

# Участие специалистов НПФ «ЭкоТОН» в модернизации очистных сооружений канализации МУП «ЛиСА» г. Липецк

Блюмин Г.А.,  
ВЕДУЩИЙ ТЕХНОЛОГ,

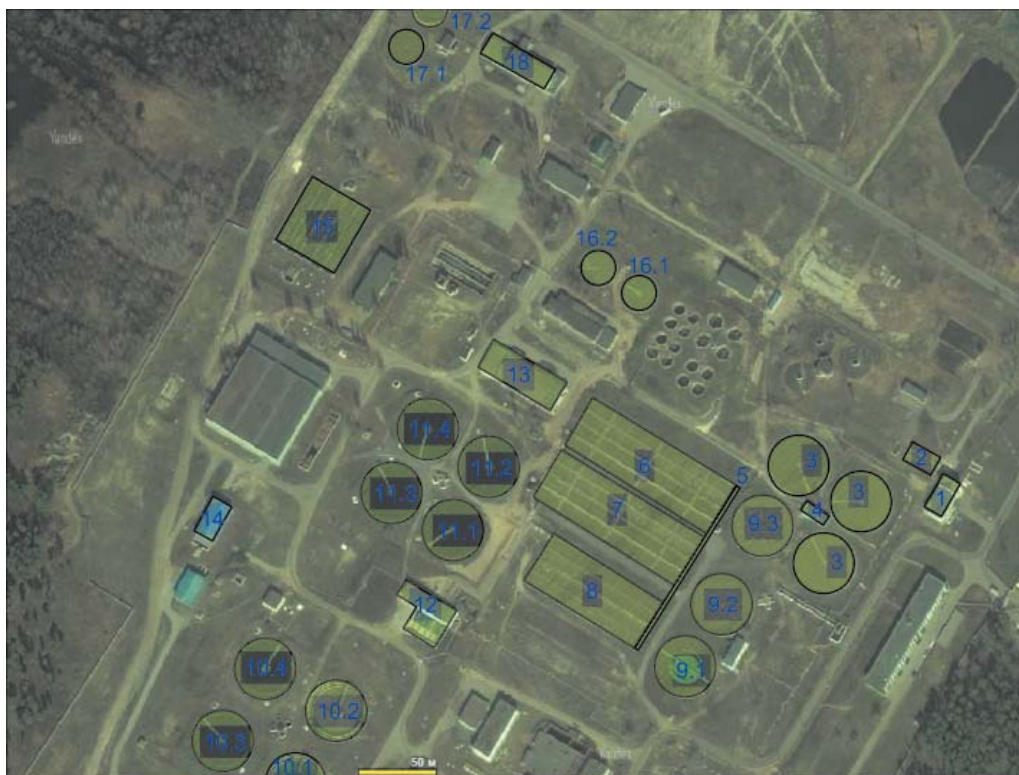
Чув Е.В.<sup>1</sup>,  
ИНЖЕНЕР-ТЕХНОЛОГ

ЗАО НПФ «ЭкоТОН»

Реконструкция объединенных канализационных очистных сооружений г. Липецка и ОАО «Новолипецкого металлургического комбината» ведется с 2004 г.

Ввиду большого объема работ, невозможности остановки поступления сточных вод и условий действующего производства реконструкция выполняется на имеющихся двух технологических линиях очистки сточных вод поэтапно.

Рис. 1.  
План сооружений 2-й технологической линии МУП «ЛиСА»  
(НОМЕРА СООРУЖЕНИЙ СМ. В ТАБЛ. 1)



<sup>1</sup> Чув Евгений Владимирович, e-mail: chuev@ekoton.com.

В рамках данной статьи описывается часть наладочных работ, выполненных ЗАО НПФ «ЭкоТОН» (согласно договору с генподрядчиком – ЗАО «Фирма «СЭНС» г. Санкт-Петербург) в рамках реконструкции второй технологической линии по очистке сточной воды правобережной части города, общей производительностью 221 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Проект реконструкции был выполнен ООО «ЭКОВОДОКАНАЛ» г. Липецк в 2008 г.

