ОЧИСТКА КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Свергузова С.В., доктор технических наук, профессор,
Сапронова Ж.А., доктор технических наук, доцент,
Воронина Ю.С., аспирант,
Мельников С.Н., магистрант,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова

Аннотация: *в работе рассмотрена возможность очистки крахмалосодержащих сточных вод термомодифицированным отходом производства сахара – сатурационным осадком. Крахмалосодержащие стоки с большим количеством органических соединений быстро загнивают, создают благоприятную среду для развития микроорганизмов, поэтому такие стоки должны подвергаться глубокой очистке. Термомодифицированный сатурационный осадок (ТМСО) представляет собой тонкодисперсный порошок черного цвета, основным компонентом которого является $CaCO_3$, образующийся в ходе химической реакции между $Ca(OH)_2$ и CO_2 в сатурационных колоннах в процессе очистки диффузионного свекловичного сока в производстве сахара. $CaCO_3$ выступает в качестве основы для углеродного слоя, покрывающего поверхность частиц и образующегося при обжиге ТМСО в ходе карбонизации органических веществ, содержащихся в исходном сатурационном осадке. Авторами исследовано влияние некоторых технологических факторов на эффективность очистки. Установлено, что для протекания процесса достаточно 40 минут при температуре реакционной среды 20-30 ^oC. Эффективность очистки крахмалосодержащих водных систем при этом достигает 88%.*

Ключевые слова: *крахмалосодержащие сточные воды, очистка, сатурационный осадок*

PURIFICATION OF STARCH-CONTAINING WASTEWATER

Sverguzova S.V., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Sapronova Zh.A., Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Associate Professor,
Voronina Yu.S., Postgraduate,
Melnikov S.N., Master Student,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

Abstract*: the paper considers the possibility of purification of starch-containing wastewater by thermally modified waste of sugar production – saturation sediment. Starchy wastewaters with a large amount of organic compounds quickly rot, create a favorable environment for the development of microorganisms, so these waters should*

be subjected to deep purification. Thermo-modified saturation residue (TMSR) is a fine black powder, the main component of which is CaCO3, formed during the chemical reaction between Ca (OH)2 and CO2 in saturation columns in the process of diffusion beet juicetreatment in sugar production. CaCO3 acts as a basis for the carbon layer, which covers the surface of the particles and formed during the calcination of TMSR through carbonization of organic substances contained in the original saturation sediment. The authors investigated the effect of some technological factors on the purification efficiency. It was established that 40 minutes at a temperature of the reaction medium of 20-30°C is sufficient for flow of the process. The purification efficiency of starchy wastewater systems reaches 88%.

Keywords: *starch containing wastewater, purification, saturation sediment*

В последние годы все более острой становится проблема загрязнения поверхностных вод органическими соединениями, неблагоприятно отражающегося на вкусовых параметрах и запахе воды. Главными источниками загрязнений подобного рода являются сточные воды пищевых предприятий, хозяйственно-бытовые и естественные стоки, а также соединения, образуемые микроорганизмами [1].

Сточные воды, содержащие большое количество остатков аминокислот и жиров, трудно поддаются очистке и быстро загнивают, при этом в воздух выделяются такие вредные и дурнопахнущие вещества, как сероводород, меркаптаны, аммиак [2, 3].

Стоки, загрязненные эмульсиями и суспензиями органического происхождения или растворенными органическими веществами, крайне негативно влияют на состояние водных систем [4, 5]. Несмотря на то, что жиры, белки, аминокислоты не являются экотоксикантами, при попадании в водные объекты они наносят значительный вред. Растекаясь по поверхности воды, жиры и масла образуют пленку, которая перекрывает доступ кислорода к воде, тем самым создавая его дефицит в воде.

Разлагаясь в водной среде, органические отходы создают благоприятную среду для патогенных микроорганизмов, которые начинают интенсивно размножаться, что приводит к эвтрофикации и гибели водоема, выделению ядовитых газов (сероводорода, аммиака) [2, 3, 6, 7].

В последние годы все чаще говорят о глобальных масштабах эвтрофикации, которой особенно сильно подвержены пресноводные водоемы в урбанизированных и сельскохозяйственных районах. Эвтрофикация (эвтрофирование) - это процесс повышения биологической продуктивности водоема в результате накопления биогенных веществ под действием естественных и антропогенных факторов.

