

## Применение аэрационно-осветительной установки в биологическом фильтре

*С.В. Старовойтов, А.С. Халил*

*Академия строительства и архитектуры Донского государственного  
технического университета, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** изучается эффективность использования аэрационно-осветительной установки в процессе биологической очистки сточных вод.

**Ключевые слова:** биологический фильтр, биологическая очистка, энергоэффективность, водоочистка, освещенность, аэробность, биомасса, активный ил, микроорганизмы, аэротенк, аэратор.

Статья направлена на практическое определение эффективности использования аэрационно-осветительной установки в процессе биологической очистки сточных вод. Сточные воды – поток жидкости, загрязненный отходами жизнедеятельности организмов или отходами производственной деятельности населения. Для «здорового» использования таких вод в дальнейшем необходимо провести ряд мер, включая биологическую очистку. По своей сути, биологическая очистка представляет собой ряд процессов, направленных на очистку природных водоемов от многих органических и некоторых неорганических примесей, при попадании в них избытка таких соединений.

Основной процесс происходит в открытом бассейне, аэротенке, содержимое которого перемешивается и снабжается кислородом с помощью мешалок и воздуходувок разных конструкций. Процесс осуществляется путем сорбции и окисления осевшем слоем ила аэротенка, а также активным илом, закрепленном на носителях биомассы. Контролируемая подача воздуха, обеспечивает поддержание в аэротенке содержания кислорода в пределах 10 – 40 % насыщения воздухом. Растворенные и суспендированные загрязнения окисляются сложным микробным сообществом, при этом удаление органических загрязнений достигает часто 99 % от первоначального.

---

Загрязнения сточных вод являются для многих микроорганизмов источником питания, при использовании которого они получают всё необходимое для их жизни - энергию и материал для конструктивного обмена (восстановления распадающихся веществ клетки, прироста биомассы).

Изымая из воды загрязнения в виде питательных веществ, микроорганизмы очищают от них сточную воду, но одновременно они вносят в неё новые вещества - продукты обмена [1].

Биоценоз бактерий и простейших организмов, представленный агрегатами (флоками) неправильной формы размером до 1-2мм., образует активный ил (рисунок 1), в котором простейшие - инфузории родов *Paramecium* и *Vorticella*, и амёбы. Простейшие питаются преимущественно одиночно плавающими микробными клетками [2].



Рисунок 1. Простейшие микроорганизмы в активном иле

По природе и механизму действия простейшие делятся на две большие группы – анаэробные, требующие углерод и не органически связанный кислород (сульфаты, нитриты, нитраты и т. п.), и аэробные, требующие растворенный в воде кислород, поступающий при аэрации [3, 4].

Таким образом, микроорганизмы улучшают способность активного ила к осаждению, что является ключевым свойством, позволяющим контролировать систему, и осуществляют обеззараживающую функцию. А с отсутствием простейших, увеличивается количество взвешенных микробных клеток, которые выносятся с очищенной водой, что ухудшает ее качество.

Процесс биоценоза подвержен ряду воздействующих абиотических факторов:

- состав очищаемых сточных вод;
- наличие в очищаемых водах токсичных веществ;
- освещенность и температура;
- содержание растворённого кислорода в иловой смеси;
- разнообразие растворённых питательных веществ. [5]

В природе, микроорганизмы растут в водоемах или бассейнах под солнцем – открытым способом. На окислительные свойства микроводорослей влияет тот факт, что в средних широтах, около половины года биологическая очистка находится в условиях отсутствия освещенности. Перспективным направлением для очистки сточных вод является применение закрытых фотобиореакторов с использованием искусственного света для освещения в тёмное время суток, при этом с пониженной интенсивностью подачи кислорода [6, 7]. Данная технология, благодаря использованию освещения, увеличивает окислительную способность.

Второй фактор – поступление кислорода. Степень аэробности среды (насыщения среды кислородом) может быть охарактеризована величиной окислительно-восстановительного потенциала, который выражают в единицах  $гН_2$ . Т.е. регулируя подачу кислорода, можно затормозить или вызвать активное развитие той или иной группы микроорганизмов [8].

Нами была сконструирована универсальная световая установка (рисунок 2), с использованием светодиодной ленты и интегрированным аэратором, позволяющая сузить спектр излучения до требуемого и упрощающая эксплуатацию. А для анализа эффективности, установка была помещена в биофильтр системы очистки оборотных вод действующей рыбопроизводной фермы (рисунок 3). После биофильтра с используемой установкой, был установлен механический фильтр, где задерживались твердые частицы и часть коллоидных веществ.

Ранее используемый биологический фильтр, установленный на рыбноводческой ферме, позволял снизить химическое потребление кислорода (ХПК) на 50%, а биологическое потребление кислорода (БПК) на 5% (таблица 1). Спустя 10 дней после интеграции аэрационно-осветительной установки в биологический фильтр, были отобраны пробы и отправлены на анализ в аккредитованную лабораторию. По результатам экспертизы наблюдается снижение ХПК на 90%, а БПК на 81% [9, 10].

