

УДК 628.3

В.Ю. БОРИСОВА

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С УДАЛЕНИЕМ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ANALYSIS OF THE PROCESS OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT WITH NUTRIENT REMOVAL

Представлен анализ работы сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов, основные расчетные параметры процессов нитрификации и денитрификации.

**Ключевые слова:** биологическая очистка, нитрификация, денитрификация, скорость процесса.

Эффективную очистку от азота дает технология нитриденитрификации (НД), которая в настоящее время достаточно широко применяется в России [1-8]. Из практики биологической очистки сточных вод известны два наиболее эффективных варианта реализации процесса [9-11]: схема с предшествующей нитрификацией и схема с предшествующей денитрификацией и нитратной рециркуляционной иловой смесью. Эта биотехнология требует поддержания в аэротенке достаточно высокого возраста активного ила, необходимого для развития нитрифицирующих бактерий [1].

Практически все сточные воды, содержащие аммоний, содержат и органические вещества, а это означает, что нитрификация обычно конкурирует с окислением органических веществ [6].

Азотные соединения в сточной воде могут подразделяться на следующие компоненты:

$$CTN = SNOX + SNH_4 + SI,N + XS,N + XI,N, \quad (1)$$

где CTN – общий азот; SNOX – азот в нитратной (NO<sub>3</sub>-) и нитритной форме (NO<sub>2</sub>-); SNH<sub>4</sub> – аммонийный азот (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + NH<sub>3</sub>); SI,N – растворённый неактивный (инертный) органический азот; XS,N – взвешенный легкоразлагаемый органический азот; XI,N – взвешенный инертный (органический) азот.

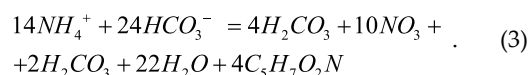
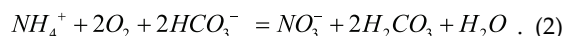
В окислении аммония всегда участвуют две группы микроорганизмов: одни окисляют аммоний, образуя нитрит, а другие – нитрит в нитрат [7].

Нитрифицирующие бактерии являются гомогенной группой автотрофных бактерий, Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosolobus, Nitrosospira, Nitrobacter, Nitrocystis. Можно по составленным реакциям процесса нитрификации подсчитать выход

The analysis of the structures of biological wastewater treatment plants with nutrient removal, basic design parameters of the processes of nitrification and denitrification are presented.

**Keywords:** biological treatment, nitrification, denitrification, process speed.

безольного вещества ила на 1 мг/л окисления азота и определить, прирост каких бактерий осуществляется быстрее:



Известно, что концентрации нитрита (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) и нитрата (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) оказывают влияние на максимальную скорость роста Nitrosomonas и Nitrobacter, а следовательно, на эффективность процессов нитрификации, которая описывается уравнением Моно:

$$\mu = \mu_{\max} \frac{S}{K_s + S}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – скорость роста нитрификаторов, сут<sup>-1</sup>;  $\mu_{\max}$  – максимальная скорость роста нитрификаторов, сут<sup>-1</sup>; S – концентрация субстрата, мг/л; K<sub>s</sub> – константа насыщения субстрата, мг/л.

На процесс нитрификации оказывают влияние концентрация растворенного кислорода, температура и pH:

$$\mu' = \mu [1 - 0,833(7,2 - pH)]. \quad (5)$$

$$\mu' = \mu_{\max} \frac{S}{K_s + S} [1 - 0,833(7,2 - pH)]. \quad (6)$$

Денитрификация – процесс восстановления азота с помощью денитрификаторов в процессе дыхания в анаэробных условиях. Денитрифицирующие бактерии являются гетеротрофными микроорганизмами рода Achromobacter, Aerobacter, Bacillus, Micrococcus и др., могут развиваться как в аэробных, так и анаэробных условиях. Но, следует отметить, что процесс интенсивней проходит при ограничен-

ной подаче кислорода, а органические вещества используются как углеродное питание.

Факторами, влияющими на процесс денитрификации, служат источник углерода, температура, концентрация растворенного кислорода и рН. При этом источниками субстрата могут быть как органические вещества в самой сточной воде и в активном иле (так называемые внутренние источники), так и внешние. Скорость денитрификации зависит от типа источника субстрата:

$$r_{vs} = \frac{\mu_{\max}}{Y_{\max}} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_3} + K_{S,NO_3}} \cdot \frac{S}{S + K_S} \cdot X_B \quad (7)$$

где  $\mu_{\max}$  - максимальная скорость роста нитрификаторов, сут<sup>-1</sup>;  $Y_{\max}$  - максимальный экономический коэффициент;  $K_{S,NO_3}$  - константа насыщения для нитратов, г/м<sup>3</sup>;  $S$  - концентрация субстрата, г/м<sup>3</sup>;  $K_S$  - константа насыщения субстрата, г/м<sup>3</sup>;  $X_B$  - концентрация биомассы, г/м<sup>3</sup>.