Естественная эволюция небольших по размеру озер в условиях умеренного климата происходит по следующей схеме: олиготрофные- мезотрофные – эвтрофные – дистрофные - болота. Этот процесс в природных условиях длится тысячи лет. Однако антропогенная деятельность приводит к его сокращению до нескольких десятилетий. Поэтому сейчас принято говорить об антропогенной эвтрофикации, которую противопоставляют естественной [8-10].

Причина антропогенной эвтрофикации – сброс загрязненных вод, богатых соединениями фосфора

и азота, в результате нерационального ведения сельского хозяйства и увеличения объема бытовых и промышленных стоков. Это ведет к увеличению трофического статуса водоемов (при малом содержании биогенных элементов, прежде всего фосфора они считаются олиготрофными, при большом – эвтрофными; расположение любого водоёма на этой шкале называется его трофическим состоянием).

Среди антропогенных нарушений эвтрофикация – наиболее сильный негативный фактор, воздействующий на экосистему малых пресноводных водоемов, избыточное поступление биогенных веществ не менее опасно, чем токсическое загрязнение. В процессе эвтрофирования меняются структурно-функциональные характеристики биологических сообществ водоемов, происходят принципиальные изменения в трофической структуре экосистем, начиная с планктона и заканчивая рыбами, замещение крупных и долгоживущих форм на мелкие и раносозревающие, сокращается биологическое разнообразие. На обогащение биогенными и органическими веществами водные экосистемы отвечают, прежде всего, увеличением скорости первичного продуцирования, которое переводит избыток питательных элементов в биомассу, что вызывает «цветение» воды. В результате усиленного развития растений и микроорганизмов, а затем их гибели ухудшается качество воды, уменьшается ее прозрачность, возникает дефицит кислорода (вплоть до заморов), происходит заиление грунтов водоемов и накопление токсичных органических соединений [11].

Известно много видов бактерий, для которых маслосодержащие сточные воды являются прекрасной питательной средой. Из них наиболее опасными являются сульфатвосстанавливающие бактерии, которые способствуют разложению сточных вод, понижению pH, при этом скорость размножения бактерий достаточно велика: аэробные бактерии удваиваются в течение 0,5 часа, а анаэробные в течение 4 часов. Интенсивное их развитие наблюдается при pH 7-9, а выше pH = 9,6 рост бактерий практически не наблюдается [5-7, 12].

Сброс сточных вод пищевых производств создает большую нагрузку на очистные сооружения в условиях города, что может привести к нарушению их работы [12, 13].

Сточные воды многих пищевых производств содержат остатки крахмала.

Крахмал, главный резервный полисахарид растений; накапливается в виде зерен в клетках семян, луковиц, клубней, а также в листьях и стеблях. Бесцветное аморфное вещество, не растворим в холодной воде, диэтиловом эфире, этаноле, в горячей воде образует клейстер.

Синтезируясь в зеленых листьях растений, крахмал накапливается в семенах, где содержание его достигает 70 %. В плодах, стеблях, луковицах и клубнях количество крахмала может составлять 25-30%. Он откладывается в клетках в виде отдельных гранул, имеющих слоистую структуру, размеры которых колеблются от 1 до 150 мкм.

Крахмал не является однородным веществом, а состоит из смеси двух структурно различных полисахаридов – амилозы и амилопектина, общая формула которых $(C_6H_{10}O_5)_n$. Молекулярный вес крахмала колеблется в широких пределах – от нескольких тысяч до 500 000 и выше.

Амилоза – линейный полимер, построенный из остатков альфа-D-глюкозы, соединенных между собой альфа-1,4-глюкозидными связями (рис. 1).

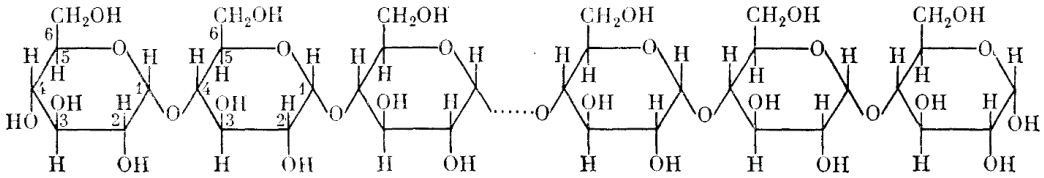

Рис. 1. Строение макромолекулы амилозы

Молекула амилопектина представляет собой разветвленный полимер, короткие цепи которого являются отрезками молекулы амилозы длиной в 18-25 глюкозных остатков, соединенных между собой альфа-1,6-глюкозидными связями

В данной работе исследовалась возможность очистки крахмалосодержащих растворов с помощью термически модифицированного сатурационного осадка (ТМСО) [14, 15].