Реконструкция второй технологической линии разбита на 4 этапа. В данной публикации описан 2-й этап, включающий реконструкцию сооружений биологической очистки – аэротенков и вторичных отстойников.

Состав сооружений (см. рис 1) приведен в табл. 1.

**Таблица 1.**  
**Состав**  
**сооружений второй**  
**технологической**  
**линии МУП «ЛиСА»**

Стадия очистки	Наименование сооружений	Состав оборудования
<b>Механическая очистка</b>	1. Камера гашения и здание решеток	Грабельные решетки производства ЗАО НПФ «ЭкоТОН» – 3 шт.
	2. Аэрируемые песколовки	Гидросмыв и удаление пескопулпы погружными насосами – 3 шт.
	3. Первичные радиальные отстойники Ду=40 м	Илоскребы ИРПО-40 производства ЗАО НПФ «ЭкоТОН» – 3 шт.
	4. Насосная станция сырого осадка	Насосы сырого осадка Flygt, производительность 250 м <sup>3</sup> /ч
	5. Распределительный канал осветленной сточной воды	Система барботаж
<b>Биологическая очистка</b>	6. Аэротенк № 1 (W=19300 м <sup>3</sup> ), запущен в ноябре 2013 г. Нитри-денитрификатор с биологической дефосфотацией	Мешалки и насосы фирмы Willo, система аэрации ЗАО НПФ «ЭкоТОН»
	7. Аэротенк № 2 (W=19300 м <sup>3</sup> ), выведен на реконструкцию	—
	8. Аэротенк № 3 (W=13600 м <sup>3</sup> ) Аэротенк-вытеснитель с регенератором (25 %)	Система аэрации ЗАО НПФ «ЭкоТОН»
	9.1÷9.3. Аэротенк № 4 (W=15600 м <sup>3</sup> ), запущен с 2011 г. Нитри-денитрификатор с биологической дефосфотацией	Мешалки и насосы фирмы Flygt, система аэрации ЗАО НПФ «ЭкоТОН»
	10.1÷10.4. Вторичные радиальные отстойники № 1÷4, Ду=40 м	Илососы ИРВО-40 производства ЗАО НПФ «ЭкоТОН» – 4 шт.
	11.1÷11.4. Вторичные радиальные отстойники № 5÷8, Ду=40 м	Илососы ИВР-40
	12. Насосная станция возвратного активного ила	Полуосевые насосы – 3 шт. производительностью по 3000 м <sup>3</sup> /ч
	13. Воздуходувная станция	ТВ 150 1,6 – 5 шт.
<b>Обеззараживание</b>	14. УФ станция	Оборудование НПО «ЛИТ»
<b>Доочистка</b>	15. Контактные резервуары	Полимерная загрузка, система аэрации ЗАО НПФ «ЭкоТОН»
<b>Обработка осадка</b>	16.1÷16.2. Илоуплотнитель № 1÷2, Ду=24 м	Илососы ИРВО-24 производства ЗАО НПФ «ЭкоТОН» – 2 шт.
	17.1÷17.2. Шламовый резервуар № 1÷2	Система барботаж
	18. Цех механического обезвоживания осадка	Ленточный сгуститель и ленточный фильтр-пресс – 4 шт. Суммарная производительность – 90 м <sup>3</sup> /ч (по исх.осадку)

## ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ

**Рис. 2.**  
**Оборудование производства**  
**НПФ «ЭкоТОН», установленное**  
**на МУП «ЛиСА»:**

- а) Илоскребы ИРПО-40;**
- б) Трубчатый диспергатор**  
**воздуха АПКВ, алюминиевые**  
**мостики, щитовые затворы,**  
**дроссельные задвижки,**  
**подъемное оборудование;**
- в) Илосососы ИРВО-40 и др.**

Из табл. 1 видно, что оборудование ЗАО НПФ «ЭкоТОН» занимает существенное место в обеспечении работы станции (рис. 2).

