

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРИГОДОВОГО ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГИДРОБИОНТОВ В АЭРОТЕНКАХ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

© 2012 г. А.М. Дрегуло

*Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
Санкт-Петербург*

Ключевые слова: активный ил, гидробионты, очистка сточных вод, общий фосфор, общий азот, ХПК, тяжелые металлы, биополимерный гель активного ила.



Исследован состав классов микроорганизмов активного ила в годовом режиме работы биологических сооружений. Показано влияние концентраций тяжелых металлов на состав гидробионтов.

Введение

Активный ил в сравнении с природными биоценозами в значительно большей степени подвержен антропогенному воздействию, нежели влиянию внутреннего развития. Постоянно меняющиеся условия среды, окружающей активный ил, создают предпосылки для адаптации как в сторону усложнения, так и в сторону упрощения сообщества. Знание процессов сукцессии в активном иле позволяет оперативно выявлять воздействующие факторы, прогнозировать изменения в процессе очистки сточных вод и, следовательно, управлять этим процессом.

В биоценозах активного ила присутствуют представители шести отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, синезеленые, эвгленовые микроводоросли) и девяти таксономических групп микрофауны (жгутиконосцы, саркодовые, инфузории, первичнополостные и вторично-

полостные черви, брюхохоресничные черви, коловратки, тихоходки, паукообразные) [1, 2].

Для правильной характеристики биоценоза активного ила необходимо охарактеризовать как состояние бактериальных популяций, основных деструкторов загрязнений, так и простейших, составляющих приблизительно 5–10 % от общей биомассы и осуществляющих активное поедание диспергированных бактерий [3].

Исследования последних трех десятилетий показали, что в некоторых системах очистки животные играют в разложении органического вещества более важную роль, чем бактерии и грибы. Поэтому более корректно рассматривать разложение микроорганизмами загрязняющих веществ в сточной воде как процесс, в котором участвует вся биота в целом. При микроскопировании свежих проб активного ила можно различить колониальные скопления бактерий, клеток дрожжей, гифов грибов, водорослей.

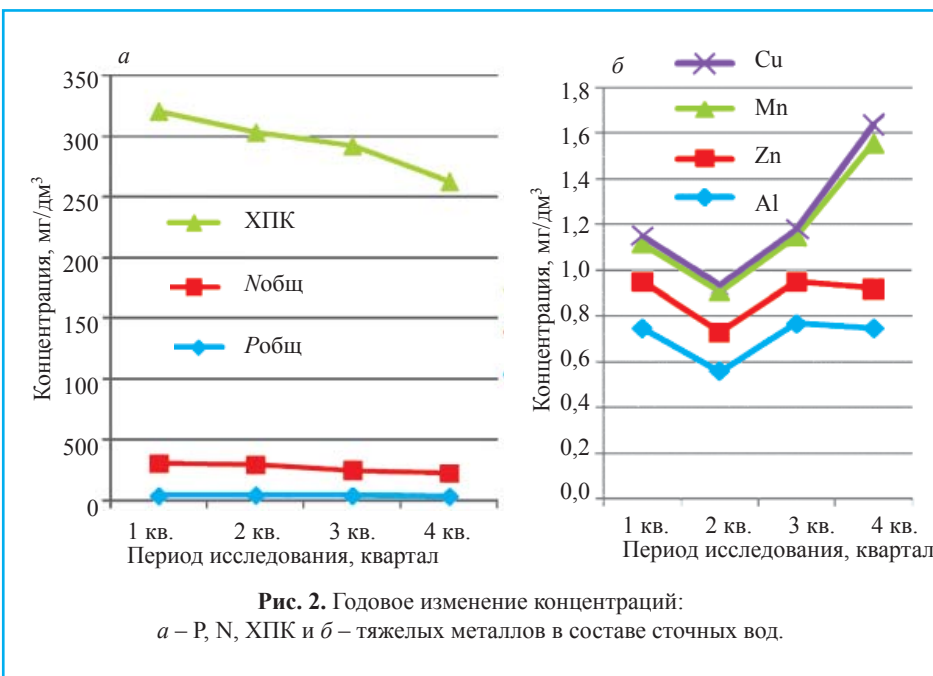
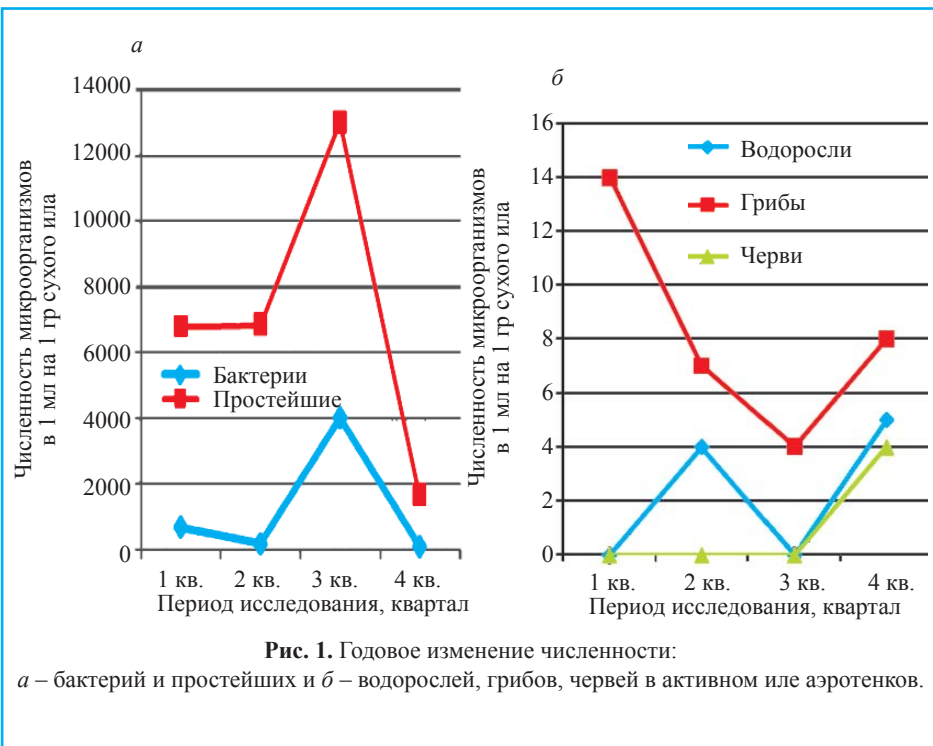
Условия существования формируют способность активного ила к флокуляции. Структура и биологические свойства хлопьев ила определяют эффективность и качество биологической очистки [3].