ТМСО представляет собой тонкодисперсный порошок черного цвета, основным компонентом которого является $CaCO_3$ (рис. 2), выступающий в качестве основы для углеродного слоя, покрывающего поверхность частиц.

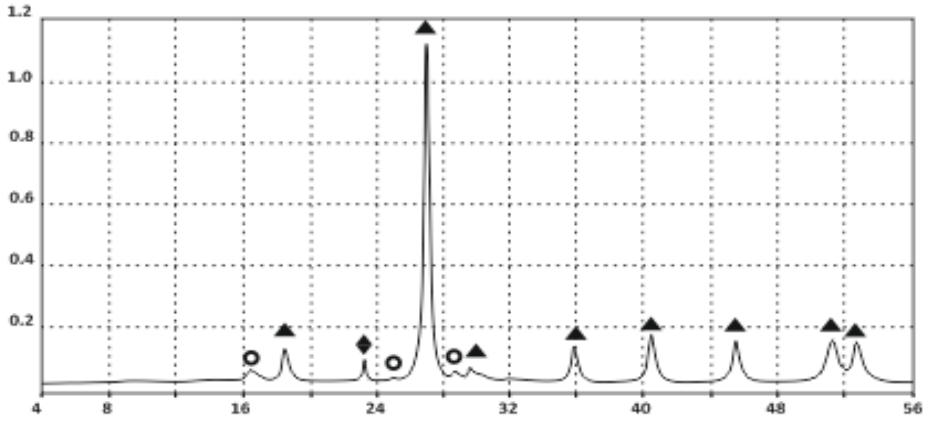

Рис. 2. Рентгенограмма ТМСО, обозначения: ▲ – $CaCO_3$, ○ – углерод, ♦ – SiO_2

Модельные воды готовились путем разведения пшеничного крахмала в горячей воде. Образующийся клейстер разбавлялся теплой водой до достижений ХПК в пределах 200-300 мгО/дм^3, после чего использовался в исследованиях.

Модельную воду в количестве 100 мл вносили в коническую колбу вместимостью 250 мл, куда затем добавляли расчетное количество сорбционного материала. Содержимое колбы перемешивали в течение 10 минут, после чего оставляли для осаждения частиц сорбента на 20 мин. Осветленный слой исследовали по показателю ХПК и рассчитывали эффективность очистки:

$$Э = (Си-Ск)/Си \cdot 100;$$

где Э – эффективность очистки, %; Ск – значение ХПК в воде после очистки; Си – значение ХПК жиров в воде до очистки.

При исследовании влияния длительности взаимодействия ТМСО с модельным раствором в пробы объемом по 100 мл добавляли по 2,5 г ТМСО, перемешивали в течение 10 мин, затем содержимое колб помещали в цилиндры и оставляли для отстаивания. Осветленную часть жидкости анализировали на ХПК.

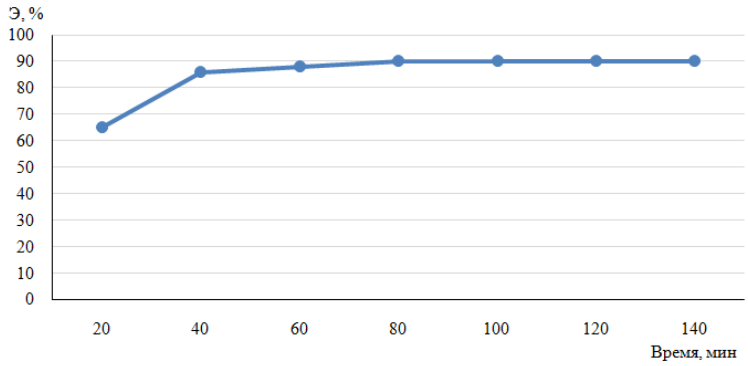

Рис. 3. Влияние времени взаимодействия на эффективность очистки

Как видно из полученных результатов, высокая эффективность очистки достигается в течение 40 минут, в дальнейшем почти не изменяется. Таким образом, оптимальным временем сорбционного взаимодействия можно считать 40 минут.

