

УДК 628.157

П.І.ГВОЗДЯК, д-р біол. наук, Л.І.ГЛОБА, д-р мед. наук

*Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України, м.Київ*

В.П.ДЕМЧИНА

*Інститут газу НАН України, м.Київ*

О.В.САПУРА

*Національний університет харчових технологій, м.Київ*

М.В.БЕЗКРОВНА

*Донецький національний університет*

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ДОКАЗ ИСНУВАНИЯ АНАММОХ-ПРОЦЕССУ В АЕРОТЕНКАХ ОЧИСНИХ СПОРУД УКРАЇНИ**

Дослідами з іммобілізованими на волокнистих носіях типу ВІЯ мікроорганізмами активованих мулів встановлено наявність Анаммох-процесу (анаеробного окислення амонію) в аеротенках ряду очисних споруд в Україні. Газохроматографічний аналіз біогазу, що виділяється в Анаммох-процесі, показав дуже високий (92-95%) вміст азоту. Обговорюється можливість використання цього процесу для інтенсифікації очищення стічних вод від азотовмісних сполук.

Опытами с иммобилизованными на волокнистых носителях типа ВИЯ микроорганизмами активированных илов доказано наличие Анаммох-процесса (анаэробного окисления аммония) в аэротенках ряда очистных сооружений в Украине. Газохроматографический анализ биогаза, выделяющегося в Анаммох-процессе, показал очень высокое (92-95%) содержание азота. Обсуждается возможность использования этого процесса для интенсификации очистки сточных вод от азотсодержащих соединений.

The presence of Anammox-process in activated sludge of different sewage treatment plants in Ukraine is established. The experiments were conducted with immobilized on carrier VIYA microorganisms in simple anaerobic bioreactors – a little squeezed (to avoid air) and tight closed PET-bottles. Gaschromatographic analyzes of secreted biogas showed high contents (92-95%) of nitrogen. The possibility of usage of Anammox-process in traditional sewage treatment is discussed.

*Ключові слова:* анаеробні процеси, газоутворення, очищення води, ANAMMOX.

Усунення біогенних елементів, особливо фосфору і азоту, зі стічних та питних вод є дуже актуальною і не до кінця вирішеною проблемою.

Останнім часом за рубежом надзвичайно інтенсивно вивчається і впроваджується новий технологічний процес видалення неорганічних сполук азоту з водного середовища – Анаммох (Anaerobic ammonium oxidation) [1-4]. З енергетичної, економічної та екологічної точок зору цей процес є набагато привабливішим від традиційної, класичної нітри-денітрифікації [5] і тому має незаперечну перспективу.

У зв'язку з тим, що вперше Анаммох-процес було виявлено в Голландії в біологічних очисних спорудах [6] і враховуючи загально-відомий факт убиквітарності бактерій, ми поставили перед собою завдання виявити Анаммох-процес в активованих мулах очисних споруд

нашої держави.

З цією метою в аеротенки Бортницької станції аерації (м.Київ), біологічних очисних споруд міст Чернігова і Обухова (Київської обл.) і смт. Новий Світ (Донецька обл.) поміщали каркаси з волокнистим носієм ВІЯ для можливої іммобілізації на ньому Апаттох-бактерій. Після понад 15-добової інкубації в активованих мулах носій ВІЯ з біоплівкою в кількості 100 г на 1 дм<sup>3</sup> середовища переносили в PET-пляшки місткістю від 0,5 до 6 дм<sup>3</sup>, добавляли поживне середовище, що містило (в мг/дм<sup>3</sup> водопровідної води): NH<sub>4</sub>Cl – 400; NaNO<sub>2</sub> – 500; NaHCO<sub>3</sub> – 1000; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 450; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 500. PET-пляшку з іммобілізованою на носіїв ВІЯ біомасою активованого мулу заповнювали на 4/5 об'єму поживним середовищем, натискали на бокові стінки пляшки до повного видалення з неї повітря, щільно закривали пробкою і поміщали в термостат при температурі 22 °С. Досліди ставили в 7÷10 повторностях. Контролем служили такі ж PET-пляшки з відповідними іммобілізованими гідробіонтами та поживним середовищем, але 1) без NH<sub>4</sub>Cl; 2) без NaNO<sub>2</sub>; 3) без NH<sub>4</sub>Cl та NaNO<sub>2</sub>. Ставили також контроль з повним поживним середовищем і носієм ВІЯ, що не був у контакті з активованим мулом. Слідкували за інтенсивністю утворення біогазу в PET-пляшках [7].

В контрольних пробах газ не утворювався. В усіх експериментальних біореакторах (PET-пляшках) вже через 24 години спостерігалось накопичення біогазу. Найбільш інтенсивно газоутворення відбувалося з іммобілізованими на носіях ВІЯ гідробіоценозами з аеротенків Бортницької станції аерації та Чернігівських очисних споруд, дещо слабше – з Обухівських очисних споруд і найменше – зі споруд смт. Новий Світ.

Відсутність газоутворення в контрольних пробах (з іммобілізованою біомасою, але без відповідних неорганічних сполук азоту, а також без гідробіонтів) та наявність біогазу в пробах з NH<sub>4</sub><sup>+</sup> та NO<sub>2</sub><sup>-</sup> свідчило про присутність ANAMMOX-процесу, що, як відомо, відбувається за основною біохімічною реакцією



Для підтвердження наявності саме такого процесу здійснювали газохроматографічний аналіз біогазів, що утворювалися. Аналіз проб газу проводили на газовому хроматографі 6890 N фірми Agilent в Інституті газу НАН України (м.Київ). Умови аналізу: детектор – катарометр; температура детектору – 200 °С, газ-носіє – аргон. Аналіз легких

газів проводили на колонці MOLSIV довжиною 15 м, вуглеводнів – на колонці PLOTQ довжиною 15 м. Зразки газу вводили безпосередньо у дозатор хроматографа. Здійснено понад двох десятків аналізів біогазу, що утворювався в перші 4-6 днів, через 3-4 тижні та через три місяці від початку дослідів.

