

Р. М. Маркевич, доцент; И. А. Гребенчикова, ст. преподаватель;
Е. А. Флюрик, мл. науч. сотрудник; О. В. Трифонов, вед. науч. сотрудник (БГУ)

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ГИДРОБИОНТОВ В АЭРОТЕНКАХ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Biotic community composition of treatment plant aerotanks functioning under displacement conditions with full and partial recovery of excess active sludge, with and without active sludge regeneration; aeropacks; biounits containing aerobic and anaerobic areas, has been studied. Differences in flock structure, species composition and proportion of main indicative groups of active sludge organisms have been revealed. More than 70 species have been identified. Electronic database «Active sludge» has been created.

Введение. В настоящее время обработку сточных вод на очистных сооружениях городов Республики Беларусь производят в основном по классической технологии, включающей механическую очистку на решетках, в песколовках и первичных отстойниках, биохимическую обработку в аэротенках с последующим вторичным отстаиванием. В ряде случаев предусмотрена доочистка воды различными методами. Основным сооружением, определяющим глубину изъятия из загрязненного стока органических и неорганических загрязнений, является аэротенк. В зависимости от условий его функционирования (состава стока, рН сточной воды, времени аэрации, концентрации растворенного кислорода в воде и др.) в аэротенках развивается специфический, характерный только для определенной очистной станции, биоценоз активного ила. Развитие биоценоза происходит последовательно через ряд промежуточных стадий, отличающихся качественным и количественным составом представителей различных групп организмов [1]. На начальном этапе отмечается бурное развитие бактерий, которые извлекают из воды растворенные в ней соединения. Далее появляются в массовом количестве питающиеся бактериями и детритом мелкие бесцветные жгутиковые, мелкие голые и раковинные амёбы. На следующем этапе развиваются крупные раковинные амёбы, свободноплавающие инфузории. О формировании достаточно прочного хлопка активного ила свидетельствует появление брюхожесничных инфузорий. Наличие в активном иле прикрепленных инфузорий-фильтраторов, а также таких многоклеточных организмов, как коловратки, черви, тихоходки, – признак хорошо сформированного, качественно работающего активного ила, включающего представителей различных трофических уровней, что обеспечивает требуемое качество очистки воды.

Оценку состояния активного ила на очистных станциях проводят в основном по внешнему виду хлопка. Учитывают его форму, размер, структуру, наличие посторонних включений. Изменение характеристик хлопка часто свидетельствует о серьезных нарушениях условий эксплуатации аэротенков, вызванных перегруз-

кой по органическим веществам, изменениями состава и концентрации поступающего стока, присутствием токсичных веществ. Как правило, ухудшение показателей хлопка наступает через значительное время после негативного воздействия на биосистему, и требуется немало усилий, чтобы устранить сбои в работе этих инертных, имеющих большой объем сооружений.

В то же время можно достаточно легко и быстро выявить нарушения процесса очистки, оценивая количественный и качественный состав биоценоза гидробионтов. На разрушение хлопка требуется время, гидробионты же практически сразу реагируют на малейшие изменения состояния окружающей их среды морфологическими, физиологическими, поведенческими перестройками, легко заметными при микроскопировании. Таким образом, при наличии достаточного опыта гидробиологи очистных сооружений могут значительно улучшить качество их работы, а в ряде случаев даже предотвратить катастрофические последствия нарушения условий эксплуатации. Однако в настоящее время этому виду анализа уделяют мало внимания, и среди причин можно назвать недостаточное материально-техническое обеспечение лабораторий, а также практически полное отсутствие литературы по гидробиологическому анализу.

Основная часть. Целью настоящей работы являлось установление особенностей биоценозов активного ила в зависимости от условий работы аэротенков.

Объектом исследования служила иловая смесь аэротенков очистных сооружений четырнадцати городов Республики Беларусь.

Работу проводили с июля по ноябрь 2008 г.

Для исследования микрофауны активного ила использовали метод «живой» капли под покровным стеклом [2]. Микроскопировали взболтанную пробу. Структуру и размер хлопка определяли при увеличении микроскопа 10×10 , отмечали также его однородность и засоренность посторонними включениями.

Определяли абсолютное количество организмов в единице объема иловой смеси. Такой подсчет является более точным по сравнению с учетом частоты встречаемости организмов-индикато-

ров по балльной системе, когда оценивается относительная численность организмов.

