

УДК 628.543

ОПТИМИЗАЦИЯ БИОЦЕНОЗОВ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

© 2011 А.А.Денисов¹, И.И. Тарасова¹, И.И. Павлинова², И.М. Калистратов², А.А. Кадысева³

¹ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности Россельхозакадемии», г. Щёлково

²ГОУ ВПО «Московская государственная академия коммунального хозяйства и строительства», г. Москва

³ФГОУ ВПО «Омский государственный аграрный университет», г. Омск

Поступила 13.07.2011

Проведены микробиологические исследования структуры, основных закономерностей функционирования популяций активного ила и соотношение основных микробных сообществ в процессах аммонификации, нитрификации, денитрификации при очистке сточных вод животноводческих комплексов биологическими методами. Исследована кинетика развития смены доминирующих форм микроорганизмов, связанных с изменяющимися условиями питания на разных этапах очистки.

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, активный ил, биоценоз, нитрификация, денитрификация.

Снижение антропогенных нагрузок на природные и водные объекты от промышленных отходов предприятий по производству и переработке животноводческой продукции является одной из актуальных проблем современности.

Особенности животноводческих, и в частности свиноводческих, комплексов состоят в том, что содержат широкий спектр химического состава загрязнений, основными из которых являются органические вещества, содержащие углеродные, азотные и фосфорные соединения.

Существующие очистные сооружения свиноводческого комплекса мощностью 108 тыс. голов свиней в год при традиционной технологии очистки сбрасывает в водоем за год 30-35 т взвешенных веществ, 80-100 т БПК₅, 35-50 т аммонийного азота и 6-12 т фосфатов, что приводят к антропогенным воздействиям на водные экосистемы. Цель настоящей работы: изучить закономерности формирования и разработать пути оптимизации биоценоза активного ила при аэробной биологической очистке свиноводческих стоков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Определение технологических параметров формирования оптимальных биоценозов активного ила; разработка оптимальных технологических схем и режимных параметров очистки сточных вод от азот- и фосфорсодержащих загрязнений; создание математических моделей систем очистки с целью прогнозирования параметров очистных сооружений; разработка научно-практических рекомендаций по интенсификации процессов аэробной биологической очистки высокозагрязненных органосодержащих стоков.

Денисов Аркадий Алексеевич, докт. биол. наук, проф., e-mail: vnitibr@mail.ru; Тарасова Ирина Ивановна, канд. биол. наук; Павлинова Ирина Игоревна, докт. тех. наук, профессор, e-mail: vodakipr@rambler.ru; Калистратов Игорь Михайлович; Кадысева Анастасия Александровна, канд. тех. наук, e-mail: kadyseva@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для проведения испытаний была создана и смонтирована непосредственно на очистных сооружениях свиноводческого комплекса пилотная установка.

Для достижения указанной цели на 1 этапе работы были проведены микробиологические исследования структуры, морфологических особенностей и основных закономерностей функционирования популяций активного ила. Исследования показали, что, несмотря на сложность состава биоценоза активного ила, существует несколько основных групп микроорганизмов, определяющих эффективность очистки в целом – это флокулирующие и нитчатые бактерии. Особенности микробиологического состава и внутривидовых взаимоотношений различных групп бактерий показали, что на начальном этапе аэробной обработки исходной сточной воды, содержащей в избытке питательные вещества, в том числе легко усваиваемые, наблюдается интенсивный рост нитчатых микроорганизмов, которые составляют около 50% общей биомассы.

Нитчатые бактерии поглощают большое количество питательного субстрата, что приводит к резкому снижению концентраций органических загрязнений в целом. Флокулирующие бактерии в этих условиях нарастают незначительно и не играют определяющей роли в процессе очистки (рис. 1а).

По мере усвоения микроорганизмами питательных веществ они постепенно исчерпываются и общий баланс состава биоценоза все более смещается в сторону флокулирующих бактерий, которые способны не только потреблять питательные вещества, но и делать внутриклеточные запасы. Нитчатые микроорганизмы в этих условиях все более подавляются вследствие снижения количества питательного субстрата (рис. 1б).

При недостатке питательных веществ развиваются процессы селекции микроорганизмов, которые приводят к преимущественному росту флокулирующих бактерий, количество нитчатых бактерий уменьшается и они составляет не более 10-20% общей биомассы (рис. 1с).

