

УДК 628.316:637.1

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

к. т. н. ¹Залыгина О.С., ²Аносович Я.Е.

¹УО «Белорусский государственный
технологический университет»,

²УО «Национальный детский технопарк»,
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе исследована очистка сточных вод молочного производства методом коагуляции и флокуляции. Установлено, что наилучшая эффективность очистки достигается при совместном использовании коагулянта оксихлорида алюминия и катионоактивного флокулянта Zetag 8125. При использовании этих реагентов обеспечивается достижение требуемых показателей для сброса сточных вод в городские канализационные сети.

Молочная промышленность – одна из ведущих отраслей пищевой промышленности Республики Беларусь. Белорусская молочная промышленность специализируется на производстве молока, масла, сыра, мороженого, молочных консервов и другой продукции. Ассортимент молочной отрасли Республики Беларусь насчитывает более 1500 наименований [2]. Всего на Республику Беларусь приходится 6% мировой торговли молочной продукцией [3].

Вместе с тем молочная отрасль является весьма водоёмкой, что обуславливает, в свою очередь, большой объём водоотведения. Количество сточных вод зависит от профиля производства, наличия оборотных систем водоснабжения и составляет от 1,0 до 6,0 л на 1 л переработанного молока. Концентрация примесей также зависит от вида выпускаемой продукции [1]. Производственные сточные воды на предприятиях молочной отрасли образуются в процессе основного производства, а также мойки оборудования и тары. Примеси, содержащиеся в производственных сточных водах предприятий по переработке молока, включают потери молока и молочных продуктов, а также реагенты, применяемые в основном для мойки тары и оборудования.

Молоко и молочные продукты являются сложными коллоидно-дисперсными системами, содержащими полисахариды и высокомолекулярные белковые соединения, а также соединения азота и фосфора. Поэтому сточные воды молокозаводов сильно загрязнены и содержат вещества, которые в сочетании друг с другом усложняют очистку сточных вод.

Требования к степени очистки сточных вод предприятий по переработке молока определяются в первую очередь видом приемника сточных вод. Если сточные воды отводятся непосредственно в водный объект (прямое водоотведение), требования к степени очистки по основным параметрам изложены в ТКП 17.06-08-2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод».

Допустимые значения концентраций загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод предприятий по переработке молока, отводимых в водные объекты, составляют: значение водородного показателя рН от 6,5 до 8,5; БПК₅ 25 мг O₂/дм³; ХПК 120 мг O₂/дм³; взвешенные вещества 30 мг/дм³; азот аммонийный 10 мг/дм³; азот общий 20 мг/дм³.

При отведении сточных вод через канализационные сети на городские очистные сооружения требования к ним устанавливаются местными органами власти. Так, при отведении сточных вод пищевой промышленности в централизованную систему водоотведения города Минска в соответствии с решением Минского городского исполнительного комитета «Об условиях приема производственных сточных вод» № 437 от 9 февраля 2023 г. они должны удовлетворять следующим требованиям: водородный показатель рН от 6,5 до 9,0; ХПК 1000 мгO₂/дм³; БПК₅ 400 мгO₂/дм³; взвешенные вещества 400 мг/дм³; азот аммонийный 32 мг/дм³; азот общий 47 мг/дм³.

Таким образом, при сбросе сточных вод молочных предприятий в поверхностные водные объекты к степени их очистки предъявляются более жёсткие требования, вследствие чего требуется их глубокая очистка. В большинстве случаев для этого применяют биологический метод очистки, который обеспечивает высокую эффективность очистки, однако характеризуется рядом недостатков: образование избыточной биомассы, дополнительные затраты на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов, громоздкость оборудования.

При сбросе сточных вод в городские канализационные сети требуемые показатели можно достичь, используя более простой и дешёвый метод коагуляционной очистки. Применение реагентной обработки соответствующими коагулянтами и флокулянтами позволяет добиться дестабилизации и разрушить сольватно-гидратные оболочки жировых частиц, объединяя их в более крупные и легко флотуруемые комплексы. Чтобы повысить эффективность процесса коагуляции, необходимо подобрать реагент, который будет характеризоваться невысокой стоимостью, малым расходом и при этом будет обеспечивать высокую степень очистки за максимально короткий промежуток времени.