Результаты исследования влияния температуры водной среды на эффективность очистки представлены на рис. 4.

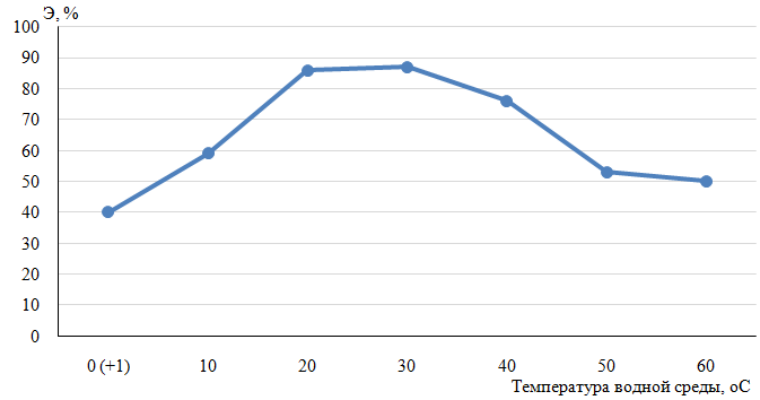

Рис. 4. Влияние температуры водной среды на эффективность очистки

Как видно из рисунка, наиболее эффективно очистки происходит при температуре 20-30ºС. При более низких температурах и более высоких эффективность заметно снижается. Вероятно, это объясняется тем, что в холодной воде броуновское движение замедляется и молекулы растворенного вещества медленней прикрепляются к сорбенту, а в горячей воде происходят явления десорбции вещества с поверхности сорбента.

Таким образом, при очистке модельных крахмалосодержащих вод ТМСО, оптимальным временем взаимодействия следует принимать 40 минут, а температуру раствора 20-30ºС.

Литература

1. Иванченко О.Б., Хабибуллин Р.Э. Пути образования и токсические свойства сточных вод пивоваренных предприятий // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №2. С. 433 – 436.

2. Фалленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию М.: Мир, 1997. 232 с.

3. Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений М.: Мир, 1980. 606 с.

4. Собгайда Н.А., Данилова Е.А. Очистка сточных вод малых предприятий мясоперерабатывающей промышленности // Экология и промышленность России. 2005. февраль. С. 18 – 20.

5. Комаров В.И., Майнулова Т.А. Проблемы экологии в пищевой промышленности // Экология и промышленность России. 2002. июнь. С. 4 – 8.

6. Кульский Л.А., Левченко Т.М., Петрова М.В. Химия и микробиология воды. Киев: Вища школа, 1976. 115 с.

7. Доочистка и обеззараживание маслоэмульсионных сточных вод / В.В. Березуцкий, А.Н. Древаль, Т.С. Павленко, В.В. Горбенко и др. // Водоснабжение и санитарная техника. 1992. №3. С. 29.

8. Аканаева А.Н. Поиск путей решения проблемы антропогенной эвтрофикации // Муниципальные образования современных регионов: проблемы исследования, развития и управления в условиях геоэкономической и политической нестабильности: сб. материалов первой междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 14-15 апр. 2016). Воронеж: Издат.-полиграф. центр "Научная книга", 2016. С. 288 – 291.

9. Парышева М.А. Эвтрофикация водоемов как следствие антропогенного влияния // Образование и наука: современное состояние и перспективы развития: сборник научных трудов по материалам Междунар. науч.-практ. конф. (Тамбов, 31 авг. 2015). Тамбов: Изд-во: ООО "Консалтинговая компания Юком", 2015. С. 88 – 89.

10. Розумная Л.А. Антропогенная эвтрофикация пресноводных озер средней полосы России // Достижения науки и техники АПК. 2011. №2. С. 78 – 80.

11. Борисова В.Ю., Комарова Е.В., Прокопенко В.А. Эвтрофикация водных объектов как следствие антропогенного воздействия // Новая наука как результат инновационного развития общества: сборник статей Междунар. науч.-практ. конф. (Сургут, 22 апр. 2017). Уфа, Изд-во: ООО "Агентство международных исследований", 2017. С. 78 – 80.

12. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе: пер. с нем. Н.А. Эпштейн / под ред. Н.Н. Липотова. М: Агропромиздат, 1989. 270с.

13. Сироткин А.С., Понкратова С.Л., Шупаев М.В. Современные технологические концепции аэробной очистки сточных вод. Казанский гос. технол. ун-т. Казань, 2002. 164 с.

14. Свергузова С.В., Ельников Д.А., Свергузова Ж.А. О возможности использования отхода сахарной промышленности для очистки сточных вод // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3.С. 128 – 133.

15. Свергузова С.В., Спирин М.Н. Очистка маслосодержащих сточных вод отходами производства сахара // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2014. №5. С. 187 – 191.

References

1. Ivanchenko O.B., Habibullin R.E. Puti obrazovaniya i toksicheskie svojstva stochnyh vod pivovarennyh predpriyatij // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2015. №2. S. 433 – 436.

2. Fallenberg G. Zagryaznenie prirodnoj sredy. Vvedenie v ekologicheskuyu himiyu M.: Mir, 1997. 232 s.

3. Bertoks P., Radd D. Strategiya zashchity okruzhayushchej sredy ot zagryaznenij M.: Mir, 1980. 606 s.

4. Sobgajda N.A., Danilova E.A. Ochistka stochnyh vod malyh predpriyatij myasopererabatyvayushchej promyshlennosti // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2005. fevral'. S. 18 – 20.

5. Komarov V.I., Majnulova T.A. Problemy ekologii v pishchevoj promyshlennosti // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2002. iyun'. S. 4 – 8.

6. Kul'skij L.A., Levchenko T.M., Petrova M.V. Himiya i mikrobiologiya vody. Kiev: Vishcha shkola, 1976. 115 s.

7. Doochistka i obezzarazhivanie masloemul'sionnyh stochnyh vod / V.V. Berezuckij, A.N. Dreval', T.S. Pavlenko, V.V. Gorbenko i dr. // Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika. 1992. №3. S. 29.

8. Akanaeva A.N. Poisk putej resheniya problemy antropogennoj evtrofikacii // Municipal'nye obrazovaniya sovremennyh regionov: problemy issledovaniya, razvitiya i upravleniya v usloviyah geoekonomicheskoj i politicheskoj nestabil'nosti: sb. materialov pervoj mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Voronezh, 14-15 apr. 2016). Voronezh: Izdat.-poligraf. centr "Nauchnaya kniga", 2016. S. 288 – 291.

9. Parysheva M.A. Evtrofikaciya vodoemov kak sledstvie antropogennogo vliyaniya // Obrazovanie i nauka: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Tambov, 31 avg. 2015). Tambov: Izd-vo: OOO "Konsaltingovaya kompaniya YUkom", 2015. S. 88 – 89.

10. Rozumnaya L.A. Antropogennaya evtrofikaciya presnovodnyh ozer srednej polosy Rossii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011. №2. S. 78 – 80.

11. Borisova V.YU., Komarova E.V., Prokopenko V.A. Evtrofikaciya vodnyh ob"ektov kak sledstvie antropogennogo vozdejstviya // Novaya nauka kak rezul'tat innovacionnogo razvitiya obshchestva: sbornik statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Surgut, 22 apr. 2017). Ufa, Izd-vo: OOO "Agentstvo mezhdunarodnyh issledovanij", 2017. S. 78 – 80.

12. Molochnaya syvorotka: pererabotka i ispol'zovanie v agropromyshlennom komplekse: per. s nem. N.A. Epshtejn / pod red. N.N. Lipotova. M: Agropromizdat, 1989. 270s.

13. Sirotkin A.S., Ponkratova S.L., SHupaev M.V. Sovremennye tekhnologicheskie koncepcii aerobnoj ochistki stochnyh vod. Kazanskij gos. tekhnol. un-t. Kazan', 2002. 164 s.

14. Sverguzova S.V., El'nikov D.A., Sverguzova ZH.A. O vozmozhnosti ispol'zovaniya othoda saharnoj promyshlennosti dlya ochistki stochnyh vod // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2011. №3.S. 128 – 133.

15. Sverguzova S.V., Spirin M.N. Ochistka maslosoderzhashchih stochnyh vod othodami proizvodstva sahara // Vestnik BGTU im. V.G. SHuhova. 2014. №5. S. 187 – 191.