

РГБ ОЛ
26 ФЕВ 1996

На правах рукописи

Экз. № 13

СТАРОСТИНА ВЛАДА ДРЪБВНА

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЗАГРУЗКОЙ
ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ ОБЪЕМОВ

Специальность 05.23.04 - Водоснабжение, канализация,
строительные системы охраны водных ресурсов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ИРКУТСК 1996

Работа выполнена на кафедре обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии Иркутского государственного технического университета.

Научный руководитель: Член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор С. Б. Леонов

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор С. С. Тимофеева

кандидат технических наук, доцент К. И. Чижик

Ведущее предприятие: Гусиноозерский городской водоканал.

Защита диссертации состоится "____" _____ 1996 г. в "____" часов на заседании диссертационного совета К 083.71.04 при Иркутском государственном техническом университете.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского государственного технического университета.

Автореферат разослан "____" _____ 1996 г.

Отзывы и замечания в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ИргТУ.

Ученый секретарь диссертационного совета К. Т. Н., доцент

 Л. И. Кажарская

Актуальность темы. Для дальнейшего развития строительства и эксплуатации коттеджных поселков, зон отдыха, турбаз и других объектов малого водоотведения, повышения их экономичности и надежности, обеспечения постоянно ужесточающихся требований охраны окружающей среды, прежде всего водных ресурсов от истощения и загрязнения, важное значение имеет совершенствование процессов обработки бытовых сточных вод и, в частности, процессов аэробного окисления.

В мировой и отечественной практике одним из наиболее перспективных способов очистки бытовых сточных вод является метод биологической очистки сточных вод на биофильтрах с различными видами плоской искусственной загрузки. С целью интенсификации процесса очистки, сокращения капитальных и эксплуатационных затрат, снижения себестоимости очистки необходимы исследования по научно-обоснованному выбору и внедрению новых конструкций биофильтров, отличающихся высокой производительностью за счет использования резервов биопленки, насыщения кислородом, благодаря интенсивному перемешиванию, созданию условий, позволяющих сочетать в одном сооружении преимущества очистки сточных вод в аэротенках и биофильтрах.

Расширению области практического использования биофильтров препятствуют недостаточная изученность закономерностей процессов, протекающих в этих сооружениях, многочисленные недостатки традиционных конструкций биофильтров, схем их работы. Этим и определяется актуальность настоящей работы.

Цель работы. Разработка конструкции высокопроизводительного погружного биофильтра с загрузкой, имеющей высокую адсорбционную поверхность, способность к максимальному насыщению сточных вод кислородом, обеспечивающей интенсивное перемешивание и поддержание во взвешенном состоянии отторгнутой биопленки и технологии очистки сточных вод, учитывающей специфику малых объектов бытового водоотведения.

В работе решались следующие задачи: разработка конструкции биофильтра, позволяющей увеличить окислительную мощность сооружения; изучение закономерностей процессов изъятия и окисления загрязнений биопленкой в биофильтре с модифицированной загрузкой с учетом гидравлических и массообменных свойств сооружения и определение эффективности и оптимальных технологических параметров этих процессов; разработка технологии очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу сточных вод малых объемов с использованием биофильтра новой конструкции, позволяющей сбрасывать очищенные сточные воды в водоемы различной категории.

Работа выполнялась в соответствии с заказ-нарядом ГК по вышнему образованию и планами НИР N 01860035615 "Человек и окружающая среда", результаты работы включены в отчет по госбюджетной теме "Создать и освоить прогрессивные методы и системы рационального использования природных и сточных вод".

Методы исследования. В работе для решения конкретных задач использовались современные физико-химические, химические, микробиологические и биохимические методы исследования, а также метод математической статистики.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем: впервые доказана целесообразность использования в качестве загрузки биофильтра специального комплекта из дисков и гофрированных трубок, позволяющего интенсифицировать процесс биологической очистки сточных вод и обеспечить высокие показатели эффективности очистки; исследованы основные закономерности процесса очистки сточных вод на биофильтре с модифицированной загрузкой, гидродинамические свойства биофильтра; экспериментально установлена зависимость окислительной способности биофильтра от основных технологических параметров; дано теоретическое обоснование зависимости между основными технологическими параметрами процесса биологической очистки сточных вод на предлагаемом биофильтре с модифицированной загрузкой; найдены оптимальные значения технологических параметров процесса биологической очистки сточных вод на предлагаемом биофильтре.

Практическая значимость. На основании выполненных исследований в практику проектирования и строительства внедрена принципиально новая конструкция биологического фильтра, отличающаяся от известных высокой окислительной мощностью и незаиливаемостью загрузки. Применение биофильтра с модифицированной загрузкой позволит значительно уменьшить площади, занимаемые сооружениями биологической очистки, снизить капитальные и эксплуатационные затраты на очистку сточных вод, сократить затраты на электроэнергию.

