

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ И ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ

**В.А. Юрченко, профессор, д.т.н., Е.В. Бригада, аспирант,  
Л.Н. Котенко, студент, ХНАДУ**

***Аннотация.** Контролировали концентрации трех неорганических азотсодержащих соединений и азота органического в сточных водах некоторых производств, в городских сточных водах, поступающих на очистные сооружения и в динамике очистки в аэротенках.*

***Ключевые слова:** сточная вода, биологическая очистка, азот аммонийный, азот нитратов, общий азот, азот органический.*

## ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА АЗОТВІСНИХ СПОЛУК У СТІЧНИХ ВОДАХ, ЩО ТРАНСПОРТУЮТЬСЯ ТА ОЧИЩЕНИХ

**В.А. Юрченко, профессор, д.т.н., О.В. Бригада, аспірант,  
Л.М. Котенко, студент, ХНАДУ**

***Анотація.** Контролювали концентрації трьох неорганічних азотвмісних сполук і азоту органічного у стічних водах деяких виробництв, у міських стічних водах, що поступають на очисні споруди та в динаміці очищення в аеротенках.*

***Ключові слова:** стічна вода, біологічне очищення, азот амонійний, азот нітратів, загальний азот, азот органічний.*

## ECOLOGICAL DANGER OF NITROGEN-BEARING COMPOUNDS IN TRANSPORTED AND PURIFIED SEWAGES

**V. Yurchenko, Professor, Doctor of Technical Sciences, H. Brygada, postgraduate,  
L. Kotenko, student, KhNAHU**

***Abstract.** Three non-organic nitrogen containing compounds and nitrogen organic concentrations in sewage of some manufactures were controlled in urban sewage entering water treatment facilities and in treatment dynamics in aerotanks.*

***Key words:** sewage water, biological treatment, ammonia nitrogen, nitrogen of nitrates, general nitrogen, organic nitrogen.*

### Введение

В настоящее время в странах Европейского Экономического Сообщества наиболее острой проблемой обеспечения экологической эффективности биологической очистки сточных вод (СВ) является повышение глубины удаления соединений азота.

### Анализ публикаций

В Украине в основе расчета параметров очистных сооружений по нормативным документам (СНиП 2.04.03-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения») заложена кинетика и эффективность удаления органического углерода (ХПК, БПК). Однако методы глубокого удаления других биогенных

элементов, – в первую очередь, азота – активно разрабатываются как при эксплуатации и модернизации существующих очистных сооружений, так и при проектировании новых станций очистки [1].

### Цель и постановка задачи

Цель настоящей работы – фракционирование азотсодержащих загрязнений в сточных водах, поступающих и обрабатываемых на биологических очистных сооружениях г. Харькова.

Объект исследований – сточные воды промышленных предприятий, городские сточные воды, поступающие на очистные сооружения, сточные воды из различных коридоров аэротенков.

### Экологическая опасность азотсодержащих соединений

Соединения азота поступают на очистные сооружения преимущественно в виде аммонийного азота, азота нитратов, азота нитритов и азота, связанного в органических соединениях. Экологическая опасность неорганических соединений азота чрезвычайно отличается: наиболее токсичными являются нитриты, наиболее безопасными – нитраты, среднее положение занимает аммоний, что отражают ПДК для сброса этих азотсодержащих соединений в природные водоемы. Концентрация различных форм азота в сточных водах непостоянна, она изменяется как в сетях водоотведения, так и на различных этапах очистки [1, 2].

Трансформация азотсодержащих соединений начинается уже в процессе транспортировки сточных вод на городские очистные сооружения. В частности, органическое соединение карбамид (мочевина) в результате микробной деструкции распадается с образованием аммоний-иона (процесс аммонификации). Содержание аммоний-иона на входе в городские очистные сооружения может составлять от 20 до 50 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрация азота нитратов и нитритов в транспортируемых сточных водах снижается за счет спонтанной денитрификации. Содержание нитрат-ионов на входе в очистные сооружения невелико, также как и содержание нитрит-ионов незначительно (в большинстве случаев – менее 1 мг/дм<sup>3</sup>) [2].

Содержание азота органического (высокомолекулярных соединений – протеинов, протеидов, полипептидов, низкомолекулярных соединений – аминокислот, аминов, амидов, карбамида) при поступлении сточных вод в канализационную сеть может достигать 50–70 % суммарного количества соединений азота, а в результате процессов аммонизации, протекающих при транспортировании, на входе в очистные сооружения доля органического азота снижается до 10–15 % и составляет в хозяйственно-бытовых сточных водах от 50 до 60 мг/дм<sup>3</sup>.