Технологический процесс удаления азота и фосфора организован по схеме JNB (Университет Йоханнесбурга) (рис. 3).

Особенностью технологической схемы обработки осадка на станции являлось совместное уплотнение осадка первичных отстойников и избыточного активного ила.

Целью проведения пусконаладочных работ было обеспечение высокой эффективности удаления соединений азота и фосфора на аэротенках № 1 и № 4 и обеспечения стабильного процесса нитрификации в аэротенке № 3 в условиях проведения реконструкции второй технологической линии.



**Рис. 3.**  
**СХЕМА БИОЛОГИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОСФОРА, ВНЕДРЯЕМАЯ НА ВТОРОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ КОС г. ЛИПЕЦКА.**  
**D = ДЕНИТРИФИКАЦИЯ,**  
**A = АНАЭРОБНАЯ ЗОНА,**  
**N = НИТРИФИКАЦИЯ,**  
**G = ДЕГАЗАЦИЯ**



## ПОЛОЖЕНИЕ НА КОС НА НАЧАЛО РАБОТ

Фактическое поступление сточной воды в ноябре 2013 г. на 2-ую технологическую линию составляло 84÷92 тыс. м<sup>3</sup>. Для ее очистки были задействованы все сооружения механической очистки, 3 аэротенка из 4-х (№ 1,3÷4); 5 вторичных отстойников из 8-ми (№ 1÷2,5÷7), один илоуплотнитель.

Результаты анализа среднесуточной пробы сточной концентрации загрязняющих веществ приведены в табл. 2.

**ТАБЛИЦА 2.**  
**КОНЦЕНТРАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА НАЧАЛО РАБОТ**

Наименование показателя	Значение концентрации		
	после здания решеток	после первичных отстойников во входном канале аэротенка	очищенная вода после контактных резервуаров
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	298	324	24,0
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	248	225	12
Фосфаты (по P), мг P-PO <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	2,5	4,5	0,35
Азот аммонийный, мгN-NH <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	34,6	37,3	5,6
Азот нитратов, мгN-NO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	0,35	0,3	8,9
Азот нитритов, мгN-NO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	—	—	0,1

Таким образом, до пуско-наладки можно было констатировать отсутствие эффективности первичного отстаивания и высокий вынос взвешенных веществ со сточной водой. Концентрация ила в аэротенках № 1 и № 4 в среднем составляла 8,5 г/дм<sup>3</sup>, в аэротенке № 3 в зоне регенерации – 12 г/дм<sup>3</sup>. Столь высокая доза ила была объяснена:

- мощным рециклом взвешенных веществ активного ила из илоуплотнителей в аэротенки;
- попаданием с 1-й технологической линии избыточного активного ила, обогащенного железом, так как линия работает на сточных водах Новолипецкого металлургического комбината;
- выводом аэротенка № 2 под реконструкцию;
- ограниченной производительностью узла механического обезвоживания осадка и др.

Концентрация кислорода на выходе из аэротенков составляла менее 1 мгО/дм<sup>3</sup>.

Создавшаяся ситуация, несмотря на большое количество вторичных отстойников, постоянно создавала угрозу самопроизвольной выгрузки активного ила с очищенной водой.

## КОРРЕКТИРОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### А. Технология обработки осадка

Первым шагом была изменение схемы обработки осадков – прекращена подача сырого осадка в илоуплотнители. На период корректировки схемы в работу был введен 2-й илоуплотнитель.