Результаты исследований использованы при проектировании очистных сооружений турбазы "Геолог" в пос.Исток (Бурятия). Экономический эффект от внедрения разработанной технологии составил 106,1 млн.руб (в ценах 1994 г.).

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: Международной конференции " Sib Ess 93" (г.Иркутск,1993), Всесоюзной научно-технической конференции "Современное состояние и перспективы развития процессов очистки

сточных вод" (г.Самара, 1992), Международной конференции "Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды" (Томск, 1995), Международной конференции Minshen 95 (г.Стамбул, 1995), Международной конференции "Промышленная экология и рациональное природопользование в Прибайкалье" (г.Иркутск, 1995), научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и студентов ИРГТУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена в 147 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, списка литературы из 182 наименований, 4 приложений, содержит рисунок, 20 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен литературный обзор по биологической очистке сточных вод, который позволяет сделать вывод о том, что наиболее перспективными для очистки малых объемов хозяйственно-бытовых сточных вод являются биофильтры. Приведены характерные примеры использования биофильтров в мировой практике, описаны и проанализированы основные технологические приемы повышения эффективности очистки сточных вод на биофильтрах.

Наибольшее распространение в настоящее время получили погружные биофильтры, однако наряду с достоинствами в них имеются недостатки, обусловленные, главным образом, конструктивным несовершенством имеющихся биомодулей, что отражается на интенсивности биопоглощения загрязнений.

Отмечается, что повышение производительности погружных биофильтров возможно за счет модификации загрузки и более полного использования окислительных и сорбционных возможностей биопленки, также изменения гидравлических параметров процесса и условий рации.

Однако к настоящему времени еще детально не разработаны методологические подходы к определению экологического резерва для микроорганизмов очистных сооружений, нет теоретического и научного основания интенсификации процессов очистки за счет использования специфических гидродинамических и массообменных процессов.

Познанию скрытых резервов повышения эффективности очистки сточных вод и разработке модифицированной конструкции биофильтра посвящена настоящая диссертационная работа.

Во второй главе описан эксперимент по выбору такой конструкции

биофильтра, которая одновременно с существенно большей окислительной мощностью обладала бы простотой и надежностью в работе.

Естественно, что повышение окислительной мощности биофильтров не является только конструкторской задачей. Без детальной научной проработки вопросов, связанных с выбором материала загрузки, с познанием скрытых резервов биохимического окисления органических загрязнений биопленкой, без учета специфики гидродинамических и массообменных процессов, создание оптимальной конструкции биофильтра и на этой основе технологии очистки сточных вод практически невозможно.

Важным вопросом в создании новой конструкции биофильтра является выбор состава и формы загрузочного материала, который должен отвечать требованиям, предъявляемым к носителям биомассы: прочность к истиранию, малая удельная масса, простота производства в промышленных условиях, недефицитность, пористость и, самое главное, большая удельная поверхность. В качестве такого материала был выбран высоконапорный полиэтилен, который в большей степени, чем другие материалы соответствует предъявляемым требованиям.

Исследования по выбору оптимальной формы загрузочного материала, позволяющей увеличить окислительную мощность сооружения за счет вовлечения отторгнутого биоценоза в процессы биологической очистки, а также за счет интенсификации процессов аэрации, проводились на двух моделях биофильтров с загрузкой из гофрированных трубок (1 модель) и гофрированных трубок разбитых на модули (2 модель) (рис.1).

Процессы массопередачи кислорода из воздуха в воду изучали с применением стандартных методов химического анализа.

Как видно из таблицы 1, окислительная мощность биофильтра с модифицированной загрузкой весьма высока и превышает окислительную мощность биофильтра со сплошными гофрированными трубками в 1,5 раза.

С технологической точки зрения процесс движения жидкости в погружном биофильтре может благоприятно или неблагоприятно влиять на ход биохимических процессов в зависимости от интенсивности циркуляции отторгнутой биопленки. Указанная циркуляция может приводить к смешению биоценоза различных фаз очистки. Поэтому наличие сильного перетекания (циркуляции) считается явлением неблагоприятным. С другой стороны, с целью предотвращения заиливания и аварий, требуется обеспечить определенные скорости в донной части резервуара.