При подсчете пользовались методом «откалиброванной» капли. При помощи автоматической пипетки-дозатора отбирали точно отмеренное ($0,025 \text{ см}^3$) количество тщательно перемешанной иловой смеси и наносили на предметное стекло. При большом количестве организмов в смеси для более точного счета суспензию активного ила разводили отстоявшейся водопроводной водой в соотношении 1 : 1. Каплю накрывали покровным стеклом размером $18 \times 18 \text{ мм}$, препарат закрепляли в препаратодателе. Подсчет производили с использованием микроскопа «Биологический». Просматривали 1–3 препарата. Крупные гидробионты наблюдали при увеличении 10×10 . Учитывали все встречающиеся организмы, последовательно просматривая весь препарат полностью (все поля зрения) начиная от левого верхнего угла покровного стекла, осторожно перемещая сверху вниз до конца, затем на одно поле зрения вправо и снизу вверх. При просмотре препарата следили, чтобы ни одно поле зрения не было пропущено. Более мелкие организмы, локализованные в пределах хлопков активного ила и трудно различимые при малом увеличении, подсчитывали при увеличении 40×10 не менее чем в 45 полях зрения.

Рассчитывали количество организмов в 1 мл иловой смеси. Находили также суммарное количество организмов, принадлежащих к основным индикаторным группам.

При микроскопировании отмечали состояние организмов (подвижность ресничек, деформацию организмов, особенности поведения, окраску, наличие пищевых вакуолей, образование колоний и агрегатов, фазы размножения).

Для уточнения особенностей организмов активного ила производили определение их размеров с помощью окуляр-микрометра по масштабной линейке объект-микрометра.

Идентификацию организмов осуществляли по морфологическим признакам в соответствии с [3–6].

В составе биоценозов аэротенков очистных сооружений разных городов республики были обнаружены представители всех известных индикаторных групп. В результате проведенных исследований удалось идентифицировать до вида около 70 представителей сообщества активного ила, в том числе 5 видов раковинных и 3 вида голых амёб, около 30 видов кругоресничных, свободноплавающих, брюхоресничных и сосущих инфузорий, 18 видов жгутиковых, 13 видов коловраток и несколько видов нематод.

Наибольшим разнообразием видов (более 30) характеризуется активный ил очистных сооружений крупных городов. В сообществе обычно присутствует около 50% крупных раковинных

амёб, довольно большую часть составляют брюхоресничные и кругоресничные инфузории, а наличие сосущих инфузорий, коловраток и нематод свидетельствует о высоком уровне развития биоценоза (рис. 1).



Рис. 1. Соотношение основных индикаторных групп организмов в составе активного ила аэротенка-вытеснителя без регенератора (характерно для очистных сооружений крупного города)

Некоторые очистные сооружения работают без удаления из системы избыточного активного ила. Установлено, что в случае возврата всего активного ила в аэротенк количество раковинных амёб в биоценозе достигает 85–95% независимо от наличия регенерации ила (рис. 2).

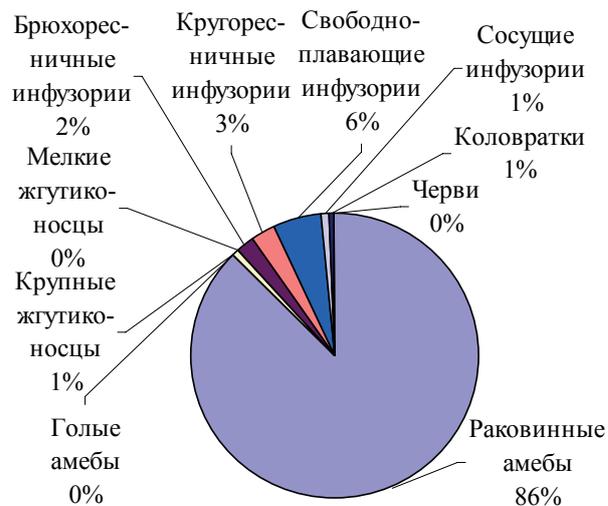


Рис. 2. Соотношение основных индикаторных групп организмов в составе активного ила аэротенка, работающего с полным возвратом ила

В ряде случаев при возврате в аэротенк всего ила наблюдается явление, называемое гелевым вспуханием (рис. 3). Гелевое вспухание характеризуется выделением бактериями активного ила чрезмерного количества внеклеточного биополимера (геля) при нарушении нормального механизма окисления органических веществ. Результатом этого процесса является ухудшение отстаивания суспензии ила во вторичных отстойниках и, как следствие, повышенный вынос активного ила с очищенной водой.