Исследования и результаты

Для исследования состава гидробионтов были использованы пробы ила, которые отбирались на выходе с аэротенка на одной из аэрационных станций Санкт-Петербурга. Пробу переливали в широкогорлую склянку, заполняя ее наполовину, не закрывая пробкой. Далее пробу немедленно переносили в лабораторию и приступали к анализу через 20 мин с момента отбора [4]. Параллельно с анализом активного ила проводили исследования изменений концентраций ХПК, определявшиеся по ГОСТ Р 52708-2007, общего фосфора ПНД Ф 14.1;4.248-07, общего азота ГОСТ 29302-92, тяжелых металлов РД 52.18.2 8 6-91.

При гидробиологическом исследовании активного ила (рис. 1) были выделены следующие виды микроорганизмов (преобладающие перед остальным видовым составом в исследуемых образцах активного ила) *Zoogloea ramigera*, *Zoogloea uva*, *Arcella vulgaris*, *Arcella hemisphaerica*, *Euglyphis laevis*, *Pamphagus hyalinum*, *Chilodonella cucullus*, *Aspidisca*. Бактерии отличаются чрезвычайно лабильным обменом, поэтому они в большей степени, чем другие микроорганизмы, способны приспосабливаться к неблагоприятным окружающим условиям.

При поступлении на очистные сооружения сточных вод, содержащих органические вещества соли тяжелых металлов (рис. 2), бактерии более устойчивы к действию ядовитых веществ, но и легче других живых организмов адаптируются к изменяющимся условиям новых источ-



ников питания (см. рис. 1а). Наличие высокой численности бактерий и простейших в активном иле аэротенка говорит об удовлетворительной очистке сточных вод, при этом динамика изменения концентраций P, N и ХПК за год работы очистных сооружений (см. рис. 2а) и численность гидробионтов не представляет очевидную зависимость. Из рис. 1 и 2 видно что, повышение концентрации тяжелых металлов и увеличение состава численности бактерий и простейших в 3 квартале, говорит об адаптации этих гидробионтов к токсической нагрузке. Далее при повышении концентрации тяжелых металлов в стоках в 4 квартале, численность бактерий и простейших резко снижалась, что говорит о возможности «токсического шока» вследствие сорбции тяжелых металлов поверхностью клеток этих микроорганизмов в концентрациях выше предела толерантности.

Клетки гетеротрофных бактерий активного ила при контакте с загрязняющими веществами сточных вод выделяют вязкий коллоидный раствор – гель. Объем выделяемого геля распределяется вокруг клеток и хлопьев активного ила, защищая их от неблагоприятного воздействия сточных вод, участвуя в процессе флокуляции (слипания) хлопьев между собой, и играет доминирующую роль в обеспечении сорбции загрязняющих веществ и их трансформации внутрь микробных клеток. Биополимерный гель активного ила имеет высокую молекулярную массу (более 10 000 а.е.м.). По своему химическому составу он чаще всего представлен аминокислотами и полисахаридами, включает экзополисахариды, липополисахариды, гликопротеины и протеогликаны, аналогичные веществу клеточной стенки, гликокаликса и капсул бактерий [5]. В состав биополимерного геля кроме гликопротеинов входят также экзоферменты клеток ила, полипептиды, клетчатка и др.