В специально поставленном эксперименте проводили наблюдение за меченой частицей активного ила. Во второй модели биофильтра эта частица выносилась трубками, двигалась против направления вращения

Таблица 1

Сравнение окислительной мощности биофильтров

Время отбора пробы 2	Концентрация сульфит-ионов, мг/л		Скорость перехода кислорода, мг/л·ч		Окислительная мощность, кг/м ³ ·сут	
	1	2	1	2	1	2
В начале опыта	1200	1200	-	-	-	-
Через полчаса	510	250	276	380	6	0,1
Через час	450	150	150	210	3,3	5
Через два часа	330	70	87	113	1,8	2,7

Примечание: 1 - биофильтр со сплошными гофрированными трубками,
2 - биофильтр с модульной загрузкой

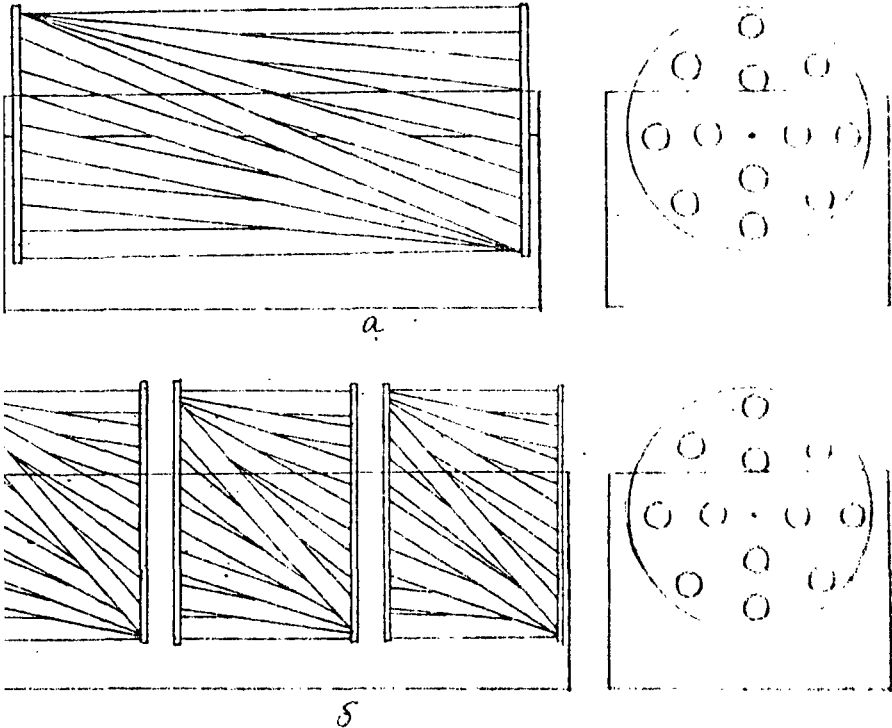


Рис. 1. Схема биофильтра: а) с загрузкой из гофрированных трубок (модель 1); б) с модифицированной загрузкой (модель 2).

трубок, циркулируют многократно в пределах одной секции и вдоль сооружения, осаждалась на дно и вновь вовлекалась в движение циркуляционными потоками. Следовательно разбивка гофрированных трубок на секции обеспечивает значительное увеличение скоростей движения жидкости в придонном зазоре, вместе с тем специфика воздействия гофрированных трубок такова, что значительная часть жидкости участвует в цикле циркуляции внутри каждой секции.

Результаты гидробиологического анализа отторгнутого и иммобилизованного биоценоза показали, что и тот и другой биоценоз в биофильтре с модифицированной загрузкой обладает всеми необходимыми микроорганизмами и в достаточном количестве, способными осуществлять биохимическое окисление загрязнений (табл.2).

Таблица

Результаты микроскопирования отторгнутой и прикрепленной биопленки биофильтра

Микроорганизмы	Сооружение			
	модель 1		модель 2	
	вид биоценоза			
	отторгнутый	прикрепленный	отторгнутый	прикрепленный
Нитчатые	3	2	2	2
Зооглен	1	2	3	3
Флагелата	1	3	3	4
Арцелла	1	3	4	4
Линнетус	1	2	4	4
Парамециум	2	4	4	5
Эуплотес	2	4	4	4
Аспидиска	1	3	4	4
Ротатория	1	2	3	3
Колодина	0	1	2	3
Аэлозома	2	4	4	5
Оперкулярия	2	4	5	5
Нематода	1	3	4	4

Примечание: Количество индикаторных микроорганизмов определялось по пятибалльной международной шкале: единично-1, мало-2, порядочно-3, много-4, масса-5.

Доза активного ила в биофильтре с загрузкой из гофрированных трубок не выходила за пределы 1,2 г/л, тогда как в биофильтре с

модульной загрузки составляла 4,5 г/л.

Таким образом, в одном сооружении параллельно обеспечиваются два процесса по биологическому изъятию загрязнений, а именно прикреплённым и свободноплавающим биоценозом. Такое комбинированное изъятие загрязнений позволяет представить этот процесс как интенсивную технологическую схему очистки. Совместное действие биоценозов увеличивает окислительную мощность сооружения и его пропускную способность, что определяет экономику процесса в целом.

Для того, чтобы определить к какому типу сооружений (вытеснитель или смеситель) относится исследуемый биофильтр, изучили процесс изъятия загрязнений и составные биоценозы в каждом модуле загрузки.

