

Показатель степени помола снижается с 73 до 55 °ШР. Причины снижения этого показателя, вероятно, такие же, как в случае с ТММ.

По исследованию первичных полуфабрикатов, можно сделать следующие выводы.

Неразмолотая бисульфитная целлюлоза подвержена существенным изменениям при циклическом использовании. Древесная масса сохраняет приемлемые показатели механической прочности: ТММ до третьего цикла использования, а ДДМ до четвертого.

Таким образом, полуфабрикаты с повышенным содержанием лигнина (ТММ, ДДМ), менее подвержены влиянию многократного использования, что позволяет несколько раз использовать их без значительного снижения механической прочности. Для вывода по целлюлозным волокнам необходимо продолжать исследования с использованием различной степени помола перед циклами.

Список литературы

1. Кулешов А.В., Смолин А.С., Комаров В.И., Казаков Я.В. Изменение основных характеристик целлюлозных волокон при их циклическом использовании//Целлюлоза. Бумага. Картон. – М.– 2008. – №3. – С. 48-50.

УДК 504.4.054

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТРУДНООКИСЛЯЕМЫХ ПРИМЕСЕЙ И БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Байрамова С.Э.¹, Сакаева Э.Х.¹, Рудакова Л.В.¹
¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
политехнический университет», г. Пермь

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, микроскопические водоросли, трудноокисляемые примеси.

Аннотация. Проанализированы возможности применения микроскопических водорослей при биологической очистке сточных вод, которые содержат трудноокисляемые органические вещества и биогенные элементы, на примере отечественных и зарубежных исследований. Проведена оценка эффективности биологических способов очистки с использованием штаммов одноклеточных водорослей на различных производственных предприятиях.

THE USE OF MICROSCOPIC ALGAE IN THE TECHNOLOGIES OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT FROM DIFFICULT TO OXIDIZE IMPURITIES AND BIOGENIC ELEMENTS

Bayramova S.E.¹, Sakaeva E.H.¹, Rudakova L.V.¹
¹Perm national research polytechnic university, Perm

Key words: wastewater, biological treatment, microscopic algae, difficult to oxidize impurities.

Abstract. Analyzed the possibility of using microscopic algae in biological wastewater treatment, which contain difficult to oxidizable organic substances and biogenic elements, on the example of domestic and foreign studies. The evaluation of the effectiveness of biological purification methods using strains of unicellular algae at various industrial plants.

В настоящее время актуальной экологической проблемой является очистка промышленных сточных вод, содержащих значительное количество загрязняющих веществ, до требуемых нормативов сброса в поверхностные водные объекты.

На многих предприятиях химической и нефтехимической промышленности сточные воды, содержащие нефтепродукты, фенолы, жирные кислоты, различные углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, азот- и серосодержащие соединения, поверхностно-активные вещества, поступают на биологические очистные сооружения [3]. В процессе биологической очистки некоторые органические вещества, являясь трудноокисляемыми, не подвергаются деструкции и поступают в водоем – приемник сточных вод в неизменном виде. Легкоокисляемые органические вещества в процессах аммонификации и нитрификации трансформируются в простые соединения, в том числе нитраты и фосфаты, являющиеся биогенами. Поступление в природные водные объекты органических веществ и биогенных элементов приводит с одной стороны к смене зон сапробности водоема, с другой к эвтрофикации, что значительно ухудшает экологическое состояние природной экосистемы.

Решение проблемы достигается различными способами: внедрением новых технологий и технических решений в области биологической очистки сточных вод, приемами интенсификации процесса очистки. Повышение эффективности очистки может быть достигнуто проведением организационных мероприятий, направленных на управление потоками сточных вод, сочетанием физико-химических и биологических методов обработки сточных вод и активного ила, как до, так и после очистки, совершенствованием биологических методов. Выбор того или иного метода зависит от многих факторов и осуществляется по ряду критериев, в том числе экономическому. Зачастую этот критерий является приоритетным и не позволяет на практике реализовать наиболее эффективный прием интенсификации. В связи с этим поиск и внедрение в практику очистки экономически целесообразных и приемлемых по эффективности методов очистки и доочистки сточных вод представляет большой научный и практический интерес.

