

результатами моделювання може бути запропонована схема автоматизації, яка забезпечує значення рН та Eh стічної води, при яких досягається повне осадження важких металів і високий ступінь очищення води від важких металів в умовах значних коливань вихідних параметрів стічної води.

1.Филипчук В.Л. Очищення багатокomпонентних металомісткуючих стічних вод промислових підприємств. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 232 с.

2.Гордин И.В., Манусова Н.Б., Смирнов Д.Н. Оптимизация химико-технологических систем очистки промышленных сточных вод. – Л.: Химия, 1977. – 193 с.

Отримано 01.12.2009

УДК 628.33

Л.И.ДЕГТЕРЕВА, канд. хим. наук, Т.А.ШЕВЧЕНКО

Харьковская национальная академия городского хозяйства

КИНЕМАТИКА ПРОЦЕССОВ АММОНИФИКАЦИИ, НИТРИФИКАЦИИ, ДЕНИТРИФИКАЦИИ

Рассмотрены кинематические зависимости процессов удаления азотных соединений от основных параметров сточных вод.

Розглянуто кінематичні залежності процесів видалення азотних сполук від основних параметрів стічних вод.

In article kinematical dependences of removal processes of nitric connections on key parameters of sewage are considered.

Ключевые слова: автотрофы, гетеротрофы, хемотрофы, бактерии, аммонификация, нитрификация, денитрификация.

Микроорганизмы в своей жизнедеятельности потребляют необходимые им вещества и энергию: водород (H), кислород (O), углерод (C), азот (N), фосфор (P), серу (S) и другие второстепенные элементы. Разные бактерии используют разные источники энергии [1]:

- солнечную энергию используют фотосинтетические автотрофы (Autotrophy);
- органику в качестве питательного вещества используют гетеротрофы (Heterotrophy);
- неорганические соединения используют хемотрофы (Chemoautotroph).

Фотосинтетические автотрофы берут энергию от солнца. В процессе их жизнедеятельности получают элементы H и O из H_2O ; C из CO_2 . Азот, фосфор, серу и т.д. получают из растворенных солей: NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} .

Автотрофы производят высоко энергичную органику (H, C, O) и

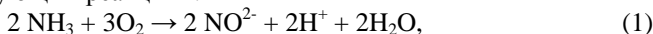
кислород.

Гетеротрофы получают энергию из окисления органики, используют высоко энергичную органику и формируют более сложную биомассу, включая протеины. Полученная энергия тратится на:

- производство массы клеток;
- свободную энергию;
- потери на тепло.

Когда органическая энергия заканчивается, то гетеротрофическая жизнь прекращается. При наличии таких микроорганизмов в сточных водах появляется пена на поверхности воды. Хемотрофы получают энергию от окисления неорганики.

В процессе нитрификации окисляются аммонийные соединения нитрифицирующими бактериями (аэробами) [2]. Этот процесс происходит по следующим реакциям:

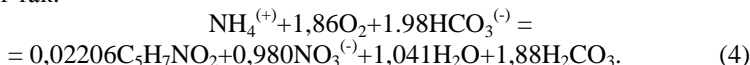


Итоговая реакция:



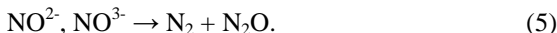
Отсюда легко подсчитать, что для окисления 1 г N, нужно потратить $\frac{4 \cdot 16}{14} = 4,57$ г O_2 .

А полная реакция окисления аммонийного азота до нитрата, выглядит так:



Уравнение (4) получено в 1975 г. (U.S. Environmental Protection Agency).

Процесс превращения нитритов и нитратов в свободный газообразный азот осуществляется в анаэробных условиях денитрифицирующими бактериями:



Система биологической очистки сточных вод состоит из следующих этапов [3]:

1. Удаление взвешенных веществ, фекалий и других крупных отходов.
2. Разложение растворенной органики (БПК) – аммонификация.
3. Окисление аммония до нитратов – нитрификация.
4. Превращение нитратов в газообразный азот – денитрификация.
5. Удаление фосфора – дефосфация.
6. Удаление CO_2 – декарбонизация.
7. Добавление O_2 – аэрация стоков.

Загрязнения сточных вод состоят из общего аммония + аммиак ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), растворенного в воде, и азота, еще пока зафиксированного в органических веществах. Косвенно можно узнать, сколько в воде находится органических веществ, замерив БПК₅ [3, 4].

Основная задача аммонификации – удалить органику, т.е. БПК₅. Эту задачу выполняют гетеротрофы, они развиваются быстрее хемотрофов (нитрифицирующих бактерий) и могут существовать в большем диапазоне внешних факторов. Они являются конкурентами нитрифицирующих бактерий в биофильтре за жизненное пространство. Если БПК₅ (взвешенных частиц) не опустится ниже 15 мг/л, то процесс нитрификации будет невозможен из-за заселения биологического фильтра гетеротрофами. В биологическом фильтре они заселяют примерно 10-15% объема в начале фильтра.

