

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Томский национальный исследовательский медицинский центр РАН

# **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**

Сборник научных трудов  
XIV Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

**Том 4. Биология и фундаментальная медицина**

РОССИЯ, ТОМСК, 25 – 28 апреля 2017 г.

# **PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT**

XIV International Conference of students, graduate students  
and young scientists

**Volume 4. Biology and Fundamental Medicine**

RUSSIA, TOMSK, April 25 – 28, 2017

Томск 2017

### УПРАВЛЯЕМАЯ НИТРИФИКАЦИЯ

Е.Н. Бурнашова<sup>1,2</sup>

Научный руководитель: доцент, канд. биол. наук С.Ю. Семёнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал  
Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук,

Россия, г. Томск, ул. Гагарина, 3, 634050

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [lichtgestalte@mail.ru](mailto:lichtgestalte@mail.ru)

### CONTROLLED NITRIFICATION

E.N. Burnashova<sup>1,2</sup>

Scientific Supervisor: Assistant professor, Ph.D. S.Y. Semyonov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – branch of the Siberian Federal Science Centre of  
Agrobiotechnologies, Russia, Tomsk, Gagarina str., 3, 634050

<sup>2</sup>National Research Tomsk State University,

Russia, Tomsk, Lenina str., 36, 634050

E-mail: [lichtgestalte@mail.ru](mailto:lichtgestalte@mail.ru)

***Abstract.** In the present study we investigated a method of controlled nitrification. The technique may significantly reduce the cost of implementation of the nitrification process. The obtained results confirmed the effectiveness of the proposed method.*

**Введение.** В настоящее время одним из важнейших направлений природоохранной деятельности является предупреждение загрязнения природных водоемов веществами группы азота, источниками которых являются стоки животноводческих предприятий, хозяйственно-бытовые сточные воды и стоки ряда промышленных предприятий. Сброс таких стоков в природные водоемы оказывает токсическое воздействие на гидробионтов. Одним из этапов очистки сточных вод от азотных загрязнений является процесс нитрификации, результатом которого является конверсия аммоний-ионов в нитрат- и нитрит-ионы. Аммоний более чем в 20 раз токсичнее для гидробионтов, чем нитрат-ион. Поэтому даже при полном отсутствии в конкретной технологии этапа денитрификации, нитрификация может снизить кратность превышения ПДК по азотному загрязнению от 5,8 раз и выше. В то же время степень трансформации аммония до концентраций ниже ПДК не только не нужна, но и даже вредна, т.к. при этом в сточных водах часто увеличивается содержание наиболее токсичной формы азота – нитрит-иона (ПДК<sub>рх</sub> по азоту - 0,02 мг/л). Таким образом, в практике очистки сточных вод существует потребность в сооружениях и способах управляемой нитрификации, обеспечивающих оптимизацию очистки стоков по соотношению аммоний-нитрат. В системах с активным илом такие технологии известны. Для биофильтров такие решения отсутствуют.

Управляемая нитрификация является ключевым этапом в реализации наиболее прогрессивной в настоящее время технологии анаэробного окисления аммония (ANAMMOX), том числе в системах

“constructed wetlands” [1]. Таким образом, целью работы является разработка способа управляемой нитрификации в биофильтрах.

**Материалы и методы исследования.** Лабораторный ферментер, осуществляющий управляемую нитрификацию, представляет собой цилиндрическую емкость диаметром 10 см и высотой 1,75 м. Внутри реактора-нитрификатора расположена перфорированная трубка диаметром 2 см, позволяющая контролировать уровень заполнения биореактора стоками, концентрации ионов аммония, нитратов, растворенного кислорода. Емкости разделены между собой слоем гравия фракции 5-20 мм. Рабочий объем биореактора составляет 5,7 л, сточные воды подаются насосом нисходящим потоком со скоростью 1 л/ч. Для осуществления лабораторных исследований процесса нитрификации использовали минеральную среду на водопроводной воде, в состав которой входили  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ , концентрация иона аммония составляла 31 мг/л.

Наращивание в реакторе биопленки с бактериями-нитрификаторами осуществлялось в течение двенадцати недель в режиме обычного биофильтра с рециркуляцией стоков до достижения 97-процентной трансформации аммония в окисленные формы азота. Для контроля эффективности очистки использовали фотометрические и ионометрические методы определения концентрации иона аммония и нитратов. Математическая обработка результатов измерений выполнялась с использованием программы Excel.

