

УДК 628.356:579.68+504.4.054

БИОСОРБЦИОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ГЛАУКОНИТЕ ПРИ НИТРИФИКАЦИИ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АКТИВНЫМ ИЛОМ

А.Е. ЧЕРНОГОРОВА, Ю.И. СУХАРЕВ, Е.О. БАГРИНОВЦЕВА
e-mail: sucharev@water.tu-chel.as.ru (2)

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Введение

Одним из современных методов очистки от аммонийного азота, дающим оптимальные результаты по качеству воды, является микробиологический метод очистки. В процессе биологической очистки аммиак подвергается воздействию микроорганизмов — нитрификаторов, окисляющих его в аэробных условиях последовательно в нитриты и в нитраты. Известно, что нитрифицирующие микроорганизмы обладают способностью прилипать к твердой поверхности, в результате чего на поверхности твердого материала (носителя) образуется биопленка [1]. В связи с этим одним из путей интенсификации нитрификации является использование иммобилизованных микроорганизмов с применением носителей различной природы: резины, керамики, полимерных материалов и других.

Задача исследовательской работы заключалась в изучении влияния природного глинистого материала — глауконита — на процессы биологической очистки сточных вод от аммонийного азота.

Методика эксперимента

В эксперименте исследовали кинетику развития нитрифицирующих микроорганизмов и скорость удаления аммонийного азота из сточных вод в лабораторном аэрируемом реакторе. При культивировании нитрифицирующих микроорганизмов посевным материалом являлась отстоянная сточная жидкость с аэротенков Челябинских очистных сооружений. Культивирование проводили при перемешивании на качательной мешалке в колбах Эрленмейера (250 см^3): к 50 см^3 исходной жидкости добавляли 100 см^3 среды Виноградского, в половину колб помещали навеску глауконита 20 г . В экспериментах, проводимых в лабораторном реакторе, использовали сточную воду с аэротенков очистных сооружений вместе с илом, в которую вводили аммонийный азот в виде раствора сульфата аммония. Объем реактора составлял 2 дм^3 . Воздух подавали через диффузор, установленный в днище реактора. Рециркуляцию ила не проводили. Глауконит добавляли в количестве 30 г на $1,5\text{ л}$ жидкости. Для сравнения в обоих случаях использовали свободноплавающую культуру. Содержание NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^- определяли по общепринятым методикам [2].

Результаты эксперимента и их обсуждение

Результаты эксперимента по культивированию микроорганизмов в нейтральной области pH представлены на рис. 1. В период с 4 по 13 сутки наблюдалось торможение процессов нитрификации, соответствующее почти прямым участкам кривых. Возможной причиной этого была недостаточно интенсивная аэрация в объеме жидкости, о чем свидетельствовало появление в колбах нитчатых образований, вызванных анаэробной нитчатой бактерией сферотилус

(*Spherotilus*). Из-за недостаточной аэрации в среде активизировались процессы денитрификации, что объясняет снижение концентрации нитратов (рис. 1, в). В связи с этим колбы на 13 день были открыты и увеличена скорость встряхивания. Как видно из хода кривых, в присутствии глауконита стали развиваться процессы нитрификации. То есть можно предположить, что микроорганизмы-нитрификаторы, прикрепленные к поверхности глауконита, оказались более выживаемы в условиях лимитации по кислороду.

