

УДК [628.394.4 : 574.5] : 628.3 : 664.951.013

Гидрботанический способ доочистки сточных вод рыбоперерабатывающих предприятий

С.Ю. Третьякова¹, О.А. Федорова¹, Б.Ф. Петров², Б.Н. Семенов³

¹ *Естественно-технический факультет МГТУ, кафедра экологии и защиты окружающей среды*

² *Технологический факультет МГТУ, кафедра технологии пищевых производств*

³ *Механико-технологический факультет Калининградского государственного технического университета, кафедра технологии продуктов питания*

Аннотация. Исследован процесс доочистки гидрботаническим способом промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в климатических условиях Крайнего Севера. Показано влияние временного фактора и сезона вегетации высшей водной растительности на эффективность извлечения биогенных веществ. На экспериментальном биоинженерном сооружении (БИС) установлено, что эффективность доочистки стоков за четырехлетний период эксплуатации по БПК₅ составляет в среднем 26 % за год, по аммонийным формам азота возрастает с 27 % до 39 %, по азоту нитратов соответственно с 16 % до 18 %, по фосфору фосфатов – с 8 % до 15 % в год. Авторы рекомендуют использовать полученные результаты в качестве исходных данных при проектировании БИС для доочистки сточных вод рыбообрабатывающих предприятий с высоким содержанием биогенных веществ в Мурманской области и других северных регионах.

Abstract. The process of tertiary treatment of the industrial and municipal sewage in the Far North by a hydrobotanical way has been investigated. Influence of the time factor and season of vegetation of the lagoon native macrophytes on efficiency of extraction of biogene substances has been shown. With the help of the experimental bio-engineering construction it has been found that efficiency of sewage tertiary treatment (during 4 years) is about 26 %. The authors have recommended to use the obtained results as basic data for designing bio-engineering constructions for tertiary treatment of fish-processing enterprises wastewater in the Murmansk region and other Northern regions.

Ключевые слова: доочистка, сточные воды рыбоперерабатывающих предприятий, биоплато, высшая водная растительность
Key words: tertiary treatment, wastewater of fish-processing enterprises, wetland, lagoon native macrophytes

1. Введение

Предприятия пищевой промышленности, в том числе рыбоперерабатывающие, характеризуются высоким уровнем водопотребления. Технологические процессы этих производств способствуют образованию значительных объемов высококонцентрированных сточных вод (СВ). Их объемы и состав зависят от вида технологических процессов, рода обрабатываемого сырья, а также удельных норм расхода воды на определенные операции.

Наибольшее количество сточных вод на рыбоперерабатывающих предприятиях образуется при дефростации, разделке, мойке и посоле рыбы, а также при мойке тары и оборудования. При этом технологическая вода характеризуется высоким содержанием органических соединений – жиров, белков, небелковых азотистых соединений, а также поваренной соли, моющих средств, примесей, смываемых с поверхностей полов, ленточных транспортеров и т.п. Загрязнения, как правило, содержатся в виде взвешенных частиц, образующих суспензии, эмульсии, коллоидные системы, и растворенных в воде веществ в молекулярной или ионной форме (Федорова, 2002). Снижения поступлений этих загрязнений в водоемы можно достичь путем реконструкции старых или строительстве новых очистных сооружений, а также внедрении новых технологий очистки СВ. На современном рынке технологий предлагаются достаточно эффективные комплексные системы очистки СВ предприятий пищевой промышленности, однако многие из них требуют существенных затрат на приобретение специальных реагентов и содержание реагентного хозяйства. Выбор технологий зависит от финансового положения предприятия и должен быть основан на результатах анализа качественного состава СВ.

Чаще всего наиболее приемлемым и малозатратным решением для предприятий может быть внедрение дополнительной ступени очистки (доочистки) сточных вод. Приоритет в этом направлении, как правило, отдают, так называемым "зеленым биотехнологиям", моделирующим, в своей основе, природные механизмы самоочищения.

