

у водні об'єкти з міськими стічними водами. Дані речовини надходять у міську каналізацію разом з екскрементами хворих. При цьому на міських очисних спорудах вони не вилучаються і, потрапляючи у водний об'єкт, накопичуються в донних відкладеннях, у флорі і фауні і тим самим погіршують стан водних екосистем. Проблема загострюється тим, що в Україні, на відміну від країн ЄС, для зазначених речовин відсутні нормативи їхнього вмісту в природній воді, тому контроль за їх концентрацією у стічних водах не проводиться. У статті запропонований алгоритм розрахунку допустимого скиду даних речовин, а також наведений механізм досягнення розрахункових нормативів на скид, які дозволять запобігти надзвичайного забруднення води та донних відкладень. Наведений демонстраційний приклад розрахунку для Діканьовських очисних споруд (м. Харків).

Ключові слова: фармацевтичні речовини, водний об'єкт, стічні води, допустимий скид, нормування, міська каналізація, електрохімічна деструкція.

Proskurnin O.A., Ermakovich I.A., Berezenko E.S., Kirpichova I.V. NORMALIZATION OF PHARMACEUTICAL SUBSTANCES IN MUNICIPAL WASTE WATER ENTERING IN

WATER OBJECTS. The article is devoted to the problem of the standardization of the arrival pharmaceutical substances (diclofenac, beta-estradiol, dibazol, ketoprofen and ciprofloxacin) into water objects with municipal waste water. These substances enter municipal sewage system together with the excrements of patients. At the same time, they are not removed at city sewage-purification facilities and, getting into a water object, accumulate in bottom sediments, in flora and fauna, and thereby worsen the condition of water ecosystems. The problem is aggravated by the fact that in Ukraine, unlike the EU countries, for these substances there are no standards for their content in natural water, so control of their concentration in waste water is not conducted. In article is offered algorithm of the calculation of the possible unset these substances, and also the mechanism is proposed to achieve the calculated standards for discharge, which will avoid excessive contamination of water and bottom sediments. The demonstration example of the calculation is given for Dikanevsk sewage-purification facilities (Kharkov-city).

Keywords: pharmaceutical substances, water-body, waste water, possible unset, standardization, municipal sewerage, electrochemical destruction.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-92-2-274-278
УДК 614.08

Скочко С.А., Нестеренко О.В., Самохвалова А.І.

*Харківський національний університет будівництва та архітектури»
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: bjieknuca@gmail.com)*

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОЦЕНОЗУ АКТИВНОГО МУЛУ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

Проаналізовано фази роботи активного мулу на очисних спорудах. Розглянуто склад активного мулу в різних станах на комплексі споруд каналізаційної очисної станції в м. Лозова. Рекомендується використання утвореного активного мулу як добрива та проведення подальшої дослідницької роботи його складу.

Ключові слова: активний мул, бактерії, біомаса, очисні споруди, нітрифікація.

Постановка проблеми. Зараз проблема забруднення навколишнього середовища стоїть дуже гостро, так як бездумне ставлення до природи – це прямий шлях до загибелі людства. Одним із істотних джерел шкідливих викидів є системи каналізації, оскільки пристрої цих систем передбачаються не тільки в житлових, але й у виробничих будівлях.

На сьогоднішній день у всьому світі проблема очищення стічних вод є надзвичайно серйозною, тому для її вирішення винаходять різні методи. Біологічна очистка є основним методом видалення з міських стічних вод здебільшого органічних і бактеріальних забруднень. Тому саме спорудам біологічної очистки відводиться ключова

роль в загальному комплексі споруд каналізаційної очисної станції.

Процес очищення здійснює складне співтовариство мікроорганізмів мікрофауни (бактерій, найпростіших), ряду вищих організмів – макрофауни (хробаків, комах) – в умовах аеробіозу, тобто наявності в воді, яка очищується розчиненого кисню. Забруднення стічних вод є для багатьох мікроорганізмів живильним субстратом, при використанні якого вони отримують все необхідне для їх життя – енергію і матеріал для конструктивного обміну (приросту біомаси). Витягаючи з води поживні речовини (забруднення), мікроорганізми очищають від них стічну воду, але одночасно вони вносять в неї нові речовини – продукти обміну, які виділяються в зовнішнє середовище.

