

На правах рукописи

НИКИТИНА ОЛЬГА ГЕОРГИЕВНА

**БИОЭСТИМАЦИЯ:
контроль и регулирование процессов
биологической очистки и
самоочищения воды**

03.02.08 – экология

03.02.10 – гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Москва
2012

Работа выполнена и рекомендована к защите на кафедре общей экологии
биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Научный консультант:

Доктор биологических наук, профессор

Виктор Николаевич Максимов

Официальные оппоненты:

Симаков Юрий Георгиевич д.б.н, профессор;

Государственный университет технологий и управления им К.Г. Разумовского.

Ильин Игорь Николаевич д.б.н., в.н.с.;

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН

Кренева Софья Викторовна, д.б.н., в.н.с.;

Азовский филиал ММБИ, отдел океанографии и биологии южных морей.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии
внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук

Защита состоится 16 мая 2013 г. в 13:00. На заседании

Диссертационного совета Д 501.001.55 при Московском государственном
университете им. Ломоносова по адресу: 119899, Москва, Ленинские горы, МГУ,
биологический факультет, аудитория 389.

С диссертационной работой (монографией) можно ознакомиться в библиотеке
МГУ имени М.В.Ломоносова

Автореферат разослан 7 февраля 2013 г.

Автореферат и объявление о защите диссертации отправлены в Федеральную
службу по надзору в сфере образования и науки для размещения на
официальном сайте ВАК Министерства образования и науки Российской
Федерации в сети интернет (<http://vak.ed.gov.ru>) по электронной почте по
адресу: referat_vak@obrnadzor.gov.ru.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Карташева Н.В

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность данного научного исследования вытекает из потребностей практики: пришло время переходить от констатации факта нарушения биотического очищения водной среды к восстановлению его нормального хода, то есть перейти от мониторинга к научно обоснованному регуляторингу.

Состояние научной разработанности темы

В причинно-следственной связи: I – воздействие нарушающего фактора → II – изменение процесса биотического очищения воды → III – снижение качества водной среды, именно II-е звено играет роль гомеостатического механизма, снижающего, а иногда и устраняющего воздействие на качество воды нарушающих факторов. Но это звено оставалось малоизученным, поэтому автор сосредоточил свое внимание на контроле и регулировании именно II-го звена, то есть процесса формирования качества водной среды, или процесса биотического ее очищения. В то же время основное внимание гидробиологов по традиции направлено преимущественно на контроль III-го звена (качества, состояния водной среды), минуя II-е звено, и об изменениях в процессе самоочищения судят по изменениям показателей качества водной среды, тогда и пытаются устранять нарушения. Но устранение нарушений после того как снизится качество воды также малоэффективно, как лечение заболевания после явных признаков болезни; гораздо эффективнее лечебные назначения действуют, если их применять в процессе инкубационного периода, а восстановительное вмешательство в самоочищение – на стадии формирования качества.

«Биоэстимация» – новый авторский термин – совпадает по смыслу и созвучен термину «биоиндикация», и в нем тоже используются в качестве показательных некоторые микроорганизмы, живущие в изучаемом водном объекте. Но на этом сходство заканчивается. Биоиндикация была разработана для анализа качества, или состояния водной среды, а биоэстимация – для управления процессами биотического очищения водной среды; биоиндикация зависит от региона, солёности, сезонности, а биоэстимация – нет, в биоиндикации, при поиске показательных организмов используется видовой принцип, в биоэстимации – групповой и др. Но самое главное отличие: в биоэстимацию восстановительные рекомендации входят как составная часть.

Сначала автором был разработан метод контроля и регулирования процесса биологической очистки сточных вод, сопряженный с большим числом проблем, не решенных в мировой практике: прежде всего, это вспухание, всплывание, вспенивание, измельчение бактериальных флокул. Использование биоэстимации позволило не только

решить все эти проблемы, но и предотвращать их, поскольку биоэстимация является прогностическим анализом по отношению к качеству водной среды. Кроме того, традиционно большой проблемой при очистке сточных вод является огромное количество избыточного активного ила и необходимость его уплотнения, переработки, транспортировки и размещения. Автором решена и эта проблема: разработана технология биоочистки без прироста активного ила, при которой реализован экологический принцип «нулевого максимума». Затем было установлено, что биоэстимация применима и для природных водных объектов, поскольку процесс биоочистки в аэротенках представляет собой тот же, но многократно ускоренный процесс биотического самоочищения воды в природе. В отличие от природных водных объектов, в нем одновременно выполняются следующие условия: компактность, чрезвычайная интенсификация процесса, наличие рычагов управления этим процессом, что особенно важно на стадии разработки метода контроля и регулирования процесса. Биоэстимация позволяет выявлять и устранять воздействия нарушающих факторов в любых водных объектах, природных и искусственных, пресных и соленых, независимо от географического положения и времени года, причем даже в тех случаях, когда традиционный контроль не дает тревожной информации.

