

УДК 628.35.001.24

Применение воздушной аэрации для удаления иммобилизованного ила с ершовой загрузки в аэротенке-биореакторе

© Д.А. Гриценюк, А.Е. Широков

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Приведена установка для воздушной регенерации ершовой загрузки, собранной в лабораторном кабинете ИРНТУ. Было проведено несколько регенераций с различной продолжительностью при одинаковом удельном расходе по воздуху. Первую регенерацию ершовой загрузки проводили при $t = 30$ с, дальнейшие регенерации равные: 1, 2, 3 мин. проводили через промежуток в 90 мин соответственно. Было установлено, что продолжительность времени для эффективного удаления прикрепленной к инертной синтетической загрузке «ёрш» микрофлоры, при удельном расходе по воздуху $7,69 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ может быть принята не менее 2 мин.

Ключевые слова: активный ил, аэротенк, концентрация свободно плавающего ила, интенсивность воздушной регенерации

Aeration Usage to Remove Immobilized Sludge from the Brush Loading in the Bioaeration Tank

© Dmitry A. Gritsenyuk, Alexander E. Shirokov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

The article presents the installation for the air regeneration of the brush loading assembled in the laboratory of INRTU. The installation had several regenerations with different duration with the same specific air consumption. The first regeneration of the brush loading was carried out at $t = 30$ s, further regenerations were equal: 1, 2, 3 minutes, carried out through the interval of 90 minutes, respectively. It was found that the length of time for the effective removal of microflora attached to an inert synthetic brush load, with a specific air consumption of $7.69 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \text{ h})$, can be taken at least 2 minutes.

Keywords: activated sludge, aerotank, concentration of free-floating sludge, air regeneration intensity

Широко применяемое направление интенсификации биологической очистки сточных вод – увеличение дозы активного ила в аэротенке. Увеличение дозы ила в аэротенке и соответственно увеличение его окислительной мощности, является одним из перспективных направлений интенсификации работы биологических очистных сооружений [1–3].

Применение инертной синтетической загрузки в качестве носителей биомассы имеет и свои трудности. Загрузка требует периодического обновления иммобилизованной биомассы, так как самопроизвольного отделения биомассы при ее отмирании не происходит, требуется периодически регенерировать загрузку – удаляя с нее иммобилизованный ил, в том числе для предотвращения вторичного загрязнения воды [1–4].

Применение иммобилизованных микроорганизмов обеспечивает лучшую их защищенность от воздействия ядовитых веществ и увеличивает концентрацию микроорганизмов в аэротенке-биореакторе. Иммобилизованный ил менее чувствителен к токсичным веществам, поступающим в аэротенк. Загрузка увеличивает производительность станции биологической очистки на ~ 30 %, повышает устойчивость биологических сооружений к залповым сбросам вредных веществ, обеспечивает процесс денитрификации [1].

Обзор литературных данных по способам регенерации синтетической инертной загрузки в аэротенках-биореакторах, показал их трудоемкость и энерго- и трудозатратность [1, 3–5].

В данной работе поставлена задача по оценке эффективности смывания иммобилизованного ила воздушным способом и подбору технологических параметров процесса.

Схема установки с физической моделью биореактора, на которой проводилось изучение воздушной регенераций синтетической инертной загрузки, показана на рис. 1. Модельная ячейка аэротенка-биореактора представляет собой вертикальный поперечный разрез объемного аэрационного сооружения.