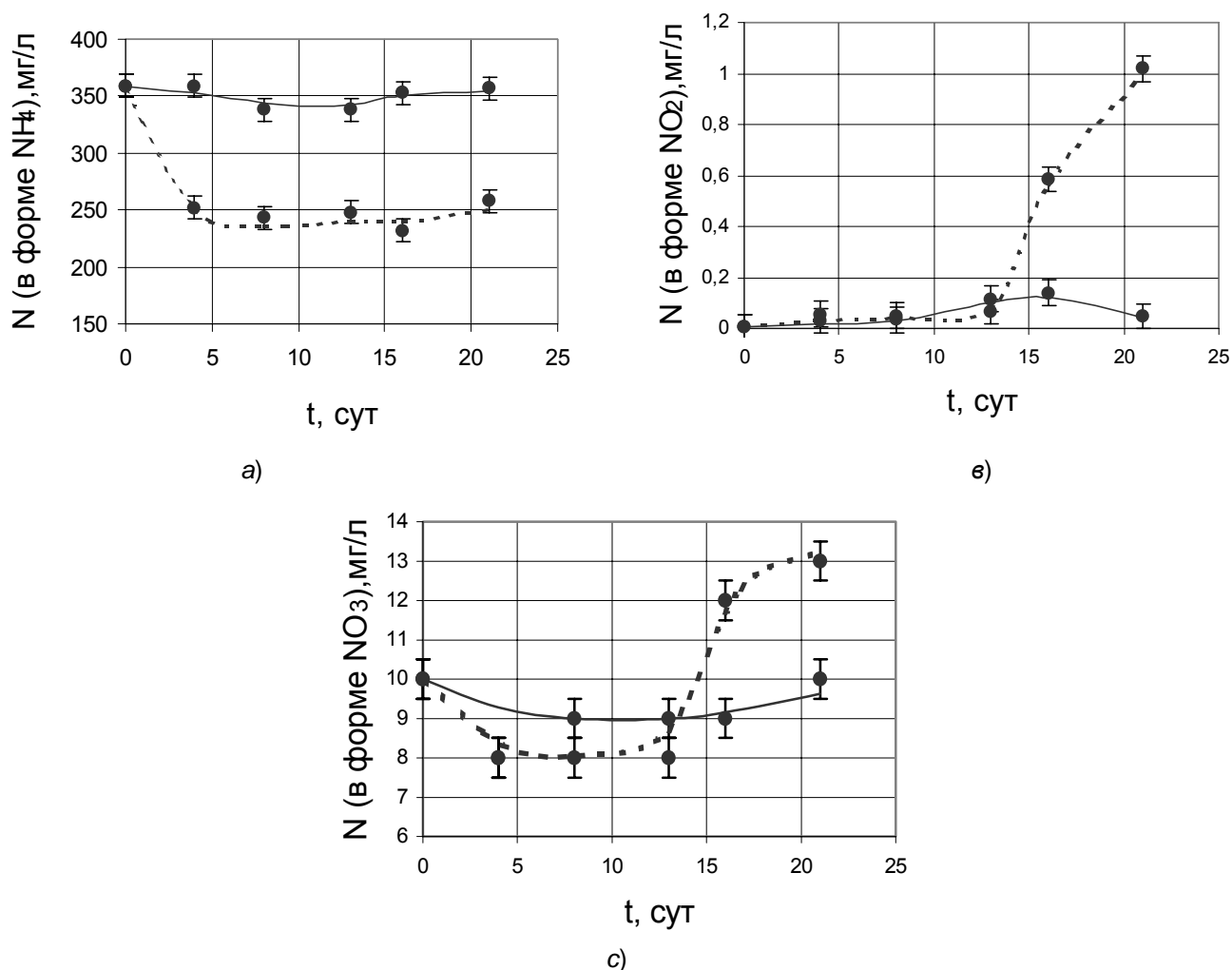


Рис. 1. Динамика удаления NH_4^+ (а), образования NO_2^- (б) и NO_3^- (с) при культивировании нитрифицирующих микроорганизмов при $\text{pH} = 7$

(—) — без добавления глауконита; (---) — с глауконитом.

Было оценено влияние pH среды на процессы нитрификации в присутствии минерала. С одной стороны, по литературным данным для развития нитрифицирующих культур оптимальными являются pH , сдвинутые в щелочную область. С другой стороны, при взаимодействии микроорганизмов с поверхностью носителя для преодоления электростатического барьера применяют подкисление среды.

В присутствии глауконита удаление аммонийного азота и увеличение содержания нитритов и нитратов происходило полнее. Интенсифицирование процессов при $\text{pH} = 8,5$ согласуется с литературными данными по оптимальным интервалам pH для развития нитрифицирующих бактерий. Очень хорошо просматривается положительное влияние глауконита на развитие микроорганизмов в слабокислых растворах ($\text{pH} 4,9$). Так как для развития рассматриваемых культур эта область pH неблагоприятна, то процессы нитрификации подавлены в отсутствие глауконита. Наличие глауконита в системе резко интенсифицирует развитие микроорганизмов. Динамика изменения азотных форм в ходе эксперимента в лабораторном реакторе при дозе

ила 0,08% представлена на рис. 2. В присутствии глауконита кривые удаления аммонийного характеризуются более резким падением на начальном этапе, а кривые образования нитритов — более выраженным пиком. На скорость образования нитратов (рис. 2,в) глауконит не оказывал влияния.