2. Выбор способа доочистки сточных вод

Технология очистки производственных стоков рыбоперерабатывающих предприятий имеет свои особенности в зависимости от организации производственного процесса, требований к очищенной воде и должна обеспечивать достижение нормативно-допустимого сброса (НДС) в водный объект или систему водоотведения.

Для очистки стоков, содержащих значительные количества органических веществ, применяют сооружения первичной (механической) и вторичной (физико-химической или биологической) очистки. Высокое содержание органических веществ в стоках рыбоперерабатывающих предприятий традиционно снижается биологическими методами путем микробиологического окисления в аэробных условиях. Особенностью биологической очистки является увеличение содержания в очищенных стоках опасных для сброса в водоемы нитратных и нитритных форм азота (Яковлев и др., 1985).

Известно, что азот- и фосфорсодержащие соединения, образующиеся в результате биологической очистки промышленных стоков, доступны для усвоения водными растениями. На этой способности основаны гидрботанические технологии, которые рекомендуются для заключительного этапа доочистки промышленных стоков с целью извлечения биогенных элементов (Лукина, Смирнова, 1988). Отмечается (Семенов, Шелепова, 2008; Стольберг, 2000) высокая эффективность применения гидрботанических методов в качестве третичной (после биологической) ступени очистки СВ или для реабилитации водоемов. Гидрботаническая доочистка осуществляется в специально проектируемых биоинженерных сооружениях (БИС), которые отличаются малозатратностью, простотой в организации и эксплуатации.

Основным очищающим компонентом в БИС (искусственных болотах, биоплато, ветлендах, растительных участках) являются специально выращиваемые высшие водные растения (ВВР), которые в процессе фотосинтеза поглощают азот- и фосфорсодержащие вещества. Кроме того, ВВР обогащают воду кислородом, способствуют оседанию взвешенных частиц, накапливают в биомассе тяжелые металлы, преобразуют некоторые токсичные вещества в нетоксичные. В результате в очищенной воде снижается концентрация нежелательных химических элементов, что позволяет обеспечить высокую (порядка 85...99 %) степень доочистки производственных сточных вод до нормативных требований на сброс в водоёмы рыбохозяйственного назначения (Лукина, Смирнова, 1988; Семенов, Шелепова, 2008; Стольберг, 2000). Выбор применяемых в БИС растений определяется их способностью к накоплению биогенных веществ в биомассе.

Традиционно гидрботанические системы доочистки рекомендуются и применяются в регионах с теплым и умеренным климатом, в основном, для очистки хозяйственно-бытовых стоков (например, ВНТП 01-98 "Оросительные системы с использованием сточных вод и животноводческих стоков"). Эффективными для использования в указанных климатических условиях являются такие ВВР, как тростник, эйхорния (водный гиацинт), камыш, рдест, рогоз и др. Отмечается тенденция "продвижения" гидрботанического способа доочистки в страны с более холодным климатом, но конкретные результаты и практические рекомендации встречаются крайне редко (Worrall et al., 1998; Hurd, 1999; Maehlum, Jenssen, 1995; Семенов, Шелепова, 2008). Информация о применении подобных технологий для доочистки стоков рыбоперерабатывающих предприятий в климатических условиях Крайнего Севера отсутствует.

Авторами (Третьякова, Завалко, 2004) было установлено, что из северных видов ВВР лучше всего цели снижения биогенных элементов в сточных водах соответствуют осоковые растения (например, осока водная *Carex sp.*). С целью определения оптимального способа высадки растений, уровня и времени задержания доочищаемых СВ в сооружении, был поставлен ряд экспериментов на открытых щебеночных блоках с пересаженной из природной популяции водной осокой, в ходе которых изучались динамика роста и степень накопления общего азота и фосфора в биомассе растений, а также зависимость степени очистки СВ от лимитирующих факторов. Результаты экспериментов на СВ рыбообрабатывающих предприятий показали, что водная осока проявляет способность достаточно легко адаптироваться к специфичным "рыбным" стокам, обладает высокой скоростью роста биомассы и значительным уровнем накопления азота и фосфора в сухой массе растений.

