

## **ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РАЗНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ**

Широко распространенная в настоящее время технология биологической очистки сточных вод, основанная на удалении большей части загрязнений флокулированным активным илом в условиях аэрации, имеет существенные недостатки: большое количество избыточной биомассы, сложность разделения очищенной воды и активного ила при отстаивании, вспухаемость и пенообразование в аэротенках.

Альтернативой флокулированному илу в аэротенках или иммобилизованному в биофильтрах является гранулированный ил, функционирующий в условиях аэрации. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с флокулированным: хорошие седиментационные характеристики; наличие аэробной и анаэробной зон в грануле обеспечивает одновременное протекание в объеме одного биореактора различных биологических процессов (деструкция органических веществ, нитрификация, денитрификация); в гранулированном иле сконцентрировано большое количество микроорганизмов, и он способен выдерживать ударную нагрузку по загрязнениям и токсикантам; образование избыточной биомассы минимальное [1].

На использовании гранулированного ила основана технология Nereda – технология очистки сточных вод, разработанная Royal HaskoningDHV в координации с Делфтским Технологическим Университетом и Голландским фондом прикладных водных исследований [2].

На формирование и биоценоз агрегатов активного ила (флокул, биопленок, гранул) в первую очередь влияет состав сточных вод.

Ранее нами в лабораторных условиях изучена динамика формирования гранул при инкубировании активного ила в условиях аэрации на городских сточных водах и сточных водах молочного производства. Прослежены изменения в численном и видовом составе биоценоза активного ила в процессе гранулообразования. Отмечено существенное сокращение численности раковинных амёб, уменьшение количества свободноплавающих инфузорий и возрастание доли кругоресничных, исчезновение малощетинковых червей, разрыхляющих формирующиеся гранулы.

Установлено влияние нагрузки по загрязнениям на формирование гранул. При уменьшении нагрузки ниже критического значения вследствие эндогенного окисления резко снижается доза (и объем) ила. Высокое содержание питательных веществ способствует приросту биомассы, но не образованию гранул. Подобран оптимальный режим подпитки: 1 раз в 4 сут для городских сточных вод и 1 раз в 10 сут для сточных вод молочного производства.

Отмечена разница в седиментационных характеристиках ила, инкубируемого при разных температурах: с увеличением температуры инкубирования возрастает скорость осаждения ила и уменьшается конечный объем активного ила после 7-минутного отстаивания.

При использовании в качестве исходной иловой смеси городских очистных сооружений гранулы размером от 1 до 1,5 мм сформировались спустя 2 месяца инкубирования. В том случае, когда исходная иловая смесь была отобрана на очистных сооружениях молочного производства, гранулы формировались быстрее (1 месяц инкубирования) и размер их находился в диапазоне 1,5–3,5 мм (рисунок 1).

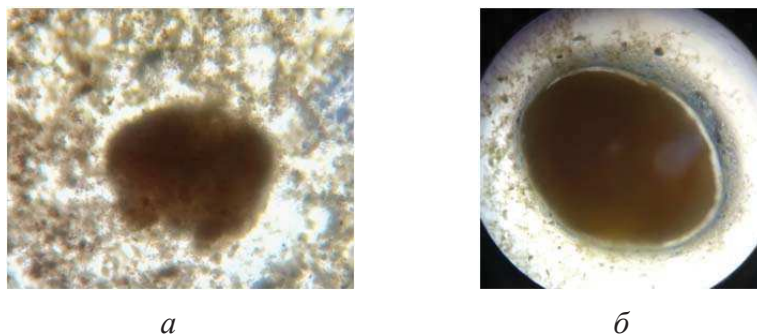


Рисунок 1. Гранулы активного ила, сформированные на сточных водах молочного производства:

*а* – исходная иловая смесь городских очистных сооружений;  
*б* – исходная иловая смесь очистных сооружений молочного производства

На рисунке 2 приведена динамика снятия загрязнений сточных вод молочного производства гранулированным активным илом.

Целью настоящего исследования являлось изучение формирования агрегатов активного ила на модельных сточных водах пивного производства и питательном бульоне в условиях аэрации. Объекты исследования – активный ил, отобранный из аэротенков очистных сооружений молочного производства и модельные сточные воды, имеющие уровень ХПК 4000 мг/дм<sup>3</sup>.

Для приготовления ячменного сусла в 200 мл воды вносили 10 г дробленного ячменного зерна, доводили до кипения, затем вываривали в течение 1,5 ч на медленном огне до объема 50 мл. После чего

4 мл суслу смешивались с водопроводной водой, и вносились в среду в качестве модельных сточных вод.

