

5. Кабельный обогрев в системе антиобледенения. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/26-kabelnyi-obogrev>.
6. Кабельные системы «антилед» на основе греющих кабелей. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/23-antiled>.
7. Кабель для обогрева кровли и водосток: как выбрать, виды и цена. веб-сайт. URL: <http://kanalizaciya.tv/vodo-stok/215-kabel-dlya-obogreva-krovli-i-vodostokov-kak-vybrat-vidy-cena.html>.
8. Система антиобледенения кровли. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/items/4-sistema-antiobledeneniya-krovli>.
9. Индуктивные нагревательные кабели. веб-сайт. URL: <http://vse-elektrichestvo.ru/novosti/nagrevatelnye-kabeli.htm/>.
10. Крыши без наледи и сосулек. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/27-kryshi-bez-naledi-i-sosulek>.
11. Управление системами антиобледенения. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/24-upravlenie-sistemami-antiobledeneniya>.
12. Система антиобледенения кровли. веб-сайт. URL: <http://stopled.com.ua/ru/posts/28-sistema-antiobledeneniya-krovli>.

Болотських М.С., Болотських М.М. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕННЯ ПОКРІВЕЛЬ І ВОДОСТОКІВ БУДІВЕЛЬ. Розглянута низка питань, пов'язаних з проектуванням покрівель і водостоків будівель з допомогою нагрівальних кабелів, стисло описані різні типи кабелів і технологій їх застосування, дані рекомендації по їх вибору і подальшому застосуванню в практиці боротьби з обледенінням покрівель і водостоків будівель.

Ключові слова: нагрівальний кабель, система антиобледеніння, покрівля, водостік, кабельний обігрів.

Bolotskykh N.S., Bolotskykh N.N. DESIGN OF ROOF ANTI-ICING SYSTEMS AND GUTTER BUILDINGS. Considered a number of issues, associated with the design of roof anti-icing systems and gutter buildings using heating cables. Different types of cables are briefly described and technologies for their use, are given recommendations on their choice and further effective use in the practice of anti-icing roofs and gutters of buildings.

Keywords: heating cable, anti-icing system, roofing, gutter, cable heating.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-335-341
УДК 628.353.2

Цитлишвили Е.А., Проскурнин О.А.

НИУ «Украинский НИИ экологических проблем»

*(ул. Бакулина 6, Харьков, 61166, Украина; e-mail: oaпроскурнин@mail.ru;
orcid.org/0000-0001-9774-9306)*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Обосновывается проблема обеспечения экологической безопасности сбросов сточных вод предприятий пищевой промышленности в водные объекты. Проблема вытекает из специфики производства – значительного колебания концентраций загрязняющих веществ в сточных водах на различных стадиях производственного процесса. По этой причине рассчитанные нормативы на сброс сточных вод по усредненным значениям не гарантируют неперевышение допустимой загрязненности водоприемника сточных вод. В качестве решения проблемы предложен более эффективный способ очистки сточных вод с помощью дискового биореактора полного вытеснения. Предлагаемый метод очистки, при котором реализуется возможность проведения всех этапов биодegradации аммонийного азота и соединений фосфора в едином блоке, обеспечит неперевышение нормативов качества воды водоприемника даже при максимальных концентрациях загрязняющих веществ в сточной воде. Отмечается, что достоинством предлагаемого способа очистки являются также экономическая эффективность (за счет снижения затрат на электроэнергию для дополнительной аэрации), уменьшение количества образываемого ила, а также более высокая экологичность самого процесса. Приведен модельный пример расчета для сброса сточных вод молочного завода средней мощности в малую реку, подтверждающий экологическую эффективность предлагаемого способа очистки.

Ключевые слова: водный объект, сточные воды, загрязняющее вещество, нормирование, биореактор, эффективность очистки.

Отведение возвратных вод (сточных, дренажных и сбросных) в водные объекты (ВО) является одним из наиболее существенных факторов антропогенного загрязнения поверхностных вод. С целью обеспечения экологической безопасности водоотведения для предприятий-водопользователей разрабатываются и утверждаются предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в ВО со возвратными водами. ПДС представляет собой максимально допустимую массу вещества, разрешенную к отведению в ВО в единицу времени [1]. В частности, требование установления ПДС распространяется на сточные воды (СВ) предприятий пищевой промышленности.