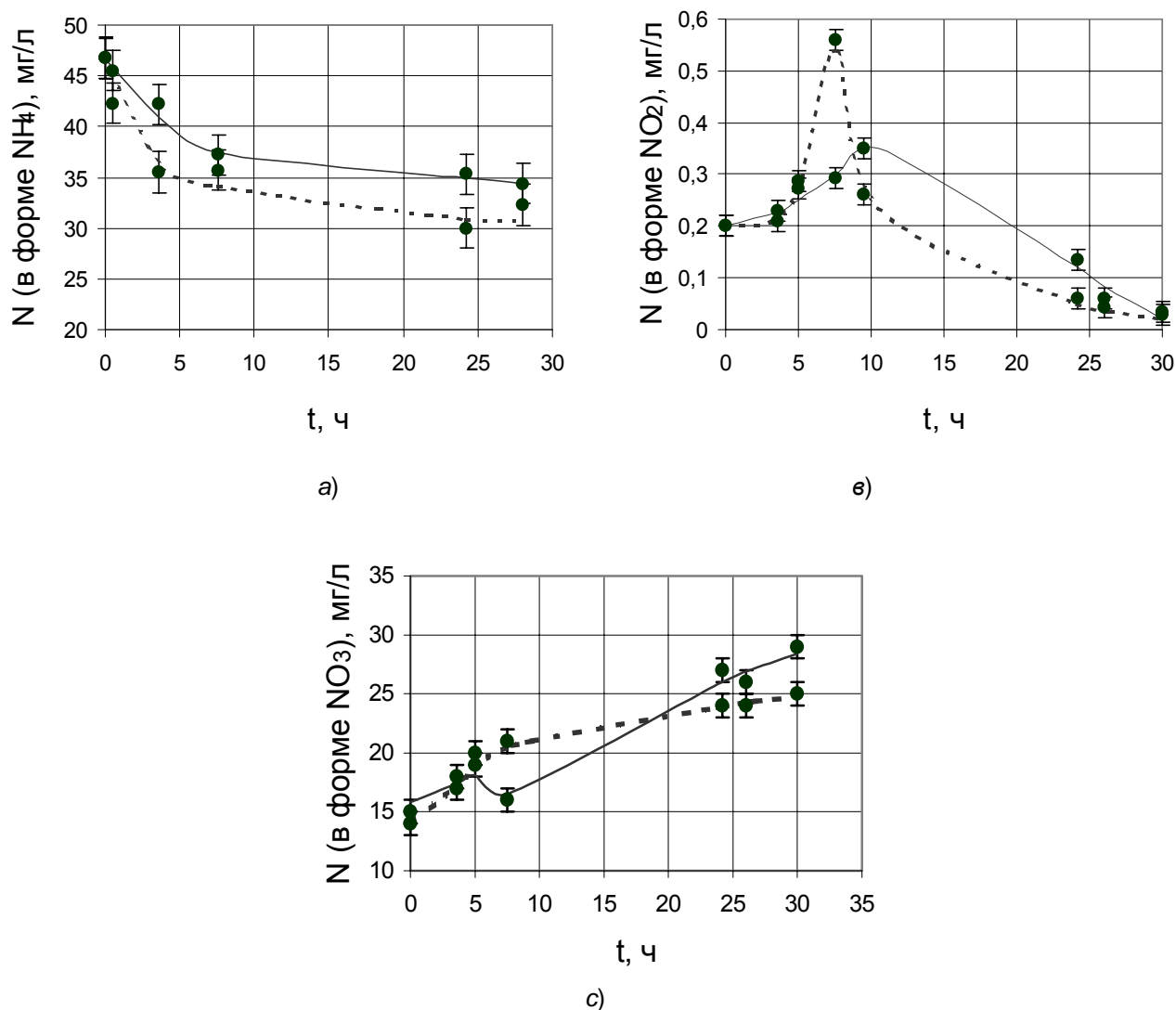


Рис. 2. Динамика удаления NH_4^+ (а), образования NO_2^- (б) и NO_3^- (в) при очистке сточной воды в лабораторном реакторе

(—) — без добавления глауконита; (---) — с глауконитом.

