

УДК 628.543.1

Т.И. Кирьянова**T.I. Kiryanova**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД
ОТ АММОНИЙНОГО АЗОТА В УСЛОВИЯХ
КОЛЕБАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ****WATER TREATMENT FOR REMOVING
OF AMMONIUM NITROGEN IN CONDITIONS
OF CONCENTRATION VARIATION**

Объектом исследования данной статьи являлись сточные воды химической промышленности. Предмет исследования – методы предварительной очистки промышленных сточных вод от ионов аммония перед сбросом на биологические очистные сооружения промышленного предприятия. Цель данной статьи – рассмотрение и предложение оптимального метода и технологической схемы очистки сточных вод от аммонийного азота. Было выявлено, что наиболее подходящим методом очистки является реагентный метод с использованием растворов тринатрийфосфата и хлорида магния. Предложена технологическая схема предварительной очистки сточных вод с дозированием реагентов в зависимости от показателей кондуктометра с последующей механической очисткой.

Ключевые слова: очистка, сточные воды, аммоний, реагентный метод, тринатрийфосфат, хлорид магния, аммонийный азот, технологическая схема.

The object of investigation of this article is the wastewater of the chemical industry. The subject of the study is the methods of preliminary purification of industrial wastewater from ammonium ions before discharge to biological treatment facilities of an industrial enterprise. The purpose of this article is to consider and propose the optimal method and process scheme for wastewater treatment from ammonium nitrogen. It was found that the most suitable purification method is a reagent method using solutions of trisodium phosphate and magnesium chloride. A technological scheme of preliminary treatment of wastewater with dosage of reagents is proposed depending on the conductometer parameters followed by mechanical purification.

Keywords: purification, waste water, ammonium, reagent method, trisodium phosphate, magnesium chloride, ammonium nitrogen, technological scheme.

Загрязнение сточных вод промышленными предприятиями является большой проблемой в сфере охраны окружающей среды, поэтому вопрос о предварительной очистке производственных сточных вод до сих пор остается актуальным. Рассмотрим промышленное предприятие химической отрасли по производству минеральных удобрений непрерывного производства,

которое отводит сточные воды на биологическую очистную станцию производительностью 800 м³/ч. В частности, рассмотрим цех производства азотной кислоты с расходом сточных вод 100 м³/ч. Большую часть времени сточные воды соответствуют требованиям к качеству сбрасываемых сточных вод, но с периодичностью от одного раза в месяц до нескольких раз в год происходит повышение концентрации аммонийного азота до 1000 мг/л без изменения других показателей.

Требования к качеству сточных вод, сбрасываемых на биологические очистные сооружения предприятия:

Показатели	Значения
рН	8,0±0,2
NH ₄ ⁺	≤ 230 мг/л
Взвешенные вещества	≤ 30,8±5,2 мг/л
Железо общее	≤ 0,53±0,09 мг/л
Калий	9,7 мг/л
Карбамид	≤ 20 мг/л
Сульфаты	≤ 41,2±6,9 мг/л
Хлориды	62,1±4,7 мг/л

Очевидно, что в связи с этим требуются мероприятия по предотвращению подачи сточных вод ненормативного качества на биологические очистные сооружения предприятия.

Обзор существующей литературы [1] по данной тематике показал, что наибольшее распространение получили следующие методы очистки сточных вод от ионов аммония:

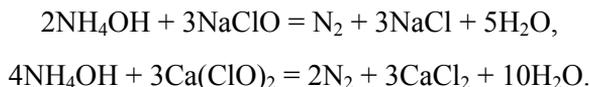
- биологическая очистка,
- хлорирование,
- обратный осмос,
- реагентный метод.

Рассмотрим каждый из этих методов более подробно.

Биологическая очистка. Аммонийный азот извлекается методом аэробно-анаэробной очистки за счет протекания реакции нитрификации – денитрификации [2]. В аэробной зоне под действием кислорода аммонийный азот превращается в нитриты и далее в нитраты. В отсутствие кислорода нитриты и нитраты раскладываются на газообразный азот и кислород. Данный метод можно использовать только после практически полного окисления органики, иначе удаления азота не произойдет, так как органические вещества окисляются быстрее. К тому же для применения данного метода необходима постоянная концентрация загрязняющих веществ [3], следовательно, в рассматриваемом случае он не подходит.