Таким образом, актуальным направлением дальнейших исследований в этой области является изучение возможности использования гидрботанического способа для доочистки промышленных стоков в районах Крайнего Севера, в том числе рыбоперерабатывающих предприятий.

3. Исследование гидрботанического способа доочистки

Исследование процесса доочистки сточных вод гидрботаническим способом в условиях Крайнего Севера проводили на экспериментальном БИС – биоплато, впервые построенном для отработки гидрботанической технологии в заполярных условиях в п. Шонгуй Мурманской области. Сооружение доочистки состоит из двух блоков: блока с горизонтальным течением очищаемой воды по специально устроенным лоткам и поверхностного инфильтрационного блока. Последний представляет собой котлован с противофильтрационным экраном, дренажем из слоя щебня, и слоем грунта с высаженными осоковыми растениями. Доочистка обеспечивается за счет горизонтального движения жидкости через высаженные осоковые растения и вертикального – через корнеобитаемый грунт с почвенной микрофлорой. Основным очищающим компонентом в гидрботанической технологии доочистки стоков является биоценоз ВВР (на поверхности блока) и почвенных микроорганизмов в дренажном фильтрующем слое, который также способствует осаждению взвешенных веществ.

Доочистке подвергали смесь хозяйственно-бытовых и производственных стоков (включая стоки рыбоперерабатывающих предприятий), прошедшую двухступенчатую (в т.ч. биологическую) систему очистки. Состав исследуемых СВ был близок производственным стокам рыбоперерабатывающих предприятий, прошедших аналогичную систему очистки.

На рис. 1 представлен качественный состав исследуемых сточных вод, направляемых на доочистку.

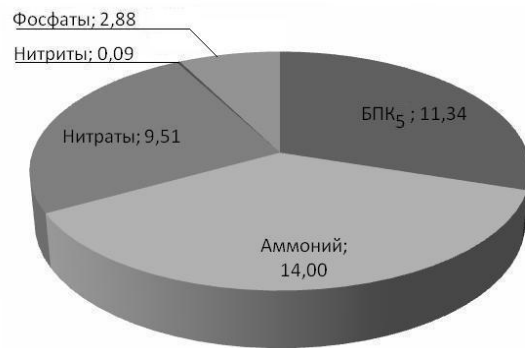


Рис. 1. Количественное соотношение органических веществ (по БПК₅), азот- и фосфорсодержащих соединений в исследуемых сточных водах, направляемых на доочистку, мг/л

Контроль качества очистки СВ на БИС проводили в Центре лабораторного анализа и технических измерений (ЦЛАТИ) по Мурманской области согласно "Методикам выполнения измерений массовой концентрации ионов в природных, питьевых и сточных водах" по следующим показателям: рН, электропроводность, взвешенные вещества, сухой остаток, биохимическое потребление кислорода (БПК₅), аммоний, нитраты, нитриты, хлориды, сульфаты, фосфаты, железо, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), нефтепродукты, медь, никель, хром, марганец. Также проводился контроль микробиологических показателей.

Отбор проб проводили ежемесячно на входе и выходе БИС в течение четырех лет эксплуатации. Это позволило оценить влияние сезона вегетации ВВР на эффективность очистки стоков и проанализировать среднегодовую динамику изъятия загрязняющих веществ.

Процесс очистки стоков оценивали из расчета изъятия масс органических соединений (БПК₅), аммонийных, нитратных, нитритных форм азота и фосфатов.

Массу изъятых веществ (M_i) рассчитывали по средним за месяц показателям концентрации:

$$M_i = ((C_{\text{вх}i} - C_{\text{вых}i}) \cdot 30 \cdot Q_{\text{сут}}) / 1000,$$

где M_i – масса i -го ингредиента загрязнения, кг; $C_{\text{вх}i}$, $C_{\text{вых}i}$ – концентрации i -го ингредиента загрязнения, на входе и выходе в сооружение доочистки соответственно, мг/дм³; $Q_{\text{сут}}$ – суточная производительность сооружения, м³/сут; 30 – время, сут.; 1000 – коэффициент перевода в кг.

