

**Управление структурной организацией экосистемы биопрудов –
охладителей, как способ предупреждения биологических обрастаний
технологического оборудования.**

**Operating by the structural organization of the biopods-cooler's ecosystem as
the method to prevent the covering of technological by biological components.**

Келль Л.С.

ООО «Природные системы», Санкт-Петербург, LevKell@mail.ru

Key words: water ecosystem, biopond, phytoplankton, trophic levels.

Summary: The open water ecosystems in contrast to another Earth's ecosystems support maximal quantity of biomass in the second trophic level. Eutrophication of the reservoirs results in redistribution of biomass to growing it's maintenance on the 1 level. This fact results in increasing turbidity, in appearance of the unoxed zones, in degradation and death of the water ecosystems. These regularities are correct for artificial water ecosystems (bioponds-coolers) too. Main demand to the quality of water in bioponds is stabilization of it's contents to prevent the becoming covered of the equipment by biological components. Practical methods to support homeostase of eutrophical water systems are worked out and tested. In concern to bioponds they are:

- The activation of even trophic levels (the 2-d and the 4-th)
- The suppression of phytoplankton by highest water plants.

Свойством живой материи является уменьшение энтропии, что проявляется в стремлении развивающихся экосистем к усилению гомеостаза с окружающей средой, т.е. способности к поддержанию стабильного состояния в диапазоне меняющихся условий окружающей среды. Показателем усиления гомеостаза является максимально возможное для имеющегося потока энергии содержание биомассы и количества информационных связей в экосистеме. / Одум 1975, Пианка 1981, Стебаев и др. 1993./

Именно этим объясняются такие закономерности развития входящих в экосистемы популяций, как увеличение глубины утилизации субстрата и экономического коэффициента его потребления. / Печуркин 1978, Печуркин 1981, Келль 1989./

Поэтому, казалось бы, все экосистемы должны были бы развиваться по пути детритных и симбиотических пищевых связей с увеличением размеров особей и продолжительности их жизненных циклов, т.е. с уменьшением удельных затрат энергии на поддерживающий и структурный метаболизм. Пирамида биомассы в таких экосистемах стоит на своем основании, биомасса первого трофического уровня значительно превышает биомассу последующих. Причем эффективность переноса энергии на каждый последующий уровень не превышает 10% (закон Линдемана). Экосистема стремится поддерживать максимальное количество биомассы и информационных связей.

Однако, в отличие от других экосистем Земли, экосистемы открытых вод поддерживают основное количества биомассы на втором трофическом уровне. При этом в данных экосистемах не три, а четыре основных трофических уровня: микроводоросли, питающийся ими зоопланктон, животные, питающиеся зоопланктоном, и хищные животные. Этому факту можно дать следующее объяснение. При крайне низком содержании растворенных питательных (биогенных) веществ в водах открытого океана из растений могут существовать только микроводоросли благодаря тому, что у них высокое отношение поверхности к объему. Эти микроводоросли способны глубоко утилизировать

питательные вещества, но по той же самой причине – высокое отношение поверхности к объему – у них высокие удельные затраты на поддержание жизнедеятельности. Возникает такой парадокс, несмотря на то что эффективность передачи энергии на следующий трофический уровень не превышает 10% (закон Линдемана), затраты на поддержание жизнедеятельности на первом трофическом уровне в десять и более раз выше чем на втором. Поэтому экосистеме (которая, как мы знаем, стремится к максимально возможному содержанию биомассы и информационных связей) энергетически выгоднее, несмотря на закон Линдемана, поддерживать большую биомассу не на первом, а на последующих уровнях. Причем по теории естественного равновесия Хейрстона, Смита и Слободкина основные пищевые цепи экосистемы открытых вод должны содержать четное количество трофических уровней./ Одум 1986, Андерсон 1985, Уитеккер 1980, Бигон и др. 1989, Келль 2007, Перт С. Дж. 1978, Хумитаки Секи 1986, /