**Результаты.** В экспериментальном исследовании изучалась зависимость степени окисления аммония от уровня заполнения реактора сточными водами, используя периодические затопления и сбросы стоков (приливно-отливной системы «Tidal-flow» [2]) в биореакторе, осуществляющем процесс нитрификации. Положение колена сифона определяет время экспозиции стоков в биореакторе, а так же время контакта и величину поверхности фильтрующей загрузки, на которой иммобилизована биопленка, контактирующей с атмосферным воздухом. Срабатывание сифона на сброс при максимальном заполнении биофильтра обуславливает наименьшую степень нитрификации, и наоборот, включение сифона при минимальном заполнении реактора обеспечивает наибольшую эффективность трансформации аммония в окисленные формы азота.

Измерения проводились при 5 разных положениях колена сифона (48, 73, 103, 133, 153 см от днища, причем 8 см от днища являлась «мертвой зоной») для выявления изменения динамики концентраций аммония и нитратов.

Результаты опытов изменения концентрации аммония показывают (таблица 1), что с повышением уровня колена сифона ожидаемо сокращается окислительная мощность.

Таблица 1

*Средняя концентрация аммония (мг/л) в сточных водах после очистки в реакторе-нитрификаторе при разных положениях колена сифона*

Положение колена сифона, (см)	Средняя концентрация, (мг/л)	Эффективность удаления, (%)
48	0,9	97
73	5,4	82
103	7,7	75
133	11,6	62
153	14,7	52

Установлено, что максимальная эффективность удаления аммония составляет 97 % при минимальном уровне колена сифона 48 см, с повышением уровня до 153 см – снижается до 52%. Средняя концентрация ионов аммония варьируется от 0,91 до 14,71 мг/л.

Результаты измерения концентрации нитратов (таблица 2) показывают, что с повышением уровня колена сифона сокращается образование нитратов в сточных водах. Установлено, что максимальная концентрация нитратов образуется при минимальном уровне колена сифона 48 см. и составляет 101,29 мг/л, с повышением уровня до 153 см – снижается до 53,89 мг/л.

Таблица 2

*Средняя концентрация нитратов (мг/л) в сточных водах после очистки в реакторе-нитрификаторе при разных положениях колена сифона*

Положение колена сифона, (см)	Средняя концентрация, (мг/л)
48	101,3
73	85,7
103	77,9
133	64,7
153	53,9

Пересчет концентраций ионов аммония и нитратов на их концентрацию по азоту показывает практически полную сбалансированность процесса по азоту. При понижении уровня расположения колена сифона от максимального до минимального концентрация аммония в очищенных стоках изменялась от 23 мгN/л до 11 мгN/л, а концентрация нитратов от 11 до 23 мгN/л, что показывает отсутствие в реакторе процесса денитрификации, что и ожидалось в эксперименте, т.к. в составе модельных стоков нет органического вещества, необходимого для денитрификации. Очевидно, что при более длительном течении процесса в системе сформируется автохтонная органика из биомассы нитрификаторов и появятся признаки денитрификации.

**Заключение.** В ходе экспериментов выявлено, что технология «Tidal-flow» в сочетании с сифонным выпуском очищенных стоков позволяет управлять степенью нитрификации аммония путем изменения положения колена сифона. При превышении заданной эффективности нитрификации колена сифона следует поднять, при недостаточной эффективности – опустить. Такой алгоритм управления может быть автоматизирован с использованием простой системы регулирования, включающей датчики концентрации иона аммония (электродный) и расхода воды на входе в реактор и электродвигатель, поднимающий (опускающий) шток, на котором закреплено колено сифона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zeqin Dong, Tieheng Sun. A potential new process for improving nitrogen removal in constructed wetlands—Promoting coexistence of partial-nitrification and ANAMMOX // Ecological engineering. – 2007. – Vol. 31. – P. 69–78.
2. Austin D., Lohan E., Verson E. Nitrification and denitrification in a Tidal vertical Flow wetland pilot // Proceedings of the Water Environment Technical Conference. Los Angeles. – 2003.