

## СТАТЬЯ

УДК 574:628.3

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД  
НА ГОРОДСКИХ СТАНЦИЯХ АЭРАЦИИ****Аничкина Н.В., Никулина А.П.***ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет  
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», Липецк, e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

Одним из самых востребованных и жизненно необходимых для человечества ресурсов является вода. В современном мире остро встаёт вопрос и количества, и качества воды. Воды, пригодной для использования в хозяйственно-бытовой деятельности человека, становится всё меньше, так как природные процессы самоочищения уже не справляются с загрязняющими веществами, попадающими в неё. Реальное потребление воды человечеством оценивается величиной в 9000 км<sup>3</sup> в год. Много воды потребляет сельское хозяйство. Но наибольшее негативное влияние на гидросферу оказывает промышленное производство. Для того чтобы утилизировать и обезвредить сточные воды, учёные и практики разрабатывали и разрабатывают большое количество технологий, которые основаны на биологических, химических и физико-химических процессах разрушения вредных составляющих стоков. Все эти технологические приёмы апробируются и применяются на очистных сооружениях, чья основная функция заключается в нейтрализации и очистке сточных вод. Деятельность очистных сооружений оказывает сильное регулирующее влияние на окружающую среду, их можно отнести к предприятиям, управляющим экологическим состоянием на определённой территории. В статье рассматривается процесс биологической очистки сточных вод и её эффективность в современных условиях на примере муниципального предприятия.

**Ключевые слова:** фильтрация, сточные воды, биологическая очистка, микроорганизмы, активный ил

**INFLUENCE OF DIFFERENT DOSES OF BIOLOGICALLY  
ACTIVE BEE PRODUCTS****Anichkina N.V., Nikulina A.P.***Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky,  
e-mail: nina-viktorowna@mail.ru*

One of the most demanded and vital resources for mankind is water. In the modern world, the question of both the quantity and quality of water is acute. There is less and less water suitable for use in human household activities, since natural self-purification processes can no longer cope with pollutants entering it. The real consumption of water by mankind is estimated at 9000 km<sup>3</sup> per year. Agriculture consumes a lot of water. But industrial production has the greatest negative impact on the hydrosphere. In order to utilize and neutralize wastewater, scientists and practitioners have developed and are developing a large number of technologies that are based on biological, chemical and physicochemical processes of destruction of harmful components of wastewater. All these technological methods are tested and applied at wastewater treatment plants, whose main function is to neutralize and purify wastewater. The activities of wastewater treatment plants have a strong regulatory impact on the environment, they can be attributed to enterprises that manage the ecological state in a certain area. The article examines the process of biological wastewater treatment and its effectiveness in modern conditions on the example of a municipal enterprise.

**Keywords:** filtration, waste water, biological treatment, microorganisms, activated sludge

Цивилизационное развитие общества с древних времён демонстрирует невозможность развития без достаточного количества такого ресурса, как вода. Многие войны – это борьба за обладание большим количеством водных ресурсов. Недавний военный конфликт Киргизии и Таджикистана ещё раз продемонстрировал это. Но в современном мире остро встаёт вопрос не только количества, но и качества воды. Воды, пригодной для использования в хозяйственно-бытовой деятельности человека, становится всё меньше [1], так как природные процессы самоочищения уже не справляются с тем валом загрязняющих веществ попадающих в неё. Промышленная революция уже в девятнадцатом веке поставила

перед человечеством задачу – найти способы очистки загрязнённых вод. Увеличение количества городов, резкое развитие промышленности и большое количество других факторов с каждым годом обостряют проблему снабжения чистой водой. Нельзя подвергнуть сомнению то, что вода высокого качества, соответствующая всем санитарно-гигиеническим правилам и эпидемиологическим требованиям, представляет собой одну из составляющих человеческого здоровья. Потребление воды с каждым годом возрастает. Реальное потребление воды человечеством оценивается величиной в 9000 км<sup>3</sup> в год. Много воды потребляет сельское хозяйство. Но наибольшее негативное влияние на гидросферу оказывает про-

