

---

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ

ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ

Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского

---

# ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДЫ

Том 36, №5(241), сентябрь – октябрь 2014

---

# JOURNAL OF WATER CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

Volume 36, Number 5(241), September – October 2014

---

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в сентябре 1979 г. Выходит 1 раз в 2 месяца

Журнал включен в мультидисциплинарную реферативную базу оценки частоты цитирования SCOPUS, которая включает в себя рефераты более 28 млн. статей из 15000 журналов 4000 издательств (52% из них – европейские).

---

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Founded in September 1979. Publishing 1 time in 2 months

Journal included in multidisciplinary abstracts base on estimating the frequency quoting SCOPUS, which includes abstracts of more than 28 million articles from 15,000 journals of 4000 publishers (52 % of them European).

---

ISSN 0204-3556. Химия и технология воды, 2014, т.36, №5

Национальный университет  
Химии и Технологий  
И.В. Думанского  
НАУКА

## Содержание

### Физическая химия процессов обработки воды

- ГОНЧАРУК В.В., КУРЛЯНЦЕВА А.Ю., ТАРАНОВ В.В. Оценка влияния неоднородностей водной среды .....
- ПЕРШИНА Е.Д., КАЗДОБИН К.А. О трансформации тригалобромидов и трихлоруксусной кислоты в водных средах.....

### Аналитическая химия воды

- ЛЕВЧИК В.М., ЗУЙ М.Ф., ЗАЙЦЕВ В.Н. Капиллярная и дисперсионная микроэкстракция дифенилкетонов.....
- ТРОХИМЕНКО А.Ю., ЗАПОРОЖЕЦ О.А. Йодометрическое титрование и спектрофотометрическое определение нитрита с использованием пенополиуретана как сорбента .....

### Технология водоподготовки и деминерализация воды

- КЛИМЕНКО Н.А., САМСОНИ-ТОДОРОВА Е.А., САВЧИН А.П. Повышение эффективности коагуляционной очистки днепровской воды .....
- СЕМЕНОВА Е.И., БУБЛИЕНКО Н.А., СУЛЕЙКО Т.П. Электростимулирование активного ила аэротенков как способ интенсификации очистки сточных вод предприятий молокоперерабатывающей промышленности .....
- ИЕВЛЕВА О.С., БАДЕХА В.П., ГОНЧАРУК В.В. Технологическая схема очистки природных вод от нитрат-ионов баромембранными методами .....

### Биологические методы очистки воды

- HOLY O., MATOUSKOVA I., JURASKOVA E. Risk of legionellosis from microbial contamination of potable water in a bone marrow transplant unit in a Czech University hospital.....

### Природные воды

- ВЕРГОЛЯС М.Р., ЛУЦЕНКО Т.В., ЗЛАЦКИЙ И.А. Оценка качества природных вод .....

Е.И. Семенова, Н.А. Бублиенко, Т.Л. Сулейко

## ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ИЛА АЭРОТЕНКОВ КАК СПОСОБ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Национальный университет пищевых технологий,  
г. Киев, Украина  
tata\_t2008@ukr.net

*Определены основные показатели очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий. Исследованы процессы стимулирования аэробного активного ила электрическим током малой мощности. Доказана эффективность использования предложенного способа интенсификации.*

**Ключевые слова:** аэробный активный ил, стимулирование, сточные воды, электрический ток.

**Введение.** Залогом устойчивого развития нашего государства является сохранение и восстановление окружающей среды [1].

Много лет молокоперерабатывающие и другие предприятия пищевой промышленности практически не имели мотивации к серьезным практическим действиям в плане экологизации производства, рациональной утилизации или очистки отходов [2]. Для исправления данной ситуации необходимо применение инновационного подхода к созданию принципиально новых и совершенствование существующих природоохранных технологий, в том числе и биологической очистки сточных вод.