Из анализа уравнения видно, что скорость потребления субстрата в процессе денитрификации прямо пропорциональна скорости роста нитрификаторов:

$$r_{vs} = \frac{\mu (K_S + S)}{Y_{\max} \cdot S} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_3} + K_{S,NO_3}} \cdot \frac{S}{S + K_S} \cdot X_B \quad (8)$$

$$r_{vs} = \frac{\mu}{Y_{\max}} \cdot \frac{S_{NO_3}}{S_{NO_3} + K_{S,NO_3}} \cdot X_B \quad (9)$$

Технологический расчет процессов нитриденитрификации требует определения объема зон каждого процесса при поддержании баланса между трансформируемыми формами соединений азота и окислением органического вещества на каждой стадии обработки [11].

**Вывод.** Таким образом, при выборе технологии нитри-денитрификации необходимо руководствоваться не только технологической составляющей процесса - количеством ступеней очистки, схемой работы сооружений, но следует провести расчет всех кинетических составляющих уравнений ферментативной кинетики трансформации каждого из основ-

ных компонентов загрязнений с учетом необходимой степени очистки сточных вод.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Большаков Н.Ю.* Биологические методы очистки сточных вод от органических веществ и биогенных элементов // *Экология производства*. 2013. № 4. С. 64-69.
2. *Степанов С. В., Степанов А.С., Кирсанов А.А., Губа И.Г.* Интенсификация процессов биологической очистки на очистных канализационных сооружениях г. Самары // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2006. № 9, ч. 2. С. 30-37.
3. *Степанов С.В., Стрелков А.К., Степанов А.С., Швецов В.Н., Морозова К.М., Каленюк В.А.* Биологическая и биомембранная очистка сточных вод нефтехимического производства // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2009. № 7. С. 55-61.
4. *Степанов С. В., Блинкова Л.А., Беляков А.В.* Кинетические исследования биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов // *Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й всерос. научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2012. С. 243-246.*
5. *Колесников В.П., Вильсон Е.В.* Современное развитие технологических процессов очистки сточных вод в комбинированных сооружениях / Под ред. Академика ЖКХ РФ В.К. Гордеева-Гаврикова; Р-н/Д: Изд-во «Юг», 2005. 212 с.
6. *Хенце М.* Очистка сточных вод. М.: Мир, 2004.
7. *Гогина Е.С.* Удаление биогенных элементов из сточных вод: монография. М.: МГСУ, 2010. 120 с.
8. *Серпокрылов Н.С., Сизов А.А., Каменев Я.Ю.* Методика выбора технологии очистки периодических сбросов СВ // *Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура*. 2012. Вып. №4(8). С. 71-76.
9. *Жмур Н.С.* Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: АКВАРОС, 2003. 512 с.
10. *Степанов С.В., Баумгартен С., Харьковина О.В., Судиловский П.С.* Повышение качества очистки сточных вод с помощью мембранных биореакторов [Электронный ресурс] // *Сборник докладов научно-техн. конф. к 100-летию журнала ВСТ*. М., 2013.
11. *Швецов В.Н., Морозова К.М.* Расчет сооружений биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов // *Водоснабжение и санитарная техника*. 2013. № 11. С. 42-47.

© Борисова В.Ю., 2015

Об авторе:

#### БОРИСОВА Вита Юрьевна

к.т.н., старший преподаватель кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и защиты окружающей среды Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова 346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132, тел. (863) 5255439  
E-mail: vita-borisova@yandex.ru

#### BORISOVA Vita Yu.

PhD in Engineering Science, Senior Lecturer of the Water Industry, General Utilities and Environmental Protection Chair South-Russian State Polytechnic University (Novocherkassk Polytechnic Institute) named after M.I. Platov 346428, Russia, Rostov region, Novocherkassk, Prosveschenya str., 132, tel. (863) 5255439  
E-mail: vita-borisova@yandex.ru

Для цитирования: *Борисова В.Ю.* Анализ процесса биологической очистки сточных вод с удалением биогенных элементов // *Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура*. 2015. Вып. № 1(18). С. 52-53.