

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ХОЛОДА**

**IX Международная  
научно-техническая конференция**

**«НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ  
И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В XXI ВЕКЕ»**

*(Санкт-Петербург, 13–15 ноября 2019 г.)*

Том II

Материалы конференции

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2019**

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ BIOWIN

М.Р. Мамедова, С.А. Болегенова, Н.Р. Мажренова,  
Ж.К. Шортанбаева

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Респ. Казахстан

[madinamamedova777@gmail.com](mailto:madinamamedova777@gmail.com)

### Аннотация

Сточные воды являются одним из основных загрязнителей окружающей среды. Для оптимизации очистки сточных вод необходимо использование новейших технологий. В данной статье рассмотрено применение программы «BioWin» для создания модели станции очистки сточных вод на примере конкретного предприятия Республики Казахстан.

### Ключевые слова

Очистка, сточные воды, программа, модель, ил, микроорганизмы, аэробная система, безкислородный процесс.

Для разработки модели станции очистки сточных вод предприятия была использована программа «BioWin» компании EnviroSim. Данная программа позволяет оптимизировать, проектировать и модернизировать очистные сооружения всех типов.

Ядром «BioWin» является запатентованная биологическая модель, которая взаимосвязана с другими моделями процессов (например, модели химического состава воды для расчета рН, модели массопереноса для моделирования кислорода и других газожидкостных взаимодействий).

В этой статье рассматривается поэтапный процесс аноксической (безкислородной) и аэробной очистки сточных вод. Достоинством данного метода является то что, при обработке органических отходов микроорганизмами образуются диоксид углерода и новая биомасса. Аэробные микроорганизмы нуждаются в кислороде, поэтому воздух должен непрерывно циркулировать в резервуаре. Вытесняемый воздух из воздуховода или компрессора смешивается со сточными водами, где аэробные бактерии питаются отходами в воде.

Аэробные микроорганизмы могут действовать как автономные системы для предварительной очистки сточных вод, дополнительно устраняя биохимическую потребность в кислороде (БПК) и взвешенных веществах (ВВ).

Хотя аэробные системы требуют большего количества энергии для аэрации и производят больше ила, чем безкислородные системы, они играют большую роль в очистных сооружениях. Эти системы позволяют промышленным предприятиям соответствовать даже самым строгим экологическим требованиям, что позволяет безопасно сбрасывать сточные воды в грунт. Аэробная обработка также может быть использована специально для удаления азота и фосфора, которая также известна как система биологического удаления питательных веществ (БУПВ).

Биологическая очистка в аноксическом процессе происходит без свободного растворенного кислорода, где окисленные соединения нитрата и сульфата используются для стимулирования метаболических реакций [3].

На рисунке представлена модель станции очистки сточных вод, разработанная с помощью программы «Biowin».

В процессе используются нитраты, образующиеся в зоне аэрации, в качестве источника кислорода для факультативных бактерий в бескислородном бассейне.

Входящий поток сточных вод служат источником углерода для бактерий, рециркуляционные насосы транспортируют нитрат в качестве источника кислорода для бескислородной системы[1–2].