Таким образом, илоуплотнители были переведены только на уплотнение избыточного активного ила в количестве 120÷130 м<sup>3</sup>/ч, при концентрации 10÷11 г/дм<sup>3</sup> ила. Это позволило исключить массовый вынос ила с надиловой водой, поступающей в один из первичных отстойников, и привело к снижению концентрации взвешенных веществ на входе в аэротенки примерно на 30 %, до 200 мг/л. Это повлекло за собой существенное уменьшение прироста избыточного ила.

Откачку сырого осадка стали производить в барботируемую усреднительную емкость при цехе механического обезвоживания.

В течение недели была снижена концентрация ила в аэротенках № 1 и № 4 до 5 г/дм<sup>3</sup>, а в аэротенке № 3 – до 3,5 г/дм<sup>3</sup>. Это дало возможность исключить из работы один вторичный отстойник и снизить объем перекачиваемого возвратного активного ила на 20 % (1200 м<sup>3</sup>/ч). После снятия угрозы самопроизвольной выгрузки ила с очищенной сточной водой была выполнена регулировка шиберов в иловых камерах вторичных отстойников, позволившая получать более концентрированный возвратный ил и снизить объем рецикла еще на 450 м<sup>3</sup>/ч.

Достижение оптимальной дозы и оптимальной величины рецикла ила позволило:

- вывести из эксплуатации один из двух работающих насосов возвратного активного ила (экономия 1440 кВт·ч в сутки);
- снизить объем избыточного активного поступающего на илоуплотнитель до 90 м<sup>3</sup>/ч;
- вывести из эксплуатации 2-й илоуплотнитель (его включение изначально было временным шагом) и др.
- перейти к настройке биологической ступени очистки.

### Б. Технология биологического удаления соединений азота и фосфора

Наладка системы биологической очистки проводилась пошагово, когда каждый последующий шаг выполнялся только после устоявшегося режима предшествующего шага.

После вышеописанной оперативной стадии наладки анализ среднесуточной пробы сточной концентрации загрязняющих веществ имел следующие показатели (табл. 3).

Таблица 3.

Концентрация загрязняющих веществ после оперативной стадии наладки

Наименование показателя	Значение концентрации		
	после здания решеток	во входном канале аэротенка	выход после контактных резервуаров
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	280	200	6,4
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	320	283	5,2
Фосфаты (по Р), мг Р-Р <sub>04</sub> /дм <sup>3</sup>	3,0	5,0	0,2
Азот аммонийный, мгN-NH <sub>4</sub> /дм <sup>3</sup>	28,0	32,0	1,2
Азот нитратов, мгN-NO <sub>3</sub> /дм <sup>3</sup>	0,1	0,1	9,3
Азот нитритов, мгN-NO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	–	–	0,4

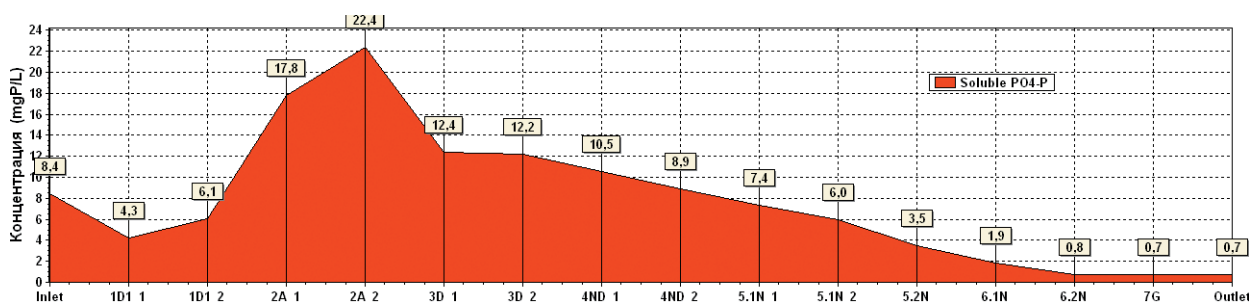
Как видно из табл. 3, качество очистки улучшилось по всем показателям.

