

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:  
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**ВЫПУСК 26**

*Труды Всероссийской научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
17 – 18 мая 2022 г.*

**ЧАСТЬ V**

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк  
2022**

ББК 74.48.288  
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,  
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,  
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,  
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.,  
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.,  
канд. техн. наук, доцент Шевченко Р.А.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть V. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 446 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления, строительства, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный  
индустриальный университет, 2022

## **МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЕВРАЗ ЗСМК ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД**

**Челищев А.А.**

**Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.**

*Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк, e-mail: xeramh@ya.ru*

Рассматривается монтаж технологического оборудования очистных сооружений ЕВРАЗ ЗСМК для сточных вод для перехода на замкнутый цикл водопользования при производстве стали. В результате реализации этого природоохранного проекта комбинат полностью прекратит сброс сточных вод в озеро Узкое.

Ключевые слова: металлургия, вода, окружающая среда, биореактор, водооборот, мембранный, завод.

Металлургическая промышленность делится на две большие группы – черная и цветная. К первой относится выпуск следующей продукции:

- Чугун – литейный и передельный. Сточные воды содержат разные загрязнения – взвешенные вещества, кислоты и цианиды. При производстве ферромарганца также повышается щелочность, добавляются сульфаты и хлориды. Как правило, очистка выполняется путем отстаивания и нейтрализации.

- Сталь. Вода используется для охлаждения оборудования и очистки газов. Стоки обычно отличаются высокой жесткостью и повышенным содержанием взвеси. Для очистки применяются различные методы – отстаивание, флотация. Используются различные фильтры.

К цветной металлургии относятся различные заводы:

- Цинковые. Жидкость применяется в различных цехах, обычно в стоках расположены типовые загрязнения – взвеси, медь, цинк и хлориды.

- Свинцовые. Стоки образуются в результате охлаждения кессонов и газоочистки. Как правило, в такой жидкости повышено содержание сульфатов и железа, меди, винца и грубодисперсных примесей.

- Медеплавильные. Как правило, сточные воды загрязняются во время обработки меди, охлаждения кессонов. Главным образом, содержатся несколько видов загрязнений – сульфаты и хлориды, железо, свинец и медь [5].

Сточные воды металлообрабатывающих предприятий обычно отличаются высоким содержанием взвешенных и растворенных веществ. Если учитывать сложный химический состав, можно определить, что для очистки требуется многоступенчатая обработка – загрязненная жидкость должна качественно перерабатываться. Современные методы очистки сточных вод на металлургических заводах предполагают использование различных соору-

жений – отстойников, фильтров или гидроциклонов. Кроме того, для выделения металлов может использоваться адсорбция, ионный обмен и ультрафильтрация. Оснащение предприятий металлургической промышленности современными высокотехнологичными очистными системами – это лучший способ сохранить окружающую среду и защитить природные ресурсы [4].

Правильное проектирование позволяет выполнять обработку стоков для металлургического завода качественно, с использованием подходящих очистных сооружений. В результате этого процесса на территории завода не остается продуктов переработки, которые могли бы загрязнять окружающую среду.

Впервые идея мембранных биореакторов была реализована в конце 1960-х годов, как только мембраны ультрафильтрации (УФ) и микрофильтрации (МФ) стали доступны не только для научного, но и для коммерческого использования. Оригинальный процесс был внедрен корпорацией Dorr-Olivier – они использовали сочетание активного ила и мембранной фильтрации. Плоские листы мембраны, применяемые в этом процессе, были полимерными, величина пор от 0,003 до 0,01 мкм. Хотя идея замены традиционного отстойника активного ила была привлекательной, было трудно оправдать применение такого сложного процесса для очистки сточных вод из-за трех факторов: высокой стоимости мембран, низкой экономической стоимости товара (серых стоков), а также быстрой потери производительности мембраны из-за загрязнения ее пор. Из-за низкой окупаемости всех мембранных биореакторов первого поколения они нашли применение только на очень малой доле очистных сооружений с особыми потребностями, например, на отдельно стоящих горнолыжных курортах [2].

