

## ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ГИДРОБИОНТОВ В УСЛОВИЯХ ПОДАВЛЕНИЯ ВСПУХАНИЯ АКТИВНОГО ИЛА

*Усачева Л.Н.<sup>1</sup>, Усачева К.В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», г. Брест, РБ, [l.usachova@mail.ru](mailto:l.usachova@mail.ru)

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный университет», г. Минск, РБ

During the laboratory experiment on bulking suppression the dynamics of species diversity in activated sludge was discovered. Optimal conditions for increase in species quantity of investigated biocenosis from 5-7 to 13-14 were determined. Simultaneous replacement of indicator species was observed. In conditions of unit sewage load decrease and aeration increase the suppression of activated sludge bulking and biocenosis succession can be performed in 14 days' laboratory experiment.

### **Введение**

В настоящее время все большее внимание уделяется очистке сточных вод [1].

Особое значение имеет следующая за механической стадия биологической очистки. Она осуществляется с использованием специально культивированной для этих целей совокупности микроорганизмов под названием активный ил. Этот биоценоз уникален для отдельно взятых сооружений очистки и адаптирован к конкретному химическому составу поступающих сточных вод [2].

Несмотря на то, что организмы активного ила способны существовать в довольно широком диапазоне условий, в ряде случаев может произойти деградация биоценоза, что ведет к ухудшению качества очистки. Подобные изменения могут произойти по многим причинам: увеличение объема сточных вод, поступающих на очистку, изменение (часто скачкообразное) их химического состава, режима удельной нагрузки на ил, соотношения важнейших компонентов сточных вод, концентрации отдельных загрязняющих веществ, в том числе токсичных для микроорганизмов активного ила. Нередко подобные изменения приводят к сукцессии биоценоза ила в пользу более устойчивых при данных условиях видов и развитию так называемого процесса вспухания. При возникновении вспухания на смену флокулирующим бактериям чаще всего приходят нитчатые прокариоты. Такой тип вспухания называется нитчатым [3].

Нитчатое вспухание активного ила является актуальной проблемой для многих очистных сооружений, однако ее решение не может быть однозначным и нуждается в отработке методики в каждом конкретном случае [4].

В норме активный ил состоит на 90–95% по массе из особых флокулирующих бактерий. Они являются начальным звеном большинства цепей питания активного ила, расщепляют основную часть загрязнений, а также выполняют очень важную функцию хлопьеобразования. По количеству, размеру, форме и плотности хлопьев можно судить о численности флокулирующих бактерий, а также о степени развития биоценоза в целом. Как правило, в присутствии достаточного количества сформированных хлопьев в активном иле появляется большое раз-

нообразии питающихся ими эукариотических организмов. Так, например, существует множество видов, ведущих прикрепленный к хлопьям образ жизни. Как и в любой экосистеме, многие обитатели активного ила являются индикаторными и свидетельствуют об определенных нарушениях функционирования либо, напротив, удовлетворительном качестве очистки [5].

Целью работы являлось изучение динамики биоценоза вспухшего активного ила городских очистных сооружений в модельном эксперименте по подавлению процесса вспухания.

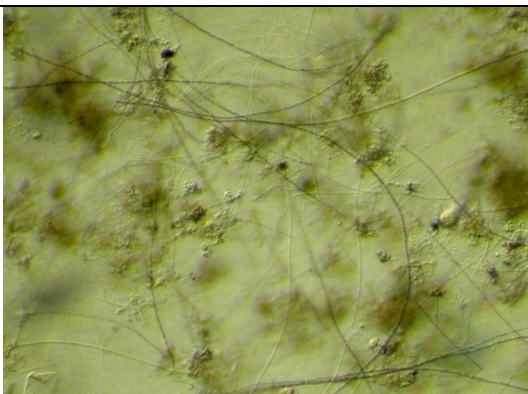
Изучение объектов проводили микроскопическим методом *ex tempore* [6].