С помощью компьютерного моделирования был рассчитан и задан оптимальный технологический режим биологической очистки (см. табл. 4 и рис. 4, 5), адаптированный под круглосуточную работу сооружений с одновременным ведением реконструкции на различных участках.

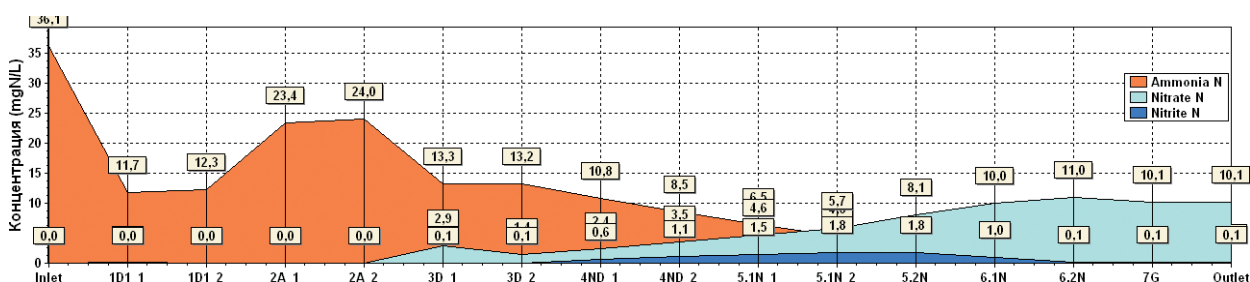
**Таблица 4.**  
**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ АЭРОТЕНКА № 1**

Наименование параметра	Величина
Среднесуточный расход сточных вод, м³/сут	32 832
<b>Аэротенки</b>	
Количество аэротенков, шт.	1
Время гидравлического удержания сточной воды, часов	14,6
<b>Объемы зон</b>	
Первая зона денитрификации, % от общ. объема	8,9
Зона дефосфотации, % от общ. объема	16,1
Вторая зона денитрификации, % от общ. объема	12,7
Зона нитрификации/денитрификации, % от общ. объема	12,3
Зона нитрификации, % от общ. объема	45,5
Зона дегазации, % от общ. объема	4,5
<b>Параметры функционирования системы</b>	
Масса ила в системе, кгСВ	94 700
Средняя доза ила, кгСВ/м³	4,7
Объем внутреннего рецикла нитратов, м³/сут	46 800
Минимальный возраст активного ила, сут	9,0
Расчетный расход воздуха на аэрацию и перемешивание, м³/ч	16 500
<b>Вторичные отстойники</b>	
Количество вторичных отстойников, шт.	2
Гидравлическая нагрузка, м³/м²хч	0,53
Массовая нагрузка, кг/м²хч	4,13
Объем рециркуляции возвратного активного ила, м³/сут	24 000
<b>Обработка осадков</b>	
Избыточный активный ил (ИАИ), м³/сут	1016
Масса ИАИ, кгСВ/сут	10 540

**Рис. 4.**  
**Прогноз изменения концентрации фосфатов (по Р) в зонах аэротенка № 1**



**Рис. 5.**  
**Прогноз изменения концентрации соединений азота в зонах аэротенка № 1**



В ходе наладки были выполнены работы:

а) подстройка всех аэротенков по воздуху, распределен воздух между аэротенками № 1,3÷4, а также распределен воздух между аэробными зонами (концентрация кислорода в аэробных зонах составила 1,8÷3,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>);

б) корректировка расхода возвратного активного ила (степень рециркуляции 35÷40 %, при дозе 2,6÷4,7 г/дм<sup>3</sup>);

в) корректировка расхода внутреннего рецикла из конца зоны нитрификации (80÷150 %, при нитратах на выходе 28÷38 мг/дм<sup>3</sup>);

г) корректировка выводимого расхода избыточного активного ила (2040÷2520 м<sup>3</sup>/сут, включая объем ИАИ с 1-й технологической линии) и др.

