

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ РАБОТЫ БИОФИЛЬТРОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АКВАРИУМИСТИКЕ

¹Е.Ю. Дмитриева, ¹О.Н. Юнчис, ²К.Н. Баженова

*Океанариум ООО "Планета Нептун", г. Санкт-Петербург¹,
Санкт-Петербургский государственный университет²*

Очистка воды от органических и минеральных соединений в аквариуме происходит в результате жизнедеятельности бактерий, то есть, это микробиологический процесс. Бактерии живут в биофилт্রে, в воде, на поверхности тела рыб и внутри их организма, периодически выделяясь в воду, а также на всех поверхностях в аквариуме и системе в целом, которые контактируют с протекающей водой.

Биофилтър и его наполнитель населены микроорганизмами в наибольшей степени. Их поверхности обрастают биологической пленкой, состоящей из аэробных бактерий, различных видов беспозвоночных животных и водорослей, участвующих в окислении органических загрязнений. Бактерии обрастаний способны к флокуляции - образованию "хлопка" (от англ. flock) - зооглейных скоплений (слизистых комков разной плотности). Эти образования получили название **активного ила**. В результате питания организмов слой активного ила утолщается, нижние его слои стареют и отмирают. Этот процесс идет постоянно. Для эффективной работы активного ила необходимо хорошее проникновение воздуха в его глубину и равномерное распределение поступающей очищаемой воды по его поверхности.

В современных аквариумах основная часть органических загрязнений удаляется механической фильтрацией, озонированием и пропусканьем воды через флотатор. На активный ил направляется вода уже с невысокой концентрацией органических веществ, но в замкнутом рециркулирующем режиме. То есть, действительно, очистка воды теоретически может проходить на всех участках системы. Но в реальности процессы очистки идут в основном в биофилтрах и самих аквариумах, так как в других зонах велико воздействие активных радикалов, образующихся при озонировании и УФ-облучении.

Активный ил формируется на разных типах носителей (губки, гравий, кварцевый песок, пластиковые шары и спирали) при разной скорости потока воды. Сильный поток воды - срезающее усилие, перемешивание, турбулентность - будут мешать закреплению микроорганизмов на носителе, особенно простейших и многоклеточных беспозвоночных, то есть нарастание массы активного ила будет различной.

По скорости протекания воды и наличия перемешивания можно выделить несколько типов биофилтров океанариума:

(1) **биофилтры, наполненные неподвижным гравием**. Здесь возможно ожидать образование плотных комков активного ила между близко прилегающими частями носителя. В этих условиях простейшие и многоклеточные лучше удерживаются при интенсивном потоке воды. Большая плот-

ность частиц активного ила делает его менее активным. Излишняя масса нарастающего активного ила затрудняет проток, но самостоятельно не уносится, поэтому такой тип биофилтров требует профилактической очистки от избытка активного ила путем промывки носителя.

(2) **биофилтры, наполненные перемешиваемым кварцевым песком**. В этом случае вероятно образование лишь тонкой пленки бактериальных зооглейных обрастаний на постоянно перемещаемых частицах песка. Простейшие и многоклеточные не имеют возможности удержаться вблизи пленки активного ила. Нарастающие обрастания будут срываться и уноситься за его пределы, удаляться при фильтрации и очистке в скиммере.

(3) **биофилтры, наполненные пластиковыми элементами (шары, спирали), легко проницаемыми для потока жидкости**. Здесь энергичный поток воды не позволит сформироваться толстому слою активного ила. Его избыток будет срезаться, и уноситься водой. В этом случае, также как и предыдущем типе биофилтров, простейшие и многоклеточные не будут иметь возможности удержаться вблизи пленки активного ила. Такие биофилтры, по-видимому, не требуют профилактической очистки наполнителя от активного ила в режиме непрерывной работы. Тем не менее, неизвестно, следует ли проводить какие-либо специальные мероприятия по восстановлению активного ила в случае гибели микроорганизмов в результате остановки аэрации, выбросов озона, применения бактерицидных препаратов с целью лечения.

Сотрудниками Океанариума Санкт-Петербурга проводятся наблюдения и разрабатываются показатели эффективности работы разных типов биофилтров. Потребность в таких показателях диктуется самой практикой, а именно необходимостью:

- оценки эффективности активного ила биофилтров, его жизнеспособности после нештатных ситуаций (озонирование, лечение, остановка аэрации);
- оценки старения биофилтра с неподвижным плотным носителем (гравием), необходимости проведения своевременной корректной чистки, промывки носителя;
- оценки готовности активного ила при первичном запуске биофилтров, после периода его формирования.

В практике эксплуатации очистных сооружений городских станций водоочистки оценку состояния активного ила проводят не по бактериальному населению, которое находится в плотных скоплениях, а по внешнему виду активного ила, по численности и видовому разнообразию индикаторных групп простейших и многоклеточных беспозвоночных (таблица), их физиологическому состоянию, свидетельствующему о неблагоприятных условиях (измельчение, цистирование, голодание и др.).

Жизнеспособность активного ила может быть оценена с использованием стекол обрастания, закладываемых в толщу биофилтра. Наполнитель закладывается между двумя предметными стеклами, скрепленными между собой. Заселение внутренней полости стекол обрастания, где турбулентность погашена, может быть оценено уже через сутки. Это позволяет оперативно принимать решения в нештатных ситуациях при обслуживании биофилтров.