мышленное производство. Для того чтобы утилизировать и обезвредить сточные воды, учёные и практики разрабатывали и разрабатывают большое количество технологий, которые основаны на биологических, химических и физико-химических процессах разрушения вредных составляющих стоков. Все эти технологические приёмы апробируются и применяются на очистных сооружениях, чья основная функция заключается в нейтрализации и очистке сточных вод. Деятельность очистных сооружений оказывает сильное регулирующее влияние на окружающую среду, Их можно отнести к предприятиям, управляющим экологическим состоянием на определённой территории. С каждым обострением экологических проблем увеличиваются и требования к показателям природных вод. Следовать этим требованиям возможно, применяя эффективные математические модели для управления процессом очистки промышленных и бытовых стоков.

Целью исследования является изучение процесса биологической очистки сточных вод и её эффективность в современных условиях на примере МУП «ЛиСА».

#### **Материалы и методы исследования**

Материалы для написания статьи собирались во время прохождения преддипломной практики. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: изучить основные методы очистки сточных вод, применяемых на предприятии, рассчитать по общепринятым методикам количество загрязняющих ингредиентов в сточных водах МУП «ЛиСА, поступающих на предприятие и после очистки; оценить вклад биологической очистки в удаление опасных веществ из очищаемой воды. Эффективность очистных сооружений рассчитана по результатам лабораторных исследований за 2017 г. В основу расчета были положены нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ, характеристика р. Воронеж, куда осуществляется сброс очищенных вод, сведения по объему сбрасываемых сточных вод взяты из согласованного водохозяйственного расчета предприятия, а также расчета и обоснование заявленного объема сброса сточных вод по единому выпуску. Максимальный расчетный объем сточных вод в сутки равен 5 960 м<sup>3</sup>/час.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Первые методики биологической очистки опирались на процессы, происходящие в природе. Так появилась идея очищать

воду через поля орошения. В Российской империи они стали использоваться: в 1887 г. (Одесса), 1894 г. (Киев), 1898 г. (Москва). Впоследствии они получили очень большое распространение. Но эта очистка всё же требовала предварительной обработки сточных вод, и если не было возможности её проводить, то от полей орошения отказывались. В Москве на бывших полях аэрации сейчас выстроены новые микрорайоны (Марьино, Некрасовка). Память об отработанных полях осталась в названиях улиц Верхние и Нижние поля. С 1940–1950-х гг. первоначальная механическая очистка стала необходимым условием, а с 1960-х гг. гигиенисты требовали обязательной биологической очистки перед подачей сточных вод на орошаемые поля. Поэтому на данный момент поля орошения можно рассматривать как объект дополнительной глубокой очистки сточных вод (доочистки). Однако эти требования все не полностью исключают использование почвенных методов в качестве методов самоочистки сточных вод. В двадцатом веке было проведено большое количество исследований, направленных на выработку научно обоснованных рекомендаций по использованию почвенных методов очистки промышленных сточных вод.

В двадцать первый век человечество вступило с определённым грузом экологических проблем и проблема очищения воды – одна из злободневных. Современные города производят слишком много загрязнителей и природе, без предприятий по очищению и утилизации, просто с ними не справиться.

В настоящее время крупнейшее предприятие г. Липецка ООО НЛМК перешло на замкнутый цикл водоснабжения, [2] но большинство других мелких и средних предприятий очищает воду на городской станции аэрации. Сточные воды, сбрасываемые с территории промышленных предприятий, по их составу можно разделить на несколько типов. В их составе, как правило, находятся коллоидные растворы как минеральных, так и органических веществ. Эти примеси имеют особые молекулярно-кинетические свойства, а также из-за крайне небольших размеров крайне трудно оседают самостоятельно. Также присутствуют неорганические вещества, которые диссоциируют на ионы – электролиты этих соединений. Химические свойства этих соединений проявляются в виде фазово-дисперсионных характеристик в водной среде по отношению к поведению реагента, вводимого в воду.

