

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НИТЧАТОГО ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ЖКХ**

**Чирикова М.С., Петрова Г.М., Кельник Д.И., Алешкевич И.И.,  
Глушень Е.М.**

*Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск,  
gem@mbio.bas-net.by*

На всех городских очистных сооружениях как заключительная стадия удаления загрязняющих веществ из сточных вод используется биологическая очистка, которая осуществляется антропогенно созданным консорциумом микроорганизмов – активным илом. С промышленным развитием городов и ростом населения происходит увеличение объема поступающих на очистку сточных вод до величин, превышающих проектируемые для данных очистных сооружений. Меняется химический состав сточных вод: повышается концентрация отдельных поллютантов, а также появляются вещества, токсичные для микроорганизмов активного ила. Все это приводит к нарушению равновесия в экосистеме ила и далее к его вспуханию, при котором, как правило, 1–2 вида микроорганизмов вытесняют других обитателей. В результате обеднения видового состава значительно ухудшается качество очистки сточных вод [4-6].

Одной из главных причин нитчатого вспухания активного ила является действие токсикантов. В их присутствии нарушается система образования биополимерного геля клетками флокулообразующих бактерий, происходит диспергирование хлопьев. В этих условиях могут выживать бактерии, которые представляют собой скопления клеток в виде длинных нитей, окруженных трубчатым чехлом, состоящим из полисахарида и предохраняющим клетки от воздействия токсикантов. Способностью формировать длинные нити обладают бесцветные серные бактерии родов *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Leucothrix*. Они являются важным компонентом микробных ассоциаций очистных сооружений, т.к. способствуют освобождению сточных вод от сульфидных ионов. Однако их чрезмерное развитие вызывает нитчатое вспухание активного ила. Массовое развитие серобактерий наблюдается в активном иле аэротенков, работающих с высокими нагрузками по загрязнению, при недостатке кислорода в иловой смеси, при наличии в сточных водах токсичных веществ (медь, цинк и т.д.), при очистке сточных вод, содержащих восстановленные соединения серы [3].

В настоящее время нитчатое вспухание ила является наиболее распространенной проблемой биологической очистки сточных вод. Нитевидные образования создают рыхлые мелкие хлопья. Такой ил занимает большой объем, становится лёгким, плохо оседает, не уплотняется и в большом

количестве выносятся из вторичных отстойников, тем самым ухудшая эффективность работы очистных сооружений [1].

Описанная проблема часто возникает в процессе эксплуатации городских очистных сооружений Беларуси.

Целью работы явилось определение причин вспухания активного ила, характерного для очистных сооружений белорусских ЖКХ, и методов решения данной проблемы.

Отличительным признаком бесцветных сероокисляющих бактерий является их способность к литотрофному росту в присутствии восстановленных соединений серы, а также внутриклеточное запасание серных глобул в присутствии сульфида или тиосульфата. Для определения наличия серобактерий использовали жидкую среду следующего состава (г/л дистиллированной воды):  $\text{NaNO}_3$  – 0,62;  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – 0,125;  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  – 0,03;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 0,5;  $\text{KCl}$  – 0,125;  $\text{MgCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  – 0,05,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$  – 2,0;  $\text{NaHCO}_3$  – 1,0. Перед инокуляцией в 1 л среды добавляли в качестве стерильных растворов микроэлементы и витамины – 1 мл; рН среды доводили до значения 7,2–7,5. Образцы засеивали по 1 мл в стерильные пробирки с притертостью, заполненные наполовину средой с индикатором бромтимоловый синий. Культивировали пробирки при температуре 30°C. О развитии сероокисляющих бактерий судили по изменению цвета среды с голубого на желтый (за счет снижения рН) и образованию на поверхности белой пленки серы [2].

Инокуляция в селективные среды образцов активного ила, отобранных из аэротенков городских очистных сооружений ЖКХ, позволила выявить во всех образцах нитчатые бактерии, относящиеся к группе сероокисляющих бактерий. При их культивировании на 5-е сутки наблюдалось образование бело-желтой пленки серы и изменение цвета образцов с голубого на желтый (рис. 1, 2).

Микроскопирование образцов активного ила показало, что диаметр нитей преобладающего большинства нитчатых бактерий находился в пределах 1,5–2,5 мкм, длиной от 500 до 1000 мкм. Нити неподвижные, ветвление не выражено, форма нитей – прутьевидная (рис. 3). Различались отдельные клетки со сферическими гранулами серы. Окраска по Граму позволила отнести их к грамотрицательным бактериям. Численность нитей в 1 г абсолютно сухого ила достигала 5,2–7,8 тысяч нитей/г. Данный тип нитчатых относится к *Eikelboom type 021N* (ранее относились к *Thiothrix*, в настоящий момент выделены в отдельную группу *Eikelboom*).