Хлорирование. При данном способе очистки можно применять окислительные гипохлоритами щелочноземельных и щелочных металлов (например,

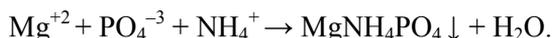
NaClO или Ca(ClO)₂). При хлорировании удельный расход хлора составляет 6–15 мг/л. Наиболее целесообразно применение гипохлоритов, поскольку эта технология позволяет достичь качественной очистки, проста и безопасна. Химические реакции процесса [4]:



Наиболее распространенным реагентом является гипохлорит натрия [5]. Однако по истечении 10 сут хранения реагента происходит потеря активного хлора, не более 30 % от начального содержания. Хлорирование приводит к образованию хлорсодержащих органических веществ, поэтому не применяется для очистки сточных вод с малой концентрацией ионов аммония.

Обратный осмос. Обратный осмос – процесс, в котором с помощью давления растворитель проходит через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор, т.е. в обратном для осмоса направлении [6]. Вода с предприятия не сбрасывается в водоем, а поступает на биологические очистные сооружения, поэтому использование обратноосмотической установки для удаления ионов аммония до допустимых показателей является нецелесообразным. К тому же для использования данного метода необходима предварительная очистка [7, 8].

Реагентный метод. Обработка сточной воды растворами хлорида магния и тринатрийфосфата значительно снижает концентрацию аммонийного азота в воде [9]. Уравнение реакции:



Поскольку произведение растворимости MgNH₄PO₄ равно 2,5 · 10⁻¹³, концентрация аммония зависит от концентраций фосфат-ионов и ионов магния и может быть определена по уравнению

$$[\text{NH}_4] = \frac{2,5}{[\text{Mg}][\text{PO}_4]}.$$

Концентрация фосфат-ионов зависит от pH раствора, а значит, концентрация ионов аммония также зависит от pH раствора.

Анализ рассмотренных методов удаления аммонийного азота показал, что наиболее оптимальным методом является реагентный, с использованием растворов хлорида магния и тринатрийфосфата, так как не требует предварительной очистки сточных вод, может использоваться при колебании концентраций. Остановимся на его рассмотрении более подробно.

Зависимость концентрации ионов аммония от объема добавленного раствора хлорида магния и тринатрийфосфата представлена на рис. 1.

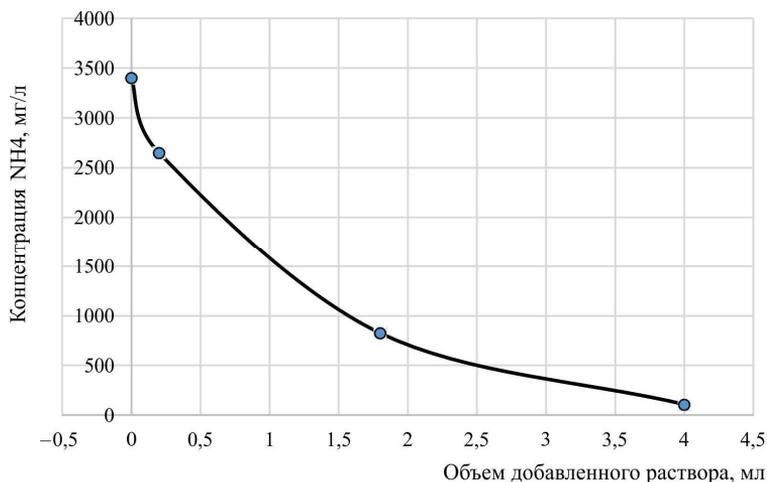


Рис. 1. Зависимость концентрации аммонийного азота от объема добавленного раствора хлорида магния и тринатрифосфата

При условии, что эффект очистки сточных вод реагентным методом не зависит от начальной концентрации ионов аммония, можно принять, что при добавлении 4 мл раствора реагентов к 200 мл сточных вод можно достигнуть концентрации, равной 110 мг/л, которая удовлетворяла бы ПДК на сброс. Для очистки 100 м³ сточных вод необходимо около 2 кг хлорида магния с концентрацией 2 г/л и 4,3 кг тринатрийфосфата с концентрацией 4,3 г/л. В ходе реакции выпадает осадок – ортофосфат аммония-магния $MgNH_4PO_4$. Это бесцветные нерастворимые в воде кристаллы с молярной массой 137,31 г/моль, разлагающиеся при нагревании. Данный осадок используется в качестве минерального удобрения.