Расчет ПДС, согласно действующей "Инструкции по разработке и утверждению ПДС..." [2], основывается на фактическом составе СВ, в качестве которого берутся усредненные значения концентраций за последние 12 месяцев. Однако, специфика пищевой промышленности состоит в значительных колебаниях содержания загрязняющих веществ в СВ в продолжении производственного цикла. Например, данные анализов состава СВ Харьковского молокозавода в 2015 году показывают, что химическое потребление кислорода (ХПК) в неочищенной воде колебалось в течение суток от 164,2 мг/дм³ до 10054,8 мг/дм³. Такому же характеру колебаний подвержен и состав СВ, поступающих в ВО после очистки.

Для очистки сточных вод малых и средних по мощности предприятий пищевой промышленности, работающих в условиях отсутствия централизованной канализационной сети, используются морально устаревшие локальные очистные сооружения. Основным их недостатком является то, что механобиологическая очистка сточных вод позволяет изъять из воды основную массу органических загрязняющих веществ, но не может обеспечить достаточную глубину удаления соединений азота и фосфора. В ходе очистки протекают процессы аммонификации и

последующей нитрификации, а также гидролиз соединений фосфора. При этом часть азота и фосфора выводится с биомассой активного ила, некоторая часть малорастворимых соединений фосфора осаждаются в первичных отстойниках. Содержание аммонийного азота и фосфора в очищенной воде на 20–40% меньше, чем в воде, поступающей на очистку. Содержание нитратного и нитритного азота может даже увеличиться. Таким образом, в ВО поступает большое количество этих биогенных элементов. В основу расчета норматива ПДС при этом положен усредненный состав СВ, что не обеспечивает должного уровня экологической безопасности водоотведения, поскольку при пиковых концентрациях веществ в СВ может произойти превышение значений предельно допустимых концентраций (ПДК) речной воды в контрольном створе (КС). Особенно данная проблема является острой в тех случаях, когда сброс СВ осуществляется в малые реки с значительной ассимилирующей способностью. Таким образом, утвержденный норматив ПДС (как составляющая разрешения на спецводопользование) может не обеспечивать экологическую безопасность водоотведения предприятий пищевой промышленности. Решить данную проблему можно путем разработки более эффективного способа очистки СВ.

Целью настоящей работы является представление результатов использования дискового биореактора полного вытеснения (с использованием инертных носителей для иммобилизации микроорганизмов) для повышения уровня экологической безопасности сбросов СВ предприятий пищевой промышленности в ВО.

Осуществлять эффективную очистку СВ данной категории можно путем использования биодисковых реакторов полного вытеснения, отличающихся простой конструкцией и удобством в эксплуатации [3-5]. Данный способ очистки отличается от большинства используемых в пищевой промышленности тем, что

реализуется возможность проведения всех этапов биодеградации аммонийного азота и соединений фосфора в едином блоке биореактора, а также отсутствие стадии рециркуляции ила и сокращение объемов вторичного отстойника, что способствует снижению капитальных затрат на размещения и эксплуатацию сооружений.

В таком реакторе проходят несколько биохимических процессов – нитрификации, денитрификации и частичной дефосфотации. В зависимости от того, в каких сооружениях протекают процессы нитрификации и денитрификации,

используют одно-, двух- или трехстадийные схемы [6].

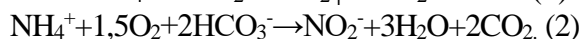
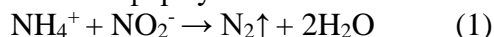
Следует также отметить экологическую безопасность непосредственно процесса очистки предлагаемым методом за счет того, что восстановленный из аммонийного газообразный азот прямо поступает в атмосферный воздух [7]. Кроме того, отсутствует необходимость в дополнительной аэрации, что существенно снижает расходы на электроэнергию.

В табл. 1 приведен состав микроорганизмов, участвующих в преобразовании различных форм азота [8–11].

Таблица 1 – Состав микроорганизмов, участвующих в преобразовании различных форм азота

Процесс	Организмы	Продукты реакции
Аммонификация	Гетеротрофные бактерии	Аммиак, сероводород, минеральный фосфор
Нитрификация 1 $2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 = 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$	Nitrosomonas, Nitrococystis, Nitrospira, Nitrosococcus, Nitrosolobus, Nitrosovibrio	Нитриты
Нитрификация 2 $2\text{NO}_2^- + \text{O}_2 = 2\text{NO}_3^-$	Nitrobacter, Nitrospina, Nitrococcus, Nitrocystis, Nitrospira	Нитраты
Денитрификация $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z + \text{NO}_2^- \rightarrow \text{CO}_2 + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2\uparrow$	Thiobacillus denitrificans, Pseudomonas fluorescens, Ps. aeruginosa, Nitrococcus	Молекулярный азот

В предлагаемой системе очистки удаление азотсодержащих веществ осуществляется благодаря процессу анаэробного окисления ионов аммония (ANAMMOX – anaerobic ammonium oxidation) в комбинации с частичной нитрификацией. Данные процессы соответственно описываются формулами:



Наряду с уменьшением затрат энергии на аэрацию преимуществом этой системы является получение меньшего количества ила в результате реализации процесса.