На режим образования сточных вод на молокоперерабатывающем предприятии, их состав и количество влияют вид сырья, технологический процесс производства, количество использованной воды, местные условия и многие другие факторы [3]. Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах конкретного предприятия определяет выбор способа их очистки: если ХПК не превышает 2000 мг О/дм<sup>3</sup>, целесообразно использовать способ аэробной ферментации, если же ХПК  $\geq$

© Е.И. Семенова, Н.А. Бублиенко, Т.Л. Сулейко, 2014

2000 мг О/дм<sup>3</sup> (а на некоторых предприятиях молочной промышленности показатель ХПК может достигать и 6000 мг О/дм<sup>3</sup>), следует применять комплексное сочетание стадий метанового брожения и доочистки сточных вод в аэробных условиях [4].

Однако биологический способ очистки, как наиболее эффективный именно для сточных вод богатых органическими загрязняющими веществами, имеет и ряд недостатков, среди которых выделяют: большие объемы очистных сооружений, значительные капитальные и текущие расходы, высокую санитарно-эпидемиологическую опасность из-за сильной загрязненности сточных вод патогенной микрофлорой и др. Существенно ликвидировать данные недостатки возможно путем использования способов интенсификации процесса очистки сточных вод [5].

Цель данной работы – определение параметров аэробной ферментации с использованием интенсификации активного ила электрическим током малой мощности, при которых основные показатели очистки сточных вод достигали бы максимальных значений.

**Методика эксперимента.** Опыты проводили на специально сконструированной лабораторной установке, которая представляет собой сочетание аэротенка-смесителя и вторичного отстойника в едином корпусе. Выбор аэротенка-смесителя объясняется его преимуществом над другими типами аэротенков, а именно: возможностью достижения одинаковой концентрации загрязняющих веществ, активного ила и кислорода воздуха по всему объему сооружения. Целью преобразований традиционной установки аэробной ферментации, состоящей из двух емкостей – аэротенка и резервуара для отстаивания иловодяной смеси, являлась эксплуатация традиционных вторичных отстойников, которые не всегда удовлетворяют установленным требованиям двухчасового отстаивания иловодяной смеси и разделения последней на очищенную сточную воду и активный ил.

Обработку иловодяной смеси осуществляли переменным электрическим током в емкости аэротенка объемом 4 дм<sup>3</sup> с помощью двух плоскопараллельных электродов из нержавеющей стали с рабочей площадью по 90 см<sup>2</sup> каждый (расстояние между электродами – 5 см).

При определении основных гидрохимических и технологических показателей очистки воды (ХПК; скорость разбавления – как отношение скорости протока к объему аппарата, ч<sup>-1</sup>; дегидрогеназная активность организмов аэробного активного ила (ДГА); степень очистки,

определяемая как соотношение количества извлеченных загрязняющих веществ к их начальной концентрации по ХПК и др.) были использованы стандартные методики [6 – 7].

**Результаты и их обсуждение.** Проведены исследования по утилизации сточных вод молокозавода (табл. 1). Очистку сточных вод осуществляли в непрерывном режиме.

Кроме того, были проведены опыты по определению дегидрогеназной активности ила. Как известно, значение ДГА используется для контроля интенсивности процесса очистки воды. Теоретически ДГА должна снижаться соответственно истощению питательной среды. Вместе с тем она может меняться в зависимости от структуры окисляемых веществ сточных вод (рисунок). Но поскольку в нашем случае была использована сточная вода из сборника-усреднителя, который полным образом нейтрализует возможные колебания состава субстрата, причины для существенного изменения показателя по данному фактору отсутствуют.



*Динамика изменения дегидрогеназной активности аэробного активного ила при аэробной ферментации сточной воды молокозавода.*

Механизм действия электрического тока, как одного из эффективных способов интенсификации процесса, состоит в стимулировании жизнедеятельности организмов активного ила при биологической очистке [8]. Происходит ускоренное размножение клеток и усиливается ферментативная активность микрофлоры (прежде всего активность дегидрогеназ, которые катализируют окислительно-восстановительные процессы, лежащие в основе процесса очистки).

