

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический
университет»

Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств»

Выпускная квалификационная работа

на тему

«Разработка технологии очистки сточных вод с использованием
микроводорослей»

выполнил
студент группы БПБ-41
Фостенко Кирилл Евгеньевич
руководитель профессор, д.т.н.
Дворецкий Дмитрий Станиславович

Тамбов, 2018 г

Актуальность работы



Актуальность работы



Цель и задачи дипломной работы

Целью работы является разработка технологии очистки сточных вод с использованием микроводорослей.

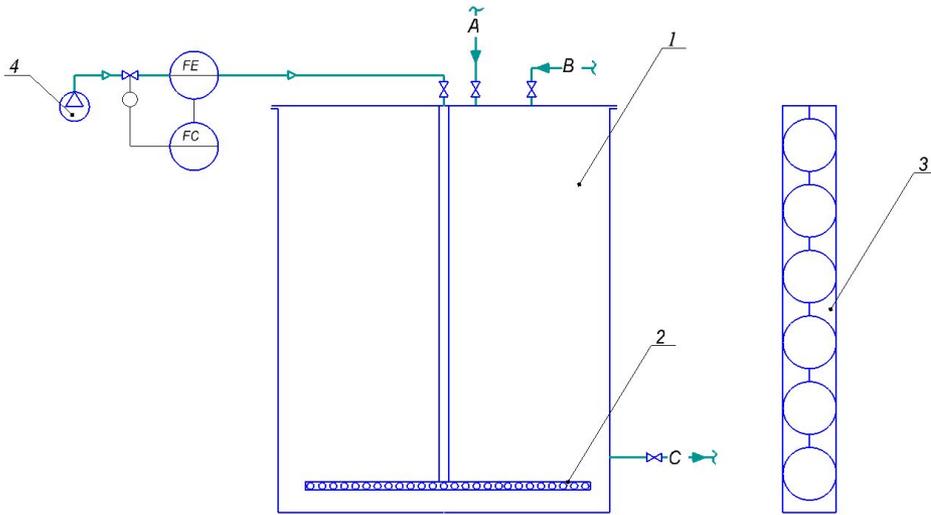


Цель и задачи эксперимента

Цель исследования: Определение кинетики прироста биомассы микроводорослей рода *Chlorella* на муниципальных сточных водах, кинетики убыли ионов аммония и фосфат-анионов из сточных вод в весенне-летний период.

Задачи:

- ▶ Провести культивирование микроводоросли *Chlorella vulgaris* на сточных водах;
- ▶ Определить динамику изменения концентрации фосфат-анионов;
- ▶ Определить динамику изменения концентрации ионов аммония;
- ▶ Определить динамику изменения щелочности;
- ▶ Определить динамику изменения количества биомассы микроводоросли.



A - сточные воды
 B - штамм микроводорослей
 C - суспензия микроводорослей

- 1 - реактор в форме цилиндра (h=400 мм, D= 80 мм);
 2 - барботажное устройство;
 3 - панель с энергосберегающими лампами;
 4 - компрессор

Назначение метода	Принцип метода	Нормативная документация
Определение содержания ионов аммония	Фотометрический	ГОСТ 33045-2014
Определение содержание фосфат-анионов	Фотометрический	ГОСТ 18309-2014
Подсчет в счетной камере	Прямой подсчет	Лабораторный практикум
Измерение pH	Потенциометрический	ГОСТ 26188-84