Чтобы подобрать такой реагент были проведены исследования на модельной сточной воде молочного производства. Для исследований были выбраны следующие реагенты: сульфат алюминия Al₂(SO₄)₃, оксихлорид алюминия Al₂(OH)₅Cl·6H₂O, хлорид железа FeCl₃, а также флокулянты Magnaflok LT20, Magnaflok 3230, Praestol 2530; Zetag 8125. Эффективность очистки определялась по оптической плотности.

В результате проведённых исследований было установлено, что при использовании в качестве коагулянта сульфата алюминия Al₂(SO₄)₃ эффективность очистки не превышает 60%. При использовании хлорида железа FeCl₃ наилучшая эффективность очистки (87%) достигается при дозе коагулянта 500 мг сухого вещества на 1 л сточной воды при рН=10,5. При использовании оксихлорида алюминия Al₂(OH)₅Cl·6H₂O эффективная очистка

(около 90%) наблюдается при дозе коагулянта 400 мг на 1 л сточной воды и $\text{pH}=7$.

Также в работе была исследована возможность очистки сточных вод молочного производства с помощью различных флокулянтов. При использовании неионогенного флокулянта Magnaflok LT20, а также анионоактивных флокулянтов Magnaflok 3230 и Praestol 2530 очистка сточной воды не наблюдалась. При использовании катионоактивного флокулянта Zetag 8125 происходило активное образование крупных флокул практически сразу после его добавления, однако эффективность очистки не превышала 85%.

Поэтому далее была исследована очистка сточных вод молочного производства при совместном присутствии коагулянта и флокулянта Zetag 8125.

Как видно из рисунка, при совместном использовании $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и флокулянта Zetag 8125 достигается максимальная эффективность очистки (95%) за минимальное время (2 минуты), причём очистка происходит при $\text{pH}=7$. При использовании FeCl_3 совместно с флокулянтом Zetag 8125 эффективность очистки составила около 92%, однако она достигается за более длительный промежуток времени (5 минут), и для ее обеспечения требуется щелочная среда, что приводит к дополнительным затратам на реагенты для получения требуемого значения $\text{pH}=10,5$. Кроме этого наблюдается вторичное загрязнение очищаемой воды катионами железа, вследствие чего она приобретает слабо жёлтую окраску.