Каждому такому состоянию примесей соответствуют определенные технические приемы и способы их удаления. Под воз-

действием изменения величины рН, температура, химических соединений они меняют своё фазово-дисперсное состояние, что и обеспечивает возможность применения разнообразных приемов и методов регулирования процесса очистки воды. Систематизация веществ на основе этих характеристик позволяет свести все загрязнения природных и сточных вод к нескольким группам, принадлежность к которым определены технологиями очистки воды. Химические свойства примесей определяют конкретный метод для наиболее целесообразного управления технологическим процессом для конкретной группы примесей. На начальном этапе используется фильтрация. Фильтрацию используют для отделения мелкодисперсных твердых или жидких веществ от сточных вод, которые трудно удалить путем осаждения.

Оценить количество очищаемых станцией аэрации города Липецка сточных вод можно по данным, приведённым в таблице.

Большой проблемой является уменьшение в воде органических веществ. И тут неопределимую роль играет биологическая очистка [3]. Если сточные воды содержат только один или несколько сходных по составу органических источников углерода, то есть близких гомологов одного или нескольких органических соединений, то может развиться единая культура бактерий. Негативным уровнем питательных веществ может быть, например, чрезмерное количество загрязняющих веществ, предусмотренных для очистки, по отношению к биомассе микроорганизмов. В случае, если в сообществе микроорганизмов присутствуют простейшие, то их роль весьма разнообразна, в основном она включает регулирование численности бактерий и удаление исходных примесей крупных частиц непосредственно из очищаемой воды. В лабораториях предпринятый определяют количество биогенных элементов экспериментально. Для приближенных расчетов можно руководствоваться следующим соотношением: полное биологическое потребление кислорода, азот, фосфор пропорциональны соотношением чисел 100:5:1. Это соотношение является правильным и применимо только к первым трём дням очистки поступивших загрязнений. Если требуется более длительное время очистки, содержание азота и фосфора

в сточных водах должно быть уменьшено, чтобы избежать снижения выхода активного ила. Если время очистки составляет 20 дней, то вышеприведенное соотношение биологического потребления кислорода, азота, фосфора следует поддерживать на уровне 200:5:1. Соблюдая стехиометрическое соотношение, можно обеспечить благоприятное соотношение азота и фосфора.

Очистные сооружения Липецка являются совокупностью сооружений для механической и биологической очистки вод из стоков, для обеззараживания очищенных сточных вод ультрафиолетом, а также сооружениями для обработки осадка. Состав очистных сооружений:

- здание решеток с приемной камерой;
- песколовки горизонтальные аэрируемые – 3 шт.;
- песковые площадки – 2 шт.;
- первичные отстойники радиальные – 3 шт.;
- насосная сырого осадка; – воздушная станция;
- аэротенки – 4 шт.;
- вторичные отстойники радиальные – 6 шт.;
- насосная станция циркуляционного активного ила с приемной камерой;
- дренажная насосная станция;
- аэрофильтры – 5 шт.;
- илоуплотнители – 2 шт.;
- насосная уплотненного ила;
- корпус пресс-фильтров – 4 шт.;
- иловые площадки с боковым дренажом – 26 шт.;
- с горизонтальным дренажем 10 шт.;
- шламовые резервуары – 2 шт. (рисунок).



*Липецкая станция аэрации*

Количество очищенных сточных вод (в тыс. м<sup>3</sup>) за 2013–2017 годы

2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средний расход
35 598,11	35 230,04	41 017,62	54 057,78	47 989,93	42 778,696

После очистки стоки сбрасываются в водовыпуск, расположенный на 198 км от устья реки (координаты водовыпуска: 52°32'45" северной широты, 39°32'57" восточной долготы). Выпуск сосредоточенный представляет собой два стальных трубопровода, выходящих из одной камеры, диаметром 1200 мм, протяженностью 294 м с выносом в русло по дну 7 м, на конце трубопровода вертикально вверх врезана труба, из которой изливается очищенная сточная вода. Водовыпуск состоит из двух труб, в связи с тем, что пропускная способность одной трубы не позволяет пропустить образующееся количество сточных вод. Показатели качества воды в данных двух трубах соответственно одинаковые. Ширина водоохранной зоны – 200 м, ширина прибрежной защитной полосы в створе водовыпуска – 30 м. Основным видом деятельности предприятия является процесс очистки сточных вод до нормативов качества, с учетом технических и технологических возможностей. Проектная производительность очистных сооружений составит 221 000 м<sup>3</sup>/сутки (с учетом собственных нужд). Максимальная фактическая гидравлическая нагрузка на очистные сооружения составляет 10000 м<sup>3</sup>/ч. На очистные сооружения поступают:

– сточные воды хозяйственно-бытовой канализации от населения и от промышленных предприятий правобережной части города.

– сточные воды ООО «Куриное царство»;

– сточные воды собственных нужд (хозяйственно-фекальная канализация).

Объем поступающих хозяйственно-бытовых сточных вод осуществляется с помощью приборов коммерческого учета, установленных на входных трубопроводах. Объем очищенных сточных вод измеряется двумя расходомерами «ЭХО-Р-02», установленными на двух трубопроводах. Результаты измерений оформляет оператор на аэротенках в журнале учета расхода сточных вод. Первый этап очистки – механическая очистка. Сточные воды попадают в приёмную камеру по коллекторам с правобережной стороны города. Загрязнённые воды из птицефабрики по паре трубопроводов приходят в камеру смешения, а затем в приёмную камеру. Сточные воды собственных нужд цеха (надиловая вода, дренажные воды с иловых площадок) перекачиваются насосами, установленными в насосной уплотненной ила и дренажной насосной станции соответственно, в верхний канал аэротенков. Из приемной камеры сточные воды приходят в здание решеток по трем трубопроводам прямо на механизированные решетки. Гидравлическая нагрузка на ре-

шетки управляется входными и выходными щитовыми затворами, стоящими в каналах. Твердые примеси (ТБО) убираются с решеток механизированными граблинами в контейнеры и обеззараживаются гипохлоритом кальция (сухим), далее отвозятся специальным транспортом на городскую свалку. Затем по двум трубопроводам сточные воды попадают на песколовки. Песок поступает на песковые площадки по трем трубопроводам, где его обезвоживают. Вода после обезвоживания песка попадает по трубопроводу в распределительную камеру первичных отстойников. Взвешенные вещества, в большинстве минерального происхождения, опускаются на дно отстойника. Извлечение сырого осадка и плавающих веществ производится в соответствии с графиком, установленным главным технологом. Осадок собирается скребками, установленными на ферме илоскреба к приямку, из которого сырой осадок откачивается на сооружения обработки осадка – илоуплотнитель, шламовые резервуары или иловые площадки. Для изъятия сырого осадка, который остался в результате отстаивания сточных вод в первичных отстойниках, установлены насосы, которые стоят в насосной станции сырого осадка. Второй этап очистки – биологическая очистка. Сточные воды, прошедшие механическую очистку, поступают на аэротенки. На аэротенки поступают также дренажные воды с иловых площадок, надиловая вода из илоуплотнителей. Глубокое удаление биогенных элементов из сточной воды предусматривается за счет внедрения процесса JНВ. Этот процесс включает в себя несколько функциональных зон. Возвратный и избыточный ил из иловых камер вторичных отстойников попадет в камеру насосной станции циркуляции активного ила. Процент рециркуляции устанавливает главный технолог от 80 до 100%. Преимущественно в работе находятся 1–2 циркуляционных насоса. Возвратный ил по каналам и трубопроводам подается в аэротенки. Избыточный ил подается в илоуплотнители.

Необходимым элементом очистки является обеззараживание очищенных сточных вод, что и происходит на станции ультрафиолетового обеззараживания. При воздействии ультрафиолетового излучения на микроорганизмы учитывается кривая его бактерицидного действия. Каждый модуль оборудован системой автоматической механической очистки. Периодическая промывка ламп осуществляется в специальном контейнере с использованием щавелевой кислоты. Также очищенная сточная вода может приходиться из вторичных отстойников по трубопроводам на кон-

тактные резервуары, где обеззараживается гипохлоритом натрия. Там же происходит и насыщение воды кислородом перед выпуском воды в природный водоём.