Эксперимент

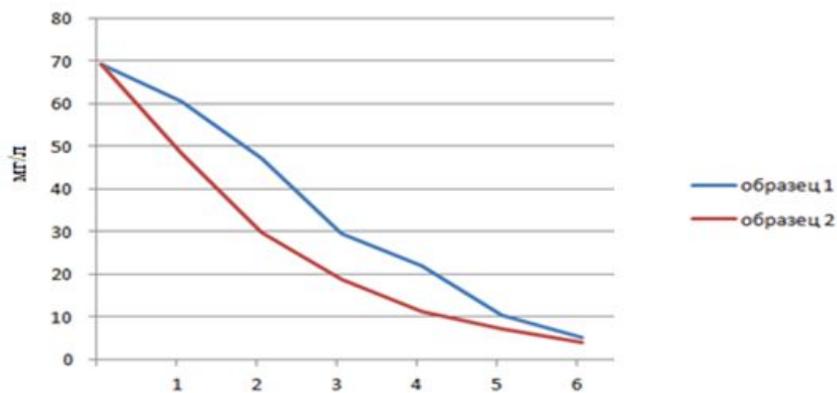


График зависимости убыли ионов аммония к количеству дней

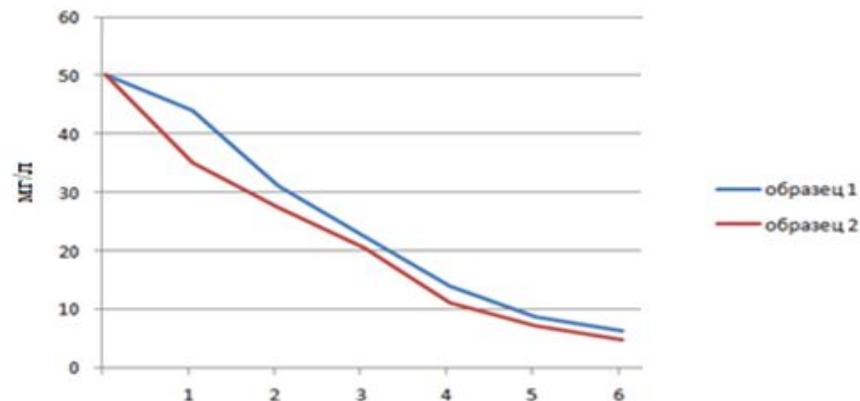


График зависимости убыли фосфат-анионов к количеству дней

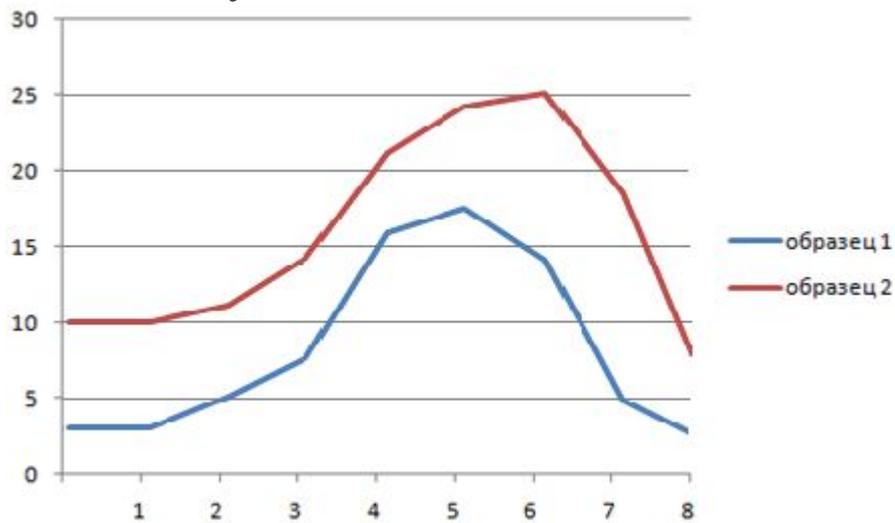
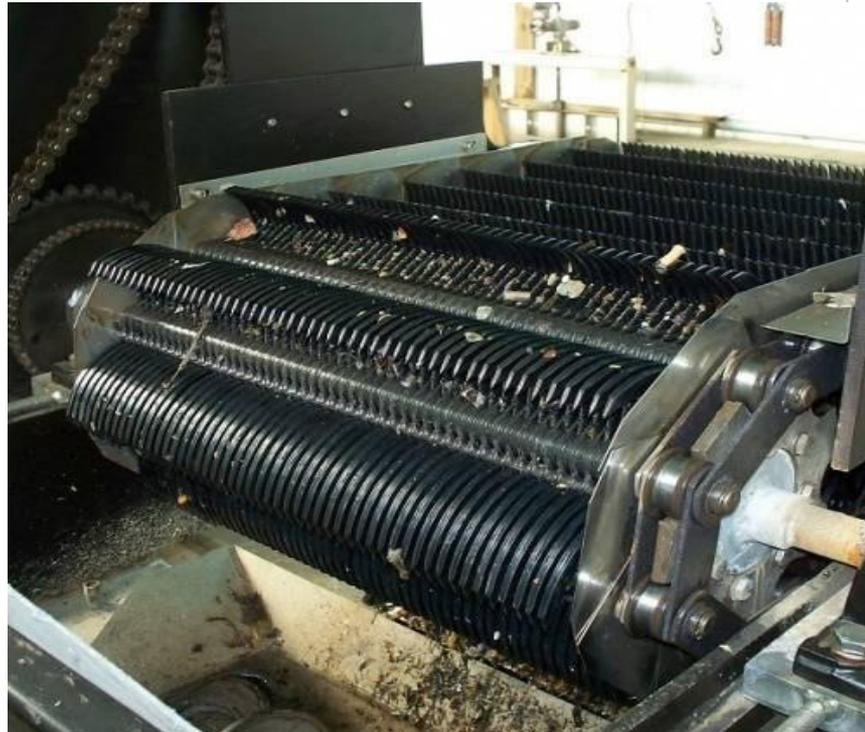