В первом модуле происходит интенсивное удаление органических веществ, в основном за счёт сорбционных процессов, и количество прикреплённой биопленки в первом модуле достигает 2-5 мг/см², а в последнем - 0,5 мг/см². Кинетика изменения объема биопленки по модулям согласуется с кинетикой изменения уровня концентраций субстрата по численному значению БПК по ходу движения сточных вод через биофильтр. Соответственно и эффект очистки по БПК в первом модуле примерно равен 60%, а в последующих секциях эффект снижается. Процесс удаления азота с нитрификацией успешно протекает в третьем модуле. Снижение концентрации аммонийного азота достигает 68%.

Указанные факты позволяют заключить, что процесс изъятия загрязнений в исследуемом биофильтре близок к пленочной модели, в которой поток условно разбит на ряд последовательно соединённых плёнок (модулей). Каждая из них может рассматриваться как модель идеального смешения, а все сооружение в целом - модель вытеснения.

В третьей главе исследуются работоспособность предложенной конструкции биофильтра, определяются оптимальные технологические параметры процесса биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Основными объектами исследований являлись пробы биопленки и сточной жидкости.

Установлено, что частота вращения биоротора является наиболее существенным фактором, влияющим на степень вовлечения кислорода в очищаемую воду и на содержание биопленки на поверхности загрузки, а следовательно, на эффект очистки сточных вод.

Показано, что при изменении частоты вращения от 1 до 2 мин⁻¹ эффективность очистки повышается по БПК_{полн} в среднем на 7%, а по ХПК на 9,8% и достигает 96 и 87 % соответственно. При частоте вращения 3 мин⁻¹ эффективность очистки существенно не возрастает,

а затраты на электроэнергию повышаются, откуда следует, что оптимальной частотой вращения является 2 мин^{-1} , что дает возможность снизить частоту вращения загрузки в 2-3 раза в сравнении с традиционными. Это позволяет увеличить срок службы оборудования за счет снижения степени износа механической части; снизить энергозатраты на привод дисков, уменьшить вероятность аварийной остановки биофильтра, улучшить условия обслуживания.

Параллельно изучали влияние угла наклона гофрированных трубок на процессы массопереноса, анализ полученных данных позволил определить оптимальную величину угла наклона гофрированных трубок, которая ограничилась узким пределом от 25° до 35° . Резкое снижение эффекта очистки при угле наклона, равном $40-45^\circ$, объясняется неспособностью гофрированных трубок при таком угле наклона захватывать и поддерживать во взвешенном состоянии отторгнутую биопленку, что на 40% снижает окислительную способность биофильтра.

Одним из определяющих параметров при выборе габаритов установки и времени пребывания жидкости являются органическая и гидравлическая нагрузки.

Влияние гидравлической нагрузки на изменение эффекта очистки (рис.2) свидетельствует о высокой эффективности очистки при значительных изменениях гидравлических нагрузок, что особенно важно для малых и средних по мощности объектов, спецификой которых является неравномерность образования и поступления сточных вод на очистные сооружения. В ходе исследований был установлен диапазон нагрузок, обеспечивающих стабильный баланс прироста и отторжения биомассы. Так, например, для биофильтра с модифицированной загрузкой, активное состояние гидробионтов наблюдалось при гидравлической нагрузке $14+18 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{-сут}$ и органической нагрузке $3 \text{ кг}/\text{м}^3\text{-сут}$, тогда как для погружного биофильтра с загрузкой из дисков эти показатели составляли $8+9 \text{ м}^3/\text{м}^3\text{-сут}$ и $1,9 \text{ кг}/\text{м}^3\text{-сут}$ соответственно.

Другим показателем эффективности работы биофильтров является скорость окисления или же скорость изъятия загрязнений, определяющая необходимую продолжительность очистки сточных вод.

Скорость изъятия загрязнений в исследуемом биофильтре составила $63 \text{ г}/\text{м}^3\text{-сут}$, что в 3-4 раза выше, чем в известных погружных биофильтрах. Высокая степень скорости изъятия загрязнений позволяет снизить время пребывания сточной воды в теле биофильтра, что в свою очередь приводит к уменьшению объема сооружения.

Условия проведения исследований позволили проследить динамику развития биоценоза в ходе изменения температурных показателей

сточной воды. Например, уменьшение температуры воды с 17 до 10°С снижало эффект изъятия загрязнений по БПК_{полн} в среднем на 8%, (данные приведены для $n = 2 \text{ мин}^{-1}$), что подтвердило необходимость мероприятий по утеплению.