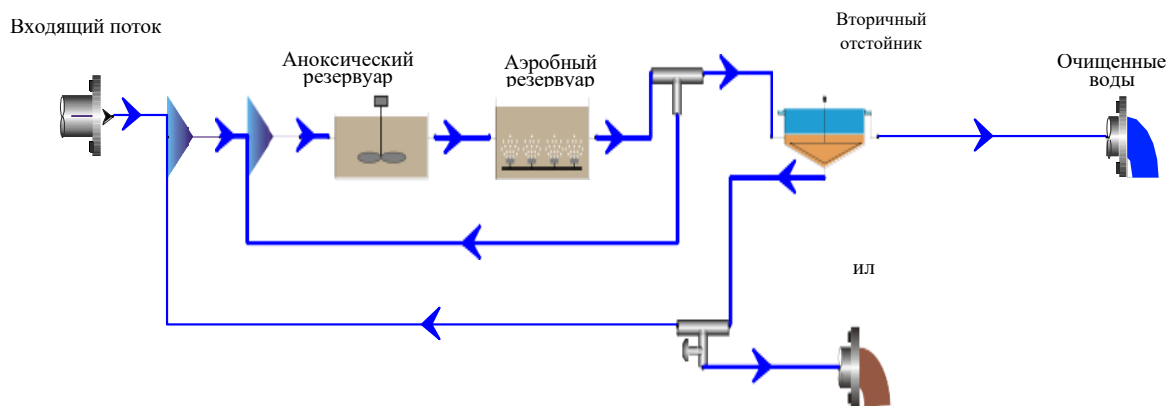


Рисунок. Модель станции очистки сточных вод

Время удержания твердых вещества (в данном случае ил) является наиболее важным конструктивным и рабочим параметром для процесса очистки, поскольку он представляет собой средний период времени, в течение которого биомасса остается в системе до его утилизации.

Это время удержания ила определяет производительность процесса очистки, объем аэробного резервуара, выработку ила и потребность в кислороде. Минимальный возраст ила, необходимый для достижения 100% нитрификации, в данной работе составляет 4,28 дней.

Средняя температура сточных вод принимается равной 14°C для зимнего периода и 22°C для летнего периода.

В соответствии с конструкцией станции очистки сточных вод были реализованы два рециркуляционных потока: от аноксического резервуара до аэробного резервуара, от аэробного резервуара до вторичного отстойника.

Характеристика химической потребности в кислороде (ХПК), азота, взвешенных веществ и фосфористых компонентов, которая также необходима, как при вводе для модели BioWin, детализирована в соответствии с типичным фракционированием промышленных сточных вод и отображена в таб. 1.

Таблица 1

**Характеристики водоочистных сооружений**

Параметры	Характеристики очистных сооружений
Скорость потока м <sup>3</sup> /день	303047
Биологическая потребность в кислороде (БПК) млн <sup>-1</sup>	85
Растворимый БПК млн <sup>-1</sup>	36
Общая химическая потребность в кислороде (ХПК) млн <sup>-1</sup>	176
pH	8
Щелочность (мг CaCO <sub>3</sub> / л)	278
Общее количество взвешенных веществ млн <sup>-1</sup>	58
Летучие взвешенные вещества, млн <sup>-1</sup>	48

Другие входные данные, необходимые для настройки модели – это объем резервуаров, площадь и глубина, количество диффузоров как указано ниже в таб. 2.

Таблица 2

**Информация о конфигурации для всех блоков биорезервуара**

Элемент	Объем, м <sup>3</sup>	Площадь, м <sup>2</sup>	Глубина, м	Количество диффузоров
Аэробный резервуар	4,190E+4	9311,1111	4,500	22710
Аноксический резервуар	1,410E+4	3133,3333	4,500	0

Растворенный кислород был установлен на уровне 2 мг/л, скорость превращения NH<sub>4</sub> в NO<sub>2</sub> и NO<sub>3</sub> снижалась, что приводило к более высоким концентрациям NH<sub>4</sub> в сточных водах. Для нитрита профиль изменения незначителен, с небольшим уменьшением концентрации NO<sub>2</sub> в сточных водах по мере увеличения растворенного кислорода (таб. 3).

Таблица 3

**Операционные данные (поток, взвешенный по мере необходимости)**

Элемент	Среднее РК (растворенный кислород) заданное значение, мг/л
Аэробный резервуар	2,0
Аноксический резервуар	0

В зависимости от их функции отстойники делятся на первичные и вторичные. Первичные осветлители расположены ниже по потоку от головных сооружений очистных сооружений, и их основная цель заключается в удалении осаждаемых взвешенных твердых частиц в приточной установке. В таб. 4 приведённой ниже мы можем ознакомиться с параметрами очистителя сточных вод.