Материалы

1. Пробы активного ила из различных биологических очистных сооружений.
2. Пробы воды из природных и искусственных водных объектов.
3. Водные вытяжки из почв.

Объекты

1. Станции аэрации различных городов РФ и сопредельных стран.
2. Участки морей, рек, озер, водохранилищ, каналов, пруды, колодцы, аквариумы.
3. Почвы с различными условиями формирования.

Предмет исследования

Процесс самоочищения воды в природных и искусственных водных объектах и их интенсифицированный аналог - биологическая очистка сточных вод, а также процесс биотической трансформации органического вещества в почвенной влаге.

Практическая ценность и реализация работы

1. Разработан и усовершенствован «Способ контроля процесса очистки сточных вод с активным илом», АС № 1343746, являющийся пионерным. Он адаптирован для контроля и регулирования процесса самоочищения в различных водных объектах. Метод широко используется в различных городах РФ и ближнего зарубежья.

2. Описаны 2 вида простейших (*Gromia neglecta* и *G. pusilla*) и крайне мало изученные микроколонии бактерий (Сидеротеки), являющиеся ценными показателями нарушений формирования качества воды.

3. Разработаны мероприятия по выявлению, устранению и предотвращению проблем часто возникающих при биологической очистке сточных вод и не имевших эффективного решения: вспухание, вспенивание, всплывание, дефлокуляция, микрофлокуляция, диспергирование, образование илового плавающего слоя.

4. На основе авторской концепции разработаны и внедрены в различных городах новые очистные сооружения - Биоблок-I, Биоблок-II, в которых реализована авторская технология биологической очистки сточных вод без избыточного активного ила (Актилтехнология).

5. Разработаны типовые мероприятия по восстановлению нормального хода процесса самоочищения воды и их детализация для различных типов водных объектов.

6. Разработана и многократно апробирована программа нового спецкурса: «Биотехнология очистки сточных вод»; в качестве основного учебного пособия для данного спецкурса рекомендуется авторская монография.

Апробация результатов диссертационного исследования

Материалы диссертационной работы докладывались и обсуждались на: III Всесоюз. совещании по сан. гидробиологии, М., 1977; VI съезде Всесоюз. гидробиол. об-ва, Киев, 1981; Всесоюз. симп. по вопросам биотестирования и биоиндикации, Черногоровка, 1989 г.; Бюро рационализаторов и изобретателей МГУП «Мосводоканал», 1997, 2006, 2009; Науч.-практ. конф. по охране окруж. среды, Зеленоград, 1984; Республ. науч.-техн. семинаре «Интенсификация работы станций очистки сточных вод путем внедрения новейших достижений науки и техники», Томск, 1990 г.; Всесоюз. науч.-практ. конф. по проблеме: «Микробиология и охрана окружающей среды» в павильоне «Биология», ВДНХ, М., 1990; науч. тех. конф. «Экологическая защита городов» М., 1996г.; науч. практ. семинаре: «Опыт функционирования и модернизации систем водооборота, канализации и очистки сточ. вод предприятий нефтепереработки, нефтехимии и химии», М., 1992; науч. тех. конф. «Экологическая защита городов», М., 1996; науч.-практ. семинарах «Новые концепции в очистке и контроле процесса очистки сточных вод», в учр. «Консалтинговый центр», М., 1996-2003; ежег. междун. симпози. «Открытое общество и устойчивое развитие», М., 1997-2002; Междун. симпози. «Функции почв в геосфере и экосистемах», М., 2001; Второй междун. науч.-практ. конф. «Экология речных бассейнов», Владимир, 2002; науч. конф.

«Водные экосистемы и организмы», М., 2004-2010; Второй междун. конф. «Биотехнология – охране окружающей среды», М., 2004; Всеросс. симпоз. «Биотехнология микробов», М., 2004; заседаниях каф. общей экологии биофака МГУ 2002-2005, 2012; XI науч.-практ. семинаре: «Вопросы аналит. контроля качества вод», М., 2006; науч.-практ. семинарах «Контроль и регулирование процесса очистки сточных вод», Росс. ассоц. водоснаб. и водоотвед., М., 2002-2006; всеросс. школе «Экология и почвы: Круговорот элементов в экосистемах и почвах», Пушкино, 2007, 2009; конф. «Экологический мониторинг индикации источников загрязнения», РГЗУ, М., 2010; семинарах «Нетрадиционная концепция очистки сточных вод», Уфа, ЦИТО, 2011, 2012 и др.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 82 работы, из них более 30 публикаций в рецензируемых научных изданиях, в трудах всесоюзных всероссийских и международных форумов, свидетельство на изобретение, патент, брошюра, депонированная в ВИНИТИ.

