

DOI: 10.25205/978-5-4437-1843-9-132

**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОКОВ  
В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭТИЛОВОГО СПИРТА\*****MODERN METHODS OF WASTEWATER TREATMENT IN THE TECHNOLOGY  
OF OBTAINING ETHYL ALCOHOL**

А. О. Соловьев, В. Д. Никитенко, Н. А. Вакуловская, А. А. Голубев, Э. Р. Нугаев

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии — филиал ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи, Москва*

A. O. Solovyov, V. D. Nikitenko, N. A. Vakulovskaya, A. A. Golubev, Ye. R. Nugaev

*Russian Scientific Research Institute of Food Biotechnology — branch of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow*

✉ lab78@mail.ru

**Аннотация**

В работе проведен анализ стоков, которые образуются в процессах переработки зернового сырья при получении этилового спирта. Особое внимание уделено конденсату от вакуум-выпарной установки и лютерной воде из-за большого объема и наличия потенциала для повторного использования. Рассмотрены перспективы очистки данных стоков при помощи современных методов: ультрафильтрации и озонирования.

**Abstract**

The paper analyzes the wastewater generated during grain processing to produce ethyl alcohol. Particular attention is paid to the condensate from the vacuum evaporation unit and luther water, due to their large volume and potential for reuse. The prospects for cleaning these wastewaters using modern methods are considered: ultrafiltration and ozonation.

Для проведения исследований с действующего завода по производству спирта этилового ректифицированного были получены образцы конденсата с вакуум-выпарной установки (ВВУ) из цеха сушки барды и лютерной воды из цеха ректификации. Полученные образцы представляют собой прозрачную жидкость с характерным запахом, без посторонних видимых включений. Среды характеризуются кислым pH и высоким показателем химического потребления кислорода (ХПК), их недопустимо утилизировать как бытовые стоки. В образцах были определены ключевые химические показатели: pH, титруемая кислотность и ХПК, которые составили для конденсата ВВУ  $3,44 \pm 0,13$  ед.,  $0,08 \pm 0,02^\circ$ ,  $1100 \pm 66$  мг  $O_2/дм^3$  и для лютерной воды  $3,93 \pm 0,16$  ед.,  $0,03 \pm 0,01^\circ$ ,  $800 \pm 43$  мг  $O_2/дм^3$  соответственно. Это доказывает, что данные стоки должны быть классифицированы как производственные и подвергаться дополнительной очистке перед их утилизацией [1].

В то же время эти среды имеют потенциал для повторного использования в технологических или технических целях, что существенно уменьшает количество производственных стоков. Это позволит снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, а также уменьшить эксплуатационные расходы на утилизацию стоков [2].

В качестве способов очистки производственных стоков были выбраны ультрафильтрация и озонирование. Эти способы отличаются своей доступностью и имеется опыт их применения на очистных сооружениях хозяйственно-бытового сектора. При этом их использование в промышленном секторе ограничено. Это ограничение связано с возможностями мембран при ультрафильтрации и специфичностью озонирования. Однако, с учетом отсутствия взвешенных частиц, рассматриваемые среды удовлетворяют всем требованиям для применения этих методов.

На рисунке изображена схема ультрафильтрации конденсата ВВУ и лютерной воды.

Схема подразумевает ступенчатую фильтрацию. Мембрана УПМ-100 обладает самыми крупными порами и выступает в роли фильтра грубой очистки. Ее назначение — минимизация негативного влияния крупных примесей на последующую, более тонкую, степень фильтрации. Поэтому влияние первой ступени фильтрации на показатель ХПК не значительно.

Применение мембраны УПМ-10 позволяет снизить ХПК в пермеате лютерной воды на 8 %, а в пермеате конденсата ВВУ на 60 %. Тем не менее уровень ХПК в исследуемых средах все равно остается на уровне, превы-

\* Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGMF-2025-0012.

© А. О. Соловьев, В. Д. Никитенко, Н. А. Вакуловская, А. А. Голубев, Э. Р. Нугаев, 2025

шающем допустимый для возможности их сброса в окружающую среду или использования в качестве технической воды.

Обратноосмотическая мембрана XLE способствует снижению ХПК конденсата ВВУ на 78 %, а лютерной воды на 73 %. Данные показатели уже допускают применение рассматриваемых стоков для технологических или технических целей, например для приготовления СР-растворов, хозяйственно-бытовых нужд.

Для снижения показателя ХПК при помощи озонирования исследуемые образцы помещали в колбу Эрленмейера объемом 500 мл, которая сообщается с атмосферой через гидрозатвор, после чего насыщали их озоном при помощи лабораторного генератора озона (озонатора) в течение 120 мин. При этом рН образцов предварительно приводили к значению  $6,00 \pm 0,05$  ед., так как при данном рН наблюдается наилучшая растворимость озона в жидких средах.

Поскольку озон является сильным окислителем, после его воздействия в образцах контролировали ХПК, рН, ионный состав и состав органических кислот [3]. Выявлено, что воздействие озоном способствует снижению рН на 50 % и более, то есть до значений ниже, чем в исходных образцах. ХПК при этом снижается на 33 % в конденсате ВВУ и на 40 % в лютерной воде. Во всех образцах наблюдается значительное увеличение концентрации щавелевой, винной и уксусной кислоты, а также нитрат-ионов. Это явление связано с окислительными свойствами озона, которые при взаимодействии с органическими веществами исследуемых образцов вступают с ними в реакцию.

Таким образом, применение ультрафильтрации для очистки сточных вод спиртового производства допустимо и позволяет применять очищенную воду для технологических и технических нужд. Применение озонирования для снижения ХПК исследуемых образцов показало меньшую эффективность, но тем не менее позволяет значительно снизить данный показатель.

### Литература

1. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 № 2398 (ред. от 18.12.2024) «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий» // Консультант-Плюс. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_373399/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373399/) (дата обращения 18.06.2025).
2. Абрамова И. М., Туршатов М. В., Кривченко В. А. и др. Биоконверсия растительного сырья в этиловый спирт и кормопродукты по замкнутому циклу // Биотехнология. 2021. Т. 37, № 4. С. 106–111.
3. Теречик Л. Ф. Очистка сточных вод спиртовых заводов. 1. Использование озонирования для биологической очистки сточных вод, насыщенных бардой. (Испания) // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2002. № 3. С. 804.

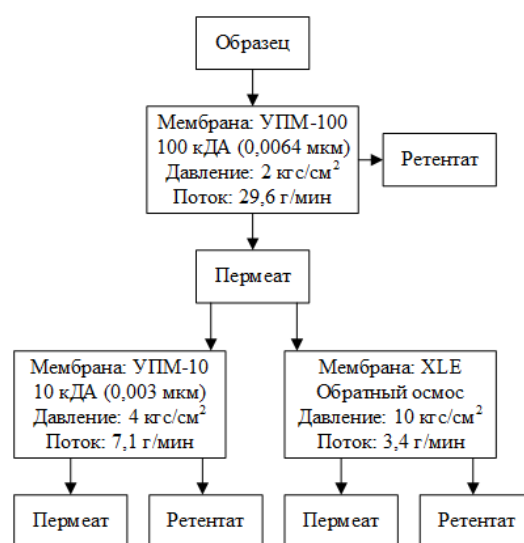


Схема ультрафильтрации образцов