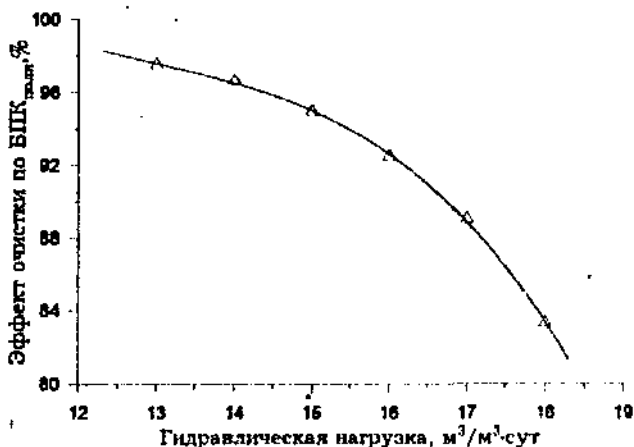


Рис. 2. Влияние гидравлической нагрузки на изменение эффекта очистки сточных вод по БПК_{полн}

Одним из показателей работы биологических систем является продолжительность протекания процесса для достижения требуемого эффекта очистки. Этот параметр определялся при работе биофильтра с модифицированной загрузкой в выбранном оптимальном технологическом режиме.

Из приведенных кинетических кривых (рис.3) следует, что в первые 1-1,5 часа происходит резкое снижение содержания органических загрязнителей по БПК_{полн}, которое сопровождается повышением содержания нитритов, что свидетельствует о начале процесса нитрификации. Отношение нитрифицирующих бактерий к органическим веществам дает возможность использовать их в качестве индикаторов окончания процесса биологической очистки. То есть можно сделать вывод, что оригинальность конструктивного оформления биофильтра позволяет снизить продолжительность обработки хозяйственно-бытовых сточных вод до 1,5 часов, что, в свою очередь, позволит значительно уменьшить объем сооружения.

В результате лабораторных исследований было установлено, что на кинетику процесса окисления и изъятия органических веществ влияют следующие факторы: концентрация органических загрязнений

в исходной и очищенной жидкости, гидравлическая нагрузка на биофильтр, нагрузка на сооружение по органическим загрязнениям, продолжительность процесса.

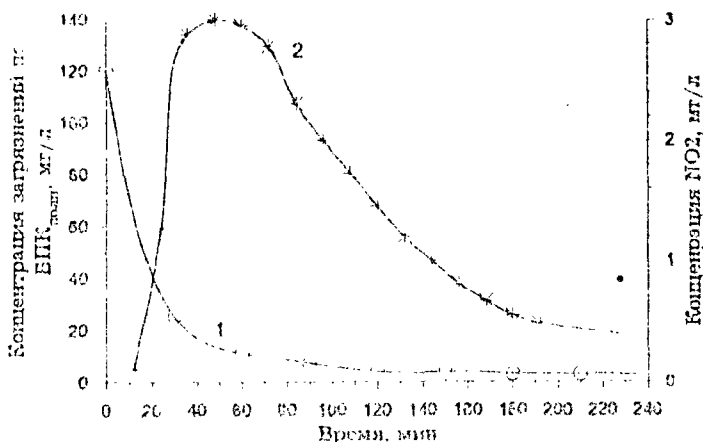


Рис. 3 Зависимость снижения концентрации загрязнений от продолжительности очистки сточных вод

- 1 — по БПК_{полн.}
2 — по нитритам

Процесс биологической очистки сточных вод на биофильтре с модульной загрузкой из гофрированных трубок может быть описан математической зависимостью, имеющей вид:

$$L_a + k_L \ln L_0 = L_t + k_L \ln L_t + \frac{P_{\max} \cdot 1.047^{T-20} \cdot b \cdot l}{q^n} \quad (1)$$

где L_t — концентрация загрязнений в очищенной воде, кг/м³;

L_0 — концентрация загрязнений в исходной воде, кг/м³;

q — гидравлическая нагрузка, м³/м³·сут;

l — длина сооружения, м;

T — температура сточных вод, °С;

P_{\max} — максимальная скорость реакции, кг/м³·сут;

k_L — биохимическая константа, кг/м³;

b и n — коэффициенты, характеризующие гидродинамические свойства загрузки.

Значения коэффициентов b , n и констант P_{\max} , k_L определяются экспериментально по результатам биологической очистки сточных вод.

В четвертой главе описаны опытно-промышленные исследования

на биофильтре с модифицированной загрузкой, основной задачей которых являлась проверка возможности использования его в практических условиях для очистки сточных вод, отводимых от небольших жилых комплексов, определение эффективности выбранных при лабораторных исследованиях технологических параметров процесса биологической очистки на данном биофильтре. Одновременно необходимо было получить данные для определения биохимических констант P_{max} и k_L уравнения (1), установить степень его соответствия реальному процессу и определить возможность использования его для расчета биофильтра, а также определить значения гидродинамических коэффициентов π и β уравнения (1) для предложенной загрузки из высокопористого полиэтилена.

Исследования по биологической очистке сточных вод были проведены на полупроизводственной установке, размещенной на очистных сооружениях пос.Исток (Бурятия), на которые поступает смесь хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся в домах, больнице школе и других коммунальных объектах поселка.