Возможные соотношения различных форм азота в процессах преобразования, происходящих в канализационной сети и на очистных сооружениях, показаны на рис. 1 (для наглядности отдельные ступени баланса упрощены) [2].

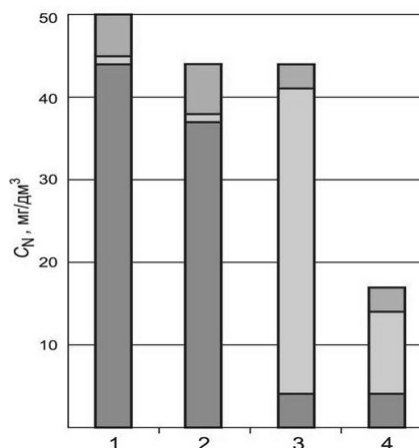


Рис. 1. Преобразование форм азота в сточных водах на биологических очистных сооружениях [2]: 1 – после механической очистки; 2 – простая биологическая очистка; 3 – очистка с нитрификацией; 4 – очистка с денитрификацией; ■ – аммонийный азот; ■ – азот нитратов; ■ – органический азот

Как видно, наиболее радикальные трансформации всех форм азота происходят при биологической очистке сточных вод. Сначала при окислении органических соединений азот аммонийный и азот органический удаляется из сточных вод в процессах ассимиляции активного ила. Следующим важнейшим из этапов биологической очистки сточных вод является нитрификация, т.е. микробиологическое окисление азота аммонийного в нитрит- и нитрат-ионы. При глубокой очистке в анаэробных (бескислородных) усло-

виях, в процессе денитрификации нитрат- и нитрит-ионы восстанавливаются до газообразного азота микробиологическим путем [1, 3, 4].

Для достижения глубокого удаления азотсодержащих загрязнений из сточных вод и предотвращения эвтрофикации природных водоемов при эксплуатации канализационных очистных станций необходимо управлять трансформациями соединений азота, для чего обязателен контроль содержания общего азота и соотношения различных его форм в очищаемой сточной воде.

В настоящее время нормативными документами по качеству поверхностных и сточных вод в Украине контролируется три формы азота: аммонийный, нитритов и нитратов. А в странах ЕЭС контролируется и четвертая форма азота – либо азот органический, либо азот общий (сумма  $N-NH_4$ ,  $N-NO_2$ ,  $N-NO_3$  и  $N_{орг.}$ ), либо азот Кьельдаля (сумма  $N-NH_4$  и  $N_{орг.}$ ). Контроль этого показателя предусмотрен в Проекте Федерального закона «О коммунальном водоотведении» Российской Федерации, но в настоящее время ведется только в г. Санкт-Петербурге (табл. 1) [5].

**Таблица 1 Нормирование концентрации азотсодержащих соединений в поверхностных водоемах**

Страна (город)	Допустимая концентрация N, мг/дм <sup>3</sup>			
	общего	$NH_4^+$	$NO_2^-$	$NO_3^-$
Украина	Не нормируется	2,8	0,1	9,5
Швеция	15	1,8	0,1	8,5
Российская Федерация	10, 15, 20 – в зависимости от категории водоема	1, 2, 8	Не нормируется	Не нормируется
Санкт-Петербург	12	0,4	0,02	9,1

Методы исследований:

- определение концентрации азота аммонийного, нитритов и нитратов по стандартным методикам в соответствии с требованиями нормативных документов Украины;
- определение азота по Кьельдалю в соответствии с рекомендациями специальной литературы, которое включает следующие операции: мокрое сжигание пробы с концентрированной серной кислотой на песчаной бане; отгонку с водяным паром;

– определение азота аммонийного с реактивом Несслера.

В результате исследования СВ различных предприятий установлено, что азот органический и азот аммонийный в стоках металлообрабатывающего предприятия присутствуют в небольших концентрациях, не превышающих ПДС для канализационной сети г. Харькова (18 мг/дм<sup>3</sup>) (табл. 2). В СВ молокоперерабатывающего предприятия концентрация аммонийного азота выше приблизительно в 5 раз, а азота органического – в 10 раз. Если учесть, что при биологической очистке основная масса азота органического минерализуется до азота аммонийного, то результирующая нагрузка на очистные сооружения по азоту аммонийному многократно превышает допустимую. Концентрация окисленных форм азота – нитритов и нитратов – в сточных водах этих предприятий низкая.