Микроскопические размеры продуцентов экосистем открытых вод можно объяснить крайне низким содержанием биогенных веществ в воде. Зачем же экосистеме, являющейся саморегулирующимся механизмом, поддерживать такое низкое содержание биогенных веществ? В частности известно, что озера не способны поддерживать длительное время высокую концентрацию биогенных элементов при залповом поступлении их извне и развиваются в сторону олиготрофных условий. Ответ на этот вопрос можно найти в исторической геологии. Известно, что в древних докембрийских водах содержание взвешенных и питательных (биогенных) веществ в воде было высоким. Отсюда фотический слой был узким, продуктивность экосистемы низкой. Нижележащие слои воды находились в аноксидных условиях. И только появление фильтраторов в водах кембрийского периода позволило снизить содержание биогенов и мутность воды. Следствием чего явилось значительное увеличение фотического слоя, увеличение продуктивности экосистемы и распространение оксидных условий на всю толщу воды вплоть до дна / Одум 1986, Андерсон 1985, Уитеккер 1980, Еськов 2000/. Именно к таким условиям и приспособлены организмы современных водных экосистем. Поэтому эвтрофикация водоемов в результате неразумной хозяйственной деятельности человека может приводить к «цветению» водоёмов – перераспределению биомассы в сторону увеличения основного её содержания на первом трофическом уровне. Что в свою очередь ведёт к повышению мутности, появлению аноксидных зон, деградации и гибели водных экосистем.

Данные закономерности относятся и к искусственным водным экосистемам, в частности - к биопрудам-охладителям, используемым при организации на производствах замкнутого цикла водопользования. Основные требования к качеству возвращаемой в производственный цикл воды иные, чем к воде сбрасываемой в водоем. На первый план здесь выходит уже не максимальная глубина удаления биогенных элементов и других примесей, а стабилизация её состава с точки зрения предотвращения биологических обрастаний технологического оборудования (технофитона).

В процессе эволюции Природой созданы механизмы поддержания гомеостаза водных экосистем в достаточно широких интервалах колебания концентрации биогенных элементов в системе. Изучение и применение данных механизмов позволит предвидеть и бороться с деградацией и гибелью водных экосистем при их антропогенной эвтрофикации. В нашем случае, применительно к биопрудам, применение данных механизмов позволит эффективно бороться с технофитомом, в частности с «цветением» биопрудов .

К наиболее эффективным, известным нам, механизмам поддержания гомеостаза водных экосистем относятся:

- Чётное количество основных трофических уровней, равное 4. Что, согласно теории естественного равновесия Хейрстона, Смита и Слободкина, приводит к подавлению биомассы первого трофического уровня

- Организмы фильтраторы – представители различных классов животного мира
- Высокие скорости роста организмов первого и второго трофических уровней
- Возможность быстрой структурной перестройки экосистемы с заменой экологически эквивалентными видами.

Спецификой искусственных водных экосистем – биопрудов является достаточно случайный и бедный видовой состав представителей высокоорганизованных классов растений и животных. Что часто делает невозможным или недостаточно эффективным действие вышеуказанных механизмов поддержания гомеостаза водных экосистем. Если представители низших классов организмов в силу их размеров и специфики жизненных циклов, беспрепятственно попадают в экосистему биопрудов, то для представителей высокоорганизованных классов необходим внешний фактор их внесения в экосистему. Роль такого фактора – осмотрительного и разумного, должен выполнять человек. При выборе представителей различных классов растительного и животного мира как факторов влияния на технофитон водоёма перспективными представляются следующие:

1. Подавление фитотехнофитона представителями 2 трофического уровня. Фильтраторы-зоопланктон, двухстворчатые моллюски, фитопланктоноядные рыбы.

2. Подавление зоо- и фитотехнофитона представителями 4 трофического уровня. Хищные рыбы, рыбацкие черепахи, земноводные.

3. Конкурентное подавление фитотехнофитона (свет, биогенные элементы, аллелохимические факторы) высшими водными растениями и водорослями.

Остановимся более подробно на вопросе подбора и интродукции в биоценоз пруда-охладителя представителей высокоорганизованных классов организмов. Данные организмы должны удовлетворять следующим требованиям:

- по своим физиологическим параметрам быть способными к существованию и размножению в конкретном пруде-охладителе, являющемся эфтрофной водной экосистемой.

- обладать способностью к подавлению бурного роста водных организмов, вызывающих биообрастание технологического оборудования

- не ухудшать качества воды с точки зрения ее последующей подачи на охлаждение технологического оборудования. В частности, не попадать в водозабор (реотаксис, прикрепление к грунту, нахождение не в водозаборной зоне водоёма).