Объем и структура работы

Монография изложена на 287 страницах, формата 1/16 печатного листа, состоит из аннотаций на русском и английском языках, предисловия, 10 глав, 23 выводов, 4 приложений, включает 31 таблицу и 70 рисунков. В монографии использовано более 300 источников, в том числе, более 100 на иностранных языках.

Личный вклад и участие автора.

Автору принадлежат постановка проблемы и решение ее в целом, разработка ряда новых методик, выполнение почти всех натурных наблюдений, большей части аналитических определений; часть исследований и реализация результатов научной работы выполнены совместно с соавторами.

Благодарности

Свою искреннюю благодарность автор выражает О.С. Догадаевой, Е.Д. Никитину, В.Н. Носову, Г.А. Семеновой, В.Д. Федорову, В.Ф. Тушиной, Н.С. Жмур, А.Ф. Кагарманову, О.И. Чибисовой Н.Е. Никитину и многим другим специалистам, без помощи которых данная работа могла не состояться. Особую признательность автор выражает руководителю по кандидатской и научному консультанту по докторской диссертациям – В.Н. Максиму.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В монографии обобщены результаты более чем сорокалетних исследований. Она состоит из 10 глав, каждая из которых содержит новые факты, закономерности, разработки.

Глава 1. МАТЕРИАЛЫ, ОБЪЕКТЫ, ПРЕДМЕТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В этой, методической главе подробно описаны организация рабочего места со всем необходимым оборудованием для проведения биоэстимации и сопутствующих анализов, особенности отбора, хранения транспортировки и разлива проб водной среды из различных объектов, а также поэтапное выполнение биоэстимации на примере трех различных водных объектов: активного ила аэротенков, природной воды и почвенной влаги. Приводятся образцы рабочих журналов и расчетов, выбор восстановительных рекомендаций, назначаемых по результатам биоэстимации при различных нарушениях процесса биотического очищения водной среды. Эта глава особенно полезна при освоении нового авторского метода контроля и управления процессом очищения водной среды. Традиционные методы, которые могут сопровождать биоэстимацию, даются в авторской модификации.

Глава 2. САМООЧИЩЕНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ

Ранее господствовали утверждения, что процесс биологической очистки воды в аэротенке принципиально отличается от такового в природном водоеме. Показано, что принципиальных различий здесь нет. И при биологической очистке сточных вод, как и при самоочищении воды в природном объекте, процесс хотя и обусловлен многочисленными физическими, химическими или механическими факторами, но выполняется водной биотой, в первую очередь, органотрофными бактериями. Изобретение технологии биологической очистки сточных вод сродни проблематике бионики, решающей инженерные задачи на основе сведений о жизнедеятельности организмов. В данном случае за основу была взята возможность потребления органотрофными бактериями органических веществ в процессе своей жизнедеятельности. Между воздействием неблагоприятного фактора на очистку сточных вод в аэротенках и снижением *качества* очищенной воды проходит около недели. А между воздействием неблагоприятного фактора и нарушением *процесса* формирования качества воды обычно проходит от нескольких часов до суток, то есть, сравнительно небольшой промежуток времени. Отклик сообщества активного ила, адекватный нарушающим воздействиям, позволяет вмешиваться в процесс на стадии формирования качества, предотвращать его снижение. Удалось выявить многие причины нарушений,

ускользающие от традиционного контроля, и в дальнейшем, по изменению процесса, даже не имея сведений о воздействиях, а наблюдая только отклик сообщества на эти воздействия, предпринимать соответствующие восстановительные действия.

В природе (особенно в крупных малоподвижных водных объектах) промежуток времени между воздействием на процесс и последствием (снижением качества воды) может растянуться на десятилетия, поэтому разработка биоэстимации при наблюдении самоочищения воды в природных водных объектах была невозможна. Однако, решив ее на таком мобильном объекте, как аэротенк, и уяснив, что процесс биологической очистки воды по существу тождественен процессу биотического самоочищения, можно было приступить к применению наработок по биологической очистке сточных вод для оптимизации самоочищения воды в природных и искусственных водных объектах.

