

УДК 628.35:661.5

М. В. Свалова, кандидат технических наук, доцент
кафедры «Водоснабжение и водоподготовка»
О. С. Чередникова, магистрант
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

К МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КИНЕТИКИ УДАЛЕНИЯ АЗОТА ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

В работе исследуется влияние концентрации растворенного кислорода в иловой смеси нитрификатора на изменение аммонийного азота до нитратного и на степень окисления азота при одинаковых условиях. Исследования проводятся в лаборатории биотехнологий на пилотной установке биотенка с полимерной загрузкой.

Ключевые слова: очистка сточных вод, нитрификация, биогенные элементы, аммонийный азот, эксперимент.

Повышенное загрязнение водных источников из-за недостаточной мощности и эффективности работы существующих канализационных очистных сооружений, сброс недостаточно очищенных стоков приводит к нарушению санитарно-химического и гидробиологического режимов водных объектов. Повышенное содержание соединений биогенных элементов в сточной воде приводит к зарастанию водоемов (эвтрофикации), что в свою очередь вызывает гибель рыб и других представителей водной флоры и фауны. В связи с этим встает проблема более эффективной очистки сточных вод от соединений азота и фосфора [1].

Среди различных способов удаления азота и фосфора из сточных вод с экономической точки зрения наиболее предпочтителен биологический метод, основанный на процессах нитрификации, денитрификации и биологической дефосфотации. Данные процессы протекают в аэротенках на очистных сооружениях канализации.

Рассматривается процесс *нитрификации* – процесс окисления аммонийного азота до нитритов (I фаза) и нитратов (II фаза).

Из литературных данных следует, что процесс нитрификации зависит от многих факторов, но нитрификаторы очень чувствительны к содержанию растворенного кислорода [2].

Исследования кинетики процесса удаления азота позволяют говорить о данном процессе как о реакции первого порядка.

Уравнение первого порядка для азота аммонийного имеет вид:

$$\frac{C_1}{C_0} = \exp(-R_{N-NH_4} \cdot t). \quad (1)$$

Удельная скорость реакции нитрификации $\rho(N-NH_4, i)$ зависит от значения концентрации $O_{2(i)}$ в момент времени t_i и меняется от $\rho(N-NH_4, 0)$ до $\rho(N-NH_4, t)$, что соответствует начальному и конечному моментам времени ведения процесса соответственно. Являясь величиной переменной, $\rho(N-NH_4, i)$ не может быть использована для характеристики процесса в целом.

Для оценки процесса и условий его проведения необходимо ввести характеристику, являющуюся

неизменной на протяжении всего времени протекания данной реакции. Такой характеристикой может служить константа скорости реакции K , которая характеризует зависимость скорости процесса от текущей концентрации [3]. Для азота аммонийного $N-NH_4$:

$$\frac{dC_{N-NH_4}}{dt} = -K_{N-NH_4} \cdot C_{N-NH_4}, \quad (2)$$

где $\frac{dC_{N-NH_4}}{dt}$, мг/л·ч, представляет собой скорость нитрификации R_{N-NH_4} при дозе ила X :

$$\frac{dC_{N-NH_4}}{dt} = -R_{N-NH_4}. \quad (3)$$

Из уравнений (2) и (3) получается зависимость скорости нитрификации от концентрации $N-NH_4$:

$$R_{N-NH_4} = K_{N-NH_4} \cdot C_{N-NH_4}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) получаем:

$$K_{N-NH_4} = \frac{R_{N-NH_4}}{C_{N-NH_4}}. \quad (5)$$

На рис. 1 представлен график зависимости скорости нитрификации от концентрации кислорода.

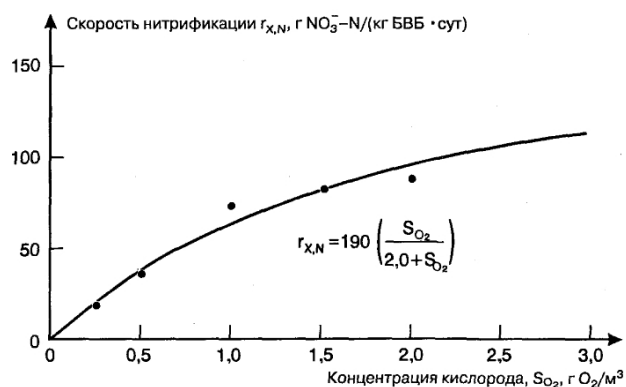


Рис. 1. Влияние концентрации кислорода на скорость нитрификации (в данном случае $K_{S,O_2} = 2 \text{ г } O_2/\text{м}^3$) [4]

Во время проведения научно-исследовательской практики в СЗНИИМЭСХ г. Санкт-Петербурга (рис. 2) были ознакомлены с экспериментальным оборудованием по исследованию потерь биогенных элементов при аэрировании осветленной жидкости в лабораторной модели аэротенка.



Рис. 2. Северо-Западный научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук

Нами планируется проведение совместных анализов и исследований в лаборатории биотехнологий с научными сотрудниками СЗНИИМЭСХ. Рассматривается влияние концентрации растворенного кислорода в иловой смеси нитрификатора аэротенка на изменение аммонийного азота до нитратного и на степень окисления азота при одинаковых условиях, планируется получить константу скорости реакции.

Опыт будет проведен на пилотной установке, представляющей собой емкость, работающую в режиме идеального смешения (рис. 3). Превращение аммонийного азота в нитратный происходит во времени по длине коридора аэротенка. Время нахождения смеси в аэротенке соответствует времени нахождения иловой смеси в экспериментальном реакторе.