Практическое применение:

- На Северной станции аэрации ГУП "Водоканал СПб" в составе экосистемы биопруда-охладителя объёмом 600 м.куб. присутствовали спонтанно развившиеся представители более низших форм жизни. В частности зеленые нитчатые водоросли и мелкие улитки, которые вызывали биообрастание технологического оборудования. В резервуар были интродуцированы представители: пресноводных рыб и высших водных растений, что позволило подавить в данном резервуаре бурное развитие водных организмов, вызывавших биообрастание технологического оборудования /Келль, Шумов 2001/.

Данное мероприятие позволило в несколько раз увеличить межремонтный период работы маслохолодильников воздуходувок при подачи на них охлаждающей воды из данного биопруда. Кроме того, сложившееся сообщество растений и животных является хорошим индикатором качества очистки воды, а высшие плавающие растения предохраняют поверхность воды от перегрева в летние месяцы (см. фото 1,2,3)



Фото 1, 2, 3 Биопруд- охладитель объемом 600 м.куб. на Северной станции аэрации (ССА).

С 2005 года объем биопруда увеличен до 5000 м. куб. (см. фото 4, 5).



Фото 4, 5. Биопруд-охладитель объёмом 5000 м. куб. на ССА

- На ООО «Производственное объединение «Киришинефтеоргсинтез» (ООО «КИНЕФ»), “цветение” пруда-охладителя 1-1 (первой карты первой системы водоотведения, объёмом 800000 м.куб.) снижало качество воды. Прозрачность воды, определяемая унифицированным количественным методом в соответствии с международным стандартом ИСО 7027 <http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/020.asp> , не превышала в летние месяцы 50 мм. Проведёнными лабораторными экспериментами было показано, что внесение 50 - 100 шт/л дафний в пробу “цветущей” воды позволяет за 4-5 суток увеличить её прозрачность в два - три раза. Наши северные расы дафний подавляли «цветение» данного пруда и увеличивали прозрачность воды в нём лишь к августу месяцу. Интродукция южных рас дафний позволила подавить в 2008 г. “цветение” пруда –охладителя уже к началу июня и в течение всего лета сохранять прозрачность воды не ниже 150 мм (см. фото 6).



Фото 6. Пруд 1-1.

На фоне резкого снижения содержания в воде карты фитопланктона по сравнению с предыдущими годами, наблюдается увеличение содержания нитчатых зелёных водорослей, мелких улиток семейств Planorbidae и Limnaeacea и больших прудовых улиток (*Limnaea stagnalis* L.) (см. фото 7, 8).



Фото 7, 8. Нитчатые зелёные водоросли и улитки в пруду-охладителе 1-1.

Таким образом, активизация представителей фильтраторов второго трофического уровня (дафний) – позволила подавить процесс «цветения» водоёма.

На прудах – накопителях (картах) второй системы водоотведения и прудах хозяйственной системы водоотведения - в связи с высокой численностью популяции рыб (карасей), активизация зоопланктона (дафний) невозможна. Поэтому на прудах второй системы водоотведения и прудах хозяйственной системы водоотведения проведена

интродукция высших водных растений и водорослей (кувшинки, кубышки, элодея, пистия, перистолистник, носток сливовидный), организмов-фильтраторов второго трофического уровня (беззубка, толстолобик), хищников четвёртого трофического уровня (ротан, хищные пресноводные черепахи – трионикс и эмида). (см. фото 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).



Фото 9, 10. Карта 2-2.

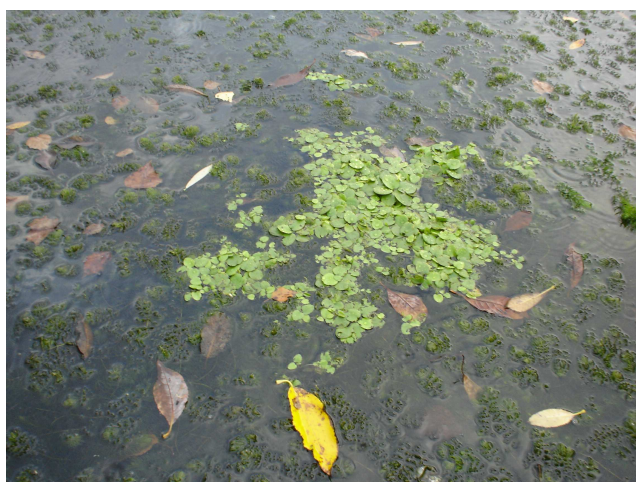


Фото 11. Колонии пистии на пруду хозбытовых стоков.