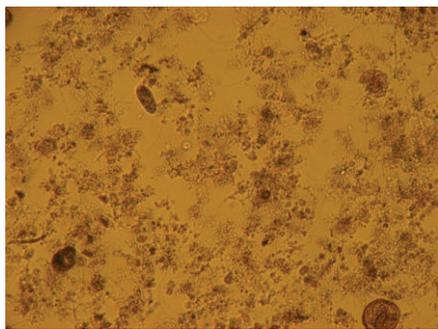


Рис. 3. Гелевое вспухание в аэротенке, работающем с полным возвратом активного ила

Интересная особенность обнаружена при совмещении в одном сооружении аэротенка и вторичного отстойника: в этом случае преобладающими организмами биоценоза являются прикрепленные инфузории (рис. 4).

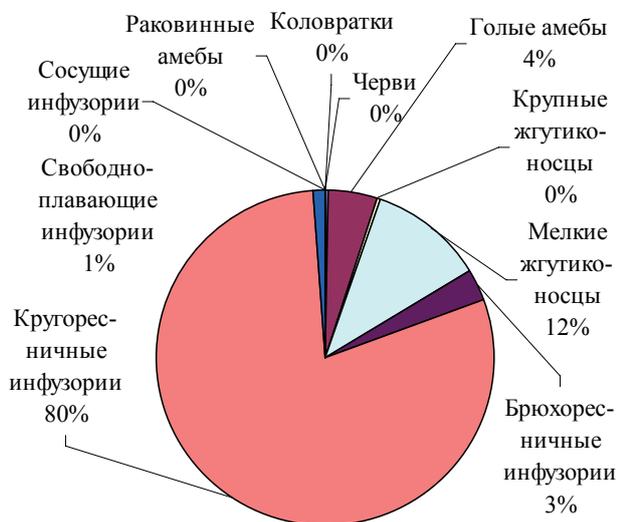


Рис. 4. Соотношение основных индикаторных групп организмов в составе активного ила аэротенка-отстойника

Наблюдаются некоторые различия в структуре сообщества гидробионтов, развивающегося на сточной воде одного состава в условиях обычного аэротенка-вытеснителя и в случае обработки воды в биоблоках, которые включают зоны аэрации и неаэрируемые зоны стабилизации ила (рис. 5).

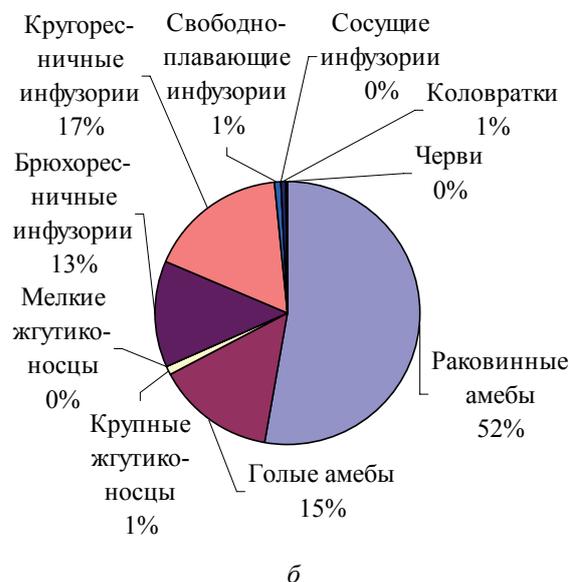
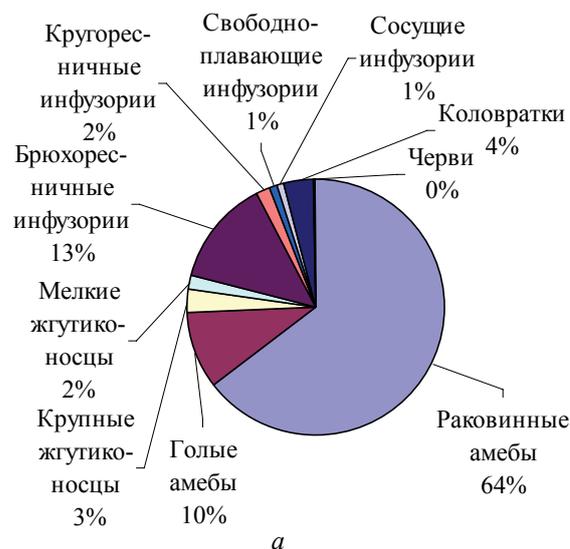


Рис. 5. Соотношение основных индикаторных групп организмов в составе активного ила аэротенка-вытеснителя с регенератором (а) и биоблока (б)

Как правило, чередование аэробных и анаэробных зон в одном сооружении приводит к формированию более плотного, компактного, хорошо структурированного хлопка активного ила (рис. 6).