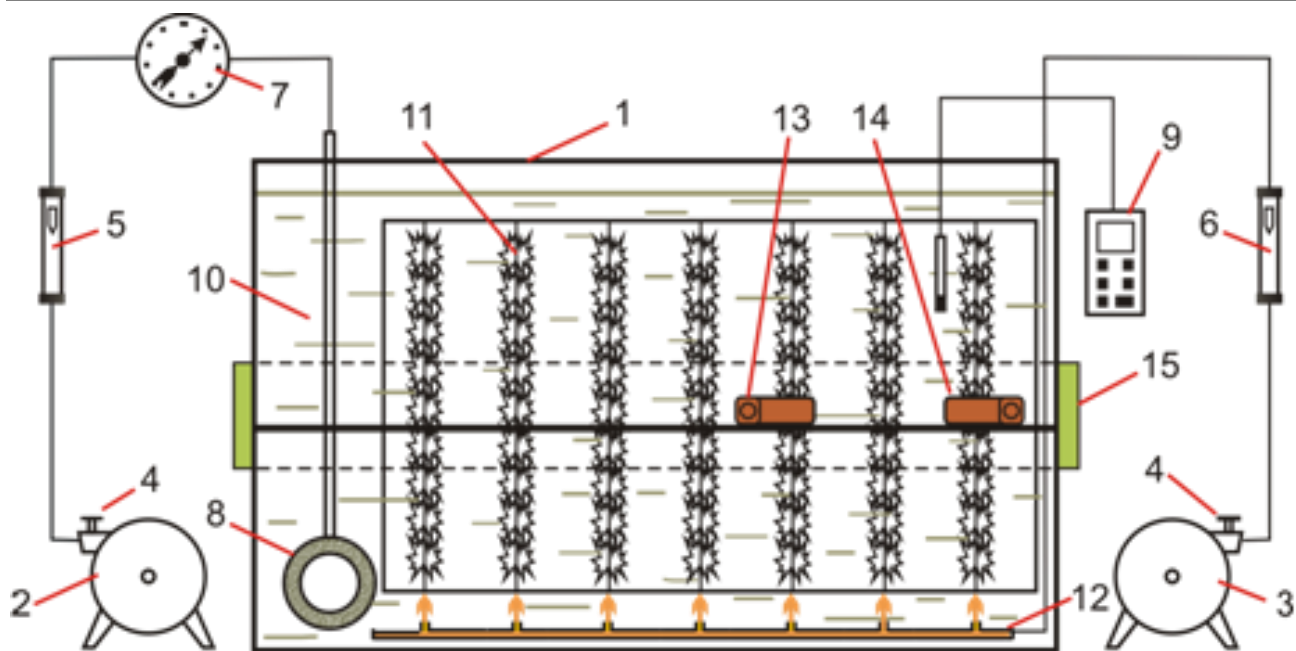


Рис. 1. Схема установки для воздушной регенерации ершовой загрузки:
 1 – модельный биореактор; 2 – компрессор с ресивером для аэрации водно-иловой смеси;
 3 – компрессор с ресивером для регенерации; 4 – кран для регулирования расхода воздуха
 и сброса его в атмосферу; 5 и 6 – ротаметр; 7 – манометр; 8 – мелкопузырчатый аэратор;
 9 – электронный термометр; 10 – водно-иловая смесь; 11 – инертная синтетическая
 загрузка типа «ерш»; 12 – среднепузырчатый регенератор загрузки; 13 и 14 – люксметр;
 15 – лампа для освещения водно-иловой смеси

В биореактор помещалась ершовая загрузка 11 фиксировано закрепленная на раме. Ерши крепились к раме вертикально с шагом 100 мм, чтобы на 1 м³ объема модельной ячейки приходилось в среднем 50 погонных метров «ершей». В ячейке размещались 7 вертикальных «ершей» длиной 0,62 м и диаметром 50 мм. Общая длина ершовой загрузки составляла 4,34 м.

Интенсивность светового потока, проходящего через водно-иловую смесь, контролировалась люксметром НТ-307 14 в периферийном контуре. Установка воздушной регенерации ершовой загрузки включала компрессор 3 для подачи заданного расхода воздуха в среднепузырчатый регенератор 12 через ротаметр 6. Регенератор выполнен из медной трубки диаметром 10 мм с семью отверстиями диаметром ~ 2 мм, расположенными под ершовой загрузкой.

Для определения концентрации свободноплавающего ила ($C_{СП}$) в биореакторе применяли метод калибровочного графика, т.е. построили зависимость концентрации свободноплавающего ила от интенсивности освещенности λ , измеряемой люксметром.

Возможность физического моделирования газогидродинамических процессов в аэротенке определяется пузырьками воздуха, выходящими из аэратора 8, размеры которых обуславливаются материалом фильтрующей поверхности.

При условии равенства скорости движения жидкости v_f в производственных аэротенках с таковой в модельном аэротенке при неизменных других гидродинамических параметрах, безразмерные критерии, определяющие физическое подобие, идентичны.

По дозе ила, находящегося в свободноплавающем состоянии, до и после регенерации, проводили расчет эффективности регенерации \mathcal{E} иммобилизованного ила по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{C_{СП}^н - C_{СП}^к}{a_{\Sigma} - C_{СП}^к} \cdot 100\%,$$

где $C_{СП}^н$ – концентрация свободноплавающего ила после регенерации; $C_{СП}^к$ – концентрация свободноплавающего ила до регенерации; a_{Σ} – общая доза ила в модели, г/л.