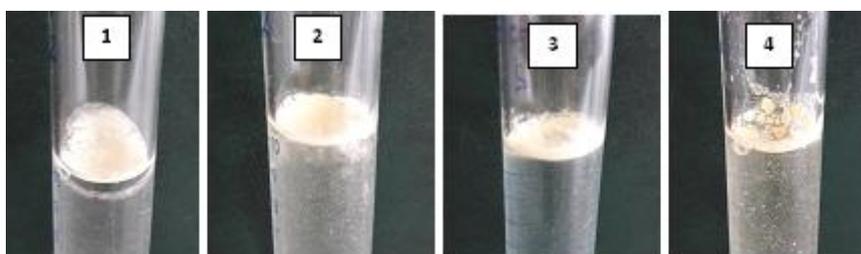
Отмечены так же единичные представители *Eikelboom type 0675*, представляющие собой прямые нити, для которых характерно сильное обрастание другими микроорганизмами (диаметр нитей 1,5–1,8 мкм, длина до 500 мкм). Данный тип не имеет особого значения с точки зрения влияния на работу очистных сооружений.

Установлено, что возбудителями «нитчатого вспухания» активного ила на исследуемых городских очистных сооружениях являются нитчатые серные

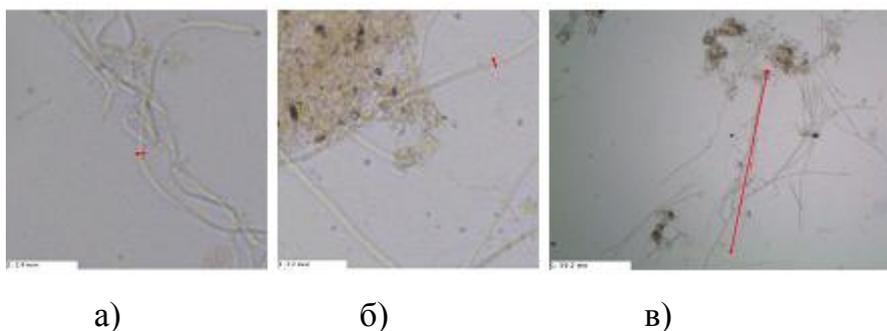
бактерии *Eikelboom type* 021N. Стоит отметить, что сероокисляющие бактерии являются постоянными обитателями очистных сооружений, загрязненных белком или другими серосодержащими продуктами.



**Рисунок 1** – Изменение цвета среды при культивировании образцов активного ила:  
а – до культивирования; б – через 5 суток.



**Рисунок 2** – Образование пленки серы при культивировании образцов



**Рисунок 3** – Вид нитчатых бактерий из образцов под микроскопом с увеличением:  
а, б –  $\times 20$ ; в –  $\times 5$

В качестве мер по устранению нитчатого вспухания может быть рекомендовано:

- снижение нагрузки на очистные сооружения по белкам и серосодержащим стокам;
- обработка активного ила химическими мутаногенами – лимонной и янтарной кислотами;

- биоинтенсификация очистки сточных вод с использованием специально селектированных и интродуцированных в активный ил микроорганизмов-деструкторов.

Как вариант борьбы с нитчатым вспуханием нами предложено внесение биоактиватора «Антойл+», основу которого составляют бактерии-деструкторы органических субстратов: белков, клетчатки и жиров. Данный вариант был апробирован на очистных сооружениях ЖКХ, на которые постоянно поступают стоки предприятий мясо-молочной промышленности. Через 2 недели после внесения биоактиватора в активном иле опытного аэротенка наблюдалось полное угнетение нитчатых микроорганизмов. Отмечено увеличение видового разнообразия биоценоза активного ила. Обнаружено большое количество прикрепленных и колониальных инфузорий. Степень очистки по ХПК в исследуемом аэротенке увеличилась на 15-20%. Кроме того, улучшилась осаждаемость иловой смеси, которая составила  $38 \text{ см}^3/100 \text{ см}^3$  в отличие от  $67-85 \text{ см}^3/100 \text{ см}^3$  в контрольных аэротенках.

Таким образом, использование микробных технологий позволяет достичь стабильности в работе системы биологической очистки, в том числе в условиях нитчатого вспухания, увеличить окислительную мощность активного ила и в дальнейшем эффективность работы очистных сооружений.

## Литература

1. Кирей, А Нитчатое вспухание активного ила городских очистных сооружений при различных режимах аэрации аэротенков / А. Кирей // Наука-2017 : сб. науч. ст. В 2 ч. Ч. 1 / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Г. М. Третьяков (гл. ред.) [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 2017. – С. 21–24.
2. Литоавтотрофный рост пресноводных нитчатых серобактерий *Beggiatoa leptomitiformis* штамм Д-402 / М.Ю. Грабович [и др.] // Вестник ВГУ. Серия химия, биология. – Воронеж, 2000. – С. 100–103.
3. Ручай, Н.С. Экологическая биотехнология: учеб.пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск: БГТУ, 2006. – 312 с.
4. Fourest, E. Occurrence and control of filamentous bulking in aerated wastewater treatment plants of the French paper industry / E. Fourest, D. Craperi, C. Deschamps–Rouper // Water Sci Technol., 2004. – Vol. 4. – № 50(3). – P. 29–37.
5. Jenkins, D. Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems / D. Jenkins, M. G. Richard, G. T. Daigger. – Lewis publishers, 2003. – 260 p.
6. Nemeth-Katona, J. The Environmental Significance of Bioindicators in Sewage Treatment / J. Nemeth-Katona // Acta Polytechnica Hungarica, 2008. – Vol. 5. – № 3. – P. 117–124.