Таблица 4

**Информация о конфигурации всех блоков очистителей «Ideal»**

Элемент	Объем, м <sup>3</sup>	Площадь, м <sup>2</sup>	Глубина, м
Очиститель «Ideal»	2,000E+4	5000,0000	4,000

Преимущество выбора химической потребности в кислороде ХПК в качестве параметра для количественной оценки «прочности» органического материала в притоке, в отличие от биохимической потребности в кислороде (БПК) или общего органического углерода (ООУ), заключается в том, что он обеспечивает согласованную основу для описания процесса активного ила. Вкратце, пригодность ХПК устанавливается с учетом использования органического субстрата (таб. 5).

**Информация о конфигурации для всех химических потребностей  
в кислороде (ХПК) единицы притока**

Элемент	ХПК (приток)
Поток	376050
Химическая потребность в кислороде мг/л	263,00
Общий азот по Кьельдалю мг/л	41,00
Фосфор мг/л	5,00
Нитрат мг/л	0
рН	7,90
Щелочность ммоль/л	6,00
Неорганические взвешенные вещества мг/л	15,00
Кальций мг/л	158,00
Магний мг/л	61,00
Растворенный O <sub>2</sub> мг/л	2,00

Основным параметром мониторинга, являются нитрит-нитрат и аммоний, которые составляют основу конструкции резервуара. Чтобы стимулировать нитрификацию, резервуар эксплуатировали при увеличенной аэрации, чтобы обеспечить более высокое время удерживания для роста нитрификаторов. В таб. 7 показано, что средний уровень нитрит-нитрата в бескислородном резервуаре составляет 0,97 мг/л, а концентрация аммиака – 0,94 мг/л в аэробном резервуаре и стоках.

Таблица 7

**Полученные в ходе симуляции параметры нитрата с нитритом,  
аммония и летучих взвешенных веществ, а также нитрита**

Элемент	Нитрит + Нитрат, мг/л	Аммоний, мг/л	Летучие взвешенные вещества, мг/л	Нитрит, мг/л
Аноксический резервуар	0,97	6,27	3107,90	0,22
Вторичный отстойник	6,13	0,94	8,90	0,99
Аэробный резервуар	6,13	0,94	3103,31	0,99

С помощью подбора различных параметров получено значение углеродистой биохимической потребности в кислороде во вторичном отстойнике – 5,7 мг/л и в аэробном резервуаре – 1742,61 мг/л. В таб. 6 приведены параметры углеродистого БПК и взвешенных частиц.

**Полученные в ходе симуляции параметры углеродистого БПК  
и общее содержание взвешенных веществ**

Элемент	Общая углеродистая БПК, мг/л	Общее содержание взвешенных веществ, мг/л
Аэробный резервуар	1742,61	4018,29
Вторичный отстойник	5,77	11,52

Основная цель этого моделирования состояла в том, чтобы получить раннее указание на то, являются ли предположения, сделанные особенно в отношении схемы потока, действительными, а также проверить, могут ли эксплуатационные данные быть вписаны в модель.

Потенциальные преимущества этой системы для сточных вод обработка включает в себя достижение органического окисления углерода без образования пахучих продуктов брожения, окисления аммиака и сульфида и удаления азота посредством последовательной нитрификации/ денитрификации, тем самым уменьшая возможность загрязнения азотом поверхностных и подземных вод.

В этой системе большая часть органических веществ разлагается в бескислородном резервуаре. Основное назначение аэробных резервуаров состоит в том, чтобы окислить аммиак до нитрата, чтобы снабдить бескислородный резервуар необходимым нитратом, а не для органического разложения. Таким образом, достигается эффективная деградация и денитрификация органических отходов, то есть, увеличивается процент очистки воды, а конечные продукты представляют собой нетоксичные соединения без запаха.

### Литература

1. Asano T., Burton F.L., Leverenz H.L., Tsuchihashi R., Water reuse: issues, technologies, and applications / TD429.W38515 2006 628.1'62–dc22 2006030659
2. Iyyanki V. Muralikrishna, Valli Manickam, Chapter Thirteen - Industrial Wastewater Treatment Technologies, Recycling, and Reuse, //Environmental Management, Butterworth-Heinemann, 2017, pp. 295–336
3. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод// Издательство Ассоциации строительных вузов, 2016 – 704 с.