

ВОССТАНОВЛЕНИЕ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА В УСЛОВИЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ФЕНОЛА И ФОРМАЛЬДЕГИДА

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

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

Проблема очистки сточных вод от фенола и формальдегида является в настоящее время особенно актуальной для Республики Беларусь. На предприятиях деревообрабатывающей промышленности, занимающихся синтезом карбамидо-формальдегидных смол, и производством на их основе древесно-стружечных плит, ежегодно образуется значительное количество сточных вод, загрязненных фенолом и формальдегидом, концентрации которых значительно превышают установленные по ним ПДК. Помимо этого фенол и формальдегид являются компонентами выбросов таких предприятий, как ТЭЦ, целлюлозно-бумажных комбинатов, предприятий нефтехимического и химического синтеза, птицеводства, мясоперерабатывающего комплекса. Высокие концентрации токсикантов, попадая на биологические очистные сооружения, нередко приводят к сукцессии биоценоза активного ила, а также к его вспуханию.

Целью работы явилась оценка возможности восстановления с помощью интродуцированных микробных препаратов биоценоза активного ила биологических очистных сооружений при очистке сточных вод, осложненных высоким содержанием фенола и формальдегида.

В качестве объекта исследования использован активный ил целлюлозно-бумажного производства, стоки которого характеризовались высокими концентрациями фенола и формальдегида.

По совокупности всех изученных физико-химических, микробиологических и гидробиологических параметров, исследуемый активный ил очистных сооружений был оценен как деградированный, вспухший, находящийся в кризисном состоянии. Хлопья активного ила были плохо сформированы. Биоценоз характеризовался низким видовым разнообразием и оценивался как чрезвычайно бедный. Обнаружены лишь свободноплавающие инфузории и единичные раковинные амёбы. Доминировали в большом количестве нитчатые микроорганизмы.

Опытные партии микробных препаратов вносили поэтапно. На 1-м этапе в аэротенк очистных сооружений вносили биопрепарат ЦБО-интенс с титром жизнеспособных клеток $1,4 \times 10^{10}$ КОЕ/мл с интервалом 4 недели. Дозы внесения составили:

1-е внесение – 0,12 л/м³;

2-е внесение – 0,3 л/м³.

Анализ эффективности биологической очистки сточных вод проводили еженедельно. В качестве нормируемых показателей при контроле параметров очистки с помощью микробного препарата ЦБО-интенс использовали значения ХПК, концентрацию фенола и формальдегида. При этом особое внимание уделялось гидробиологическому исследованию активного ила, его составу и структуре.

Гидробиологический анализ активного ила показал, что внесение препарата ЦБО-интенс не вызывало вспухания активного ила и оказывало положительное влияние на его биоценоз. Адаптация культур, входящих в состав препарата ЦБО-интенс, происходила быстро, что подтверждалось увеличением количества интродуцированных микроорганизмов в составе активного ила с $1,4 \times 10^4$ до $2,3 \times 10^6$ КОЕ/мл. Значительно снизилась концентрация нитчатых микроорганизмов, в биоценозе активного ила отмечалось достаточное количество свободноплавающих инфузорий и раковинных амёб и коловраток. Улучшились седиментационные свойства ила.

Далее для восстановления биоценоза активного ила и его окислительной способности были внесены в комплексе препараты ЦБО-интенс, ФеноФорм и Деаммон с интервалом в 4 недели. Препараты вносили соответственно схеме:

1-е внесение – 0,11 л/м³;

2-е внесение – 0,05 л/м³.

После 1-го комплексного внесения препаратов микроскопическое исследование активного ила показало, что он характеризовался средним разнообразием по видовому составу при небольшом количественном преобладании 3-4 видов. Отмечено большое количество гидробионтов *Zoogloea*, *Rotatoria*, *Lecane*, *Aspidisca*. Все организмы были достаточно подвижны и в оживленном состоянии. Плотный компактный хлопок ила с быстрым оседанием в виде крупных тяжелых хлопьев. Вода над илом прозрачная. Отмечалось достаточное количество представителей класса *Aspidisca*, которые наиболее распространены в активном иле нормально работающих аэротенков.

Был отмечен активный процесс формирования хлопков, так как в активном иле преобладали свободноплавающие инфузории, а также брюхоресничные рода *Aspidisca*, использующие поверхность хлопков в качестве опоры для передвижения. Наличие единичных прикрепленных кругоресничных инфузорий говорило, что процесс формирования хлопков еще не завершен. О колебаниях нагрузки на активный ил по органическим веществам свидетельствовали морфологические и физиологические изменения у прикрепленных инфузорий, так как их форма изменялась с вытянутой до бочкообразной и округлой, а также возрастало число пищеварительных вакуолей. Кроме того о поступлении токсичных веществ говорило отрывание зооид от стеблей и закрытие ресничного диска.