Метаболическая активность ила определяется по уровню удельной дегидрогеназной активности.

Таблица 1. Основные показатели очистки сточной воды молокозавода

Вода	ХПК <sub>нач</sub>	ХПК <sub>кон</sub>	Продолжительность аэрации, ч	$\nu \cdot 10^{-2}, \text{ч}^{-1}$	Степень очистки %
	мг О/дм <sup>3</sup>				
Сточная вода молокозавода	1 500	55	48	0,021	96,3

Активность ила достигает наибольшего значения через 20 – 30 м после отключения тока, а затем постепенно снижается до значений активности, присущих необработанному электрическим током илу.

Одной из особенностей этого способа интенсификации является то, что с помощью электрического тока можно достичь не только повышения степени очистки сточных вод, но и некоторого ускорения процесса, что очень важно в условиях, когда расходы сточной воды неравномерны. Кроме того, он не нуждается в больших затратах электрического тока и дополнительной площади для размещения аппаратов очистки, что особенно важно для локальных биологических установок небольшого размера.

При использовании интенсифицированной технологии очистки сточной воды необходимо было определить оптимальные параметры электрического тока, приводящие к максимальному увеличению удельной ферментативной активности ила. Поэтому проведен эксперимент в широком диапазоне значений мощности тока, который изменяли в камере аэрации как стимулирующий агент активного ила от 1,5 до 99,5 мкВт (соответственно удельные затраты мощности - 0,38 до 24,88 мкВт/дм<sup>3</sup>). Подачу электрического тока осуществляли импульсно, но многократно – около 12 раз за один час. Продолжительность импульсной электростимуляции – 2, интервал между импульсами – 300 с. Таким образом, скважность (показатель, характеризующий отношение периода повторения импульсов электрического тока к их продолжительности) составляет 0,67 %. После этого через 30 мин отбирали пробу иловодяной смеси, в которой определяли значение ДГА (табл. 2).

Таблица 2. Динамика изменения дегидрогеназной активности организмов аэробного активного ила в зависимости от мощности электрического тока

Удельные затраты мощности электрического тока, мкВт/дм <sup>3</sup>	ДГА, мг/г
0,38	23,5
0,75	27,0
2,25	33,5
3,0	49,5
3,75	48,0
5,0	41,0
12,5	26,0
24,88	19,0

Полученные данные дают возможность значительно сократить интервал поиска оптимальных параметров электрического тока. Для этого были проведены опыты по определению ДГА при мощности тока от 1,5 до 20,0 мкВт (удельные затраты мощности тока соответственно изменялись от 0,38 до 5,0 мкВт/дм<sup>3</sup>) (табл. 3).

Зависимость между мощностью тока и дегидрогеназной активностью ила можно описать с помощью кривой второго порядка. Уравнение аппроксимирующей кривой было определено при помощи электронных таблиц Microsoft Office Excel и имело следующий вид:

$$f(x) = -0,184x^2 + 4,918x + 17,011,$$

где  $f(x)$  – мощность электрического тока, затраченного на обработку 4 дм<sup>3</sup> иловодяной смеси, мкВт;  $x$  – дегидрогеназная активность ила под воздействием тока, мг/г.

На основании этого уравнения можно определить оптимальную мощность тока, что соответствует максимальному значению ДГА. В нашем случае  $\max(f(x))$  составляет 49,85 мг/г, а  $x$  при этом равен 13,5 мкВт, что соответствует удельным затратам мощности тока ~ 3,38 мкВт/дм<sup>3</sup>.

Экспериментальным путем доказана целесообразность применения электрического тока указанной мощности, а именно: воздействие тока мощностью 13,5 мкВт на организмы активного ила вызывало повыше-

ние их дегидрогеназной активности до 49 – 50 мг/г (в среднем в два раза), что повлияло на ускорение очистки сточной воды.