В пилотную установку планируется поместить загрузочный материал. Гидравлические исследования показали, что за счет расположения загрузки над аэраторами придонная скорость потока воды снижается

на 10–20 % по сравнению с классическими аэротенками, обеспечивается лучшее использование воздуха и увеличение окислительной способности на 30 % [5].

Запасы биологической массы обеспечивают стабильную работу биотенка (аэротенк с блоками полимерной загрузки) при резких колебаниях состава поступающих сточных вод.

Применяемая загрузка представляет собой блоки из стойких полимерных материалов, имеющих сетчатую структуру для эффективного прикрепления микроорганизмов и образования устойчивых биопленок.

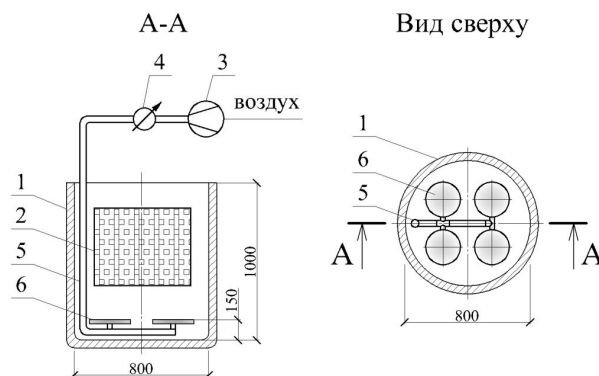


Рис. 3. Пилотная модель биотенка: 1 – емкость биотенка; 2 – загрузочный материал; 3 – компрессор; 4 – датчик расхода воздуха; 5 – воздухопровод; 6 – тарельчатый аэратор

Эксперимент планируется проводить при постоянных значениях дозы активного ила 2 г/л, $T = 294 \text{ K}$, концентрации аммонийного азота 20 мг/л, время проведения эксперимента – 3 часа. Концентрация растворенного кислорода будет изменяться от 0,5 до 6,0 мг/л.

На сегодняшний день в лаборатории биотехнологий установлено следующее оборудование для проведения эксперимента:

1. Система очистки воды Simplicity S.Kit (EU).
 2. Анализатор кислорода МАРК-302Э.
 3. Фотометр фотоэлектрический КФК-3.
- Оборудование представлено на рис. 4.

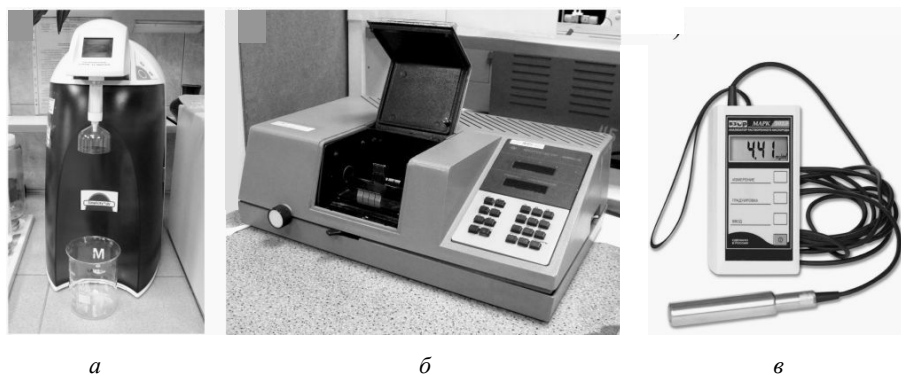


Рис. 4. Оборудование лаборатории биотехнологий: а – система очистки воды Simplicity S.Kit (EU); б – анализатор кислорода МАРК-302Э; в – фотометр фотоэлектрический КФК-3

Выводы:

1. В лаборатории биотехнологий в ходе исследований планируется изучить влияние содержания растворенного кислорода на степень окисления аммонийного азота на экспериментальной установке, имитирующей аэротенк с загрузочным материалом.

2. Вычисленную константу скорости реакции превращения аммонийного азота в нитратный необходимо учитывать при проведении эксперимента.

3. Лабораторию биотехнологий планируется использовать как научно-исследовательский центр для проведения совместных научных экспериментов с аспирантами и научными сотрудниками ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» и СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии, проведения исследований, анализов и конференций.

Библиографические ссылки

1. Арапова А. В. Биологическое удаление азота и фосфора из сточных вод : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2004. – 141 с.
2. Гогина Е. С. Удаление биогенных элементов из сточных вод : монография. – М. : МГСУ, 2010. – 120 с.
3. Арапова А. В. Биологическое удаление азота и фосфора из сточных вод : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 141 с.
4. Хенце М., Армоэс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы / пер. с англ. Т. П. Мосоловой ; под ред. С. В. Калужного. – М. : Мир, 2004. – 480 с.
5. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Н. И. Лихачев, И. И. Ларин, С. А. Хаскин и др. ; под общ. ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.

* * *

M. V. Svalova, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU
O. S. Cherednikova, Master's degree student, Kalashnikov ISTU

To methodology of investigating the kinetics of nitrogen removal from waste water

We investigate the influence of dissolved oxygen concentration in the mixed liquor to change nitrifying ammonium nitrogen to nitrate and the degree of oxidation of nitrogen under the same conditions. Research was conducted in the laboratory of biotechnology. We use a laboratory model of the aeration tank with an attached growth.

Keyword: wastewater treatment, nitrification, nutrients, ammonia nitrogen, experiment.

Получено: 10.03.15