Процесс аммонификации не потребляет щелочности воды, но может уменьшать pH воды в результате накопления CO_2 . Скорость аммонификации в основном зависит от температуры и содержания кислорода в воде. pH воды должна лежать в пределах от 5 до 9.

Бактерии очищают среду от органических загрязнений, но одновременно являются причиной возникновения неблагоприятной эпизодической обстановки. Наибольшую опасность представляют аэромонады и энтеробактерии. При увеличении органического загрязнения, в структуре общего микробного фона их доля растет. Энтеробактерии входят в состав микробных ассоциаций, формирующихся в кишечном тракте гидробионтов, вырабатывают энтеротоксины и являются причиной их заболеваний и гибели. Поэтому на стадии аммонификации необходим контроль за бактериями [5].

На рис.1 приведен график зависимости скорости аммонификации от температуры сточной жидкости, а на рис.2 – график зависимости эффективности аммонификации от концентрации кислорода в сточной жидкости.

На скорость нитрификации в биофильтре влияют следующие параметры воды: БПК, концентрация общего аммония (на единицу площади, на единицу объема), концентрация кислорода, гидравлическая нагрузка, температура, pH, щелочность воды, скорость роста хищников-бактерий.

На рис.3 приведен график зависимости скорости нитрификации от температуры сточной жидкости, а на рис.4 – график зависимости процесса нитрификации от концентрации кислорода.

В результате нитрификации уменьшается щелочность воды, которую нужно восстанавливать, иначе pH воды упадет до критической отметки.