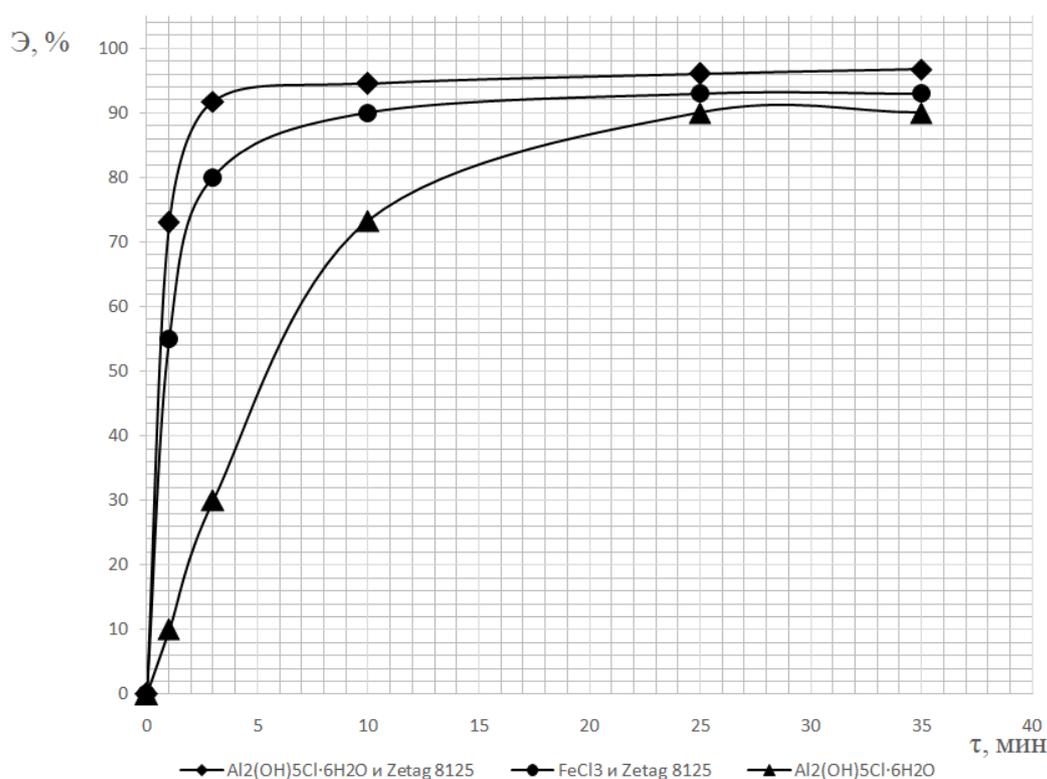


Рисунок 1 — Зависимость эффективности очистки модельной сточной воды (по оптической плотности) от времени очистки при использовании различных коагулянтов и флокулянтов

На аснове праведзенных даследаванняў было прапанавана для ачысткі сточных вод молачнага прадпрыемства выкарыстоўваць оксихлорід алюмінія $Al_2(OH)_5Cl \cdot 6H_2O$ (400 мг на 1 л сточнай воды) сумесна з флокулянтам Zetag 8125 (50 мг на 1 л сточнай воды) пры $pH=7$.

Пры выкарыстанні прапанаваных рэагентаў таксама адбываецца зніжэнне ХПК і БПК: ХПК знізілася з 1600 да 860 мг O_2 /л, а БПК₅ з 750 да 325 мг O_2 /л.

Такім чынам, эфектыўнасць ачысткі па ХПК і БПК складала ўсяго каля 50%, аднак гэта дазваляе дасягнуць патрабаваных паказатэляў для сброса сточных вод у гарадскія каналізацыйныя сеткі, якія для Мінска складаюць 1000 і 400 мг O_2 /л адпаведна пры мінімальным выдатках.

Спісок выкарыстаных крыніц

1. Ануфрыев, В.Н. Ачыстка сточных вод прадпрыемстваў молачнай галіны / В.Н. Ануфрыев // *Экалогія на прадпрыемстве* № 5 (35), май 2014 г. – С.43-54.
2. Основин, С.В. Анализ динамики и перспектив развития рынка молока и молочных продуктов Республики Беларусь / С.В. Основин, Л.Г. Основина, В.Н. Основин, П.В. Клавсуть // *Экономика и банки*. – 2022. – №2. – С. 50 – 58.
3. Промышленность Республики Беларусь: стат. буклет / Нац. стат. ком. Республики Беларусь – Минск, 2021. – 52 с.

УДК 663.18

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТИ В ПОЧВЕ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БАКТЕРИЙ РОДА AZOTOBACTER

к. в. н. Захарова О.Н., к. б. н., Захаров Н.Е.,
к. т. н. Нестеров А.В.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный
инженерно-технологический университет»,
Брянск, Россия

Аннотация. В статье раскрываются экологические проблемы, связанные с загрязнением почв нефтью и оценки возможностей её биоремедиации путем изучения микробного состава почвенных сообществ. Бактерии рода *Azotobacter* обладают уникальными морфологическими свойствами, которые обеспечивают высокую устойчивость штаммов микроорганизмов к токсичному воздействию нефти и нефтепродуктов. Изучение свойств *Azotobacter* позволяет использовать их в составе биокомпостных смесей для восстановления почв, подвергшихся нефтезагрязнению.

В современных условиях сильного антропогенного воздействия на окружающую среду изучение видового состава микробного сообщества и биотестирование состояния почвы является актуальной задачей для экологов. Одним из важных показателей плодородия почвы является присутствие бактерий рода *Azotobacter*, которые обладают способностью усваивать молекулярный азот воздуха и переводить его в доступные для растений формы [4].

Бактерии рода *Azotobacter* являются тест-культурой для оценки состояния среды и в большинстве случаев их присутствие свидетельствует о благополучии среды. Изменение численности бактерий *Azotobacter* в