В работе [12] описан лабораторный эксперимент по оценке эффективности очистки СВ молочного производства с помощью дискового биореактора-вытеснителя. Использовались диски (биомодули) диаметром 28 см в количестве 24 шт. с адсорбированными на поверхности микроорганизмами-деструкторами. Диски вращались с заданной скоростью и были условно разделены на три зоны [13]. Биореактор был оборудован рециркуляционным насосом и обладал пропускной способностью 72 дм³/сут. В табл. 2 приведен результат эксперимента – динамика снижения концентраций загрязняющих веществ в сточной воде.

Таблиця 2 – Значение показателей состава сточной воды на различных этапах очистки в биореакторе иммобилизованным биоценозом

Номер эксперимента	Срок очистки, час	ед. рН	Нитриты	Нитраты	Азот аммонийный	Фосфаты	ХПК
1	0	6,52	0,091	3,54	39,07	32,4	1200
1	3	8,33	0,04	< 0,5	2,4	29,47	–
1	5	8,38	< 0,03	–	0,17	18,8	21
2	0	4,09	–»–	1,81	25,0	34,4	600
2	2	6,86	–»–	0,54	1,23	37,6	–
2	4	8,18	–»–	< 0,5	0,56	19,2	80
3	0	7,17	0,06	5,03	7,28	31,8	1408
3	3	8,56	0,02	11,1	0,15	17,6	15
4	0	7,27	< 0,03	7,25	18,3	25,8	1660
4	2	8,37	–»–	< 0,5	0,42	17,4	13,5
5	0	7,68	0,22	3,02	20,85	34,5	1582
5	3	8,45	< 0,03	0,26	0,25	31,7	15,2

Таблиця 3 – Эффективность очистки СВ от загрязняющих веществ в биореакторе иммобилизованным биоценозом

Номер эксперимента	Нитриты	Нитраты	Азот аммонийный	Фосфаты	ХПК
1	67,03	100,00	99,56	41,98	98,25
2	–	72,38	97,76	44,19	86,67
3	66,67	-120,68	97,94	44,65	98,93
4	100,00	93,10	97,70	32,56	99,19
5	86,36	91,39	98,80	8,12	99,04
среднее	84,34	21,27	98,15	28,44	99,05

Как показывают данные табл. 2, в процессе очистки активная реакция среды, определяемая соотношением в ней концентраций водородных и гидроксильных ионов, изменялась в щелочную сторону, что характерно для процессов денитрификации и аноксидного окисления аммония. К концу очистки воды содержание в ней кислорода и органических соединений было недостаточным для осуществления процесса денитрификации, поэтому можно предположить, что на заключительном этапе очистки протекал только процесс аноксидного окисления аммония анаммокс-бактериями, в результате которого остатки вещества выводились из системы в виде газообразного азота.

В табл. 3 приведены результаты расчета эффективности очистки.

Как видно из табл. 3, наиболее эффективно из СВ удаляются нитриты, азот аммонийный и вещества, определяющие значение интегрального показателя ХПК.

Ниже приведен модельный расчет загрязнения водотока сточными водами молочного производства относительно небольшой мощности. Предполагается, что сброс СВ осуществляется в малую реку. (Примером подобной ситуации может служить, например, сброс СВ Нововодолажского молокозавода в р. Ольховатка в Харьковской области.) В качестве показателей загрязнения в примере рассматриваются азот аммонийный и ХПК. Поскольку расчет носит демонстрационный характер, в качестве исходных данных по производству взяты типичные значения на основании годовой отчетности Харьковского регионального управления водных

ресурсов [14]. При этом брались как средние значения, так и среднемаксимальные. В качестве характеристики водоприемника взяты значения, характерные для малых рек Харьковской области бассейна С. Донца [15]. С целью упрощения задачи, расход СВ полагался постоянным в продолжении всего производственного цикла. Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Исходные данные для расчета.

Показатель	Речная вода выше выпуска СВ	Сточная вода	
		средняя концентрация	среднемаксимальная концентрация
Расход, м ³ /с	0,02	0,002	
Азот аммонийный, г/м ³	0,75	21,7	50,02
ХПК, мг/дм ³	21	17,12	625

Состав сточной воды после очистки определяется по формуле:

$$C_{ст} = (1 - d) \cdot C_{вх}, \quad (3)$$

где $C_{ст}$, $C_{вх}$ – соответственно концентрация загрязняющих веществ до и после прохождения очистки, г/м³; d – эффективность очистки.