Прорыв в развитии мембранных биореакторов произошел в 1989 году, когда корпорация «Ямамото» решила погрузить мембраны непосредственно в биореактор. До тех пор все мембранные биореакторы были разработаны с разделением устройств, и принцип их работы базировался на создании высокого трансмембранного давления для поддержания фильтрации, а это требовало поддержания большого расхода сточных вод.

Системы очистки с мембраной, погруженной в биореактор, работают при более низком расходе сточных вод и потребляют значительно меньшее количество энергии (энергопотребление может быть на два порядка ниже, чем у раздельных систем). В конфигурации с погружной мембраной важным параметром, влияющим на процесс очистки вод, является аэрация. Аэрация поддерживает твердые вещества в состоянии суспензии, очищает поверхности мембраны и обеспечивает кислородом биомассы, что приводит к лучшему биологическому разложению и клеточному синтезу [7].

Другим ключевым шагом в развитии последних мембранных биореакторов была идея использовать двухфазную пузырьковую жидкость для контроля загрязнения. Это позволило автоматизировать процессы очистки. Низкие эксплуатационные затраты, достигнутые при применении погружной

конфигурации мембранного биореактора, наряду с устойчивым снижением стоимости мембраны, привели к значительному росту применения установок с середины 1990-х годов. С того времени конструкцию постоянно модифицировали, применялись улучшенные типы мембраны, проводились эксперименты по подбору оптимальной скорости потоков сточных вод и аэрируемого воздуха с целью увеличить срок службы мембраны. В последние годы была разработана процедура более четкого контроля рабочих параметров, а также внедрена обратная промывка, которая позволяет мембранным биореакторам устойчиво функционировать и затрачивать небольшое количество энергии, около 0,3 кВт·ч на м<sup>3</sup> продукта.

Тем не менее, несмотря на использование обратной промывки, производительность фильтрации мембранного биореактора неизбежно снижается в процессе эксплуатации. Это происходит из-за отложения растворимых и твердых частиц на и в мембране, что связано с взаимодействием между компонентами активного ила и мембраны. Это основной недостаток остается одной из наиболее сложных проблем, стоящих перед дальнейшим развитием мембранных биореакторов.

При любом мембранном фильтровании требуется периодическая чистка мембраны для восстановления ее исходных характеристик и снятия возможных органических и минеральных отложений. Промывка мембранного блока осуществляется с помощью циркуляционного насоса, который обеспечивает равномерное омывание мембран по всей их длине, что гарантирует одинаковую чистоту поверхности в любой точке. Промывка мембранного блока полностью автоматизирована. Она длится несколько часов и осуществляется несколько раз в год в качестве профилактической меры в автоматическом режиме [10].

Использование мембранных биологических реакторов в промышленном секторе, изменение погодных условий, засухи, повышение затрат на очистку и транспортировку воды, используемой на нужды водоснабжения, привели к переосмыслению водопользования. Все чаще в проектах водоснабжения и водоотведения различных объектов архитекторы и проектировщики предлагают в качестве водосберегающего мероприятия повторное использование воды [6]. Одной из технологий переработки сточных вод в «серые» воды, активно развивающейся в настоящее время, является очистка сточных вод мембранными биореакторами. Подобная вода считается в зарубежных стандартах достаточно чистой для использования при уборке помещений, смыва в унитазах и полива газонов.

Мембранный биореактор сочетает биологическую обработку активным илом с механической мембранной фильтрацией. Мембранный модуль используется для разделения иловой смеси и представляет собой альтернативу широко применяемому методу осаждения активного ила во вторичных отстойниках, используемую в традиционных системах биологической очистки в аэротенках.

При очистке бытовых сточных вод мембранные биореакторы могут производить «серые» воды достаточно высокого качества для того, чтобы их можно было сбросить в естественные водоемы или же использовать в системе орошения, предназначенной для полива городских зеленых насаждений [9]. Другие преимущества, которые отличают системы очистки с использованием мембранных биореакторов: компактный размер, поэтому их легко можно применить при модернизации старых очистных сооружений; возможность работы систем мембранных биореакторов при более высокой концентрации активного ила, а также, благодаря особенностям фильтрации с помощью мембран, исключить вынос активного ила в очищенные воды позволили добиться уменьшения объема биореактора без снижения его производительности.