Цель работы заключалась в оценке по имеющимся литературным данным возможности применения в биологической очистке сточных вод, содержащих органические вещества и биогенные элементы, микроскопических водорослей, способных использовать биогенные элементы в качестве элементов питания.

Анализ литературных источников свидетельствует о многочисленных исследованиях в данном направлении, проводимых как отечественными, так и зарубежными учеными. Многими исследователями показана эффективность применения микроскопических водорослей на различных этапах очистки сточных вод – и в основной технологии, и на завершающих этапах для удаления биогенных элементов [1,2]. Большинство исследований по интенсификации процесса биологической очистки сточных вод проведено с использованием штамма одноклеточной зеленой водоросли *Chlorella vulgaris*. Использование данного штамма обусловлено несколькими причинами: высоким уровнем адаптации *Chlorella vulgaris* к сточным водам с различными физико-химическими свойствами, относительной простотой и экономичностью культивирования штамма, эффективностью удаления биогенных элементов.

Известен способ доочистки промышленных сточных вод с использованием штамма *Chlorella vulgaris*, заключающийся во введении культуры в очищенные сточные воды с последующим их выпуском в водоем, в котором одноклеточные водоросли способствуют биологическому восстановлению водоема [2].

Применение штамма *Chlorella vulgaris* дает положительные результаты при очистке сточных вод, особенно хозяйственно-бытовых. Высокая эффективность достигается при введении биомассы *Chlorella vulgaris* во вторичные отстойники [4].

Британскими учеными была дана оценка потенциалу использования микроводорослей *Chlorella vulgaris* для доочистки городских сточных вод от ионов аммония, фосфат-ионов, снижения показателя ХПК в условиях статической культуры.

С целью повышения доступности оксида углерода для водорослей и уменьшения негативного влияния недостатка освещенности, вызванного высоким содержанием взвешенных

веществ и высокой мутностью очищаемых сточных вод, было исследовано влияние экзогенного органического и неорганического углерода на рост микроводорослей и эффективность очистки.

Установлено, что для всех исследуемых вариантов обогащение сточных вод органическим углеродом в присутствии *C. vulgaris* приводило к постоянно высокой эффективности окисления органических веществ (> 90%) до аммиака и фосфатов, независимо от начальной концентрации этих неорганических веществ в сточных водах.

Увеличение содержания неорганического углерода не оказало существенного влияния на процессы биоокисления и удаления биогенных соединений, вследствие чего был сделан вывод о том, что лимитирующим фактором в процессе биологической очистки с использованием микроскопических водорослей служит содержание органического углерода в очищаемой сточной воде [4]. В процессе исследований установлено необходимое время контакта очищаемых сточных вод, обогащенных органическим углеродом, с микроскопическими водорослями *C. vulgaris* (2 сут.), позволяющее эффективно снизить содержание ионов аммония, фосфат-ионов, содержание органических веществ по ХПК. Кроме того, установлено, что при понижении температуры воды, эффективность процесса очистки не снижается [4].

Кроме *Chlorella vulgaris* в технологиях биологической очистки применяются зеленые нитчатые водоросли, например *Cladophora sp.*, характеризующаяся высокой поглотительной способностью по отношению к аммонийному азоту, нитрат- и фосфат-ионам, к тяжелым металлам (цинк, кадмий, свинец). Есть данные о возможности применения одноклеточной зеленой водоросли рода *Chlamydomonas* для удаления из воды растворенных органических веществ. Известно применение смешанных культур водорослей в процессах биологической очистки, в частности в биологических прудах.

Поскольку микроскопические водоросли являются фотосинтезирующими организмами, то при усвоении соединений азота и фосфора наблюдается значительный прирост биомассы. По мнению авторов, генерируемая биомасса может быть преобразована в энергию или дополнительное сырье после соответствующей обработки, что дает преимущества в ее использовании и повышает интерес к технологии на основе микроводорослей для очистки сточных вод от биогенных элементов [4].

Несмотря на преимущества технологий биологической очистки с использованием микроскопических водорослей, стадию использования водорослей нельзя назвать самостоятельной и можно рассматривать только в качестве этапа доочистки [5].