Аналіз публікацій. У інженерному вигляді біологічна очистка стічних вод була сформульована ще на початку ХХ ст., але сам процес біологічної очистки розглядався як «чорна скринька». Визнані авторитети, суттєвим внеском яких є розуміння кінетики ферментативної реакції та споруд біологічної очистки стічних вод, серед вчених країн СНГ – Корольков К.Н., Строганов С.Н., Яковлев С.В., Мішуков Б.Г., Феофанов Ю.А., Разумовський Є.С., Карюхіна Т.А., Скірдов І.В., Бондарев А.І., Репін Б.Н. та ін.

У результаті огляду літературних джерел та аналізу найважливіших проблем у сфері охорони природних водних об'єктів було встановлено, що головна умова, необхідна для покращення якості води природних водних об'єктів, полягає у захисті довкілля від шкідливого антропогенного впливу шляхом забезпечення належної очистки промислових та побутових стічних вод, що потрапляють у водні об'єкти, та встановлення комплексного контролю їх якості [1].

Інтенсивне будівництво в неканалізованих районах, висока вартість великих очисних споруд і каналізаційних мереж створюють умови для вирішення задач, пов'язаних з обробкою стічних вод і наступним їх відведенням шляхом будівництва

малих локальних очисних споруд. Тому досить актуальним є удосконалення існуючих, розробка більш ефективних і надійних в експлуатації науково обґрунтованих установок малої продуктивності які дозволяють проводити комплексну біологічну очистку стічних вод від різних забруднень.

При вирішенні проблем очищення стоків особливої уваги заслуговують біотехнологічні способи обробки. Очищення з використанням мікроорганізмів є основою ззовні простого, але насправді високоорганізованого процесу біологічного перетворення забруднювальних органічних речовин токсично-промислових чи побутових стічних вод на нетоксичні продукти, а стічної води, відповідно, на екологічно безпечні та біологічно повноцінні [2].

Метою статті є аналіз існуючих фаз роботи активного мулу на очисних спорудах.

Результати досліджень. Активний мул є амфотерною колоїдною системою. Елементний хімічний склад активного мулу для міських стічних вод має формулу – $C_{54}H_{212}O_{82}N_8S_7$. Суха речовина активного мулу містить 70 – 90% органічних і 10 – 30% неорганічних речовин. Крім живих організмів, у мулі міститься субстрат – різні тверді залишки, на яких іммобілізуються мікроорганізми [3, 4]. Біоценоз активного мулу представлений в основному видами мікроорганізмів і найпростіших. До складу біоценозу активних мулів входять бактерії, найпростіші, цвілеві гриби, дріжджі, актиноміцети, личинки комах, рачків, водоростей і ін. Основне руйнування органічних забруднень в стоках здійснюється бактеріями. У 1 м^3 мулу міститься $2 \cdot 10^{14}$ бактерій. Крім того, в активних мулах зустрічаються чотири типи найпростіших: саркодові, джгутикові, війчасті та смокчущі інфузорії, які поглинають велику кількість бактерій, підтримуючи їх оптимальну кількість. Вони сприяють осадженню мулу й освітленню стічних вод [3, 5 – 7].

Специфічний для кожної очисної споруди активний мул може бути поділений на три основні типи, які представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні типи активного мулу

Фаза	Типи активного мулу
1	Працюючий на неповне окислення органічних забруднень
2	Працюючий на повне окислення
3	Працюючий на повне окислення з подальшою нітрифікація

Якість мулу визначається швидкістю його осадження і ступенем очищення рідини [3].

Процес очищення за допомогою активного мулу можна розділити на три фази [8]:

- освітлення стічної рідини шляхом адсорбції органічних забруднень на поверхні пластівців активного мулу. Таким чином, на першій стадії очищення забруднюючі речовини в стічних водах видаляються завдяки механічному вилученню їх активним мулом з води і початку процесу біоокислення органіки, яка є найбільш легко-розкладаючою. Високий вміст забруднюючих речовин, які надходять, від побутових та промислових підприємств, сприяє на першій стадії високому киснепоглинанню, що призводить до практично повного споживання кисню в зонах надходження стічних вод в споруді;

- окислення адсорбованої органічної субстанції за допомогою бактерій, найпростіших і грибків, в процесі якого частина органічної речовини використовується для асиміляції – побудови нових клітин, але в ході цього процесу частина органічних речовин витрачається на дисиміляцію – вилучення енергії, з виділенням CO₂ і води;

- подальше окиснення азотовмісних речовин за допомогою нітрифікуючих бактерій.

