

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ управления качеством **ПРИРОДНЫХ ВОД** в условиях перехода К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ

Перечислены и кратко описаны способы повышения самоочищающей способности пресноводных водоемов, осуществляемой в результате биологического круговорота веществ, включающего процессы создания органических веществ, их трансформацию и разрушение, осуществляемые через трофические (пищевые) связи бактериального, животного и растительного населения вод. Показано, что каждый природный акваториальный и донный комплекс (ДПК) несет свою самоочистительную нагрузку в реабилитации всего водоема, поэтому районирование и комплексное исследование подводных ландшафтов с точки зрения их роли в поддержании устойчивого качества вод и равновесия экосистемы водного объекта является весьма актуальной. С этих позиций основой для принятия природоохранных решений является выявление ДПК, проявляющих максимальную самоочистительную активность и разработка мероприятий, обеспечивающих сохранность данных ДПК и расширение их площадей.

Введение

В связи с постоянно увеличивающейся антропогенной нагрузкой на водоемы и сопутствующим этому процессу нарастающим дефицитом «чистых» природных вод, очисткой стоков, экономией воды, внедрением оборотного водоснабжения на предприятиях улучшить положение можно только частично. Остаются смывы удобрений и ядохимикатов с полей, ливневые стоки с городских и промышленных территорий, загрязнения от атмосферных выпадений, водного транспорта, растущего количества рекреационных зон и т.п. Поэтому наряду с улучшением очистки сточных вод необходимо развивать и внедрять в практику знания об управлении качеством воды в водоемах, увеличивая их полезную продукцию и усиливая их замечательную способность к самоочищению.

Н.Н. Митина*,
доктор
географических наук,
ведущий научный
сотрудник,
Институт водных
проблем РАН
(ИВП РАН),
профессор кафедры,
заместитель
заведующего
кафедрой
«Управления
природными
ресурсами»,
факультет
государственного
управления, МГУ
им. М.В. Ломоносова



Самоочищение загрязненных вод осуществляется в результате биологического круговорота веществ, включающего процессы создания органических веществ, их трансформацию и разрушение, осуществляемые через трофические (пищевые) связи бактериального, животного и растительного населения вод. Именно благодаря свойству природных водоемов самоочищаться от попадающих в них бытовых и промышленных стоков на Земле еще есть чистая вода [1]. На 1-ом Всесоюзном совещании по санитарной гидробиологии в 1969 г. предложена формулировка понятия «чистой воды», в которой было закреплено, что формирование биологически чистой (полноценной) воды, не содержащей токсических и радиоактивных веществ, патогенных микроорганизмов, имеющей все необходимые соли, микроэлементы и метаболиты, протекает под влиянием гидробионтов [2]. Вода в силу своей способности самоочищаться относится к восполнимым природным ресурсам, чем она выгодно отличается

* Адрес для корреспонденции: natalia_mitina@mail.ru

от некоторых других используемых человеком ресурсов; кроме того, вода, с одной стороны – среда обитания гидробионтов, с другой – необходимый продукт питания. Процессы, определяющие качество поверхностных вод, самоочищение загрязняемых водоемов и очистку стоков, основываются на физических, химических и биологических процессах, но имеют преимущественно биологическую природу. Биологически полноценной считается вода, которая содержит не только все соли и микроэлементы, но также белки, ферменты, витамины и другие продукты жизнедеятельности гидробионтов. Существенное значение для формирования качества воды имеет выделение в нее гидробионтами протеолитических ферментов; чем выше протеолитическая активность воды, тем быстрее протекают процессы ее самоочищения [3].

Задачей управления качеством воды в природных водоемах является разработка и внедрение природоохранных мер, направленных на усиление процессов самоочищения по всему водоему, рассматривая его как экосистему, в которой протекают процессы загрязнения и самоочищения.

Результаты и их обсуждение

Управление процессами самоочищения, основанными на взаимоотношениях бактерий и водорослей. Некоторые планктонные водоросли, относящиеся к миксотрофам, активно действуют на санитарно-гигиеническое состояние водоема путем выделения биологически активных метаболитов. Внесение их сопровождается цветением прудов, что способствует минерализации и дезинфекции стоков. Вселением водорослей можно влиять на скорость самоочищения небольших водоемов, например биопрудов. Установлена рациональность интродукции в аэротенки и биофильтры специально адаптированных гидробионтов для ускорения очистки токсических промышленных стоков. Показана возможность борьбы с синезелеными водорослями альговирусами, с зелеными протококковыми водорослями – их эндопаразитами, а с патогенными микроорганизмами – инокуляцией водоемов бактериями-антагонистами [3]. При разработке космических технологий проводили опыты по генерации воды из продуктов жизнедеятельности человека. Вода, генерированная из урины, соответствующая всем нормам ГОСТ «Вода питьевая», оказывала неблагоприятное воздействие на дафний, которое исчезало через 20 дней после

Л.А. Телитченко,
кандидат
биологических наук,
доцент,
государственный
эксперт,
ГОСТЕХНАДЗОР

вселения синезеленой водоросли *Oscillatoria splendida*, жизнедеятельность которой сделала воду безвредной. Интересно, что артезианская вода содержит примерно тот же набор липидных фракций, что и регенерированная из урины, и подобно последней способна нарушать физиологические процессы. Очевидно, это связано с отсутствием в артезианской воде биологических антиоксидантов [4].