По сравнению с активным илом из образцов, представленных до внесения биопрепаратов, отмечалось полное угнетение нитчатых микроорганизмов (рис. 1).

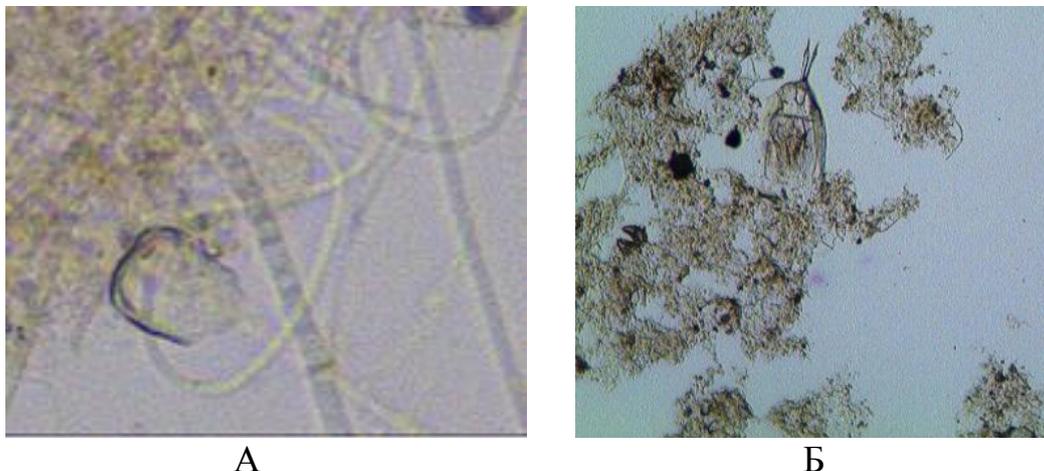


Рисунок 1 – А – исходный активный ил; Б – ил после внесения биопрепаратов

После 2-го внесения биопрепаратов микроскопическое исследование активного ила биологических очистных сооружений показало доминирование 5-7 видов. Отмечено достаточное количество *Zoogloea*, *Vorticella*, *Opercularia*, *Brachionus*, *Rotatoria*, *Lecane*, *Aspidisca*. Все организмы находились в оживленном состоянии. Ил представлял собой быстро оседающие компактные хлопья. Наиболее доминирующий вид – *Opercularia*.

Саркодовые практически отсутствовали. Отмечено достаточное количество мелких жгутиконосцев. Ресничные инфузории были представлены в широком диапазоне: одиночными прикрепленными сувойками *Vorticella*, свободноплавающими *Oxytricha*, а также колониальными прикрепленными родов *Opercularia*. Отмечены единичные сосущие инфузории *Tokophry*, а также одиночные прикрепленные сувойки *Vorticella microstoma*, являющиеся типичными представителями для активного ила с большой нагрузкой. Среди инфузорий преобладали прикрепленные формы, функцией которых является снижение мутности воды и завершение процесса очистки. Их значительное количество в исследуемом активном иле связано с завершением процесса развития и формирования хлопьев. Кроме того, инфузории рода *Opercularia* считаются постоянными обитателями «хорошего» созревшего ила. Также отмечалось достаточное количество представителей класса *Polyhymenophora*, и в частности *Aspidisca costata*, которые являются характерными представителями активного ила нормально функционирующих аэротенков.

Активный ил очистных сооружений характеризовался хорошим видовым разнообразием с высокой степенью окисления органических веществ, что говорит о перспективности использования метода интродукции микробных

препаратов для восстановления видового разнообразия биоценоза активного ила.

Интродуцированные микроорганизмы позволили достичь стабильности в работе системы биологической очистки, в том числе при шоковых нагрузках и высоких концентрациях таких токсикантов, как формальдегид и фенол, увеличить окислительную мощность активного ила и в дальнейшем эффективность работы очистных сооружений в целом. Эффективность очистки по фенолу после интродукции в активный ил препаратов составила 90-99%, по формальдегиду – 63-96% в зависимости от концентраций токсикантов, поступающих на очистные сооружения. Препараты оказывают не только положительное влияние на биоценоз активного ила, увеличивая его окислительную мощность, но также могут использоваться и в качестве агента восстановления разнообразия активного ила и средства для борьбы с нитчатым вздутием.