Поскольку КС устанавливается, согласно [2], на небольшом расстоянии от выпуска СВ (не ниже 500 м), процессами трансформации и самоочищения в речной воде можно пренебречь.

Также, ввиду малой водности водоприемника, разбавление СВ можно принять полным и качество воды в КС оценивать как среднее по створу. В силу сделанных допущений, балансовое уравнение для определения качества речной воды в КС имеет следующий вид:

$$C_{КС} = \frac{C_{ст} \cdot q + C_{ф} \cdot Q}{q + Q}, \quad (4)$$

где q , Q – соответственно расходы сточной и речной воды в фоновом створе, расположенном выше выпуска СВ, м³/с; $C_{КС}$ – концентрация загрязняющего вещества в КС, г/м³.

Результат расчета приведен в табл. 5. В качестве нормативов состава природной воды взяты ПДК рыбохозяйственной категории водопользования [16].

Таблица 5 – Результат расчета качества речной воды в КС при различных способах очистки СВ

Показатель	Существующий способ очистки			Очистка с использованием дискового биореактора			ПДК, г/м ³
	эффективность очистки, %	концентрация в КС, г/м ³		эффективность очистки, %	концентрация КС, г/м ³		
		при средней загрязненности СВ	при среднемаксим. загрязненности СВ		при средней загрязненности СВ	при среднемаксим. загрязненности СВ	
Азот аммонийный	85	0,98	1,36	98,15	0,21	0,26	1
ХПК	75	19,48	75,91	99,05	17,12	21,25	50

Как видно из табл. 5, при средней загрязненности СВ оба способа очистки обеспечивают не превышение ПДК в КС. Это означает, что при использовании существующего способа очистки при расчете ПДС в качестве допустимых концентраций в СВ могут быть назначены средние концентрации. Однако это приведет к превышению ПДК в КС при пиковых

концентрациях загрязняющих веществ в СВ. В то же время очистка с использованием дискового биореактора не приводит к превышению ПДК.

Поскольку приведенный модельный пример основан на типичных значениях состава СВ молочного производства и типичных характеристиках малых рек региона, результат расчета можно полагать экспериментальным подтверждением

экологической эффективности внедрения системы очистки с использованием дискового биореактора.

Вывод. Предложенный способ очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности с использованием дискового биореактора обеспечивает повышения уровня экологической безопасности сброса сточных вод в поверхностные водные объекты.

Направлением дальнейших исследований является количественный анализ загрязненности водного объекта в зоне воздействия сброса сточных вод реального предприятия пищевой промышленности при различных циклах производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Водный кодекс Украины. К.: Видавничий Дім «Ін Юре», 2004. 138 с.
2. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично-допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Затв. Мінприроди України 15.12.94. – Харків: УкрНЦОВ, 1994. 79 с.
3. Nicolella C, van Loosdrecht M.C, Heijnen J.J. Wastewater treatment with particulate biofilm reactors. *Journal of Biotechnology*. 2000. V.80. p. 1-33.
4. Chernicharo C. Post treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. *Rev. Environ. Sci. Biotechnology*. 2006. Vol. 5. Pp. 73-92.
5. Лыков И.Н., Логинов А.А., Кулишов С.А. Использование процессов биосорбции для повышения эффективности очистки сточных вод и предотвращения экологического ущерба. *Вестник Калужского университета*, 2004. № 3. С. 5-10.
6. Смирнов Н.В. Математическое моделирование процесса биологической очистки сточных вод. *Ярославский педагогический вестник. Сер. «Естественные науки»*. 2012. Т. 3. № 3. С. 44-49.
7. Sliemers A. Olav, Dervord N., Gomes G.L. Completely autotrophic nitrogen removal over nitrite in one single reactor. *Water Res.* 2002. Т. 36. № 10. С. 2475-2482.
8. Есин М.А., Смирнов А.В., Юрченко В.А. Моделирование очистных сооружений канализации с применением технологии глубокого удаления соединений азота и

фосфора. *Науковий вісник будівництва*. 2012. Вип. 69. С.283-287.