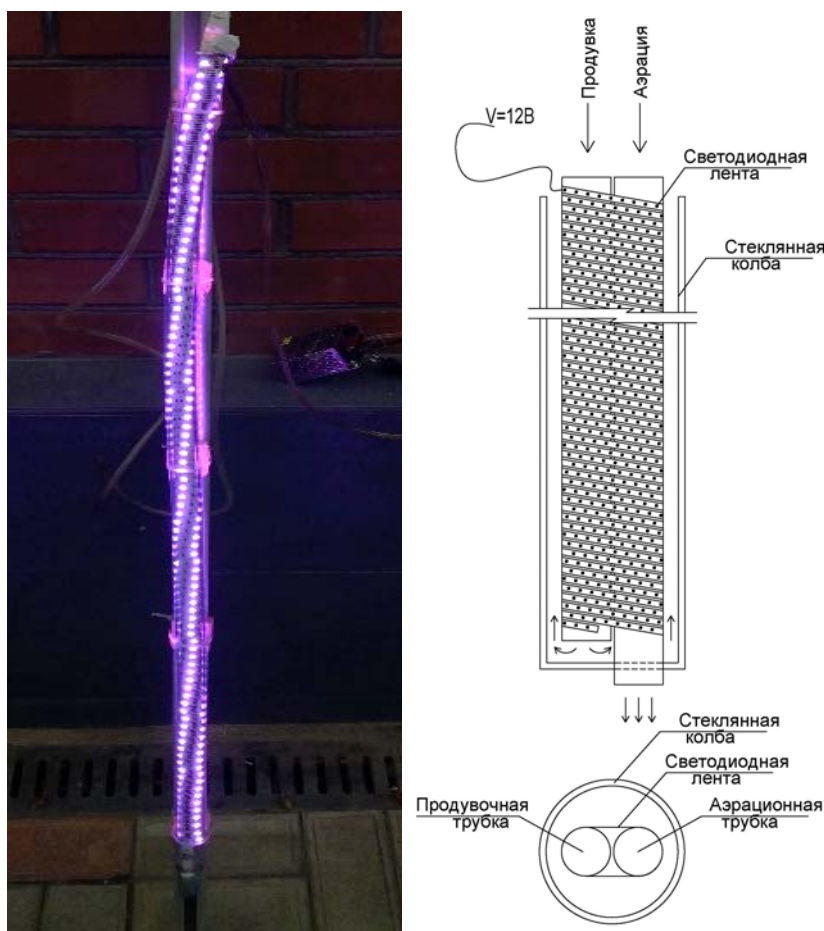


Рисунок 2. Световая трубка с интегрированным аэратором.

До модернизации биофильтра, эффективность очистки вод денитрификацией по ХПК в среднем составляла 89%, что сопоставимо с эффектом очистки вод на установке. Из этого следует, что использование аэрационно-осветительной установки не уступает денитрификации. Установка проста в эксплуатации, в случае нехватки ее мощности возможен

монтаж дополнительных аналогичных модулей, а также она безопасна в случае протечки – напряжение, подаваемое на светодиоды, составляет 12В.

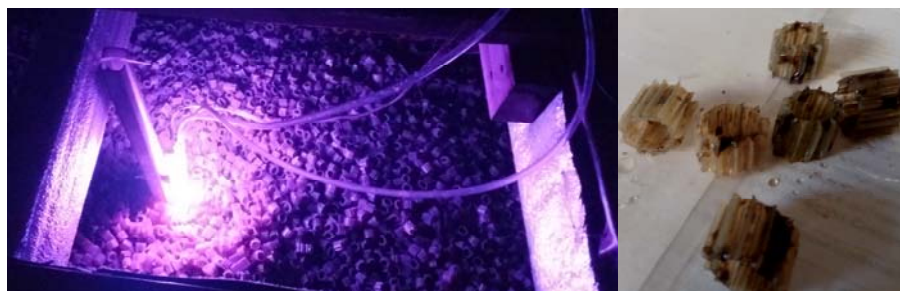


Рисунок 3. Фильтр биологической очистки рыбоводческой фермы с носителями биомассы и установленной аэрационно-осветительной установкой

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований.

			рН	ХПК, мгО/л	О <sub>2</sub> , мг/л	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	БПК, мгО <sub>2</sub> /л	В.В., мг/л
1	без освещения	Из бассейнов)	7,0	860,0	5,4	0,420	0,87	158,0	9,1	80,0	58,5
2		После биофильтра	7,3	430,0	5,6	0,050	0,15	142,0	8,7	76,0	99,5
3	С аэрационно-осветительной установкой (через 10 дней)	Из бассейнов	-	530,0	6,2	2,340	0,60	218,0	-	-	-
4		После биофильтра	6,4	88,0	7,4	2,900	0,50	189,0	14,0	15,0	13,0
5		после механического фильтра	6,3	68,0	6,7	3,220	0,60	209,0	13,0	9,9	12,2
6		после денитрификации	-	94,0	3,6	0,050	0,18	95,0	-	-	-



Следует отметить, что вследствие более глубокой очистки вод с применением аэрационно-осветительной установки прирост массы рыбы в бассейнах повысился на 20 - 25%, что является экономическим стимулом к промышленному использованию новой технологии.