Фото 12, 13. Беззубки перед их массовой интродукцией и после нахождения в течение 3 месяцев в садке на карте 2-2.



Фото 14. Мальки толстолобика при их выпуске на карту 2-2.



Фото 15. Ротан перед выпуском на карту 2-2.



Фото 16. Эмиды при их выпуске на карту 2-2.

Выводы.

1. К наиболее эффективным, известным нам, механизмам поддержания гомеостаза водных экосистем относятся:

- Чётное количество основных трофических уровней, равное 4. Что согласно теории естественного равновесия Хейрстона, Смита и Слободкина приводит к подавлению биомассы первого трофического уровня

- Организмы фильтраторы – представители различных классов животного мира
- Высокие скорости роста организмов первого и второго трофических уровней
- Возможность быстрой структурной перестройки экосистемы с заменой экологически эквивалентными видами.

2. При выборе представителей различных классов растительного и животного мира как факторов влияния на технофитон пруда-охладителя перспективным представляется:

- Подавление фитотехнофитона представителями 2 трофического уровня. Фильтраторы - зоопланктон, двухстворчатые моллюски, фитопланктоноядные рыбы.

- Подавление зоо- и фитотехнофитона представителями 4 трофического уровня. Хищные рыбы, рыбацкие черепахи.

- Конкурентное подавление фитотехнофитона (свет, биогенные элементы, аллелохимические факторы) высшими водными растениями и водорослями.

3. Водные организмы, интродуцируемые в пруд-охладитель должны удовлетворять следующим требованиям:

- по своим физиологическим параметрам быть способными к существованию и размножению в конкретном пруде-охладителе, являющемся эфтрофной водной экосистемой.

- обладать способностью к подавлению бурного роста водных организмов, вызывающих биообрастание технологического оборудования (технофитона)

- не ухудшать качества воды с точки зрения ее последующей подачи на охлаждение технологического оборудования. В частности, не попадать в водозабор (реотаксис, прикрепление к грунту, нахождение не в водозаборной зоне водоёма).

Литература.

1. Андерсон Дж. М. 1985.- Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек. Гидрометеиздат, Ленинград. 164 с.
2. Бигон М., Карпер Дж., Таунсенд К. 1989.- Экология. Особи, популяции и сообщества., Мир. Москва, т.1 - 660 с, т.2 - 477 с.
3. Еськов К.Ю. История земли и жизни на ней. Москва. Наука, 2000. 350 с.
<http://www.evolution.atheism.ru>
4. Келль Л.С. 1989.- Вопросы управления процессом культивирования кормовых дрожжей, Сборник трудов ВНИИГидролиз. Выпуск 38 ,С.100- 105.
5. Келль Л. С., Шумов П.И. Экологические аспекты процесса биологической очистки сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника. 2001г.
http://www.vstmag.ru/st_4/st_4.html
6. Келль Л.С. Принципы структурной организации экосистем. Экология и жизнь, 2007, N3, с.37-39
http://zhurnal.lib.ru/k/kellx_1_s/ecol.shtml
7. Одум Ю. 1975.- Основы экологии. Мир. Москва. 740 с.
8. Одум Ю. 1986 - Экология . Мир. Москва. Т. 1. С. 164.
9. Перт С. Дж. 1978 - Основы культивирования микроорганизмов и клеток. Мир. Москва. 331 с.
10. Печуркин Н.С. 1978 - Популяционная микробиология. Наука. Новосибирск., 192 с.
11. Печуркин Н,С, 1981 - Смешанные проточные культуры микроорганизмов. Наука. Новосибирск, С. 3- 25.
12. Пианка Э. 1981.- Эволюционная экология. Мир. Москва, 399 с.
13. Стебаев Л.В.,Пивоварова Ж.Ф., Смоляков Б.С., Неделькина С.В. 1993 – Общая биогеосистемная экология. Наука. Новосибирск, 285 с.
14. Уиттекер Р. 1980 – Сообщества и экосистемы. Прогресс. Москва, 326 с.
15. Хумитаки Секи. 1986.- Органические вещества в водных экосистемах. Гидрометеиздат. Ленинград, С. 21- 31