График зависимости прироста биомассы клеток микроводоросли к количеству дней

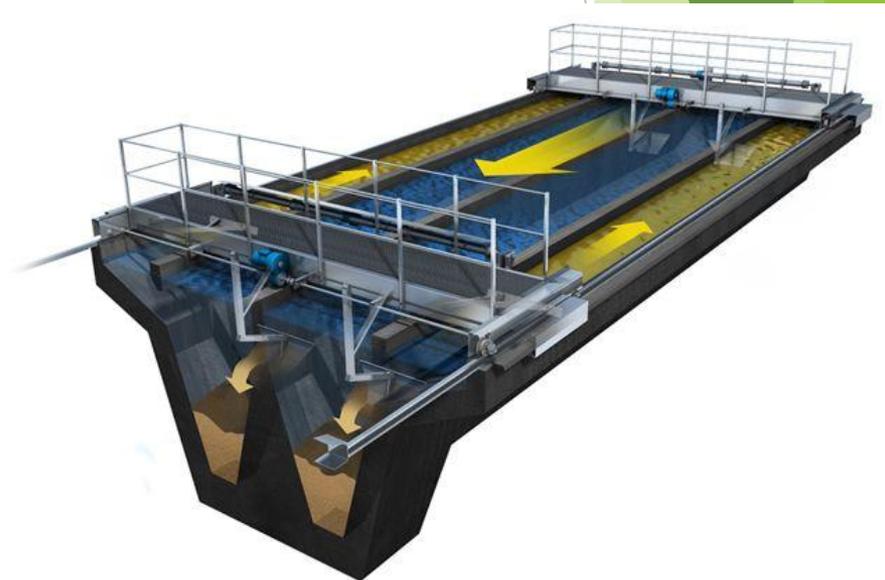
Первичная очистка на решетках

- ▶ Первичная очистка на решетках представляет собой дробление крупных загрязнение присутствующих в сточных водах и перенос их в емкость для мусора
- ▶ На решетку попадают частицы размера более 1 см
- ▶ Процесс непрерывный
- ▶ Используется ступенчатая решетка фирмы «Джоунс энд Аттвуд» с производительностью 650 л/ч