**Таблица 2 Концентрация различных форм азота в промышленных СВ**

СВ предприятий	Концентрация N, мг/дм <sup>3</sup>			
	органический	$NH_4^+$	$NO_2^-$	$NO_3^-$
Металлообрабатывающих	9,0–12,0	2,3–9,8	0–0,14	0–0,5
Молочных	56,0–121,0	10,6–22,0	0–0,28	0–0,4

В городских СВ, поступающих на биологическую очистку, доля органического азота составляет примерно 48 % (табл. 3). В очищенных водах его доля снижается.

Контроль концентраций различных азотсодержащих соединений в динамике очистки сточных вод (рис. 2) показывает что:

- процесс нитрификации захватывает  $N-NH_4^+$ , содержащийся в сточных водах, но и  $N-NH_4^+$ , образовавшийся в результате минерализации  $N_{орг.}$ ;
- остаточная концентрация  $N_{орг.}$  довольно высокая, что можно объяснить как резистентностью азотсодержащихся органических соединений к биологическому окислению, так и частичной минерализацией активного ила;
- денитрификация практически не происходит.

Таблица 3 Соотношение различных форм азота в поступающих и очищенных сточных водах (среднемесячные показатели)

Сточные воды	Концентрация N, мг/дм <sup>3</sup>				Доля N <sub>орг</sub> в N <sub>общ</sub> , %
	общий	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
Поступающие на очистные сооружения	51,8	26,3	0,1	0,4	48,3
Очищенные	7,5	1,9	1,0	10,5	35,9
Норматив для очищенной воды (Харьков)	Не нормир.	2,3	0,76	8,1	-

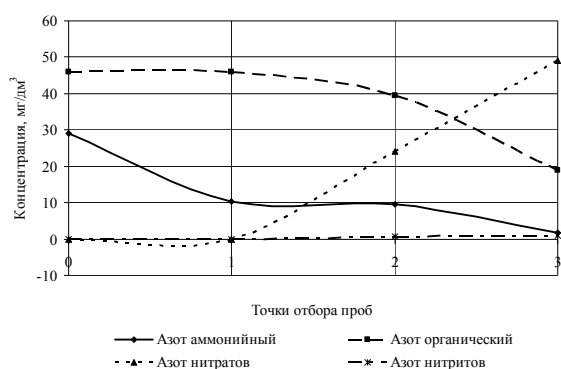


Рис. 2. Превращения форм азота в процессе обработки сточных вод в аэротенке (точки 0 – поступающие СВ, 1 – 2-й коридор, 2 – 3-й коридор, 3 – конец 4-го коридора)

В настоящее время обследованные биологические очистные сооружения готовятся к реконструкции, направленной на повышение удаления азота и фосфора. Рассчитать и запроектировать эти сооружения невозможно без учета поступающего на сооружения органического азота и его трансформации в процессе обработки.

### Выводы

По проведенным экспериментальным исследованиям можно сделать следующие выводы:

Концентрация  $N_{орг}$  в сточных водах, поступающих на обследованные очистные сооружения, составляет около 44 % от общего  $N$ . Наиболее высокое содержание  $N_{орг}$  установ-

лено в сточных водах молочных предприятий.

Очистка сточных вод в аэротенках происходит с глубокой нитрификацией; денитрификация в этих сооружениях не происходит.

Общая нагрузка на биологические очистные сооружения по азоту (сумме азота аммонийного и азота органического) в 3–6 раз превышает предельно-допустимую для данных сооружений, рассчитанную по азоту аммонийному. Поэтому остаточная концентрация азота органического (в отдельных пробах и азота аммонийного) в очищенных сточных водах достаточно высокая.

При модернизации обследованных биологических очистных сооружений для обеспечения глубокого удаления соединений азота необходимо нормировать поступление азота органического на сооружения.

### Литература

- Хенце М. Очистка сточных вод : Пер. с англ. / Под ред. М. Хенце, П. Армоэс, Й. Янсен, Э. Арван. – М. : Мир, 2004. – 480 с.
- Ягов Г. В. Контроль содержания соединений азота при очистке сточных вод / Г. В. Ягов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – № 7. – С. 1–6.
- Любченко О. А. Мікробна нітрифікація й очищення води / О. А. Любченко, Н. Ф. Могилевич, П.И. Гвоздик// Хімія і технологія води. – 1996. – Т. 18. – №1. – С. 98–112.
- Бондарев О. О. Біологічне очищення стічних вод від сполук азоту : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.23.04 / Бондарев Олександр Олександрович; ВНИИ ВОДГЕО. – М., 1990. – 49 с.
- Медведев Г. П. Откорректированная методика расчета сброса сточных вод в системы водоотведения / Г. П. Медведев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – №9, Ч. 1. – С. 52–57.

Рецензент: А. В. Гриценко, профессор, д. геогр. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 9 жовтня 2009 р.