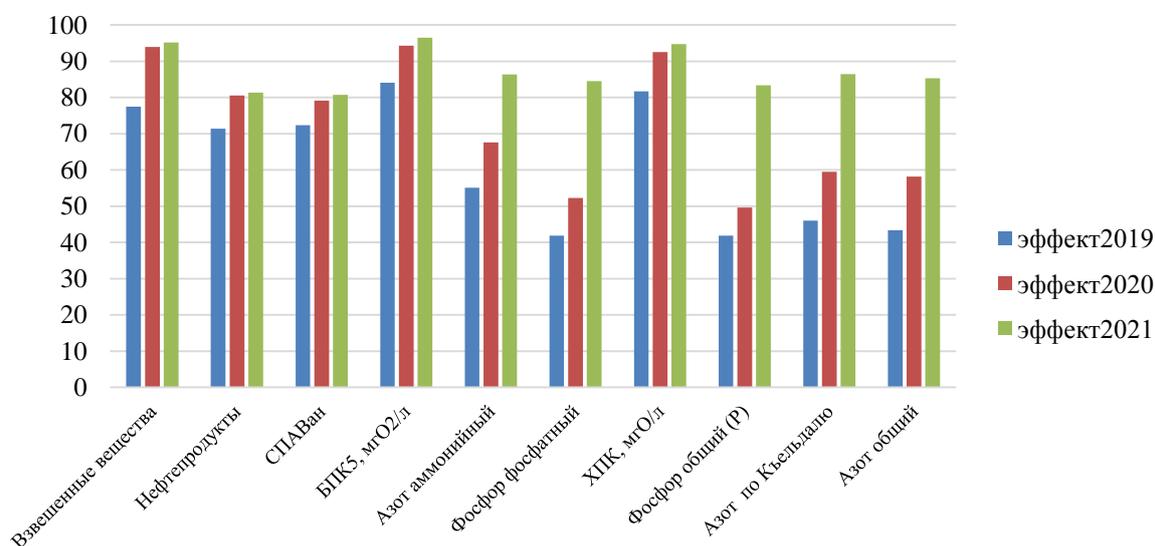


Рисунок 4 – Технологическая эффективность работы очистных сооружений канализации г. Бреста в 2019–2021 гг.

Анализ данных таблицы с учетом проведенной оценки технологической эффективности работы действующих очистных сооружений показывает, что в 2021 году, когда была завершена реконструкция аэротенков и сооружения вышли на штатный режим работы, качество очистки по всем показателям достигло уровень требований стандартов [6].

Заключение

В целях экономии энергозатрат в технологии денитри-нитрификации при реконструкции аэротенков чаще применяется система с круговым движением воды, так называемая «карусель» и 2-х коридорная система. Для более эффективного использования объема сооружений аэротенк разделяется продольным секционированием жесткими перегородками на чередующиеся зоны денитрификации (аноксидные зоны) и зоны нитрификации. Это позволяет не только эффективно использовать объем сооружения, но и создает наиболее благоприятные условия для совместного удаления органических веществ и соединений азота и до 70 % удаления фосфора.

Реконструкция очистных сооружений канализации г. Бреста с внедрением технологии глубокого удаления азота и фосфора позволила достичь концентраций загрязняющих веществ по азоту общему 9,0 мг/л при эффекте очистки 85 %, по фосфору общему 1,2 мг/л при эффекте очистки 83 %.

Следует отметить, что обеспечение такой высокой степени очистки сточных вод возможно только при постоянном мониторинге и контроле определенных параметров сточной и очищенной воды, быстром реагировании на изменение этих параметров, грамотной эксплуатации очистных сооружений. Поэтому в процессе удаления из очищенных сточных вод биогенных элементов при эксплуатации сооружений необходимо грамотно и качественно организовывать контроль основных параметров, чтобы избежать нарушения технологического процесса и ухудшения эффективности очистки.

Список цитированных источников

1. Беларусь Канализация. Наружные сети и сооружения, СН 4.01.02-2019 Строительные нормы Республики – Минск: Мин-во арх. и строительства РБ: 2019.
2. Реконструкция систем и сооружений водоотведения : учебное пособие / В.П. Саломеев [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – Москва : Изд-во МГСУ, 2017. – 232 с.
3. Новикова, О. К. Очистка сточных вод от биогенных элементов : учеб.-метод. пособие / О. К. Новикова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 55 с.
4. О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 26.05.2017 № 16. – Минск, 2017. – 15 с.
5. Удаление биогенных элементов [Электронный ресурс] // АО «Мосводоканал»: единая информационная справочная служба. – Москва, 2014–2023. – Режим доступа: <https://www.mosvodokanal.ru/sewerage/newtechnologies/nutrientsremoval.php>. – Дата доступа : 28.04.2023.
6. Каперейко, Д. В. Анализ эффективности работы городских канализационных очистных сооружений / Д. В. Каперейко, А. А. Хведченя, Я. В. Полещук // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: сборник материалов IX Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции молодых исследователей, Волгоград, 18–23 апреля 2022 г. / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград : ВолГТУ, 2022. – С. 40 – 42.