Проведенные уточнения режима позволили снизить концентрацию фосфатов (по Р) на выходе до 0,2÷0,4 мг/дм<sup>3</sup>.

Эффективность удаления фосфора достигла даже больших величин, чем предусмотрено проектом (см. табл. 5) и было рассчитано при компьютерном моделировании.

**Таблица 5.**  
**Концентрация**  
**загрязняющих веществ**  
**после завершения**  
**пусконаладочных работ**

Наименование показателя	Проектные величины			Фактические величины <sup>1</sup>		
	вход в аэротенк	ПДК	эффективность, %	вход в аэротенк	выход из вторичных отстойников	эффективность, %
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	200	2,0	98,0	200÷355	2,9÷5,6	98,4÷98,6
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	142	7,05	95,0	170÷280	4,3÷6,9	97,5
Азот аммонийный (N-NH <sub>4</sub> )	23,1	0,39	98,3	31÷34	0,4÷0,8	97,6÷98,5
Фосфаты по фосфору (P-PO <sub>4</sub> )	3,02	0,2	93,4	4,5÷5,0	0,2÷0,4	92,0÷95,6

Сделан вывод, что столь высокая эффективность дефосфотации обусловлена попаданием в систему биологической очистки ила с первой технологической линии с высоким содержанием железа, что приводит к дополнительному химическому связыванию фосфатов. Наличие значительного количества вторичных отстойников позволило поддерживать высокую дозу ила и аккумулировать в нем фосфаты. Таким образом, благодаря особенности сточных вод и наличию анаэробной зоны, на станции без применения реагентов реализовано химико-биологическое удаление фосфора.

<sup>2</sup> Фактические данные согласно результату анализа среднесуточной пробы, после недели функционирования по установленному технологическому режиму.

Также были предложены и реализованы следующие шаги по корректировке механической ступени очистки:

а) выключение из работы одной решетки, что позволило исключить отложение песка в каналах решеток из-за малой скорости воды. Каналы решеток не должны брать на себя функцию песколовков;

б) выключение из работы одной песколовки, что позволило сократить время пребывания осадка в остальных песколовках, тем самым снизить количество органических веществ, оседающих с песком;

г) нормализация ситуации в системе обработки осадка позволила в целях оптимизации удаления азота и фосфора выключить из работы один из трех первичных отстойников (рис. 6) и сократить время пребывания осадка в остальных первичных отстойниках. В результате выросли концентрация органических веществ поступающих на биологическую очистку и соотношение БПК/Н и БПК/Р;

в) регулирование системы откачки осадка из первичных отстойников, что позволило снизить влажность откачиваемого сырого осадка с 98,3 % до 95,5 % и, соответственно, уменьшить объем перекачки.

## Выводы

**В РЕЗУЛЬТАТЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТОВ ЗАО НПФ «ЭкоТОН», ЗАО «Фирма «СЭНС» И ЭКСПЛУАТИРУЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА МУП «ЛиСА» БЫЛ ОПТИМИЗИРОВАН ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ВТОРОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЧАСТИ г. Липецк (рис. 7), в условиях проведения реконструкции, что позволило:**

**а) получить высокие показатели эффективности очистки в аэротенках № 1 и 4 и сократить платежи за загрязнение водного объекта;**

**б) снизить энергоёмкость процесса и себестоимость очистки;**

**в) на основании работы аэротенка № 1 внести предложения по корректировке реконструируемого аэротенка № 2;**

**г) увеличить устойчивость технологического процесса, проверенного даже при наличии залповых сбросов жиров и др. ингибирующих биологическую очистку веществ.**

**Полное достижение установленных нормативов допустимых сбросов веществ в водный объект будет обеспечено после реконструкции аэротенка № 2 (конец 2014 г.) и № 3 (2015 г.). ●**