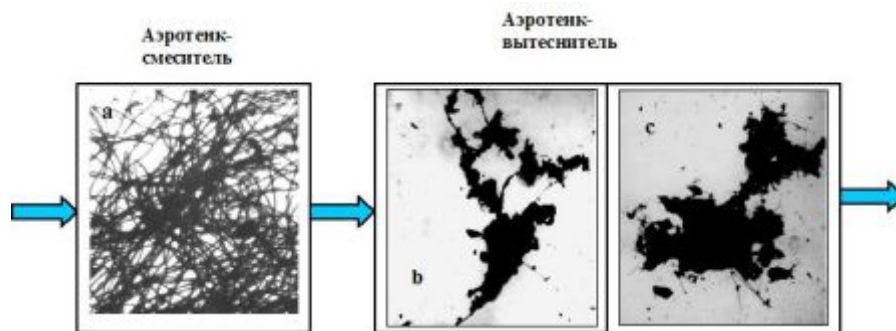


Рис. 1. Доминирующие формы микроорганизмов в аэрационном сооружении биологической очистки сточных вод: а – аэротенк-смеситель; б – первая секция аэротенка-вытеснителя; с - последняя секция аэротенка-вытеснителя. Ув. 300^x, 150^x, 150^x.

Соотношение основных микробных сообществ в процессе биологической очистки сточных вод составляет: аэротенк-смеситель – отношение нитчатых к *Zoogloea* – 3:1; начальная секция аэротенка-вытеснителя – 1:1; секция на выходе аэротенка-вытеснителя – отношение нитчатых-*Zoogloea* – 1:4.

Полученные данные свидетельствуют о том, что смена доминирующих форм микроорганизмов в аэрационных сооружениях связана с изменяющимися условиями питания на разных этапах очистки и разным отношением тех или иных групп бактерий к питательному субстрату. Качество очистки определяется полнотой утилизации питательного субстрата бактериями активного ила и использованием ими определенных химических веществ в качестве источников питания и энергии.

Бактериальная микрофлора активного ила содержит различные группы микроорганизмов, имеющие

определенную функциональную направленность при реализации биохимических процессов усвоения органических веществ, и в первую очередь – азотсодержащих соединений, наиболее характерных для свиноводческих сточных вод.

В исходной сточной воде азот находится в основном в составе органических соединений и аммиака, для удаления которых необходимо реализовать полный цикл последовательно протекающих процессов (рис. 2): аммонификации – для превращения органического азота в аммонийный азот (*Nitrosomonas*); нитрификации – для окисления аммонийного азота в нитриты и нитраты (*Nitrobacter*); денитрификации – для восстановления окислов азота (нитритов и нитратов) до газообразного молекулярного азота (*Hyphomicrobium*).

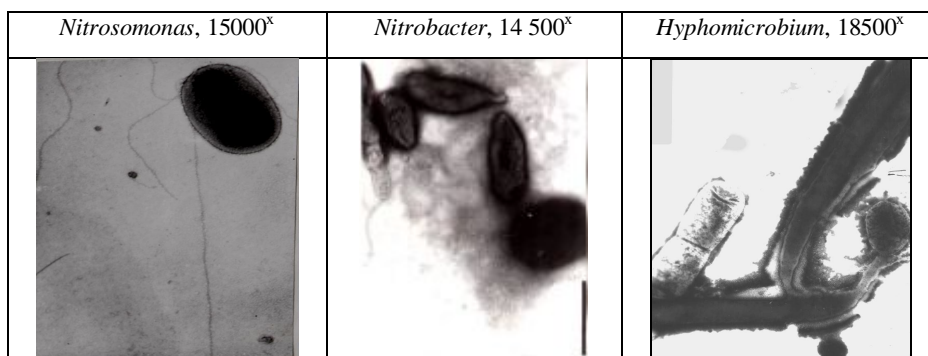


Рис. 2. Микроорганизмы нитрифицирующего биоценоза активного ила

На каждом из этих этапов необходимо наличие вполне определенных функциональных групп микроорганизмов, которые формируются в системе очистки путем поддержания определенных гидравлических, аэрационных и других технологических параметров [1, 2, 5]. Так, на первой стадии биологической очистки (в аэротенке-смесителе) правильно сформированный биоценоз активного ила должен обеспечить протекание процесса аммонификации, на второй стадии (в аэротенке-вытеснителе) – процесса нитрификации и на третьей завершающей стадии – процесса денитрификации.

Регулирование доминирующих групп микроорганизмов на указанных этапах очистки осуществляется

путем поддержания оптимальных скоростей роста бактерий.

Динамика численности различных групп микроорганизмов, обеспечивающих очистку от азотсодержащих соединений, и полученные экспериментальные зависимости количества биомассы и степени ее флокуляции позволяют определить оптимальные скорости роста и поддерживать их с помощью технологических параметров системы аэробной биологической очистки.

При исследовании процессов нитрификации были установлены зависимости динамики нитрификации от возраста активного ила и нагрузки на активный ил органического субстрата.