Для достижения квазистационарного процесса осаждения ила на ершовой загрузке проводили несколько воздушных регенераций и, контролируя процесс во времени, определяли концентрацию свободноплавающего ила в объеме ершовой загрузки при различной интенсивности удельной воздушной регенерации. Практический интерес представляет зависимость эффективности регенерации ершовой загрузки от времени воздушной среднепузырчатой регенерации.

Для определения времени регенерации воздушным способом достаточного для максимального удаления прикрепленной к синтетической загрузке типа «ёрш» микрофлоры, провели несколько регенераций с различной продолжительностью, при одинаковом удельном расходе по воздуху (рис. 2). Общая доза ила в модели аэротенка-биореактора составляла 0,38 г/л.

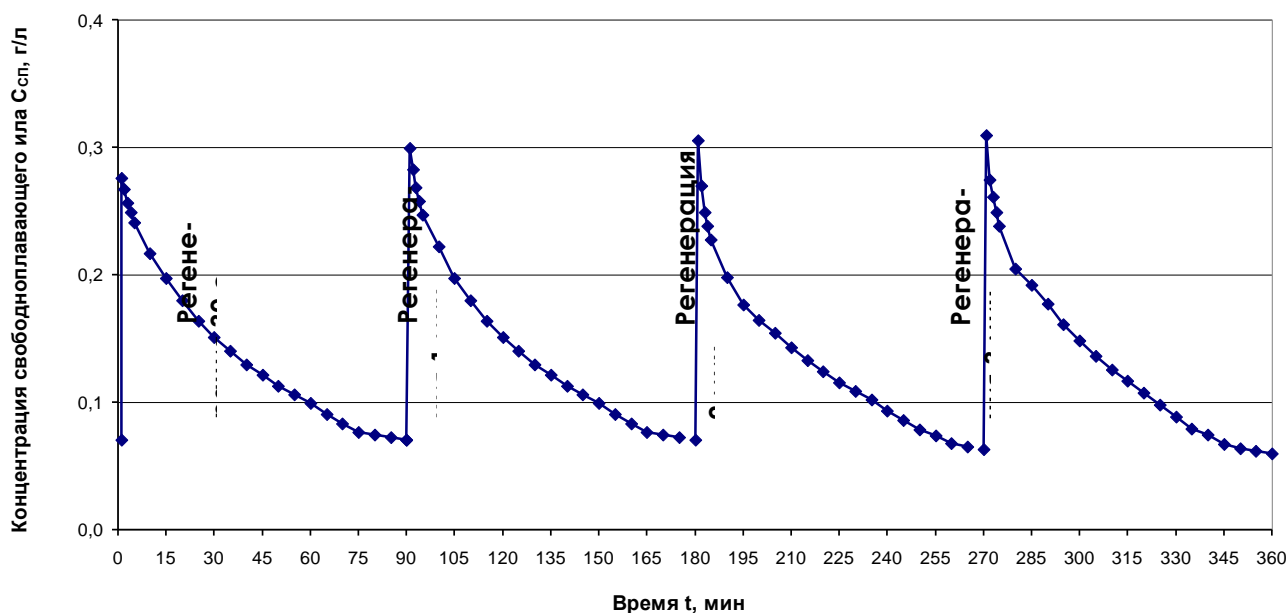


Рис. 2. Кинетика изменения концентрации свободно плавающего ила при различной продолжительности воздушной регенерации

Первую регенерацию ершовой загрузки проводили при $t = 30$ сек., дальнейшие регенерации равные: 1 мин., 2 мин., 3 мин. проводили через промежуток в 90 мин. соответственно. За 90 мин. кинетика седиментации ила на ершах переходила в стационарное состояние.

Эффективность регенерации в диапазоне от 30 с до двух минут составила $\mathcal{E}_{\min} = 66,4 \%$ и $\mathcal{E}_{\max} = 76,5 \%$, т.е. изменилась на $\sim 10 \%$. Дальнейшее увеличение времени регенерации до 3 и 4 мин. повысило эффективность регенерации до 77 %, т.е. на $\sim 1 \%$. Следовательно, продолжительность времени для эффективного удаления прикрепленной к инертной синтетической загрузке «ёрш» микрофлоры, при удельном расходе по воздуху $7,69 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ может быть принята не менее 2 мин.