Для исследования эффективности работы опытной установки постоянно отбирались пробы для определения санитарно-химического состава поступающих и очищенных сточных вод. Для сравнения были взяты показатели сточных вод, прошедших очистку на двухступенчатом погружном биофильтре, входящем в состав очистных сооружений пос.Исток (табл.3).

Таблица 3

Качество поступающей и очищенной сточной воды

N	Показатели, мг/л	сточная вода после первичного отстойника	очищенная сточная вода	
			биофильтр 2 ступени	предлагаемый биофильтр
1	БПК	150-200	9-11,2	6,6-10,4
		175	10,1	8,5
2	ХПК	250-350	18-35	10,4-25,4
		300	26,5	17,9
3	Азот аммонийный	20,6-44,5	13,3-17,2	8,5-9,5
		32,5	10,3	7
4	Азот нитритов	отсутствует	0,1-2,4	0,1-1,4
			1,2	0,7
5	Растворенный кислород	0,43-0,67	1,85-4,0	0,0-0,9
		0,55	4,9	6,1

Примечание: В числителе приведены максимальные и минимальные, а в знаменателе - средние значения концентрации загрязнений

Дальнейший анализ результатов позволил рекомендовать данный

биофильтр при продолжительности обработки 1,5 часа и выходных параметрах по БПК_{полн} 8 мг/л. Объем фиксированного биосенноза составил 1,75 кг/м³, а доза активного ила - 4,5 г/л. Скорость изъятия загрязнений составила 2,6 г/м³.ч.

Проанализировав полученные результаты, можно уверенно сказать, что новая конструкция биофильтра по многим показателям превосходит установленный на очистных сооружениях двухступенчатый биофильтр.

Анализ зависимости (1) между основными параметрами процесса биологической очистки сточных вод показал, что наиболее значительное влияние на окислительную мощность загрузки оказывают органическая и гидравлическая нагрузки (рис. 4). С увеличением гидравлической нагрузки увеличивается окислительная мощность загрузки и, соответственно, допустимая органическая нагрузка при обеспечении одинаковой степени очистки сточных вод. Так при изменении гидравлической нагрузки с 10 до 18 м³/м³.сут окислительная мощность увеличивается более, чем в 1,7 раза.

На окислительную мощность влияет также длина загрузки биофильтра. При условии обеспечения полной биологической очистки с увеличением длины загрузки с 4 до 8 м окислительная мощность увеличивается на 0,3 - 0,5 кг/м³.сут, или в среднем на 15%. От длины загрузки зависит допустимая концентрация загрязнений в сточной воде, подаваемой на биофильтр. С увеличением длины загрузки в 1,5 раза исходная концентрация загрязнений в сточной воде может быть увеличена в 2,5 раза (рис.5).

Определение гидродинамических коэффициентов проводили по известной методике, предусматривающей введение на входе в биофильтр индикаторного вещества и снятие кривых отклика системы. Опыты проводились при гидравлических нагрузках 10, 14, 18 м³/м³.сут.

Отбор проб для измерения индикаторного вещества в воде производился в каждом модуле и на выходе из биофильтра. В результате математической обработки кривых отклика была найдена средняя продолжительность пребывания воды в биофильтре, при определенных значениях длины загрузки и гидравлической нагрузки.

Полученные результаты показывают, что средняя продолжительность пребывания сточных вод в сооружении зависит от гидравлической нагрузки. После обработки результатов исследований методом наименьших квадратов была установлена зависимость средней продолжительности прохождения сточных вод сквозь загрузку от гидравлической нагрузки и длины загрузки