9. Самохвалова А.И. Повышение эффективности работы и компактности циркуляционных окислительных каналов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Харьков. 2015. 201 с.
10. Патент України на винахід № 97747, МПК C02F 3/02. Спосіб аеробного біологічного очищення стічних вод. Гвоздяк П.І., Глоба Л. І., Саблій Л. А., Капарник А. І., Борисенко О. О., Жукова В. С.: заявник та патентоутримувач Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». – № а201014394; заявл. 01.12.10; опубл. 12.03.12, Бюл. №5.
11. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування ДБН В.2.5 - 75:2013 – Київ Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства, України, 2013.
12. Цитлишвили Е.А. Экспериментальные исследования по удалению соединений азота и фосфора из сточных вод пищевой промышленности в аноксидных условиях дискового биореактора. *Экология и промышленность*. 2018. № 3-4. С. 51-57.
13. Таварткиладзе И.М., Тарасюк Т.П., Доценко М.И. Очистные сооружения водотока. Справочник. Киев: Будівельник, 1988. 256 с.
14. Річний звіт Харківського регіонального управління водних ресурсів за 2017 рік. Харків: Харківське РУВР, 2018. 143 с.
15. Довідник з водних ресурсів / За ред. Б.І. Стрельця. К.: Урожай, 1987. 295 с.
16. Про затвердження Нормативів екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК-5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту). Наказ Мінагрополітики N 471 від 30.07.2012 веб-сайт. URL: http://www.leonorm.com.ua/P/NL_DOC/UA/201201/Nak471.htm.

Цітлішвілі Е.А., Проскурнин О.А. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СКИДАННЯ СТИЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. Обґрунтовується проблема забезпечення екологічної безпеки скидів стічних вод

підприємств харчової промисловості в водні об'єкти. Проблема впливає зі специфіки виробництва - значного коливання концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах на різних стадіях виробничого процесу. З цієї причини розраховані нормативи на скидання стічних вод по усереднених значень не гарантують неперевищення допустимої забрудненості водоприймача стічних вод. В якості вирішення проблеми запропонований більш ефективний спосіб очищення стічних вод за допомогою дискового біореактора повного витіснення. Пропонований метод очищення, при якому реалізується можливість проведення всіх етапів біодеградації амонійного азоту і сполук фосфору в єдиному блоці, забезпечить неперевищення нормативів якості води водоприймача навіть при максимальних концентраціях забруднюючих речовин в стічній воді. Відзначається, що перевагою пропонованого способу очищення є також економічна ефективність (за рахунок зниження витрат на електроенергію для додаткової аерації), зменшення кількості утворюваного мулу, а також більш висока екологічність самого процесу. Наведено модельний приклад розрахунку для скидання стічних вод молочного заводу середньої потужності в малу річку, що підтверджує екологічну ефективність запропонованого способу очищення.

Ключові слова: водний об'єкт, стічні води, забруднююча речовина, нормування, біореактор, ефективність очистки.

Tsitlishvili, E.A., Proskurnin, O.A. ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE DISCHARGE OF WASTE WATER OF FOOD INDUSTRY ENTERPRISES. The problem, of ecological safety status of water bodies after the wastewater discharge, from food productions factories, is grounded. The problem follows from technological processes, and huge differences between concentrations of pollutants in the wastewater from different process stages. In this connection, limits and standards for the wastewater discharge, that have been evaluated for medium values, cannot guarantee the quality standards of water body that receive the wastewater discharge. The new, more effective method of the wastewater treatment, that could solve the problem, that includes the complete extrusion biotank, is proposed. The treatment method, that are proposing, has possibility of the biodegradation process of total ammonia and phosphorous compounds in the one chamber, that will provide permissible standards of water body that receives wastewater discharge even with maximum of pollutants concentrations in the wastewater. Also notes, that the economical efficiency (the energy saving from the additional aeration), decreasing of the sludge volume and ecological efficiency are the main merits of this method. The demo example of evaluation of wastewater discharge, from the dairy production plant (medium productivity), that express the ecological safety of proposing method, to the small river, are presented.

Keywords: waterbody, waste water, pollutant, standardization, biotank, the treatment efficiency.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-341-346

УДК 621.436

Бородін Д.Ю., Семенов В.Г.,

Національний технічний університет «ХПІ»

(вул. Кирпичова, 2, Харків, 61000, Україна; e-mail: dimitriy.graf@gmail.com; orcid.org/0000-0002-2105-023X)

Семенова-Куліш В.В.,

Український державний університет залізничного транспорту

(площа Фейєрбаха, 7, Харків, 61000, Україна; orcid.org/0000-0003-4807-0625)

Герасименко В.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; orcid.org/0000-0002-7874-1322)

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ У ЯКОСТІ БІОПАЛИВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Розглядається проблема використання рослинних палив замість палив нафтового походження. Проведений аналіз перспектив використання поновлюваних джерел енергії переконливо свідчить про