В соответствии с изотермой сорбции глауконитом аммонийного азота количество сорбированного азота при исходной концентрации 50 мг/л приблизительно равна 14 мг/л. Убыль концентрации аммонийного азота через 30 мин после его добавления составила 6 мг/л. Можно предположить, что при введении глауконита в реактор бактерии «заселили» поверхность глауконита, затруднив сорбционные процессы, и что в присутствии глауконита процессы нитрификации осуществлялись на его поверхности. Неполное удаление катиона аммония из среды — прекращение процессов первой стадии нитрификации — возможно обусловлено накоплением в системе продуктов обмена, что характерно для периодических культур или же недостатком дополнительных элементов питания.

Кривые нарастания нитритов можно косвенно сопоставить с кривой развития периодической микробной культуры, известной по литературным данным. Так начальный ход можно сопоставить с лаг-фазой развития микробной культуры: задержка роста микроорганизмов активного ила связана с изменением в питании и окружающих физических условиях по сравнению с аэротенками очистных сооружений. В этот период организмы адаптировались к новым

условиям среды. Участок подъема кривых нарастания нитритов соответствует фазам роста микробной культуры. Доходя до максимума, кривые идут на спад. Отсутствие участка, сопоставимого со стационарной фазой развития микробной культуры, возможно обусловлено активностью второй стадии нитрификации.