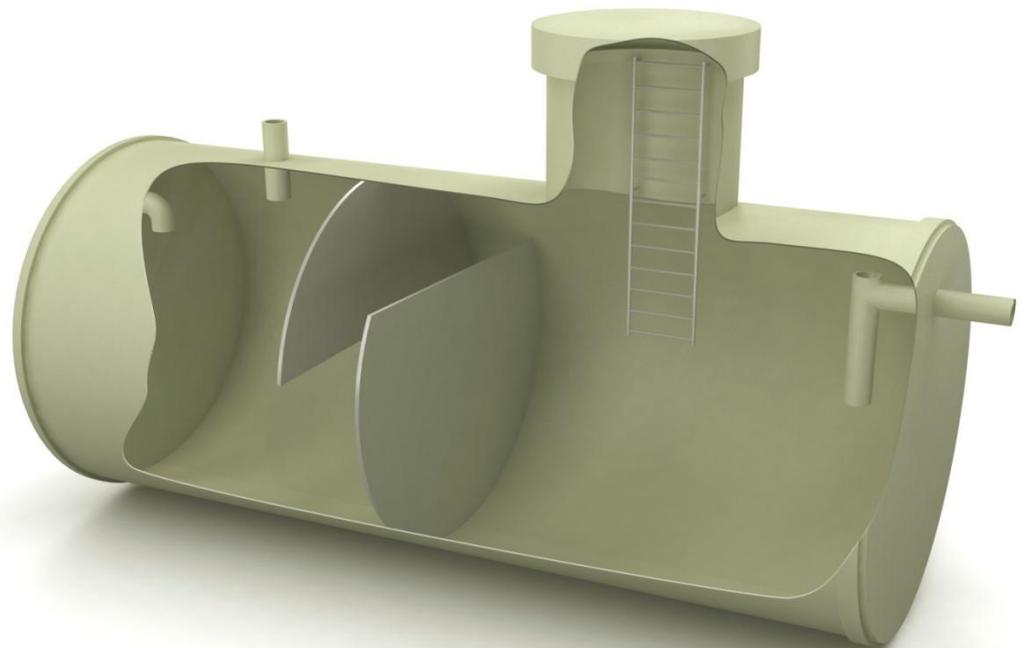
Очистка на песколовках

- ▶ Под действием сил тяжести песок и другие мелкие частицы оседают на дно песколовки и в дальнейшем при помощи насоса попадают в бункер для песка
- ▶ На песколовках происходит очистка от мелких загрязнений с диаметром части до 0.1 мм
- ▶ Процесс непрерывный
- ▶ Используется горизонтальная песколовка АРН-1000 с пропускной способностью 1000 л/ч