К полисахаридпродуцирующим бактериям активного ила относятся роды *Zoogloea*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Micrococcus*, *Paracoccus* [6]. Данные виды микроорганизмов были обнаружены в ходе исследования численностью, превосходящую остальную биоту. Секретция в окружающую среду биополимерного геля осуществляется после предварительного внутреннего синтеза полимеров. Участие полимеров в хлопьеобразовании было показано на бактериях *Zoogloea ramigera* [7]. Было отмечено, что биофлокуляция у бактерий связана с внутриклеточным накоплением поли-бета-гидроксимасляной кислоты.

Накопление внеклеточных биополимеров защищает организмы от неблагоприятного воздействия загрязняющих веществ и выедания представителями следующего трофического звена; сохраняет массу ила в системе, способствуя его отделению от очищенной воды во вторичных отстойниках; интенсифицирует процесс сорбции загрязняющих веществ активным илом на первых стадиях очистки.

Сравнивая полученные результаты с результатами [4] о составе гидробионтов активного ила на различных очистных сооружениях можно сделать вывод, что видовое разнообразие гидробионтов активного ила различных станций аэрации весьма различно друг от друга, и процесс очистки сточных вод не всегда может определяться наличием тех или иных гидробионтов в микрофлоре аэротенков, а по сути является хемосорбцией и биосорбцией поллютантов поверхностью полисахаридного геля активного ила [8], что согласно с [9].

Выводы

Изменения в структуре биоценоза происходят в соответствии с гетеротрофной сукцессией – последовательной замены одного биоценоза на другой, возникающей в пределах одного биотопа под влиянием процессов внутреннего развития сообщества и в результате изменений окружающей среды.

При взаимодействии неблагоприятных факторов чувствительные к ним виды исчезают, а их ниши заполняются устойчивыми видами.

При повышении концентрации тяжелых металлов в стоках, численность бактерий и простейших резко снижалась, что говорит о возможности «токсического шока» вследствие сорбции тяжелых металлов поверхностью клеток этих микроорганизмов в концентрациях выше предела толерантности. Исследование состава гидробионтов различных очистных сооружений дает возможность предположить, что в очистке сточных вод от тяжелых металлов важную роль играет биополимерный гель, активно вырабатываемый клетками бактерий, а не как таковой состав микроорганизмов, не участвующих в формировании биопленки.

Видовое разнообразие активного ила, является наглядным показателем качества протекающего процесса очистки, однако нельзя точно характеризовать всю необходимую биоту с целью максимально эффективного процесса очистки.

Поэтому необходимы исследования важнейших групп микроорганизмов, отвечающих за гелеобразование хлопьев активного ила, а также изыскания средств воздействия на биополимерный гель с целью интенсификации очистки сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Жмур Н.С.* Управление процессом и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Луч, 1997. 169 с.
2. *Малышев А.В., Костин В.И.* Влияние осадков сточных вод как удобрений на биологическую активность почвы // Оптимизация применения удобрений и обработ-

- ки почвы в условиях лесостепи Поволжья: монография. Ульяновск: Дельта, 1995. С. 21–26.
3. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Акварос, 2003. 512 с.
 4. ПНД Ф СБ 14.1.77-96. Методы санитарно-биологического контроля. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. Текст. М.: Акварос, 1996. 60 с.
 5. Gander S. Bacterial biofilms: resistance to antimicrobial agents. *J. Antimicrob. Chemother.* 1996. 37: 1047–1050.
 6. Crabtree R., Boyle W.C., Rohlich G.A. Mechanism of flocculation *Zoogloea ramigera* // *J. Water Poll.* 1966. V. 38 (9). P. 1903–1909.
 7. Krul J.M. Activity of *Zoogloea ramigera* growing in flocs and in suspension. *Water Res.*, 1977. V. 11. № 1. P. 45–50.
 8. ПНД Ф СБ 14.1.92-96. Методы санитарно-биологического контроля. Методическое руководство по гидробиологическому контролю нитчатых микроорганизмов активного ила. М. 1996. 12 с.
 9. Панов В.П., Дрегуло А.М. Содержание тяжелых металлов в органических веществах активных илов и осадков сточных вод // *Вестник СПбГУТД.* № 4. 2010. С. 33–35.

Сведения об авторе:

Дрегуло Андрей Михайлович, аспирант, факультет прикладной химии и экологии, Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18; e-mail: Adregulo@bk.ru