Мы убедились в том, что для большей части биофильтров океанариума, где поток воды срезает пленку активного ила, показатели, связанные с численностью простейших и многоклеточных, оказываются неинформативными, в связи с низкой численностью этих организмов.

Для разных типов биофильтров, кроме гидрохимических показателей, можно рекомендовать следующие наблюдения:

(1) для биофильтров с гравием без турбуленции:

- внешнего вида, плотности и размеров комков активного ила;
- численности индикаторных организмов (фауна) и их физиологического состояния;

(2) для биофильтров с шарами и спиралями со значительной турбуленцией потока:

- визуальный контроль состояния пленки активного ила;
- возможно, но маловероятно, определение численности индикаторных организмов;

- оценка зооглейной, адсорбирующей способности активного ила при закладывании стекол обрастания 0,5-1 день.

Для всех типов биофильтров следует набирать статистические данные по групповому (видовому) разнообразию фауны и их численности с целью определения индикаторных групп, где возможно, описать их физиологическое состояние и оценить его информативность для оценки состояния активного ила.

Таблица. Основные физиологические группы микроорганизмов активного ила.

№	Группа	Особенности питания	Образ жизни	Основные представители	Примечание
БАКТЕРИИ					
1	Гетеротрофные бактерии	Поедают растворенные органические вещества. Характерен быстрый рост	Свободно плавающие и в составе активного ила	<i>Pseudomonas</i> <i>Achromobacter</i> <i>Flavobacterium</i> <i>Arthrobacter</i> , <i>Corynebacterium</i> , <i>Nocardia</i> , <i>Mycobacterium</i> и др.	В составе ила численность оценить практически невозможно
2	Зооглейные гетеротрофные бактерии	То же	Прикрепленные, склонные образовывать слизистые выделения - зооглеи	<i>p. Zooglea</i>	Численность оценить прямым способом невозможно
3	Нитрифицирующие бактерии	Поедают растворенные минеральные соединения (аммиак, нитриты, CO ₂ , минеральные ионы). Рост очень медленный, время удвоения 10-24 часа	Прикрепленные зооглеи, цисты и плавающие расселительные клетки	Бактерии-нитрификаторы первой стадии нитрификации: <i>Nitrosomonas</i> , <i>Nitrosococcus</i> , <i>Nitrospira</i> , Бактерии-нитрификаторы второй стадии нитрификации: <i>Nitrobacter</i> , <i>Nitrospina</i> , <i>Nitrococcus</i> , <i>Nitrospira</i>	Определение численности длительный (3 нед. - 1 мес.) и трудоемкий процесс

№	Группа	Особенности питания	Образ жизни	Основные представители	Примечание	
ПРОСТЕЙШИЕ						
4	Инфузории-сидиментаторы	Склеивают и поедают бактерий и твердые частицы	Свободноплавающие инфузории поедают прикрепленных бактерий, соскабливают бактерий с поверхностных слоев	<i>Paramecium</i> <i>Colpidium</i> <i>Glaucoma</i> <i>Tetrachymena</i> <i>Stentor</i>	Легко обнаруживаются, первыми реагируют на изменения условий среды	
			Прикрепленные инфузории, перетрихи, поедают свободноплавающих бактерий	<i>Vorticella</i> , <i>Garchesium</i> , <i>Epistyllis</i> , <i>Zoothamnium</i> , <i>Opercularia</i>	То же	
5	Жгутико-носцы и инфузории, не выделяющие слизи	Поедают растворенные орган. вещества, твердые частицы и бактерии, слизи не образуют	Свободноплавающие, одиночные поедают прикрепленных бактерий, соскабливают бактерий с поверхностных слоев	Равноресничные жгутиконосцы: р. <i>Chilodonella</i> , <i>Colpoda</i> , <i>Trochilia</i> . Спиральноресничные инфузории: <i>Aspisisca</i> , <i>Oxytricha</i> , <i>Opistotricha</i> и др.	То же	
6	Инфузории и жгутиконосцы-хищники	Неспециализированные, сосущие	Преследуют жертву и заглатывают ее в живом виде	Инфузории: <i>Euplotes</i> , <i>Didinium</i> , Жгутиконосец: <i>Pearnema trichophorum</i>	То же	
			Специализированные сосущие	Специализированные, высасывающие содержимое жертвы	Жгутиконосец: <i>Bodo edax</i>	То же
			Питаются свободноплавающими инфузориями и телотрохами перетрих	Сосущие, прикрепленные	Инфузории: <i>Tokophria</i> , <i>Podophoria</i> , <i>Acineta</i> и др	То же
			Перед заглатыванием добычи убивают или парализуют жертву с помощью трихоцист или токсоцист	Инфузории <i>Gymnostomatia</i> : <i>Hemiophris</i> <i>Litonotus</i> , <i>Amphileptus</i>	То же	
МИКРОМИЦЕТЫ						
7	Водные грибы	Питаются растворенными органическими веществами		<i>Fusarium</i> , <i>Mucor</i> , <i>Saccharomyces</i>	Крайне малочисленны	
МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ						
8	Многоклеточные беспозвоночные	Детритофагия	Способны поедать все организмы активного ила	Нематоды, малощетинковые черви, коловратки-вертикатеры, тихоходки	Легко обнаруживаются, малочисленны	