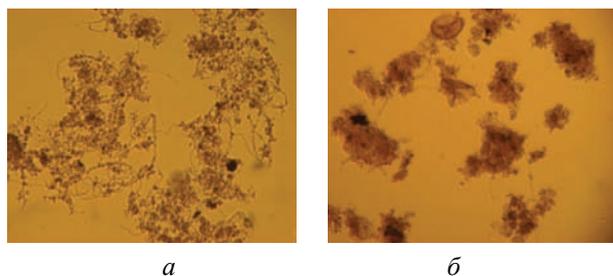


Рис. 6. Структура хлопка активного ила: а – в аэротенке-вытеснителя с регенератором; б – в сооружениях с чередованием аэробных и анаэробных зон

Большой проблемой очистных сооружений небольших городов является нитчатое вспухание активного ила (рис. 7, *а*), а также формирование хлопка с рыхлой, «прозрачной» структурой даже в случаях отсутствия нитчатого вспухания (рис. 7, *б*). Этому способствует низкопродуктивное гелеобразование, разрыв и дефлокуляция хлопьев при плохом перемешивании иловой смеси, при внезапном неблагоприятном воздействии (поступление токсичных веществ, резкие изменения рН и др.) [1]. По-видимому, эти явления в большинстве случаев связаны с присутствием в поступающем на очистные станции малых городов потоке значительной доли производственных сточных вод.

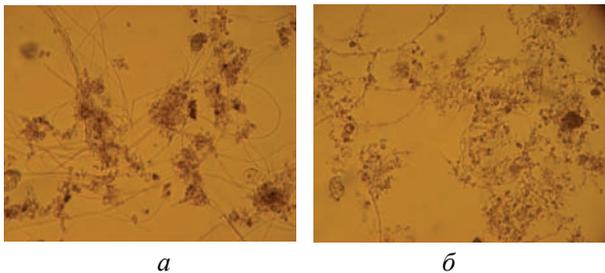


Рис. 7. Характерная структура хлопка активного ила малых очистных сооружений:

а – нитчатое вспухание; *б* – рыхлый хлопок

Разрушение хлопка активного ила с последующим формированием новой его структуры часто происходит также при переходе очистных сооружений на другой режим работы (изменение состава, увеличение концентрации стока и т. д.).

Заключение. Исследование биоценозов активного ила очистных сооружений показало значительные различия в количественном и качественном составе сообществ, которые формируются при очистке сточных вод в условиях аэрации в сооружениях, функционирующих без возврата активного ила, с его полным либо частичным возвратом; с регенерацией и без регенерации ила; работающих в режиме чередования аэрируемых и неаэрируемых зон. При удовлетворительном уровне очистки сточных вод и хорошем оседании активного ила во вторичных отстойниках состав биоценоза, если он достаточно устойчив, можно признать характерным для данных очистных сооружений. Постоянное наблюдение за развитием сообщества гидробионтов позволяет выявлять отклонения численности и соотношения организмов основных индикаторных групп от типичных для рас-

сматриваемой станции. При наличии таких отклонений, особенно в случаях возврата биоценоза к более ранним стадиям развития, требуется оперативное выявление и устранение причин, вызвавших эти изменения.

В результате проделанной работы обнаружено и идентифицировано около 70 видов гидробионтов активного ила. Полученные фото- и видеоматериалы использованы для создания электронной базы данных «Активный ил», которая включает также заимствованный из литературных источников [3–6] иллюстративный материал и описание характерных признаков представителей активного ила, принадлежащих к различным индикаторным группам, что позволит значительно облегчить идентификацию организмов. База данных содержит также информацию о связи уровня развития биоценоза с основными показателями функционирования аэротенков, о типичных нарушениях работы этих сооружений, их возможных причинах и мероприятиях по устранению. Применение созданного электронного ресурса на практике расширит возможности управления процессом очистки сточных вод на городских очистных сооружениях.

Литература

1. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Методы санитарно-биологического контроля. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками: ПНД Ф СБ 14.1.77-96. – Введ. 03.03.96. – М.: ООО «Акварос», 1996. – 60 с.
3. Фауна аэротенков: атлас / А. А. Айсаев [и др.]; отв. ред. Л. А. Кутикова. – Л.: Наука: Ленинград. отделение, 1984. – 264 с.
4. Кутикова, Л. А. Коловратки фауны СССР / Л. А. Кутикова. – Л.: Наука, 1970. – 744 с.
5. Ветрова, З. И. Бесцветные эвгленовые водоросли Украины / З. И. Ветрова. – Киев: Наукова думка, 1980. – 184 с.
6. Fossner, W. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in river, lakes, and waste waters, with notes on their ecology / W. Fossner, G. Berger // Freshwater biology. – 1996. – Vol. 35, № 2. – P. 375–482.