Большой проблемой для предприятия является утилизация отработанного активного ила. Из-за высокого содержания органики в нём быстро развиваются процессы гниения, появляется неприятный запах. Также вызывает беспокойство высокая загрязненность ила возбудителями ряда болезней, яйцами гельминтов. В иле большая часть воды находится в связанном состоянии, поэтому осадки обладают плохой водоотдачей, для ее повышения используются сооружения обработки осадков. Избыточный активный ил приходит от напорного трубопровода насосов циркуляционного ила в илоуплотнители. Затем надиловая вода по трубопроводу течет в резервуар, а потом в верхний канал аэротенков. Уплотненный осадок через сосуны под гидростатическим давлением поступает в иловую камеру, а оттуда по трубопроводу попадает в резервуар уплотненного ила. Насосами уплотненный осадок подается по графику в цех механического обезвоживания или на иловые площадки. Ферма илососа вращается для постоянного перемешивания смеси. Регулировка подачи осадка на уплотнители осуществляется с помощью шандоров в приемной камере. В цехе механического обезвоживания осадка сточных вод происходит обезвоживание уплотненного осадка сточных вод на ленточных фильтр-прессах. Пять ленточных фильтр-прессов работают по графику и обезвоживают 800 м<sup>3</sup> (!!!) осадка в сутки. Осадок подается по трубопроводу в смеситель, туда же попадает 0,1 процентный раствор флокулянта, а следом сфлокулированный осадок подается винтовыми насосами на ленточные фильтр-прессы или на сгуститель, совмещенный с фильтр-прессом. Обезвоженный осадок попадает на транспортер, а затем в автомашину.

### Заключение

В настоящее время в мире одним из главных барьеров защиты гидросферы от загрязнений являются станции биологической очистки [4], особенно станции, работающие по технологии ЛНВ-процесса. Они показывают очень высокие параметры очищения сточных вод и, несомненно, яв-

ляются на настоящий день очень востребованными из-за своей эффективности. К недостаткам станций биологической очистки следует отнести снижение их эффективности при выходе температуры окружающей среды из зоны оптимума. Так при экстремально низких или высоких температурах эффективность работы активного ила может резко снизиться, так как входящие в его состав организмы могут существовать и активно работать в определенном диапазоне температур.

Борьба с загрязнением природной воды в мире набирает обороты, а следовательно, станции аэрации, несмотря на такие побочные стороны их деятельности, как неприятный запах, можно отнести к природоохранным предприятиям [5], а для избежания негативного воздействия на селитебные территории, при их сооружении, учитывать розу ветров, создавать живую защиту из продуваемых коридоров растительных насаждений.

*Авторы благодарят за помощь весь коллектив муниципального унитарного предприятия «Липецкая станция аэрации» под руководством директора А.А. Комарова. Особенную признательность за помощь и консультирование мы выражаем главному технологу Э.А. Басовой и К.М. Эбингер.*

### Список литературы

1. Горячих М.В., Андрущенко Е.С. Проблемы модернизации коммунальной инфраструктуры в Республике Крым // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018. № 9 (95). С. 138–145.
2. Пушкарева П.Д. Опыт установки биохимической очистки сточных вод на Новолипецком металлургическом комбинате // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2021. С. 86–89.
3. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты гидросферы. 5-е изд., испр. и доп. М.: Издательство «Юрайт», 2018. 283 с.
4. Попов Н.С., Милованова О.В., Баламутова А.А. К вопросу об интегрированном проектировании станций биохимической очистки и системы управления в аспекте устойчивого развития // Экологические проблемы промышленных городов: сборник научных трудов по материалам 10-й Международной научно-практической конференции. Саратов: ООО «Амирит», 2021. С. 263–266.
5. Аничкина Н.В. Модернизация очистных сооружений города Липецка как природоохранное мероприятие // Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий: материалы III Кавказского экологического форума. 2017. С. 95–100.