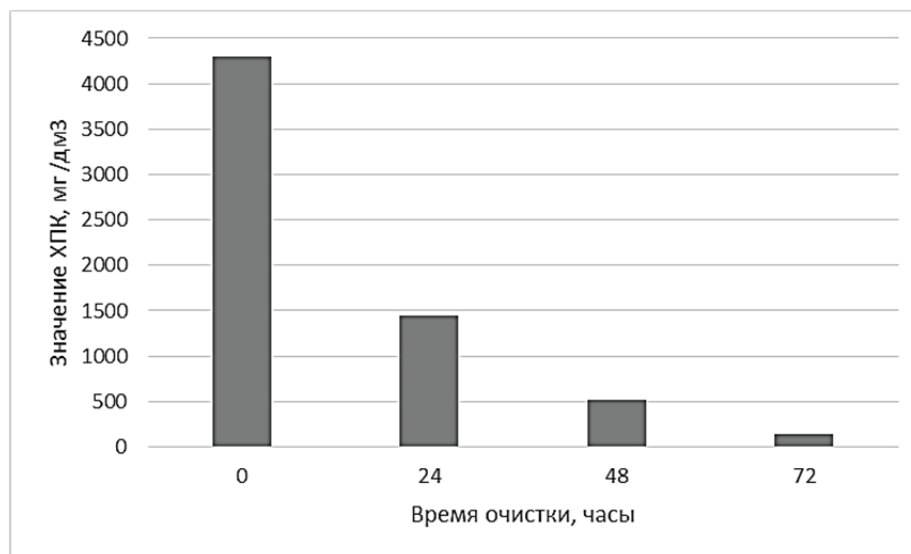


Рисунок 2. Динамика снятия загрязнений сточных вод молочного производства гранулированным активным илом

Проведено три параллельных эксперимента, одна часть колб культивировалась на модельных сточных водах пивного производства, вторая – на модельных сточных водах пивного производства с добавлением дробины ячменного зерна, третья – на разбавленном питательном бульоне.

Иловую смесь готовили, смешивая 50 мл активного ила и 50 мл модельных сточных вод с откорректированным значением рН, и инкубировали её в конических колбах ёмкостью 250 мл в отъемно-доливном режиме в шейкере-инкубаторе при рабочей частоте 150 мин<sup>-1</sup> и температуре 25°C. Пересев осуществляли 1 раз в 7сут. При пересевах культуры активного ила содержимое конической колбы количественно переносили в мерный цилиндр на 100 мл, смесь отстаивалась в течение 7 мин, сливали 70 мл надосадочной жидкости, и доводили уровень исходными сточными водами. Длительность инкубирования составила 40 суток.

Уже на 3 сутки в колбах с илом, инкубируемом на питательном бульоне, отмечалось образование гранул активного ила, однако они не обладали механической устойчивостью. После разрушения при активном встряхивании, фрагменты агрегировали в скопления шарообразной формы. В колбах с илом, культивированном на модельных сточных водах пивного производства, отмечалось образование агрегатов активного ила на 7 сутки инкубирования (рисунок 3).

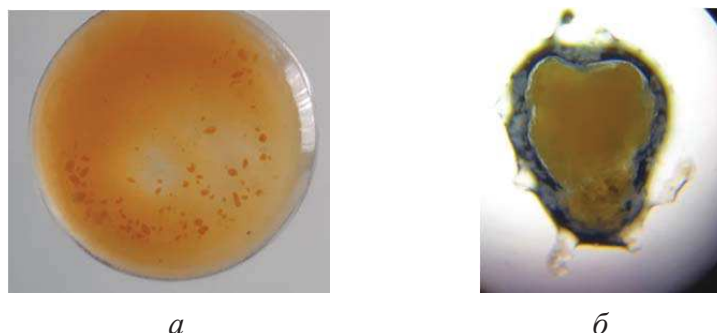


Рисунок 3. Гранулы активного ила

*а* – питательный бульон, 3 сутки инкубирования;

*б* – модельные сточные воды пивного производства, 7 сутки инкубирования

К середине эксперимента, а именно на 20 сутки в колбах, инкубируемых на питательном бульоне, отмечалось угнетение гранул, но при этом фиксировалось активное образование биопленок на внутренней поверхности колб с культивируемым активным илом. В колбах, культивируемых на модельных сточных водах пивного производства, напротив же, наблюдался численный прирост гранул, с диаметром от 0,5 до 2,0 мм, с численным преобладанием гранул с диаметром 1 мм. Стоит отметить, что биообрастания дробины ячменного зерна в колбах второй группы не фиксировалось.

В результате проведенных экспериментов установлена возможность формирования гранул активного ила в аэробных условиях на модельных сточных водах пивного производства, а также на разбавленном питательном бульоне. Гранулы, полученные в таких условиях, изначально адаптированы к высоким нагрузкам и специфическому субстрату сточных вод пивного производства.

Установлено, что формированию гранул способствуют чередование высокой нагрузки по органическим соединениям (ХПК больше 2000 мг/дм<sup>3</sup>) и «голодание», полноценный состав среды для инкубирования, адаптированный к высоким нагрузкам по органическим соединениям исходный активный ил, рабочая частота шейкера 140–150 об/мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Aerobic granular sludge: characterization, mechanism of granulation and application to wastewater treatment / Dawen Gao, Lin Liu, Hong Liang, and Wei-Min Wu // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2011. 31(2). P. 137–152.

2. Nereda Wastewater Treatment Plant [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.royalhaskoningdhv.com/nereda>. Дата доступа: 23.11.2018.