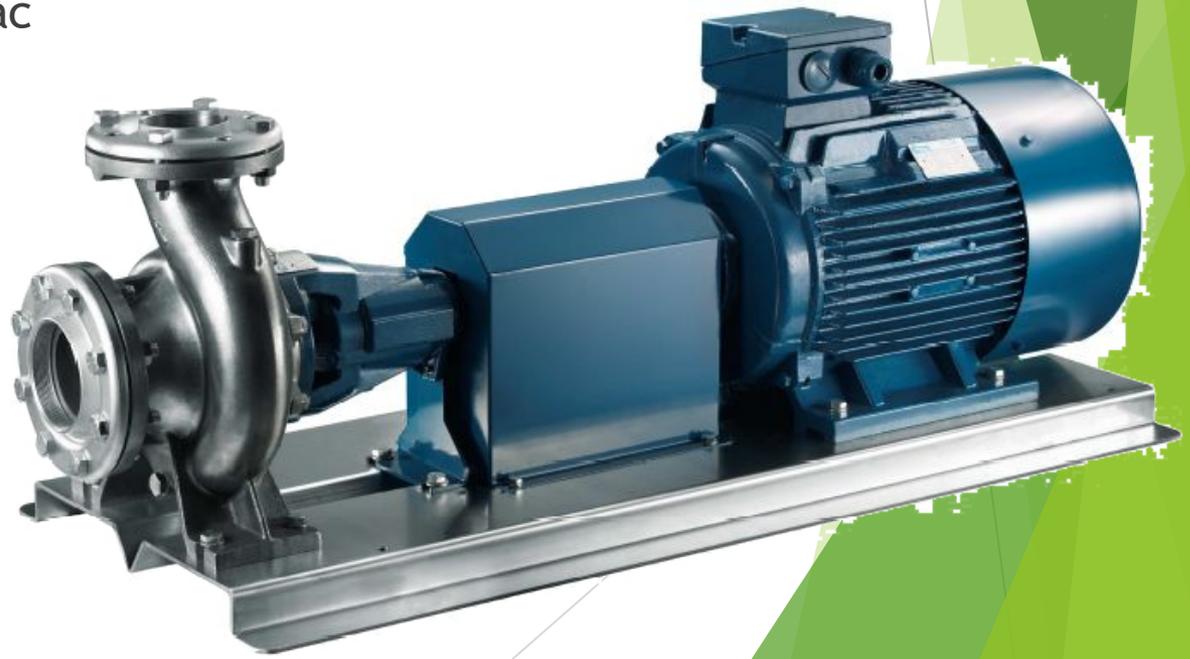
Сепарация жира

- ▶ Сепарация жиров осуществляется в жироловках, как известно жиры и масла остаются на поверхности воды, благодаря этому свойству были построены специальные устройства с перегородками внутри, для задержки всех жиров на поверхности
- ▶ Процесс непрерывный
- ▶ Используется жироловка Евролос НМ-650 с производительностью 650 л/ч



Дозирование

- ▶ Дозирование — это механический процесс отмеривания заданной массы или объема, цель которого обеспечить подачу в смесь установленного по рецепту или регламенту количества компонентов
- ▶ Дозирование сырья включает в себя дозирование подготовленных сточных вод в инокулятор и пруд с принудительным перемешиванием
- ▶ Используется насос Pedrollo HF-4 с пропускной способностью 1500 л/час
- ▶ Напором до 2.5 м



Приготовление посевного материала

- ▶ Посевной материал – это суспензия, содержащая однородные молодые и жизненно-активные клетки микроводоросли, способные интенсивно расти и размножаться в культуре
- ▶ Подготовка посевного материала представляет собой процесс размножения клеток посевного материала достаточного для производственного процесса.

Начальная концентрация клеток

4 млн. кл./мл

Условия $t=15-27^{\circ}\text{C}$; $\text{pH}=7-8$; $T=3$ сут

Приготовление посевного материала происходит в инокуляционном пруду объемом 6 м^3

Выполнен из бетона и выстлан изолирующим пластиком



Культивирование

▶ Культивирование представляет собой выращивание культуры в заданном режиме

▶ Начальная концентрация клеток 8-9 млн. кл./мл

Условия $t=15-27^{\circ}\text{C}$; $\text{pH}=7-8$; $T=6$ сут

Режим культивирования непрерывный

Культивирование происходит в пруду с принудительным движением объемом 80 м^3

▶ Выполнен из бетона и выстлан изолирующим пластиком

Показатели, обязательные для проверки	Сточные воды	Очищенная вода
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
Окраска столба жидкости высотой 10 см	разная	бесцветная
взвешанных веществ	не более 222	не более 6,0
азота аммонийных солей	не более 75	не более 5,6
фосфатов ($\text{P}_2\text{O}_5^{2-}$)	не более 55	не более 10



Центрифугирование

- ▶ Центрифугирование – это механический процесс, цель которого разделение неоднородных систем на фракции по плотности при помощи центробежных сил.
- ▶ Используется центрифуга – осадительная горизонтальная, со шнековой выгрузкой осадка ОГШ-325-3Н

Скорость вращения, об/мин	600
Мощность электродвигателя, кВт	10
Производительность, м ³ /ч	3,2