Подобные системы очистки находят применение не только в масштабных проектах, но и в зданиях небольшой площади, имеющих подключение к городским системам водоснабжения и водоотведения – компактность систем с использованием мембранного биореактора позволяет размещать их в подвалах. Количество сточных вод на таких объектах достаточно для работы системы очистки, это не только экономит количество потребленной воды питьевого качества, но и снижает общую нагрузку на муниципальные системы канализации и городские очистные сооружения.

Существует два типа биореакторов:

- с внутренним расположением мембраны: погруженные в очищаемую воду мембраны являются неотъемлемой частью биологического реактора;
- внешним расположением мембран: мембраны отделены от технологических емкостей и требуют установки промежуточных перекачивающих насосов.

Схема очистки с помощью мембранного биореактора способна отфильтровать из сточных вод твердые вещества, болезнетворные микроорганизмы и вирусы. Последние технические инновации и значительное снижение стоимости мембран привели к росту популярности мембранных биореакторов. Их применяют для обработки и повторного использования как бытовых, так и промышленных сточных вод. Об успешном применении данной технологии свидетельствует тот факт, что на рынке появляются новые типоразмеры мембранных реакторов, а также увеличивается мощность этих устройств [4].

При использовании технологии МБР необходимо уделить особое внимание механической очистке для предупреждения засорения мембран мелкими отбросами. Некоторые авторы рекомендуют использовать решетки с прозором не более 2 мм, однако опыт работы с МБР АО «МАЙ ПРОЕКТ» и литературные данные показывают, что экономически обосновано применять сита с прозорами от 0,5 до 1,0 мм. В практике эксплуатации МБР на европейских очистных сооружениях канализации с решетками с прозором 3 мм

зафиксировано забивание мембран мелким мусором. Например, на одной из первых крупных установок МБР в коммунальном секторе в г. Брешия (Brescia), Италия, перед мембранным биореактором установлены грубые решетки с прозором 30 мм, аэрируемые горизонтальные песколовки и тонкие решетки (2,0 мм); на ОСК г. Траверс Сити (Traverse City), США, эксплуатируются решетки 6 мм, первичные отстойники и решетки 2 мм; на объекте г. Шилд (Schilde), Бельгия, эксплуатируются барабанные сита с прозором 1 мм, в г. Варссевельд (Varsseveld), Нидерланды, решетки 6 мм, аэрируемые песколовки, сита 0,8 мм. Наилучшее состояние мембран по засоренности мелким мусором отмечено на последнем объекте, в Нидерландах, и это напрямую связано с прозором сит механической очистки [1].

Также распространение данных систем обусловлено ростом спроса на LEED-сертифицированные здания. Рециркуляция воды вносит существенный вклад в достижение цели строительства экологически безопасных зданий, не наносящих вред окружающей среде. Данного мнения придерживается Green Building Council, которая администрирует программу LEED в США [3].

Действительно, огромные энергетические и строительные ресурсы тратятся на то, чтобы транспортировать сточные воды к очистным сооружениям, очищенные сточные воды затем сбрасываются в реки, из рек вода снова забирется, повторно очищается в системах водоподготовки, затем транспортируется к потребителю с помощью энергозатратных насосных установок [8]. Получается, что мы прилагаем много сил и тратим впустую ресурсы только для того, чтобы перегонять значительное количество воды на большие расстояния, вместо того чтобы сразу на месте ее очистить и использовать.