У період стаціонарного процесу роботи очисних установок з аерацією, зазвичай, розрізняють п'ять фаз роботи активного мулу (рис. 1) [3, 4, 9 – 14], які представлені в табл. 2.

Отже, як видно з графіків, фізіологічний стан клітин не залишається постійним в різних фазах росту біомаси і характеризується їх різною метаболічною активністю, тобто вік мікробіальної культури істотно впливає на швидкість біохімічних процесів, що протікають в біологічному реакторі.

Таблиця 2 – Фази розвитку систем управління відходами

№ п/п	Назва фази роботи активного мулу	Характеристика фази роботи активного мулу
1	Фаза пристосування (адаптації) - лаг-фаза I.	Приросту біомаси практично не відбувається. Тривалість цієї фази залежить як від природи органічних речовин і ступеня адаптованості мікроорганізмів до них, так і від умов, в які вноситься мікробіальна маса.
2	Фаза експоненціального (логарифмічного) зростання (фаза прискороного зростання) II.	У цій фазі надлишок поживних речовин і відсутність (або вельми незначна присутність) продуктів обміну речовин сприяють підтримці максимально можливої в даних умовах швидкості розмноження клітин, яка визначається лише біологічною сутністю процесу їх відтворення. Однак в цій фазі бактеріальні клітини не здатні утворювати пластівці.
3	Фаза уповільненого зростання (фаза зростання з негативним прискоренням) III	Швидкість росту біомаси починає все більше стримуватися в міру виснаження поживних речовин і накопичення продуктів метаболізму. Фази II і III в сукупності утворюють фазу вилучення субстрату або фазу очищення.
4	Фазу нульового зростання (припинення росту) IV	Спостерігається практично стаціонарний стан в кількості біомаси, що свідчить про рівновагу між наявністю поживних речовин і накопиченої біомасою. До кінця цієї фази субстрат практично вичерпується, а бактеріальні клітини починають утворювати пластівці.
5	Фаза ендогенного дихання (або фаза самоокислення) V	Через нестачу харчування починаються відмирання і розпад клітин, що ведуть до зниження загальної кількості біомаси в біологічному реакторі. Живі бактеріальні клітини (органічні речовини) замінюються відмерлими клітинами, що розкладаються (відбувається лізис клітин).

Його підтримка в певному діапазоні дозволить забезпечити оптимальні умови розвитку біомаси для досягнення поставлених технологічних параметрів вилучення та окиснення органічних забруднень із стічних вод, що надходять в аераційну споруду.

З азоту, використаного для синтезу активного мулу як будівельний матеріал

при біохімічному окисненні, в кінцевому рахунку утворюється вуглекислий амоній.

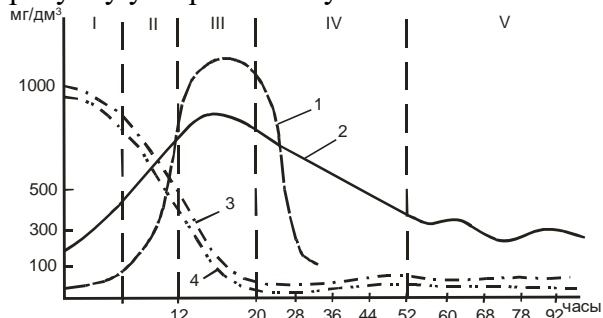


Рис. 1. Фази стаціонарного процесу роботи аераційних споруд з активним мулом [3, 4, 7, 13]: 1 – крива зростання чистої бактеріальної культури (млн./мл); 2 – концентрація активного мулу; 3 – БСК₅ (мг/дм³); 4 – зважені речовини (мг/дм³); I – V – відповідно лаг-фаза, фаза логарифмічна, стаціонарна, відмирання та кінцевого загасання.