Для предложенной автором технологической схемы очистки (рис. 2) необходимо подобрать оборудование для анализа исходной воды, насосы-дозаторы, расходные и растворные баки, контактные резервуары и оборудование для механической очистки.

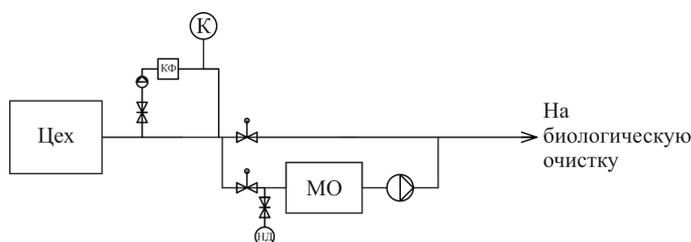


Рис. 2. Технологическая схема очистки сточных вод: КФ – картриджный фильтр; К – кондуктометр; НД – насос-дозатор; МО – блок механической очистки

В момент пиковых концентраций ионов аммония остальные показатели остаются постоянными. Поэтому можно узнать момент максимальных концентраций с помощью кондуктометра, который определяет электропроводность воды [10]. Существует два вида кондуктометров – стационарный и портативный. Для реализации предлагаемой схемы больше подходит стационарный прибор, который обеспечит управление насосом-дозатором для пропорционального дозирования реагентов. Промышленный стационарный кондуктометр устанавливается при расходе от 3 до 30 л/ч, при содержании взвешенных твердых частиц не более 6 мг/л. Мы допускаем, что концентрация взвешенных частиц находится в пределах максимально допустимой концентрации по взвешенным веществам в отводимых сточных водах на биологическую очистку, т.е. около 30 мг/л, следовательно, перед кондуктометром должно быть установлено оборудование для тонкой механической очистки, например картриджный фильтр.

Обзор методов удаления аммонийного азота из сточных вод показал, что для предварительной очистки высококонцентрированных вод перед сбросом на биологические очистные сооружения наиболее применим метод реагентной очистки. Предложена технологическая схема очистки сточных вод с пиковыми концентрациями, включающая этапы дозирования и механической очистки в зависимости от результатов анализа сточных вод. С учетом непостоянности концентрации аммонийного азота предложено осуществлять дозирование хлорида магния и тринатрийфосфата в зависимости от электропроводности сточных вод. Указанная схема позволит обеспечить стабильное качество вод, отводимых на биологическую очистную станцию предприятия.

Список литературы

1. Идрисов М.А. Интенсификация процессов удаления аммонийного азота на городских канализационных очистных сооружениях: дис. ... канд. техн. наук / Пензен. гос. архит.-строит. академия. – Пенза, 2003. – 140 с.
2. Штриплинг Л.О., Туренко Ф.П. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учеб. пособие / Омск. гос. техн. ун-т. – Омск, 2005. – 192 с.
3. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. – М.: АСВ, 2004. – 704 с.
4. Аммоний-ион [Электронный ресурс]. – URL: http://ekotsentr.ru/rorip_menu.php?id=35 (дата обращения: 25.09.2018).
5. Очистка производственных сточных вод: учеб. пособие для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; под ред. С.В. Яковлева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.

6. Обратный осмос. Мембрана обратного осмоса. Очистка и фильтры обратного осмоса [Электронный ресурс]. – URL: http://oil-filters.ru/reverse_osmosis_and_membranes/ (дата обращения: 25.09.2018).

7. Черкасов С.В. Обратный осмос. Теория и практика применения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://wwtec.ru/index.php?id=233> (дата обращения: 25.09.2018).

8. Захаров С.Л., Володин А.Х. Современные проблемы очистки водных растворов обратным осмосом // Экологические системы и приборы. – 2014. – № 12. – С. 19–22.

9. Новый подход к очистке сточных вод и отработанных электролитов / Ю.П. Перелыгин [и др.] // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2010. – № 2. – С. 54–57.

10. Аналитическое оборудование для физико-химического анализа жидких сред [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.td-anion.ru/catalog/konduktometry.htm> (дата обращения: 25.09.2018).

Получено 26.09.2018

Кирьянова Татьяна Игоревна – магистрант, гр. ИС1-18-2м, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: kiryanova251@gmail.com.

Научный руководитель – **Щукин Игорь Сергеевич**, старший преподаватель кафедры «Теплогасоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение», строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: shchukin-is@yandex.ru.