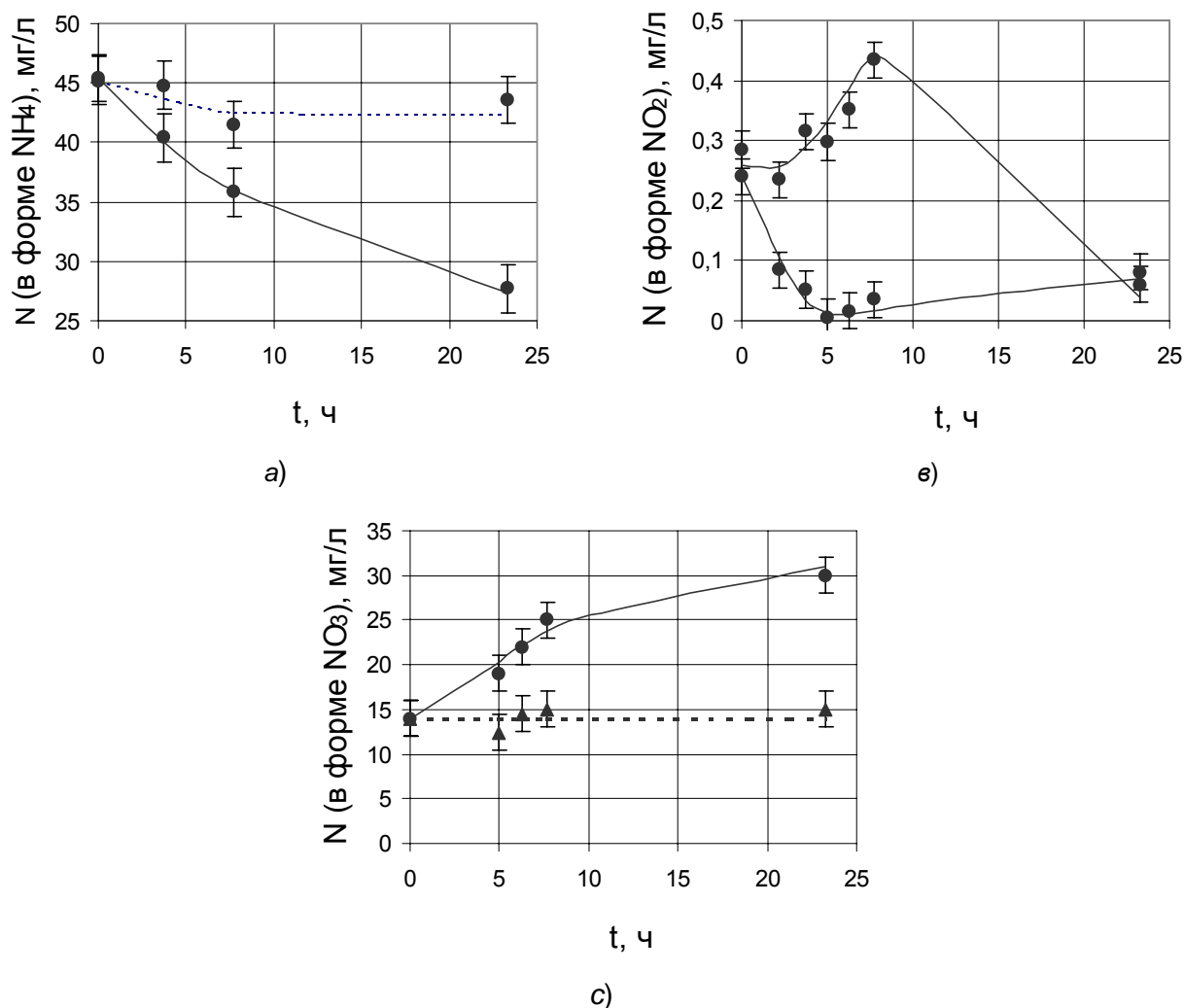


Рис. 3. Динамика удаления NH_4^+ (а), образования NO_2^- (б) и NO_3^- (с) при очистке сточной воды в лабораторном реакторе

(—) — без добавления глауконита; (---) — с глауконитом в Fe-форме.

Природный глауконит представляет собой зернистый материал, который, однако, активно диспергирует в воде до частиц пелитовых и алевроитовых фракций, плохо оседающих при отстаивании жидкости. Это обуславливает необходимость дополнительных стадий обработки воды для устранения остаточной мутности.

Одним из способов упрочнения структуры глауконита является введение в обменный комплекс минерала катионов, имеющих значительную энергию взаимодействия с атомами в алюмосиликатных слоях, например, железа и алюминия. Поэтому в одном из экспериментов минерал был обработан раствором хлорида железа. Обработка производилась в течение суток при $\text{pH}=1,5$ в соотношении 1:4 (Ж/Т). Через сутки раствор декантировали, глауконит однократно и кратковременно промывали раствором соляной кислоты при $\text{pH} = 2$, и затем дистиллированной водой до отрицательной реакции на ионы железа. Согласно литературным данным дополнительная обработка глауконита раствором соли железа так же может способствовать снижению электростатического барьера при иммобилизации микроорганизмов на поверхности глауконита. Однако в данном случае процессы удаления азота из сточной воды практически были подавлены (рис. 3), что связано, вероятно, с токсичным действием железа на микроорганизмы.

Так как жидкая фаза в реакторе не содержала ионов железа, то, следовательно, основную роль играли биохимические процессы, происходящие на поверхности.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что введение природного минерала — глауконита — способствует процессам удаления аммонийного азота при биологической очистке сточных вод. Механизм влияния глауконита может заключаться в следующем: при ведении глауконита в сточную воду протекают одновременно процессы сорбции катиона аммония и иммобилизации нитрифицирующих бактерий. Сорбированный катион окисляется в нитрит-анион иммобилизованными микроорганизмами, происходит биорегенерация минерала. Поскольку глауконит не обладает сорбционной активностью в отношении анионов, нитрит-ион диффундирует с поверхности частицы в объем, освобождая активные центры для дальнейшей сорбции катионов. Вследствие сорбции на поверхности частицы, концентрация аммонийного азота остается довольно высокой и постоянной при значительном изменении ее в объеме жидкости. Таким образом, микроорганизмы, поселившиеся на поверхности глауконита, оказываются в более благоприятных условиях по питанию. Подобные явления встречены в литературе и называются процессами биосорбции или биорегенерации.

Список литературы

1. Никовская Г.Н. Адгезионная иммобилизация микроорганизмов в очистке воды. // Химия и технология воды. — 1989. — № 3. — С. 158—167.
2. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. — М.: Химия. — 1984. — 446 с.