Азотовмісні речовини потрапляють в стічну воду не тільки у вигляді білка, але й у вигляді продуктів азотного обміну, зокрема сечовини. Вуглекислий амоній, що утворюється при дезамінуванні, самоокисненні активного мулу, гідролізі сечовини та інших продуктів азотистого обміну в подальшому піддається біохімічному окисненню за допомогою аеробних бактерій.

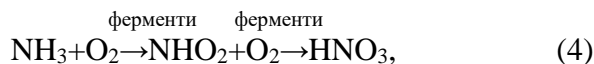
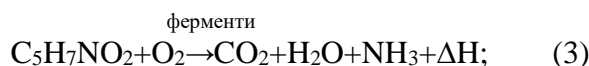
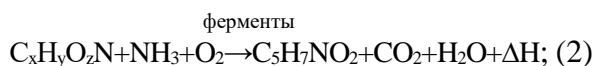
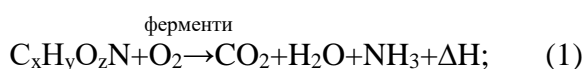
Цей процес, що отримав назву нітрифікації, здійснюється в дві фази:

1. Амонійні солі, в результаті біохімічного окислення бактеріями з роду *Nitrosomonas*, перетворюються в азотисті сполуки (нітрити).

2. Амонійні солі, в результаті біохімічного окислення бактеріями з роду *Nitrobacter*, перетворюються в азотисті сполуки мінеральних солей (нітрати).

Таким чином, як видно з вище викладеного, азотна кислота у вигляді мінеральних солей (нітратів) є кінцевим продуктом окиснення білкових речовин і продуктів їх обміну в тваринних і рослинних організмах. У зв'язку з цим за кількістю нітратів судять про успішність і повноту процесу біохімічного окислення.

Сумарні реакції біохімічного окиснення в аеробних умовах схематично мають вигляд [3, 4]:



де $C_xH_yO_zN$ – всі органічні речовини стічних вод; $C_5H_7NO_2$ – умовна формула клітинної речовини бактерій; ΔH – енергія.

Реакція (1) показує характер окиснення речовини для задоволення енергетичних потреб клітини (катаболічний процес), реакція (2) – для синтезу клітинної речовини (анаболічний процес). Витрати кисню на ці реакції складають БПК_{повн} стічної води. Реакції (3) і (4) характеризують перетворення клітинної речовини в умовах нестачі поживних речовин [3].

Обговорення результатів. В процесі роботи був досліджений склад активного мулу за різними показниками в сухому і сиromу стані на очисних спорудах станції біологічного очищення стічних вод у м. Лозова, табл. 3.

Таблиця 3 – Склад активного мулу

№	Масова частка	сухі	сирі	
1	вологи, %	32,55	70,19	
2	сухої речовини, %	67,45	29,81	
3	золи, %	75,0	45,5	
4	органічної речовини, %	25,0	54,5	
5	загального вуглецю, C _{заг.}	7,2	24,0	
6	загального азоту, N _{заг.} , %	вол.	0,62	0,73
		сух.	0,91	2,44
7	загального фосфору, P ₂ O ₅ , %	вол.	1,22	0,59
		сух.	1,81	1,98
8	загального калію, K ₂ O, %	вол.	0,51	0,20
		сух.	0,76	0,66
9	міді, Cu, мг/кг	73,8	81,2	
10	заліза, Fe, мг/кг	23590	19340	
11	цинку, Zn, мг/кг	607,0	720,0	
12	кобальту, Co, мг/кг	10,40	8,50	
14	нікелю, Ni, мг/кг	60,00	39,60	
15	марганцю, Mn, мг/кг	445,0	268,0	
16	хромю, Cr, мг/кг	46,70	34,40	
17	свинцю, Pb, мг/кг	14,80	13,90	
18	кадмію, Cd, мг/кг	1,40	1,10	

pH_{вод} для сухого мулу складало 6,8, для сирого – 6,9.