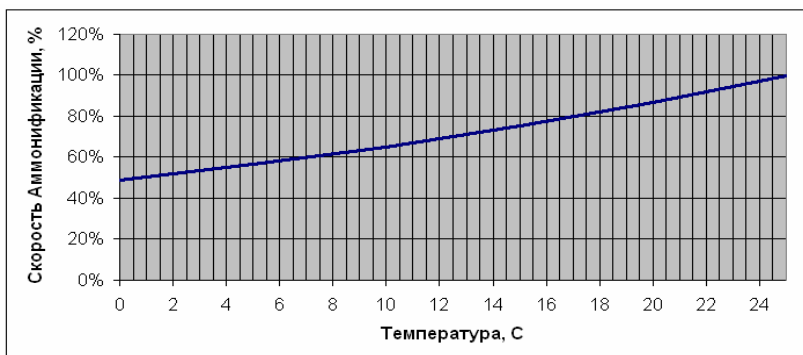


Рис.1 – Зависимость скорости аммонификации от температуры сточной воды

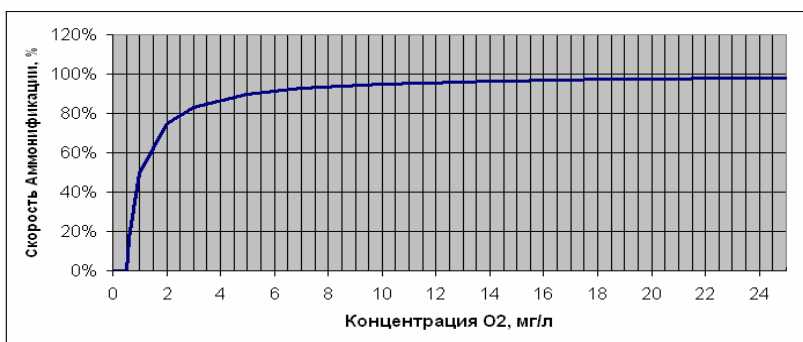


Рис.2 – Зависимость скорости аммонификации от содержания кислорода в воде

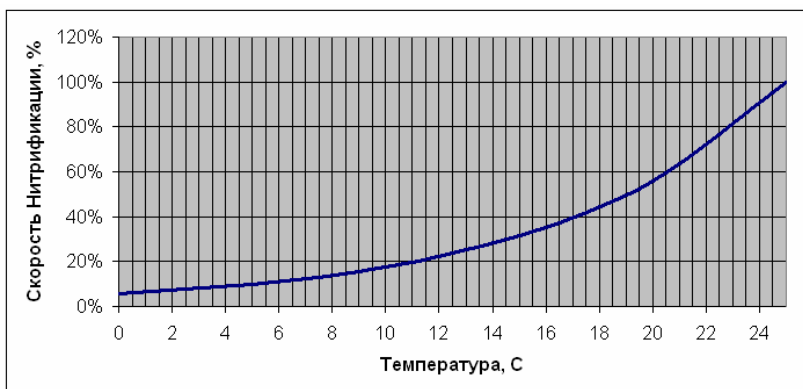


Рис.3 – Зависимость скорости нитрификации от температуры

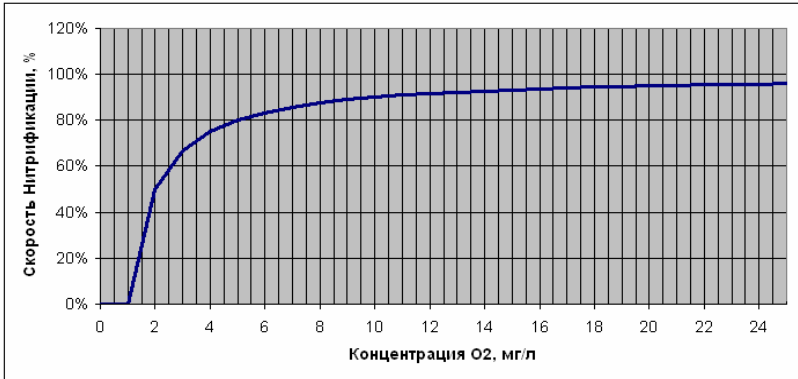


Рис.4 – Зависимость эффективности нитрификации от концентрации кислорода

Денитрификация аналогична нитрификации, как биологический процесс. В результате денитрификации конечный продукт нитрификации – нитрат превращается в газообразный азот. Этот процесс имеет место в бескислородной среде, и используется органическое вещество как источник углерода.

Обычно в странах Европы используют метанол как источник углерода, реже этанол. Часто еще используют метанол, если недостаточно в воде ХПК. Нитраты и ХПК (источник органического вещества) превращаются бактериями в новые бактерии, в газообразный азот, углекислый газ, воду и основание. Плюс от этого процесса в том, что уменьшается замена воды в системе в сутки [5]. На рис.5 приведен график зависимости скорости денитрификации от температуры сточной жидкости.

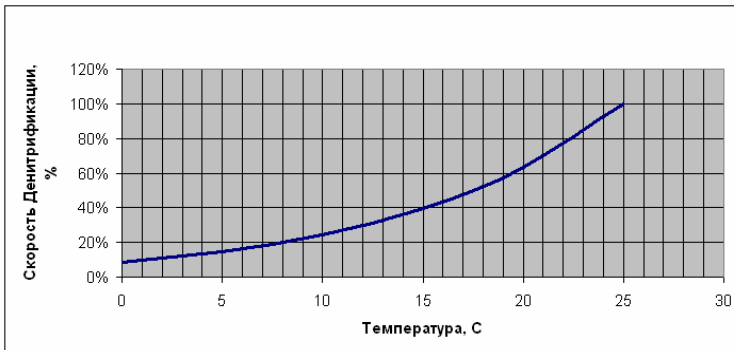


Рис.5 – Зависимость скорости денитрификации от температуры сточной жидкости

Денитрифицирующие бактерии являются факультативными анаэробами, использующими в качестве акцепторов электронов кислород и нитраты.

В результате этой реакции повышается рН воды и поглощается БПК (разрушается органическое вещество без использования кислорода), а значит экономится кислород.

Если в технологической схеме используется денитрификатор, то могут возникнуть проблемы с удалением соединений фосфора из сточных вод.

Теория дефосфатации опирается на удаление фосфора путем синтеза биомассы бактерий в результате окисления БПК. Фосфор требуется для внутриклеточной энергии переноса, это является основным клеточным компонентом. Поэтому фосфор необходим для биосинтеза. Обычно он содержится в биомассе микробов в концентрациях 1,5-2% от сухого веса.

Если сначала создать в схеме зону анаэробную, а потом аэробную, то в бактериях концентрация фосфора возрастет до 4-12%. Эту биомассу можно уже будет удалить при помощи фильтров механической очистки (отстойников или микросетчатых фильтров). В отходах будет содержаться в 2,5-4 раза больше фосфора, чем при обычной системе очистки [6].

Таким образом, процесс биологической очистки сточных вод протекает в три основные стадии: аммонификация, нитрификация и денитрификация. Эти стадии в значительной степени зависят от температуры, содержания кислорода и рН среды обрабатываемых сточных вод, учет кинетики протекания которых позволяет повысить эффективность очистки сточных вод по основным показателям, а также по содержанию биогенных элементов (азота и фосфора).

1.Рябчиков Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М., 2001. – 214 с.

2.Тавардткладзе И.М., Свердников А.А. Технология биологической очистки надиловой воды // Водоснабжение и санитарная техника. 1987. – №10. – С.28.

3.Земляк М.М., Свердников А.И., Свердников А.А. Аэротенк-осветлитель колонного типа. Авт. св. СССР № 1530573. Заявл. 28.03.88г. Оpubл. 23.12.89г. Бюл. № 47, кл. С 02F 3/00.

4.Хенце М., Армозе П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод: Пер. с англ. – М.: Мир, 2004. – 420 с.

5.Патент Российской Федерации №2136612. Способ очистки сточных вод от аммонийного азота / Восточный научно-исследовательский углехимический институт // Сабинова Т.М., Дербышева Е.К. Оpubл. 09.10.1999 г.

6.Земляк М.М., Свердников А.А., Бондарев А.А. Канализационные очистные сооружения колонного типа // Водоснабжение и санитарная техника. – 1994. – Вып.9. – С.4-6.

Получено 30.12.2009