### **Определение видового разнообразия гидробионтов**

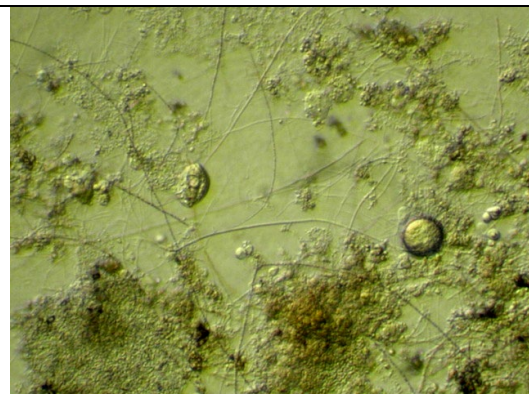
Анализ структуры хлопьев и видового разнообразия активного ила показал развитие процесса вспухания. Хлопья активного ила практически отсутствовали, были очень мелкими, прозрачными, причиной чего являлось значительное снижение численности флокулирующих бактерий. Инициаторами вспухания стали нитчатые бактерии, развившиеся в большом количестве и вытеснившие основные виды обитателей ила. Нитчатые формы были представлены 8 видами бактерий: *Thiothrix nivea*, *Eikelboom type 0961*, *type 1863*, *type 021N*, *type 1701*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Beggiatoa alba* и *Sphaerotilus natans*. Однако массовое развитие в данном биоценозе получили два вида – *Thiothrix nivea* и *Eikelboom type 0961* (рис. 1).

Эукариотические организмы насчитывали 4-6 видов в различных пробах активного ила. Все виды являлись индикаторами плохого качества очистки сточных вод. Были обнаружены бесцветные жгутиконосцы родов *Vodo* и *Oicomonas*, брюхоресничные инфузории *Aspidisca costata*, прикрепленные инфузории *Vorticella microstoma*, сосущие инфузории, раковинные амёбы *Pamphagus hyalinum*, а также круглые черви рода *Nematoda*, присутствующие в единичных экземплярах. Преобладание в биоценозе *Vodo sp.* и *V. microstoma* свидетельствует об ухудшении работы очистных сооружений, позволяет говорить о перегрузке органическими веществами при недостатке кислорода [2].

Микроскопический анализ выявил также деградацию хлопьев ила. Они были мелкими, прозрачными, диспергированными. В то же время, отмечалось большое количество покоящихся форм организмов. В исследуемом вспухшем активном иле присутствовало много яиц и цист, которые являлись показателем ухудшения условий обитания гидробионтов (рис. 2).



*Рисунок 1 – Развитие нитчатых бактерий в активном иле (100x)*



*Рисунок 2 – Хлопья ила и циста в начале проведения эксперимента (100x)*

Численность наиболее часто встречаемых в активном иле видов организмов была использована для подсчета параметра, описывающего разнообразие и распределение видов в биоценозе – индекса *Cuba*. Для исследуемого активного ила он составил 7,23. Целая часть модифицированного индекса *Cuba* отражает видовое богатство присутствующих организмов – как видно, для исследуемого биоценоза оно невелико. Однако особенно важной характеристикой является дробная часть модифицированного индекса *Cuba* ( $\{D_m\}$ ), которая показывает равномерность распределения численности организмов по всем видам [2]. Значение дробной части составило 0,23 и приближалось к критической отметке 0,2. Это позволило оценить биоценоз ила как разрушающийся, близкий к деградированному состоянию, в котором доминировали лишь два вида организмов – нитчатые бактерии *Thiothrix nivea* и *Eikelboom type 0961*, не обеспечивающие достаточный уровень очистки сточных вод.

Для восстановления биоценоза активного ила был проведен лабораторный эксперимент с использованием оригинальной опытной установки, в которой культивировали иловую смесь в условиях сниженной нагрузки сточными водами и повышенного содержания растворенного кислорода [7]. Изменения состояния активного ила регистрировались на 4, 6, 14, 17 и 25 сутки проведения опыта. В качестве контроля использовали возвратный активный ил, поступающий в аэротенки.