Постоянно действующая воздушная регенерация ершовой загрузки обеспечивает квазистационарное состояние седиментации и смывания активного ила, не обеспечивая его иммобилизацию на ершах, что исключает положительное влияние инертной загрузки.

Для осуществления процессов денитрификации и совместного действия свободно плавающего и иммобилизованного ила рекомендуется проводить воздушную регенерацию один раз в сутки [1, 4].

Использование среднепузырчатой воздушной регенерации позволило получить максимальную величину эффективности очистки ершовой загрузки 91% при интенсивности воздушной регенерации $J_g = 11,45 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ (рис. 3).

Эффективность регенерации при $J_g = 5,12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ составила 76 %, а при $J_g = 7,47 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ – 79 % соответственно.

Увеличение эффективности воздушной регенерации ершовой загрузки свыше $\sim 80 \%$ экономически нецелесообразно, так как увеличение интенсивности воздушной регенерации в 1,5 раза (с $7,47$ до $11,45 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$) приводит к увеличению эффективности регенерации на $\sim 12 \%$ и составляет 91 % (рис.4).

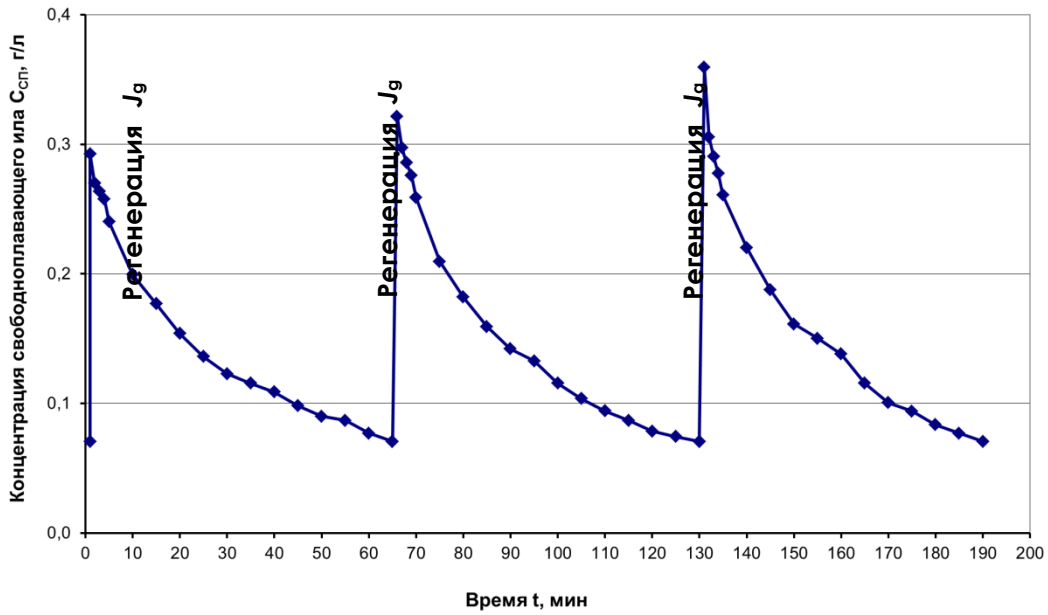


Рис. 3. Динамика концентрации свободно плавающего ила при различной интенсивности воздушной регенерации ершовой загрузки:
 ($J_g = 5,12 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $t = 2 \text{ мин.}$; $J_g = 7,47 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $t = 65 \text{ мин.}$;
 $J_g = 11,45 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $t = 132 \text{ мин.}$)