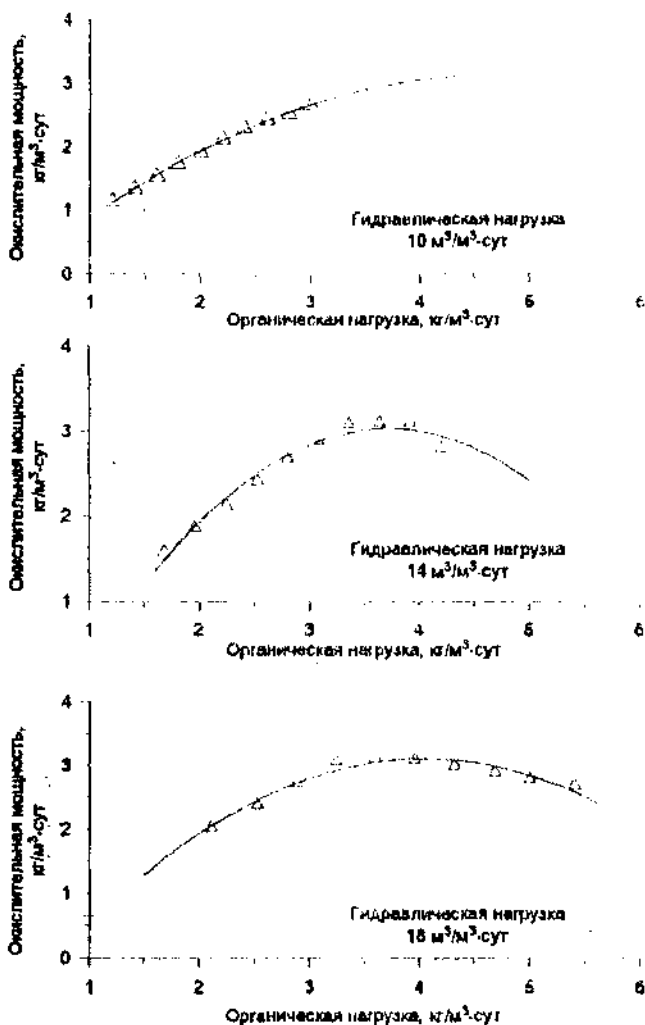


Рис. 4. Зависимость окислительной мощности от органической нагрузки при длине загрузки 8 метров

Указанная зависимость имеет вид:

$$t_{\text{ср}} = 6,51/q^{0,485}$$

Следовательно, при расчете биофильтров с загрузкой из гофрированных трубок, значения гидродинамических коэффициентов уравнения (1) следует принимать равными $b=6,5$; $n=0,485$.

С учетом результатов предыдущих исследований или опреде-

ления констант p_{\max} и k_L достаточно было получить данные об эффективности работы биофильтра при одном из фиксированных значений гидравлической нагрузки и длине загрузки и переменной органической нагрузки.

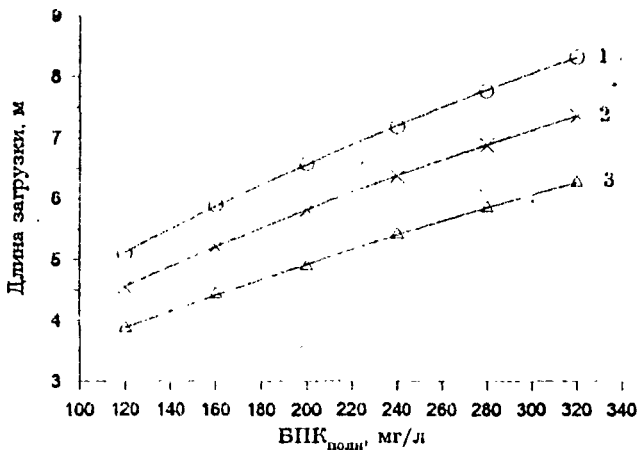


Рис. 5. Требуемая длина загрузки в зависимости от БПК_{полн} сточных вод, подаваемых на биофильтр при содержании загрязнений в очищенной воде 6 мг/л. Гидравлическая нагрузка:

- 1 - 10 м³/м³·сут,
- 2 - 14 м³/м³·сут,
- 3 - 18 м³/м³·сут.

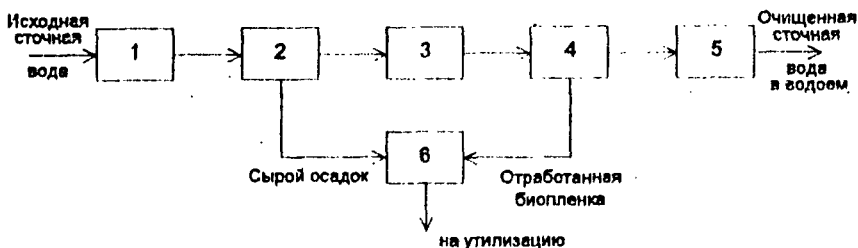
Значения биохимических констант для хозяйственно-бытовых сточных вод равны:

$$k_L = 0,143 \text{ кг/м}^3; p_{\max} = 0,063 \text{ кг/м}^3\cdot\text{сут.}$$

Расчет биологических фильтров следует производить по формуле (1) с учетом полученных значений коэффициентов и биохимических констант.

Пятая глава посвящена разработке технологической схемы очистки сточных вод малых объемов с применением биофильтра с модифицированной загрузкой. Разработанная технологическая схема очистки сточных вод (рис. 6) апробирована при строительстве новой очереди очистных сооружений турбазы Геолог (Бурятия).

Разработаны рекомендации по расчету технологических узлов предлагаемой технологической схемы. Применение новой технологической схемы для очистки сточных вод расходом 50 м³/сут позволило повысить эффективность очистки сточных вод, сократить капитальные и эксплуатационные затраты, себестоимость очистки 1 м³/сут, расход



- 1 – резервуар-накопитель сточных вод;
- 2 – решетка механическая;
- 3 – первичный вертикальный тонкослойный отстойник;
- 4 – биофильтр с модифицированной загрузкой;
- 5 – вторичный вертикальный тонкослойный отстойник и
встроенная камера обеззараживания УФ-облучением;
- 6 – уплотнитель осадка и избыточной биопленки

Рис. 6. Принципиальная схема очистки сточных вод

электроэнергии, земельные площади под строительство. Экономический эффект от внедрения новой технологической схемы составил 106,1 млн.руб/год (в ценах 1994 года).