*Таблица 3. Динамика дегидрогеназной активности организмов активного ила после их стимулирования электрическим током малой мощности*

ДГА в контрольном опыте, мг/г *	Удельные затраты мощности электрического тока, мкВт/дм <sup>3</sup>	ДГА ила через 30 мин после электростимулирования, мг/г	Удельное изменение ДГА
24,0	0,38	23,5	0,98
24,0	0,75	31,5	1,31
25,5	1,38	37,5	1,47
24,5	2,38	46,5	1,90
25,0	2,88	49,5	1,98
23,5	3,38	50,0	2,13
24,5	4,13	49,0	2,00
25,5	4,63	44,5	1,75
24,5	5,0	41,5	1,69

\*ДГА активного ила, измеренная непосредственно перед подачей тока на электроды, закрепленные в емкости аэротенка.

Итак, если без использования электрического тока в качестве стимулирующего агента активного ила очистку сточной воды осуществляли в течение 48 ч, то в процессе импульсного применения тока мощностью 13,5 мкВт продолжительность пребывания сточной воды в очистном сооружении сократилась до 36 ч.

**Выводы.** Сокращение времени пребывания загрязненной сточной воды в аэротенке на 25 % позволяет увеличить количество очищенных сточных вод, т.е. повысить производительность очистной станции. Это даст возможность очищать сточные воды как молокозавода, так и других предприятий данной местности.

**Резюме.** Визначено основні показники процесу очищення стічних вод молокопереробних підприємств. Досліджено процеси стимулювання аеробного активного мулу електричним струмом малої потужності. Доведено ефективність використання запропонованого способу інтенсифікації.



**PROMOTING ACTIVE SLUDGE AEROTANKS ELECTROCU-  
TION AS A METHOD FOR IMPROVED PROCESS WASTEWATER  
TREATMENT FOR DAIRY INDUSTRY**

Summary

The main indicators of the wastewater treatment process dairies. The processes of promoting aerobic activated sludge electric current of low power. It is proved that the use of the method of intensification efficiently.

Список использованной литературы

- [1] Програма дій "Порядок денний на ХХІ століття" ("AGENDA 21"). Ухвалена конф. ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт "Планета Земля", 1992). – К.: Інтелсфера, 2000. – 359 с.
- [2] Склад Л.Б. // Вісн. соц.-економ. дослід. – 2010. – № 40. – С. 394 – 397.
- [3] Василів О.Б., Коваленко О.О. // Структура та шляхи раціонального використання води на харчових підприємствах: Наук. пр. ОНАХТ. – 2009. – Т. 1, Вип. 35. – С. 54 – 58.
- [4] Ткаченко Т.Л., Семенова О.І., Бублієнко Н.О., Левандовський Л.В. // Матеріали ІІІ Всеукр. з'їзду екологів з міжнарод. участю (Екологія/Ecology-2011) (Вінниця, 21 – 24 вересня 2011 р.). – Вінниця: ВНТУ, 2011. – Т.1. – С. 31 – 34.
- [5] Тозова Т.А., Денисова Н.А. / Матеріали Міжнарод. науч.-практ. конф. "Енергоэффективность и ресурсосбережение в жил.-ком. хоз-ве – основное направление в развитии отрасли" (Київ, 13 – 17 мая 2002 г.). – К.: Аква-Терм, 2002.
- [6] Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – СПб.: Крисмас+, 2004. – 248 с.
- [7] Панасенкова Е. Ю. Дис... канд. техн. наук. – Иркутск, 2010. – 142 с.
- [8] Ткачук Н.Г. Влияние электрического тока на рост и ферментативную активность микроорганизмов активного ила. – К., 1978. – 79 с.

Поступила в редакцию 08.10.2013 г.