В таблиці наведено повний склад біогазів одного з експериментів, що тривав три місяці.

Склад біогазів (в % об'ємних) через різні проміжки часу після початку експерименту

Компоненти	Тривалість дослідів		
	5 днів	4 тижні	3 місяці
N <sub>2</sub>	94,75	42,60	10,87
CH <sub>4</sub>	1,53	51,23	83,06
CO <sub>2</sub>	1,19	3,72	3,75
H <sub>2</sub> O	2,53	2,45	2,32

Результати газохроматографічного аналізу біогазів, що утворюються в процесах анаеробного окислення амонію, свідчать про те, що на початковій стадії експерименту відбувався типовий Анамтох-процес з абсолютно переважним утворенням азоту (понад 90%). Через деякий час (3-4 тижні) відносна концентрація азоту в біогазі зменшується, а концентрація метану збільшується і під кінець процесу сягає більше 80%, тобто Анамтох-процес змінюється метаногенезом. Характерно, що при цьому концентрація діоксиду вуглецю не підвищується до рівня, притаманного типовому метагенезу (30-40%) і рідко піднімається до 10%, що можна пояснити тим, що в біореакторах розвиваються хемолітоавтотрофні Анамтох-бактерії, для яких CO<sub>2</sub> є джерелом вуглецю у структурному метаболізмі.

Таким чином, нами вперше експериментально доведено існування біологічного процесу окислення амонію в анаеробних умовах (Анамтох) гідробіоценозами активованих мулів ряду очисних споруд в різних регіонах України. Анамтох-процес дуже вигідний в енергетичному та екологічному відношеннях, бо, на відміну від широко використовуваного традиційного методу нітри-денітрифікації, потребує окислення тільки половини присутнього в стічних водах амонію і тільки до нітриту, а не до нітрату, що приводить до значної економії електроенергії на аерацію стоків, а також не вимагає внесення у стічну воду додаткової кількості органічних сполук, наприклад, метанолу, для забезпечення класичної гетеротрофної денітрифікації – окислення органіки нітратами з утворенням вільного азоту та вуглекислого газу. Крім того, при Анамтох-процесі не виділяється (як при денітрифікації), а, навпаки, поглинається діоксид вуглецю, що екологічно важливо.

Як відомо, Анаммох-бактерії дуже повільно розмножуються (період подвоєння складає від 10 до 20 діб), зате мають здатність до іммобілізації на поверхнях твердих тіл. У зв'язку з цим можна вважати вкрай перспективними подальші дослідження адгезії відповідальних за Анаммох-процес бактерій до різноманітних носіїв, які варто було б розмістити в діючих аеротенках і таким чином забезпечити звільнення стічних вод від екологічно небезпечних неорганічних сполук азоту.

1.Jetten M.S.M., Cirpust I., Kartal B., van Niftrikt L., van de Pas-Schoonen K.T., Slikerst O., Haaijer S., van der Star W., Schmid M., van de Vossenberg J., Schmidt I., Harhangi H., van Loosdrecht M., Gijls Kuenen, Op den Camp H, Strous M. 1994–2004: 10 years of research on the anaerobic oxidation of ammonium // 10th Nitrogen Cycle Meeting 2004. Biochemical Society. Transactions – 2005. – V. 33, part 1. – P.119-123.

2.Kuenen J.G. Anammox bacteria: from discovery to application // Nature Reviews. Microbiology. – 2008. – V.6. – P.320-326.

3.Анюшева М.Г., Калужный С.В. Анаэробное окисление аммония: микробиологические, биохимические и биотехнологические аспекты // Успехи современной биотехнологии. – 2003. – Т.127. – С.34-43.

4.Михайловская М.В. Anammox – как метод удаления соединений азота из сточных вод и перспективы его применения в Украине // Химия и технология воды. – 2008. – №6. – С.675-683.

5.Михайловська М.В., Гвоздяк П.І. Порівняльний аналіз методів біологічного очищення стічних вод від сполук азоту // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2007. – №2. – С.109-117.

6.Mulder A., Van der Graaft A.A. Robertson J.A., Kuenen J. G. Anaerobic ammonium oxidation in a denitrifying fluidized bed reactor // FEMS Microbiol. Ecology. – 1995. – №3. – P.177-184.

7.Гвоздяк П.І., Сапура О.В., Глоба Л.І. Заявка № а 2008 12869 на патент України, від 04.11.2008. Спосіб визначення інтенсивності біохімічного процесу. МПК G 01 N7/14.

*Отримано 11.12.2009*

УДК 628.112.001.8

А.М.ТУГАЙ, д-р техн. наук

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

## **ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СВЕРДЛОВИН**

Наводяться існуючі методи відновлення продуктивності свердловин, оцінена їх ефективність шляхом вивчення кінетики декольматації фільтрів і прифільтрових зон свердловин і підбору найефективнішого хімічного реагенту залежно від складу кольматанта.

Приводятся существующие методы восстановления производительности скважин, оценена их эффективность путем изучения кинетики декольматации фильтров и прифильтровых зон скважин и подбора наиболее эффективного химического реагента в зависимости от состава кольматанта.