Процесс нитрификации развивается только тогда, когда возраст активного ила превысит определенный предел, при котором обеспечивается рост бактерий *Nitrosomonas* ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2$). По мере дальнейшего развития процессов нитрификации обеспечивается рост культуры *Nitrobacter* ($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_3$), интенсивность которого возрастает с увеличением возраста активного [3, 4].

Результаты исследований были использованы для получения эмпирических зависимостей интенсивности нитрификации от нагрузки на активный ил, возраста активного ила и продолжительности обработки сточной воды.

На основании полученных результатов была создана математическая модель динамики процессов аммонификации системы очистки от азотсодержащих загрязнений.

Результаты расчета процессов аммонификации, проведенные с использованием разработанной модели, показывают, что процент нитрификации быстро повышается с увеличением возраста активного ила, при этом величины изменения концентраций различных форм минерального азота являются функциями исключительно возраста активного ила:

$$\Theta = -0,0049 \cdot T_{\text{AI}}^4 + 0,231 \cdot T_{\text{AI}}^3 + 4,052 \cdot T_{\text{AI}}^2 + 31,718 \cdot T_{\text{AI}}$$

где:

Θ - эффективность нитрификации, %;

T_{AI} - возраст активного ила, сут

Интенсивность денитрификации возрастает с увеличением концентрации микробной массы и температуры среды, которая является определяющей для роста нитрифицирующих бактерий, и прямо пропорциональна скорости эндогенного дыхания микроорганизмов, которая возрастает в условиях недостатка растворенного кислорода.

OPTIMIZATION OF ACTIVATED SLUDGE BIOCOENOSIS FROM BREEDING TREATMENT PLANTS FOR REDUCING ANTROPOGENIC LOAD ON AQUATIC ECOSYSTEMS

© 2011 A.A. Denisov¹, I.I. Tarasova¹, I.I. Pavlinova², I.M. Kalistratov², A.A. Kadyseva³

¹All-Russian Research and Technological Institute of Biological Sciences Industry of RAAS, Shchelkovo

²Moscow State Academy of Municipal Economy and Construction, Moscow

³Omsk State Agrarian University, Omsk

Performed microbiological studies of the structure, the basic regularities of the activated sludge populations functioning and the ratio of the major microbial communities in the processes of ammonification, nitrification, denitrification in wastewater treatment plant breeding complexes by biological methods. Explored the kinetics of dominant forms change of microorganisms, associated with the changing conditions of food-ratio supply at different stages of treatment.

Key words: wastewaters, biological treatment, activated sludge, biocenosis, nitrification, denitrification.

Denisov Arkady Alekseevich, Doctor of Biology, Professor, e-mail: vnitibp@mail.ru; *Tarasova Irina Ivanovna*, Candidate of Biology; *Pavlinova Irina Igorevna*, Doctor of Techniques, Professor, e-mail: vodakipr@rambler.ru; *Kalistratov Igor Mikhailovich*; *Kadyseva Anastasia Aleksandrovna*, Candidate of Techniques, e-mail: kadyseva@mail.ru

Таким образом, при биологической очистке сточных вод животноводческих комплексов, необходимо учитывать некоторые особенности функционирования биомассы активного ила в аэротенках.

Проведенная работа позволила разработать основу плана природоохранных мероприятий по снижению антропогенных нагрузок на водную экосистему рек в районе размещения животноводческих комплексов.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны методологические основы управления процессами формирования и селекции основных видов бактерий на различных этапах биологической очистки сточных вод, позволяющие определить условия, необходимые для реализации последовательного усвоения биогенных элементов, достижения заданных показателей очистки сточных вод и значительного.

2. Разработана технология формирования оптимальных биоценозов активного ила, позволяющая прогнозировать качество очистки органосодержащих сточных вод, которая может быть использованы при проектировании новых и реконструкции действующих очистных сооружений животноводческих комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлова И.Б. и др. Применение компьютерной телевизионной морфоденситометрии в изучении микробного антагонизма // Бюл. эксперим. биол. и мед. 1994. № 7. С. 63-66.
2. Баженов В.И. Прикидочный расчет процессов нитриденитрификации для аэротенков «карусельного» типа // Водоточистка. 2008. № 10. С. 60-65.
3. Bac W., Back S.C., Chung J.W., Lee Y.W. Nitrite accumulation in batch reactor under various operational conditions // Biodegradation. 2002. № 12. P. 359-366.
4. Gieseke A., Bjerrum L., Wagner M., Amann R. Structure and activity of multiple nitrifying bacterial populations co-existing in a biofilm // Environ. Microbiology. 2003. V. 5. № 5. P. 355-369.
5. Pollice A., Tandoi V., Lestingi C. Influence of aeration and sludge retention time on ammonium oxidation to nitrite and nitrate // Water Res. 2002. № 36. P. 2541-2546.