Анализ результатов научных исследований в области применения одноклеточных водорослей для биологической очистки сточных вод показал, что данный метод может быть использован для интенсификации процесса удаления трудноокисляемых органических веществ и биогенных элементов. В то же время в литературе недостаточно данных о механизмах извлечения загрязняющих веществ, особенно трудноокисляемых, не решен вопрос о критериях выбора чистой или смешанной культур водорослей для процесса биологической очистки, их эффективных дозах, способах внесения. Не достаточно информации о применении микроводорослей при очистке сточных вод в аэротенке. Отсутствуют технические и технологические параметры работы таких сооружений, не установлены зависимости эффективности очистки сточных вод в присутствии микроскопических водорослей от абиотических и биотических факторов, которыми характеризуется экосистема активного ила в аэротенках. В связи с изложенным, исследования направленные на разработку технических и технологических решений, позволяющих эффективно использовать микроскопические водоросли в сочетании с традиционными физико-химическими и биологическими методами очистки представляет собой важную актуальную задачу и может являться предметом дальнейшего научного исследования.

Список литературы

1. Богданов Н.И. Биологические основы предотвращения «цветения» Пензенского водохранилища синезелеными водорослями//2-е издание. - Пенза: РИО ПГСХА, 2007. – 128 с.

2. Богданов Н.И. Штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* BIN для получения биомассы и очистки сточных вод: пат. Рос. Федерации № 2192459. Бюл.№31, 2002. – 130 с.
3. Зайцева Т.А. Рудакова Л.В., Белик Е.С. Биологическая очистка сточных вод в аэротенках. - Пермь : Изд-во Перм.нац.исслед.политехн.ун-та, 2015. – 226 с.
4. Laura E. Christianson, Christine Lepine, Kata L. Sharrer , Steven T. Summerfelt Denitrifying bioreactor clogging potential during wastewater treatment. – USA, 2016 – С.147-156.
5. Laurence Evansa, Sebastian J. Hennige, Nik Willoughby, Adebayo J. Adeloje, Michael Skroblin, Tony Gutierrez. Effect of organic carbon enrichment on the treatment efficiency of primary.- Edinburgh, 2017.- С.368-377.

УДК 676

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА И УДАЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КБЦ-2

Пономарев Н.Ю.¹, Широков А.А.¹
¹ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский
 политехнический университет», г. Пермь

Ключевые слова: автоматизированные системы управления, асинхронный двигатель, частотное регулирование.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы реализации частотного регулирования электроприводом насоса канализационной насосной станции. Предложенная система управления предусматривает установление режима работы насоса в соответствии с поступлением в резервуар сточных вод. Приводятся результаты моделирования системы автоматического регулирования

MODERNIZATION OF THE SYSTEM FOR THE COLLECTION AND REMOVAL OF WASTE WATER OF CSC-2

Ponomarev N.Y.¹, Shirokov A.A.¹
¹Perm national research Polytechnic University, Perm

Key words: automated control systems, asynchronous motor, frequency regulation.

Abstract. The article deals with the implementation of frequency regulation of the pump of a sewage pumping station by an electric drive. The proposed control system provides for the establishment of the mode of operation of the pump in accordance with the flow into the tank wastewater. The results of the automatic control system simulation are given.

Существующая автоматизированная система сбора и удаления канализационных стоков картонно-бумажного цеха №2 на предприятии ООО «Прикамский Картон» имеет ряд недостатков. Одним из основных недостатков является повторно-кратковременный режим электродвигателя насоса [1]. Решение этой проблемы и ряда сопутствующих возможно за путем введения в контур управления тиристорного преобразователя частоты.

Конструктивно система сбора и удаления канализационных стоков будет состоять из следующих элементов: резервуар; датчик уровня жидкости в резервуаре; центробежный насос; асинхронный двигатель; частотный преобразователь.

Задача регулирования уровня жидкости в резервуарах для различных технологических нужд встречается довольно часто [2]. Однако данная задача имеет ряд особенностей.

Резервуар заполняется жидкостью потоком, не регулируемым системой и имеющим вероятностный характер. При этом, опытные данные показывают, что колебание потока сточных вод варьируется в пределах 25% от значения, принимаемого в расчетах.