Як видно з показників вологості, в осаді міститься велика кількість води, основна частина якої знаходиться у зв'язаному стані, тому він має погану водовіддачу. Саме хімічний склад осаду суттєво впливає на його водовіддачу. Сполуки Fe, Al, Cr, Cu та деякі інші сполуки, що містяться в стічних водах, сприяють інтенсифікації про-

цесу зневоднення осаду та знижують витрату реагенту на їх коагуляцію перед зневодненням. Масла, жири, азотовмісні сполуки, волокнисті речовини – навпаки порушують процеси ущільнення і коагуляції та погіршують водовіддачу.

Висновки. Інтенсивність і ефективність біологічного окиснення різних органічних сполук залежить від багатьох факторів таких як: клас і структура сполук, розмір молекул, наявність функціональних груп, а також від видового складу бактерій біоценозу активного мулу і т.д.

Механізм вилучення органічних речовин із стічних вод та їх споживання мікроорганізмами дуже складний і до нашого часу ще недостатньо вивчений. Біохімічна активність мулу залежить від багатьох чинників і, в першу чергу, від фази розвитку й пов'язаної із нею швидкістю росту мікроорганізмів.

Зменшення забруднюючих речовин і поліпшення складу активного мулу, який далі будуть використовувати як добриво, потребує проведення дослідної роботи для повного визначення вмісту забруднюючих показників в його складі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Форстер К.Ф. Экологическая биотехнология пер. с англ. / К.Ф. Форстер, Дж.Д.А. Вейз. - Л.: Химия, 1990. – 384 с.
2. Екологічна біотехнологія: Навч. посібник у 2 кн. Кн. I / О. В. Швед, О.Б. Миколів, О.З. Комаровська-Порохнявець, В.П. Новіков. - Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2010. - 424 с.
3. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учебное пособие / А. Г. Гудков. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
4. Самохвалова А.И. Повышение эффективности работы и компактности циркуляционных окислительных каналов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 / Самохвалова Анна Игоревна. – Харьков, 2015. – 201 с.
5. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, И. М. Астрелін та інші. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
6. Manahan S. E. Environmental Chemistry / S. E. Manahan. – NY : Lewis Publishers, 1994. – 789 p.

7. The limits to growth / Meadows, Donella H. et all. – NY: Universe Books, 1972. – 320 p.
8. Мастик А. А. Очистка сточных вод в окислительных каналах / А. А. Маастик. – Таллин: Валгус, 1969. – 75 с.
9. Вавилин В. А. Математическое моделирование процессов биологической очистки сточных вод активным илом / В. А. Вавилин, В. Б. Васильев. – М.: Наука, 1979. – 119 с.
10. Яковлев С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С. В. Яковлев, Т. А. Карюхина. – М.: Стройиздат 1980. – 200 с.
11. Голубовская Э. К. Биологические очистки сточных вод / Э. К. Голубовская. – М.: Высшая школа, 1978. – 186 с.
12. Принципы очистки сточных вод в аэротенках и основные характеристики активного ила [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stroy-spravka.ru/printsiyu-ochistki-stochnykh-vod-v-aerotenkakh-i-osnovnye-kharakteristiki-aktivnogo-ila>
13. Удод В. М. Современные методы биологической очистки сточных вод : конспект лекций / В. М. Удод. – Киев: ИПК Минжилкомхоза УССР, 1989. – 52 с.
14. Борейко В. І. Економіка довкілля та природокористування : навч. посібник / В. І. Борейко. – Рівне: НУВГП, 2011. – 255 с.

Скочко С.А., Нестеренко Е.В., Самохвалова А.И. ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ. Проанализированы фазы работы активного ила на очистных сооружениях. Рассмотрено состав активного ила в различных состояниях на комплексе сооружений канализационной очистной станции в г. Лозовая. Рекомендуются использование образующегося активного ила, как удобрения и проведение в дальнейшем исследовательской работы по его составу.

Ключевые слова: активный ил, бактерии, биомасса, очистные сооружения, нитрификация.

Skochko S., Nesterenko E., Samokhvalova A. THE STUDY OF BIOCENOSIS ACTIVE SLUDGE IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS. The phases of activated sludge in wastewater treatment plants are analyzed. The composition of activated sludge in various states of complex structures sewage treatment plant in town Lozovaya is considered. It is recommended to use the active sludge, which was formed as a fertilizer and conduct further research on its composition

Keywords: active sludge; bacteria; biomass; treatment facilities; nitrification.