### Литература

1. Седова, Т. В. Основы цитологии водорослей //– Л.: Наука, 1977. – 172 с.
2. Gouveia L. Microalgae as a Feedstock for Biofuels /Luisa Gouveia. – Springer, 2011. – 69 p.
3. Еремина И.А., Кригер О.В. Общая микробиология// Кемеровский технологический институт пищевой промышленности Кемерово, 2002.-112 с.
4. Баснакьян И.А., Бирюков В.В., Крылов Ю.М. Математическое описание основных кинетических закономерностей процесса культивирования микроорганизмов // В кн.: Итоги науки и техники. Микробиология. Т. 5. Управляемое и непрерывное культивирование микроорганизмов.– М. – 1976.– с. 5-75
5. Ветеринарная санитария биологических отходов. Учебно-методическое пособие по специальности 5В120200 - «Ветеринарная санитария» - Костанай, 2013 – с. 154-168.
6. Серпокрылов Н.С., Петренко С.Е., Борисова В.Ю. Повышение эффективности и надежности очистки сточных вод на разных стадиях эксплуатации очистных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/16/](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/16/).
7. Нагорнов С.А., Мещерякова Ю.В. Исследование условий культивирования микроводоросли хлорелла в трубчатом фотобиореакторе// - Вестник ТГТУ, 2015. Том 21. № 4. Transactions TSTU. - с. 1-3.
8. Серпокрылов Н.С., Кожин С.В., Тайвер Е.А. Очистка сточных вод бассейнов для содержания ластоногих до норм оборотного





водоснабжения // Инженерный вестник Дона, 2011, №1. URL:  
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/380/.

9. Буймова С.А., Бубнов А.Г., под ред. Бубнова А.Г. Комплексная оценка качества родниковых вод на примере Ивановской области//; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2012. – 154 с.

10. Коваленко Н.С., Минченков Ю.В., Овсеец М.И. Высшая математика. -Мн.: ЧИУП, 2003. – 32 с.

11. W.Miller, O.Patzel, H.Joachim Back, H.Wagner. Anlagenmechanik fur Sanitar-, Heizungs- und Klimatechnik Tabellenbuch Druck 3 // Westermann. Auflage 2012. - ss.325-330.

### References

1. Sedova, T. V. Osnovy citologii vodoroslej [Basics of Cytology of algae] L.: Nauka, 1977. 172 p.

2. Gouveia L. Microalgae as a Feedstock for Biofuels. Luisa Gouveia. Springer, 2011. 69 p.

3. Eremina I.A., Kriger O.V. Obshhaja mikrobiologija [General Microbiology]. Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti Kemerovo, 2002. 112 p.

4. Basnak'jan I.A., Birjukov V.V., Krylov Ju.M. Matematicheskoe opisanie osnovnyh kineticheskikh zakonomernostej processa kul'tivirovanija mikroorganizmov [Mathematical description of the main kinetic regularities of the process of cultivation of microorganisms]. V kn.: Itogi nauki i tehniki. Mikrobiologija. T. 5. Upravljaemoe i nepreryvnoe kul'tivirovanie mikroorganizmov. M. 1976. Pp. 5-75.

5. Veterinarnaja sanitarija biologicheskikh othodov [Veterinary sanitation biological waste]. Uchebno-metodicheskoe posobie po special'nosti 5V120200. «Veterinarnaja sanitarija». Kostanaj, 2013. Pp. 154-168.



6. Serpokrylov N.S., Petrenko S.E., Borisova V.Ju. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250](http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2009/250)
7. Nagornov S.A., Meshherjakova Ju.V. [The study of the conditions of cultivation of microalgae *Chlorella vulgaris* in tubular photobioreactor]. Vestnik TGTU, 2015. Tom 21. № 4. Transactions TSTU. Pp. 1-3.
8. Serpokrylov N.S., Kozhin S.V., Tajver E.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/380](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2011/380) Bujmova S.A., Bubnov A.G., pod red.
9. Bubnova A.G. Kompleksnaja ocenka kachestva rodnikovyh vod na primere Ivanovskoj oblasti [Complex assessment of the quality of spring waters by the example of Ivanovo region]. Ivan. gos. him.-tehnol. un-t. Ivanovo, 2012. 154 p.
10. Kovalenko N.S., Minchenkov Ju.V., Ovseev M.I. Vysshaja matematika [Higher mathematics]. Mn.: ChIUP, 2003. 32 p.
11. W.Miller, O.Patzel, H.Joachim Back, H.Wagner. Anlagenmechanik fur Sanitar, Heizungs- und Klimatechnik Tabellenbuch Druck 3. Westermann. Auflage 2012. Pp. 325-330.