Одна из ее ключевых целей – переход на замкнутый цикл водопользования при производстве стали. В результате реализации этого природоохранного проекта комбинат полностью прекратит сброс сточных вод в озеро Узкое, а вся очищенная вода будет возвращаться на производство. Таким образом в результате многоступенчатой очистки вода будет соответствовать требуемым нормативам ПДК по всем веществам. Производительность очистных сооружений составит 600 кубометров в час. Снижение сброса сточных вод в водные объекты города обеспечивается за счет организации замкнутого водооборотного цикла. После реализации всех намеченных мероприятий комбинат сократит сброс сточных вод еще на 10,3 млн. кубометров.

В зависимости от технологических задач мембранный биореактор может использоваться как на этапе финишной очистки (до стадии обеззараживания), так и для предочистки перед нанофильтрацией и обратным осмосом при необходимости обессоливания очищенной воды.

#### Библиографический список

1. Очистка сточной воды с применением технологии MBR (мембранный биореактор). Хасанова Залия Рустемовна, Накипов Анис Раянович, Казанский государственный энергетический университет Казань,

2017 г.

2. Использование мембранного биореактора при очистки сточных вод. Мамедова Ф.М., Гусейнова М.А., Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, 2019г.

3. Гальперин А.М. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов : учебное пособие для вузов. Т. 2 : Старые техногенные нагрузки и наземные свалки / А.М. Гальперин, В. Фёрстер, Х.-Ю. Шеф. – Москва.: МГГУ, 2006. – 259 с.

4. Основы гидрометаллургии : учебное пособие для вузов / И.Ю. Кольчурина, О.И. Нохрина, В.В. Руднева, В.М. Федотов ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк, 2008. – 225 с.

5. Материальный и тепловой баланс конвертерной плавки с использованием твердых бытовых отходов : метод. указания / Е.В. Протопопов, Л.А. Ганзер, А.Н. Калиногорский. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008. – 47 с. Малоцементные и бесцементные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов : [учебное пособие для вузов] / С. И. Павленко, М. В. Луханин, Е. Г. Аввакумов, Е. В. Корнеева ; под ред. Е. Г. Аввакумова. – Новосибирск : СО РАН, 2010. – 300 с.

6. Горбунова О.А. Освоение подземного пространства при утилизации техногенных отходов. Ч.1 : Заполнение выработанного пространства твердеющей закладкой на основе отходов обогащения / О.А. Горбунова. – Москва : МГГУ , 2010. – 97 с. : ил. – (Экология горного производства). – Библиогр.: с. 87-97. 20. Справочник "Минеральные ресурсы мира", т.2 (хроника текущих событий), 2001.

7. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды - Москва: Недра, 1993.

8. Минаков В.В., Кривенко С.М., Никитина Т.О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений // Экология и промышленность России. - 2002.

9. Лапицкая М.П., Зуева Л.И., Балаескул Н.М., Кулешова Л.В. Очистка сточных вод. - Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.

10. Яковлев С.В., Корелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. – Москва: Стройиздат, 1985. – 336 с.

|   |     |
|---|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ<br>НЕОДНОРОДНОСТИ СЛИТКОВ КОНВЕРТЕРНОЙ СТАЛИ<br><i>Ермакова А.С.</i> .....     | 415 |
| МОНТАЖ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ<br>СООРУЖЕНИЙ ЕВРАЗ ЗСМК ДЛЯ СТОЧНЫХ ВОД<br><i>Челищев А.А.</i> ..... | 420 |
| ДРЕВЕСНОУГОЛЬНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ<br><i>Антонюк А.Е., Михайличенко Т.А.</i> .....  | 426 |
| СОБЛЮДЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА<br>РОССИЕЙ ПО ПАРНИКОВЫМ ГАЗАМ<br><i>Сидонова М.В.</i> .....             | 431 |

Научное издание

# **НАУКА И МОЛОДЕЖЬ: ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Выпуск 26**

*Труды Всероссийской научной конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых*

**Часть V**

Под общей редакцией  
Технический редактор  
Компьютерная верстка

С.В. Коновалова  
Г.А. Морина  
Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 08.12.2022 г.  
Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 26,21 Уч.-изд. л. 28,66 Тираж 300 экз. Заказ № 324

Сибирский государственный индустриальный университет  
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42  
Издательский центр СибГИУ