Экономическое обоснование проекта

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя
1 Годовой объем производства, $Q_{\text{пр}}$	т.	150
2 Безубыточный объем производства, $Q_{\text{б}}$	т.	2,5
3 Запас финансовой безопасности, $ЗФБ$	%	98,3
4 Капиталовложения в проект, K	руб.	10 576 189,5
5 Себестоимость единицы продукции, C в том числе:	руб.	375 579,76
- условно-постоянные расходы, $З_{\text{пост.}}$	руб.	1 367 669,63
6 Рентабельность продукции, R	%	29,37
7 Цена реализации единицы продукции, $Ц$	руб.	531820
8 Максимальный прирост денежных поступлений, $ДП_{\text{т}}$	руб.	5 667 218,7
9 Норма дисконта, E	%	10,5
10 Чистый дисконтированный доход, $ЧДД$	руб.	8 765 758
11 Внутренняя норма доходности, $ВНД$	%	16,34
12 Индекс доходности инвестиций, $ИД$	доли ед.	1,13
13 Срок окупаемости инвестиций, $T_{\text{ок.}}$	годы	3,55
14 Горизонт расчета, T	годы	4

ВЫВОДЫ

- ▶ Выполнен анализ информационных источников по способам очистки сточных вод и обоснован выбор технологического решения для дипломной работы;
- ▶ Разработана эскизная технологическая схема производства и составлено описание технологических процессов для её реализации;
- ▶ Проведено экспериментальное исследование по изучению кинетики убыли ионов аммония и фосфат-анионов из сточных вод.
- ▶ Выполнены технологические расчеты предприятия по очистке сточных вод на заданную мощность;
- ▶ Разработана принципиально технологическая схема с системой автоматизации технологических процессов линии очистки сточных вод с использованием микроводорослей;
- ▶ Предложены мероприятия по технoхимическому контролю линии очистки сточных вод с использованием микроводорослей.
- ▶ Рассчитаны показатели эффективности проекта. По результатам расчета экономический эффект составляет 8 765 758, а срок окупаемости 3.5 года.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Автоматизация

Стадия производства	Контролируемый параметр	Область значения	Диапазон измерений	Средство измерения	Исполнитель
1	2	3	4	5	6
Инокуляция микроводорослей	pH	6,5...7,5	0...14	pH-метр pH-4121	оператор
	уровень	80 %	0...100 %	Измеритель-сигнализатор уровня ИСУ-100И	Электромагнитный клапан ЭПК-1
Культивирование микроводорослей	pH	6,5...7,5	0...14	pH-метр pH-4121	оператор
	уровень	60 %	0...100 %	Измеритель-сигнализатор уровня ИСУ-100И	Электромагнитный клапан ЭПК-1
Культивирование микроводорослей	уровень	70 %	0...100 %	Измеритель-сигнализатор уровня ИСУ-100И	Электромагнитный клапан ЭПК-1
Накопление биомассы в бункере	уровень	90 %	0...100 %	Измеритель-сигнализатор уровня ИСУ-100И	Электромагнитный клапан ЭПК-1

Наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Методы испытания и средство контроля	Кто контролирует
Очистка на жиroleвках	Концентрация жиров	Каждые 3 часа	0.4 мг/л	Гравиметрический	Лаборант
Подготовка питательной среды	pH	Каждые 6 часов	6,5-7,5	Потенциометрический	Оператор подготовительного отделения
Подготовка питательной среды	Концентрация клеток	Каждые 6 часов	4 млн. кл/мл	Прямой подсчет	Лаборант
Пруд с принудительным движением	Ионы аммония	Каждые 12 часов	3-5.5 мг/л	Фотометрический	Лаборант
Пруд с принудительным движением	Фосфат анионы	Каждые 12 часов	3.1-6.5 мг/л	Фотометрический	Лаборант
Пруд с принудительным движением	pH	Каждые 12 часов	6,8-7,2	Потенциометрический	Лаборант
Определение качества готового продукта (биомасса)	Влажность Концентрация клеток	Каждые 6 часов	Не более 70% 14 млн. кл/мл- 19 млн. кл/мл	Высушивание	Инженер по качеству
Определение качества готового продукта (сточные воды)	Ионы аммония Фосфат анионы ОМЧ	Каждые 6 часов	3.1-6.5 мг/л 6,8-7,2 мг/л не более 100 КОЕ/100 мл	Фотометрический Оптический метод	Инженер по качеству