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований разработана конструкция высокопроизводительного биофильтра и доказана целесообразность использования в качестве загрузки материала комплекса из дисков и расположенных под определенным углом гофрированных трубок.

2. Предложенная конструкция погружного биологического фильтра с модифицированной загрузкой имеет достаточно развитую адсорбционную поверхность, способность к максимальному насыщению сточных вод кислородом, а также обеспечивает интенсивное перемешивание и поддержание во взвешенном состоянии отторгнутой биопленки. Это позволяет интенсифицировать процесс очистки сточных вод и повысить окислительную мощность сооружения.

3. Биофильтр с модульной загрузкой из гофрированных трубок может быть представлен моделью вытеснения.

4. Установлены:

- основные закономерности очистки сточных вод на биологическом фильтре с модифицированной загрузкой, а именно:

- зависимость удаления загрязнений по ХПК и БПК от частоты вращения, что подтверждает возможность снижения частоты вращения предложенной загрузки в сравнении с другими;
- влияние органической и гидравлической нагрузки на эффек-

тивность изъятия загрязнений).

- влияние температуры на жизнедеятельность микроорганизмов.

5. Установлена математическая зависимость между основными технологическими параметрами процесса биологической очистки сточных вод на биофильтре с модифицированной загрузкой. Биохимические процессы в исследуемом биофильтре описываются уравнением, в основу которого положено уравнение кинетики ферментативных реакций. По результатам исследований определены значения гидродинамических коэффициентов для предложенной загрузки и биохимических констант процесса очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

6. Определены оптимальные значения технологических параметров биологической очистки сточных вод на биофильтре с модифицированной загрузкой, а именно: частота вращения 2 мин^{-1} , угол наклона гофрированных трубок 30° , гидравлическая нагрузка $14,5 \text{ м}^3/\text{м}^3\cdot\text{сут}$, органическая нагрузка $3,0 \text{ кг}/\text{м}^3\cdot\text{сут}$, скорость изъятия загрязнений с учетом сорбционной мощности плавающей биопленки $63 \text{ г}/\text{м}^3\cdot\text{сут}$.

7. Разработанная технология очистки сточных вод с применением предлагаемого биофильтра позволит:

- снизить капитальные и эксплуатационные затраты на очистку сточных вод;

- значительно уменьшить объемы сооружений и занимаемые ими площади;

- исключить опасность заиливания загрузки и вывода сооружения из строя;

- повысить устойчивость работы очистных сооружений при значительных колебаниях расхода и концентрации сточных вод.

8. Годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии очистки сточных вод расходом $50 \text{ м}^3/\text{сут}$, составил 106,1 млн руб. в год (в ценах 1994 года).

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Русецкая Г.Д., Старостина В.Ю., Богданов А.В. Биофильтр с модифицированной загрузкой// Тез.докл.всероссийской научно-технической конф."Современное состояние и перспективы развития процессов очистки сточных вод". - Самара, 1992. - С. 82-84.

2. Русецкая Г.Д., Богданов А.В., Старостина В.Ю. Станция биологической очистки// Тез.докл. научно-практической конф. "Перспективы развития химико-металлургических технологий". - Иркутск, 1993. - С. 28.

3. Русецкая Г.Д., Богданов А.В., Старостина В.Ю. Использование биофильтра для очистки сточных вод// Тез.докл.международной конф."СибЭко'93". - Иркутск, 1993. - С. 70.

4. Русецкая Г.Д., Старостина В.Ю. Богданов А.В. Биологическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод// Сборник тезисов научных работ молодых ученых иркутских ВУЗов, рекомендованных к внедрению. - Иркутск, 1993. - С. 148.

5. Русецкая Г.Д., Старостина В.Ю. Технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых объемов// Тез. докл. международной конф. "Промышленная экология и рациональное природопользование в Прибайкалье". - Иркутск, 1995. - С. 55.

6. Rusetskaya G., Starostina V. The intensification of the biological cleaning sewage process from small localities// "Minchem-95". - Stambul, 1995. -p. 43.

7. Русецкая Г.Д., Старостина В.Ю. Интенсификация процессов биологической очистки сточных вод от малых населенных пунктов// Тез.докл. международной конф. "Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды". - Томск, 1995. - С. 86.

8. Старостина В.Ю., Русецкая Г.Д. Техничко-экономическая оценка очистки хозяйственно-бытовых сточных вод малых объектов на биофильтре с модифицированной загрузкой// Рациональное природопользование и охрана окружающей среды. Сборник научных трудов. - Иркутск, 1995.