В результате микроскопического анализа было установлено, что в иловой смеси опытных сосудов начался процесс снижения численности нитчатых бактерий, вызвавших вспухание ила: серобактерий *Thiothrix* стало меньше в 2,8...11,6 раза по сравнению с начальным этапом исследования; бактерий типа 0961 – в 8,4...16,3 раза. На 4 сутки проведения опыта исчезли все малочисленные виды нитчатых прокариот, после 6 суток культивирования филаменты *Eikelboom type 0961* были полностью вытеснены из биоценоза, а численность *Thiothrix nivea* снизилась с 5000...11000 до 70...150 нитей в 1 г абсолютно сухого илового осадка. В таком количестве эти бактерии опасности не представляют.

В течение всего периода испытаний в исследуемой иловой смеси происходило повышение численности флокулирующих бактерий и, как следствие, формирование и уплотнение иловых хлопьев. Они приобрели нормальную структуру к 14 суткам опыта. Хлопья имели размеры в среднем от 40 до 120 мкм, были достаточно плотными и хорошо сформированными. Такие хлопья уже способны удерживать колониальные формы гидробионтов.

Благодаря восстановлению начального звена пищевых цепей произошло довольно быстрое повышение численности и разнообразия эукариотических организмов. Об улучшении условий их существования можно было судить в первые же сутки проведения эксперимента по уменьшению количества покоящихся форм, за чем последовало стремительное развитие видового состава биоценоза. Уже на 4 сутки в разных модельных сосудах насчитывалось 10–12 видов гидробионтов. После двухнедельного культивирования видовое разнообразие достигло 14.

В режиме повышенной аэрации заметно снизилось по сравнению с начальным уровнем количество бесцветных жгутиконосцев – в 2,5...5,4 раза. Вместе с тем, появились *Vorticella convalaria*, *Epistylis plicatilis*, *Opercularia coarctata*, *Zoogloea ramigera*, коловратки родов *Notommata*, *Rotaria*, *Lecane*. К концу опыта были отмечены свободноплавающие формы *Paramecium caudatum*, раковинные амёбы *Arcella vulgaris*, а также малощетинковые черви *Aelosoma* (рис. 3).



Интересно отметить, что в каждом из опытных сосудов, в зависимости от созданных условий, формировался свой биоценоз, несмотря на использование общей исходной смеси активного ила.

Дробная часть индекса Сива для экспериментальной иловой смеси превысила 0,6, что свидетельствовало о стабилизации распределения численности изучаемого биоценоза по видам и его адаптации к химическому составу очищаемых сточных вод.

За время проведения эксперимента видовое разнообразие контрольного активного ила не изменилось, в частности, преобладающими организмами остались нитчатые бактерии, а дробная часть индекса Сива по-прежнему имела значения, близкие к критическому.

Таким образом, в результате проведенного эксперимента показана положительная динамика видового состава гидробионтов активного ила с 4-6 до 13-14 видов. Произошла смена качественного состава микроорганизмов при одновременном увеличении их численности. В условиях снижения удельной нагрузки сточных вод и повышения аэрации процесс подавления вспухания активного ила и смена биоценоза в лабораторных условиях может произойти в течение 14 суток.

### Список использованных источников

1. Яромский, В.Н. Очистка сточных вод пищевых и перерабатывающих предприятий / В.Н. Яромский. – Минск: Издательский центр БГУ, 2009. – 171 с.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Jenkins, D. Manual on Cases and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming / D. Jenkins, M. Richard, G. Daigger. – Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1993. – 2nd ed. – 191 с.
4. Шевченко, В.С. Опыт борьбы с вспуханием активного ила / В.С. Шевченко, А.П. Шевченко // Водоснабжение и санитарная техника, 2005. – № 2, Ч. 2. – С. 24–29.
5. Фауна аэротенков (Атлас) / Под ред. Л.А. Кутиковой. – Л.: Наука, 1984. – 264 с.
6. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02-84. – Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.
7. Usachova, K. The development and manufacturing application of the methods of activated sludge quality regeneration / K. Usachova // The Material of 16 International Environmental Project Olympiad, Turkey, Istanbul, 1–4 June 2008 г. – Istanbul, 2008. – P. 55.