Учитывая сезонность работы сооружения, рассчитывали средние показатели масс i -ых веществ, изъятых гидрботаническим сооружением в течение года, а также за период вегетации – с мая по ноябрь. На рис. 2-5 показаны изменения среднегодовых и среднесезонных показателей изъятия биогенных веществ из сточных вод за четырехлетний период эксплуатации БИС.

Анализ исследованного процесса показывает, что сооружение доочистки обеспечивает активное поглощение из стока биоразлагаемых органических соединений (показатель БПК₅). Данное явление, по-видимому, связано с формированием микробиоценоза и развитием процессов микробиологической деструкции. Через два года эксплуатации БИС масса извлекаемой "органики" постепенно уменьшается, а

количество поглощенных неорганических форм азота и фосфатов, наоборот, увеличивается (рис. 3,4,5). Причем, две трети поглощенного аммонийного азота, а также значительная часть нитратов и фосфатов извлекается сооружением за период вегетации, что, по-видимому, связано с накоплением биогенных веществ в биомассе ВВР.

Следует также отметить, что линейный характер изъятия неорганических форм азота и фосфора из стока (рис. 4, 5) соответствует периоду формирования устойчивого биоценоза растений и микроорганизмов в БИС. Длительность данного периода зависит от многих факторов: температуры окружающей среды, количественного и качественного состава поступающих сточных вод, режима эксплуатации всего блока биологической очистки и т.д.

Эффективность доочистки стоков за четырехлетний период эксплуатации БИС по БПК₅ составляет в среднем 26 % за год, по аммонийным формам азота возрастает с 27 % до 39 % по среднегодовым показателям и с 25 % до 42 % по показателям за сезон вегетации ВВР; по азоту нитратов соответственно с 16 % до 18 % и с 20 % до 30 %; по фосфору фосфатов соответственно с 8 % до 15 % и с 9 % до 18 %. Более эффективное поглощение биогенных элементов в сезон вегетации связано, очевидно, с ростом биомассы ВВР за счет поглощения азот- и фосфорсодержащих соединений из стоков.

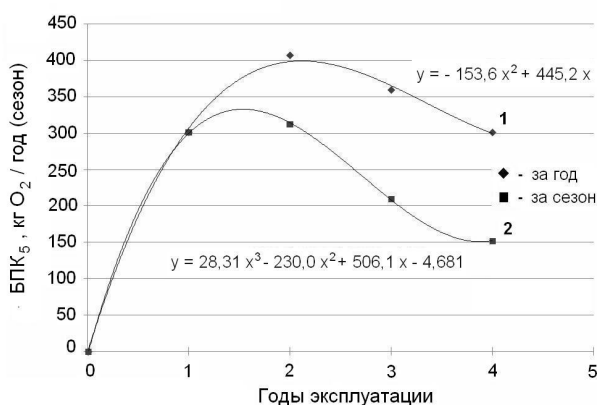


Рис. 2. Динамика изъятия биоразлагаемых органических соединений (БПК₅): 1 (ромб) – среднегодовые значения; 2 (квадрат) – среднесезонные значения