Эффективность инокуляции биологических прудов планктонными водорослями, т.н. альгологическим полинокулятом (АП)¹, в силу своей бактерицидности была показана на примере доочистки пруда, в который поступали сточные воды туберкулезного санатория. После внесения АП с синезелеными водорослями на 12-14 сут. микобактерии туберкулеза в опытных прудах не обнаруживаются (табл. 1). В контрольном же пруде количество микобактерий туберкулеза после трех суток изменяется мало. Попутно отметим, что при внесении АП из культур зеленых водорослей (хлореллы и сценедесмуса) возбудитель заболевания высевался и на 28-30-е сут. Это иллюстрирует большую очищающую способность АП, содержащего синезеленые водоросли, по сравнению с зелеными и жгутиковыми, которые в летние месяцы интенсивно выедаются зоопланктоном (особенно зеленые водоросли), вследствие чего значительно снижается альгологическая реаэрация воды и ухудшается ее очистка. Внесение АП в биологические пруды с мутной водой вызвало цветение и сопровождалось коагуляцией. Через 4 сут. прозрачность воды повысилась с 4 до 30 см. Многочисленные опыты позволяют сделать вывод, что применение АП ускоряет очистку в контактных биологических прудах в среднем в 1,5-2 раза. Продолжительность цикла очистки при температуре воды 18-25 °С составляет 5-8 сут, при 25-30 °С – 2-5 сут. Более длительная экспозиция обычно сопровождается вторичным загрязнением водоемов отмирающим фитопланктоном. Этого можно избежать, если время от времени собирать и использовать микроводоросли как добавление к корму животным или как удобрение для полей. Благодаря неодинаковой терморезистентности водорослей АП может быть с успехом применен в различных климатических условиях и в разные сезоны года [3].

¹ Строго говоря, альгологический полинокулят не является сообществом только водорослей, в нем присутствуют также бактерии, жгутиковые, инфузории, коловратки, однако их количество несравненно меньше, чем водорослей.

Таблица 1

Динамика отмирания микобактерий туберкулеза в результате внесения альгологического полинокулята в биологические пруды туберкулезного санатория

Место проведения эксперимента	Вода		Исходное количество бактерий	Продолжительность экспозиции, сут.				
	T, °C	pH		3	6	9	12	14
Сентябрь								
Опытный пруд	20	7,6	11000	740	32	6	0	0
Контрольный пруд			12000	900	720	900	510	600
Октябрь								
Опытный пруд	15	7,4	580	126	17	16	17	0
Контрольный пруд			820	610	450	125	250	200

Управление процессами самоочищения водоема, основанными на разведении высшей водной растительности. Большое значение для ускорения многих процессов биологического самоочищения воды и улучшения ее питьевых качеств имеет обогащение ее кислородом, выделяющимся в процессе фотосинтеза. Установлено, что фотосинтетическая аэрация часто превосходит атмосферную или соизмерима с ней. Преобладание фотосинтетической аэрации над атмосферной отмечено в загрязненных реках, в частности Рейне, Майне, Дунае. В сильно загрязненной гавани г. Сан-Диего вода получает ежедневно в результате фотосинтеза 59,7 т кислорода, из атмосферы – 45 т (1,8 и 1,3 г/м², соответственно). В гавани Балтимора атмосферная аэрация в 3,2 раза меньше фотосинтетической. Преобладание первой над второй отмечено и в мелких эвтрофных прудах. В Волгоградском водохранилище фотосинтетическая продукция кислорода за вегетационный период достигает 10,5 млн. т (несколько более 300 г/м²) и примерно равна атмосферной. Фотосинтетическое аэрирование воды не только усиливает минерализацию органических веществ, но и ускоряет многие процессы окислительной биологической детоксикации и тем самым улучшает качество воды. Водные растения извлекают из воды не только питательные вещества, но и углеводороды, фенол, тяжелые металлы, микроэлементы и др., а также различные примеси, умягчают воду, обогащают ее кислородом. Например, установлено, что грязные воды р. Рейн можно очистить, медленно пропуская ее через сплошные заросли камыша *Scirpus lacustris* по каналу длиной 800 м (за сутки 1 м² зарослей камыша очищает 2-4 м³ воды) [5].

Очистка сточных вод должна обеспечивать их безвредность для экосистем водоемов. Поэтому правы те исследователи, которые считают, что установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) должны

относиться не к водоемам, а к стокам. Игнорирование этого положения ведет к прогрессирующему загрязнению водоемов и деградации их биоценозов. Второй момент, который требует внимания – сами нормы ПДК. Существует ряд серьезных претензий к действующей системе ПДК, которые сводятся к следующему:

- ◆ Концентрация веществ в воде не отражает токсикологическую нагрузку на экосистему, так как не учитывает процессы аккумуляции веществ в биологических объектах и донных отложениях, т.е. предыстория, связанная с накоплением в водной среде и донных отложениях загрязняющих веществ.

- ◆ Видовая токсикорезистентность водных животных зависит не столько от специфики механизмов действия ядов, сколько от уровня организации организма и от его отношения к общему фону загрязнения, обусловленному соответствующими механизмами адаптации, сформировавшимися в результате длительного эволюционного процесса [6].

- ◆ Федеральные ПДК не учитывают специфику функционирования водных экосистем в различных природно-климатических зонах (широтная и вертикальная зональность) и биогеохимических провинциях (естественные геохимические аномалии с различным уровнем содержания природных соединений), а значит и их токсикорезистентность. Известно, что разные биогеохимические провинции (и отдельные водоемы) отличаются друг от друга по содержанию в поверхностных водах Pb в 2000 раз, Ni – в 1350, Zn – в 500, Cu – в 10 000, Cr – в 17 000 раз [7].

- ◆ Не учитываются эффекты синергизма, антагонизма, суммации.

- ◆ Не решена проблема нормы и патологии в водной токсикологии, в частности, не принимается во внимание принцип эмерджентности, т.е. качественного своеобразия функционирования и устойчивости биосистем на