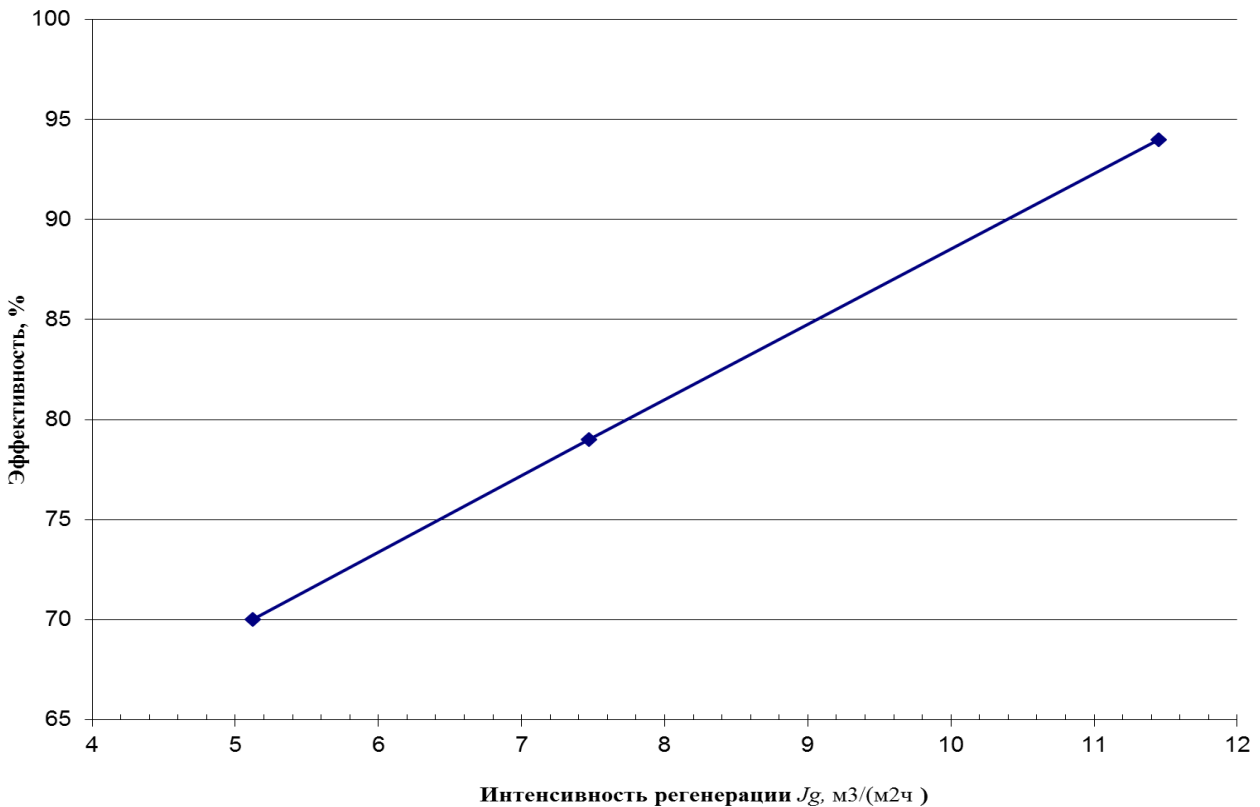


Рис. 4. Зависимость эффективности от интенсивности воздушной регенерации ершовой загрузки

Таким образом, экспериментально определены технологические параметры воздушной регенерации иммобилизованного на ершовой загрузке ила. Показана достаточная эффективность регенерации ила с использованием метода физического моделирования гидродинамических процессов в аэротенке.

Библиографический список

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. Москва. 2003. 512 с.
2. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю., Сосна В.М. Регенерации синтетической загрузки в биореакторе // Известия Вузов. Строительство. Новосибирск. 2013. № 1. С. 92–101.
3. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю., Сосна В.М. Кинетика иммобилизованного и свободно плавающего ила в биореакторе при среднепузырчатой регенерации ершовой загрузки // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. N 2. С. 146–152.
4. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю., Зеленин А.М., Сосна В.М. Использование иммобилизованного ила для запуска биологической очистки КОС после аварийных разрушений аэротенка // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2014. N 3. С. 39–50.
5. Кульков В.Н., Солопанов Е.Ю. Оценка эффективности регенерации синтетической загрузки в биореакторе // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. N 3. С. 77–84.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Гриценюк Дмитрий Александрович,

магистрант кафедры «Инженерные коммуникации и системы жизнеобеспечения»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: dimagricenuk@mail.ru

Dmitry A. Gritsenyuk,

Postgraduate Student of Engineering Communications and Life Support Systems Department
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: dimagricenuk@mail.ru

Широков Александр Евгеньевич,

аспирант кафедры «Инженерные коммуникации и системы жизнеобеспечения»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: a_shirokov_vr@bk.ru

Alexander E. Shirokov,

Advanced Student of Engineering Communications and Life Support Systems Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia,
e-mail: a_shirokov_vr@bk.ru