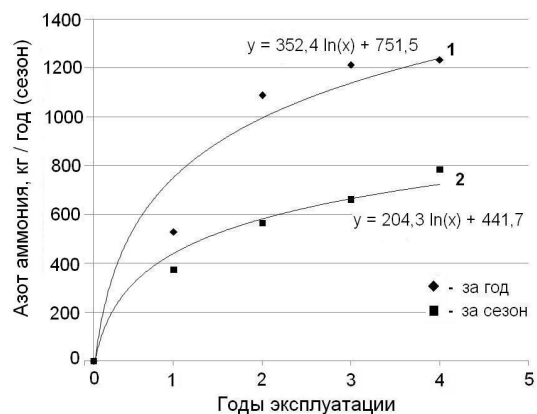


Рис. 3. Динамика изъятия аммонийного азота

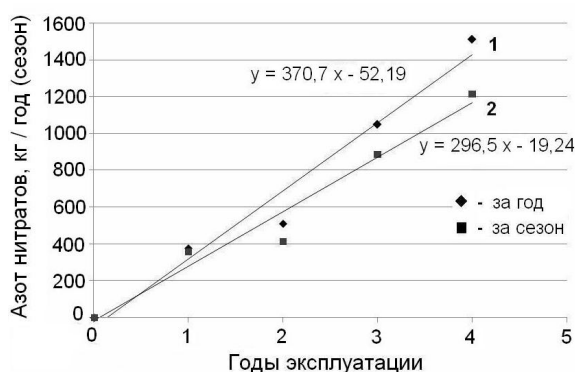


Рис. 4. Динамика изъятия нитратного азота

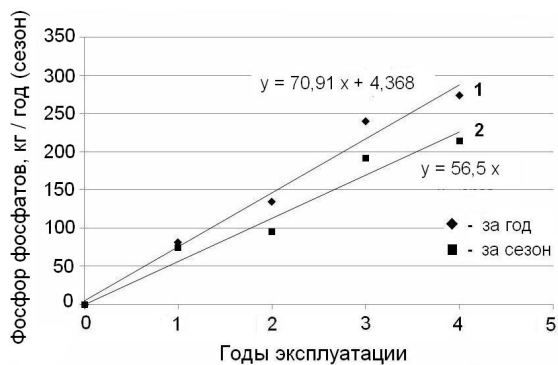


Рис. 5. Динамика изъятия фосфора фосфатов

4. Заключение

Анализ результатов проведенного исследования позволяет сделать вывод о возможности применения гидрботанического способа доочистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в условиях Крайнего Севера. При этом обеспечивается дополнительное извлечение в среднем за год порядка 26 % (0,35 т) биоразлагаемых органических соединений, 33 % (1,2 т) аммонийных форм азота, 25 % (1,5 т) азота нитратов и 12 % (0,4 т) фосфора фосфатов, что значительно снижает поступление биогенных веществ в рыбохозяйственные водоемы. Учитывая химический состав стоков, использованных в ходе эксперимента, предложенный способ рекомендован для доочистки сточных вод

рыбоперерабатывающих предприятий.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве исходных данных при проектировании БИС для доочистки сточных вод с высоким содержанием биогенных веществ в Мурманской области и других северных регионах.

Литература

- Hurd S.** Constructed wetlands treat rural waste water naturally. *Agri-Food Res., Ontario*, N 1, v.23, p.14-15, 1999.
- Maehlum T., Jenssen P.** Cold-climate constructed wetlands. *Wat. Sci. Tech.*, v.32, N 3, p.95-101, 1995.
- Worrall P., Peberdy K., McGinn H.** Construction and preliminary performance of Reebed treatment systems at Castle Esfic Nildfowl and Wetland Trast Centre. *Northern Ireland Water and Environ. Manag.*, v.12, N 2, p.86-91, 1998.
- Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н.** Физиология высших водных растений. *Киев, Наукова думка*, 186 с., 1988.
- Семенов С.Ю., Шелепова Л.И.** Водно-болотная очистка сточных вод. *Безопасность жизнедеятельности*, № 1, с.37-38, 2008.
- Стольберг Ф.В.** Экология города. *Киев, Либра*, 464 с., 2000.
- Третьякова С.Ю., Завалко С.Е.** Предварительные оценки эффективности формирования участка биоплато с использованием саженцев осоки в осенне-зимний период. *Наука и образование: Материалы междунар. научно-техн. конф. (Мурманск, 7-15 апреля 2004). Ч. 4. Мурманск, МГТУ*, с.199, 2004.
- Федорова О.А.** Разработка метода аэрационной очистки сточных вод рыбоперерабатывающих производств от жировых загрязнений. *Дис. ... канд. техн. наук. Мурманск, МГТУ*, 171 с., 2002.
- Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н.** Биологическая очистка производственных сточных вод. *М., Стройиздат*, 208 с., 1985.