Автор обратил внимание на то, что водный гумус, часто именуемый биоинертным веществом, подвергается стремительной деструкции в аэротенке, значительно осложняет ход биологической очистки воды, но при этом ускользает от традиционного контроля. Лишь фрагменты гумусовых веществ доступны аэробным органотрофам, а этих доступных фрагментов (их отчасти можно определить по ХПК) может содержаться разное количество при одном и том же общем количестве водного гумуса. Так, в очищенной воде ЗСА, при $\text{ХПК} = 15 \text{ мг/см}^3$, (БПК_5 и взвешенные вещества – менее 1 мг/см^3) было обнаружено 77 мг/см^3 растворенного углерода (методом Бекмана). Ещё меньше информации о нагрузке на водную биоту может дать общепринятый показатель биологического потребления кислорода (БПК), так как наличие гумуса вообще не изменяет этот показатель. По вспышкам численности соответствующих биоэстиматоров, можно определить уровень нарушающего воздействия водного гумуса на деструкторов и, основываясь на этих показаниях, разрабатывать восстановительные мероприятия, то есть процессом можно управлять, и не опираясь на качественные показатели воды.

Во второй главе особое внимание уделяется выявлению сущности самоочищения – фундаментального свойства природной воды. Рассмотрены определения, приведенные в нормативных документах и утверждения различных авторов. Автор монографии, полемизируя с ними, приходит к выводу, что только микроорганизмы, прежде всего бактерии, в процессе своей жизнедеятельности потребляют такие вещества, которые для остальных гидробионтов являются загрязнениями, а при использовании в пищу органических веществ, выделяют в качестве конечных продуктов метаболизма простые вещества (углекислоту, воду и пр.). Другие гидробионты всегда оставляют после себя шлаки, в свою очередь, разлагаемые бактериями. Биотические процессы, осуществляемые

органотрофными бактериями, являются основными, а все остальные – подготовительными, сопутствующими стадиями, способствующими деятельности микроорганизмов. Чтобы оптимизировать биохимические процессы, т.е. для обеспечения столкновения, зачастую разрозненных, микроорганизмов их ферментов и различных загрязняющих веществ, необходима интенсивная подвижность среды, в противном случае, процесс самоочищения сильно замедляется. Подводя итог, автор формулирует сущность самоочищения, абстрагируясь от множества сопутствующих факторов, следующим образом: *биотическое самоочищение воды – это динамически обеспеченная жизнедеятельность органотрофных бактерий*. Поэтому, еще до начала специальных научных исследований, восстановление нормального хода самоочищения в любом водном объекте следует начинать с увеличения подвижности водной среды. Многие закономерности, выявленные автором при наблюдении очистки сточных вод в аэротенках, помогают в понимании закономерностей процесса самоочищения в водоемах, в которых из-за больших интервалов времени между воздействиями и последствиями эти закономерности ускользают от наблюдателя.

В этой главе рассматривается история очистки сточных вод в аэротенках, начиная с изобретения ее в 1914-1916 годах Е. Ардерном, В.Т Локкетом и Л. Франком, и отмечается, что многочисленные последующие доработки этого изобретения далеко не всегда вели к оптимизации процесса биологической очистки сточных вод.

Далее, станция аэрации рассмотрена как один из видов *биологического реактора*. Замечено, что многочисленные работы, посвященные биологическим реакторам, рассматривают их с технической, биохимической или экономической позиций, но с экологической точки зрения биореакторы изучены недостаточно. Подчеркивается, что работа СА, как и любого биологического реактора, не должна зависеть от сезонов года и географического положения. Изучение СА как *экосистемы* имеет большое значение и для развития биотехнической экологии в целом, так как на этом объекте наиболее полно, разнообразно и наглядно представлены взаимодействующие компоненты со сложной структурой связей, выявление и изучение которых способствует более целесообразному природопользованию и природовосстановлению.

Глава 3. СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ФЛОКУЛ АКТИВНОГО ИЛА

Эта глава посвящена обеспечению эффективности жизнедеятельности бактерий, изученной на очень удачной модели природного объекта – аэротенке – компактной, интенсифицированной, управляемой. Показано, что только флокуляция бактерий обеспечивает кворум и одновременно высокую активность

и аэробов, и анаэробов в любой точке водного пространства. В литературе можно встретить разные версии агрегации бактерий, например: бактерии объединяются общей слизью; нитчатые организмы образуют сеть, за которую цепляются бактерии; бактериальные агрегаты химически организованы; спутанно-волоконистые матики ассоциируются с бактериями; силами Ван-дер-Ваальса, с помощью гидрофильности-гидрофобности и пр.

Автор предлагает свою версию механизма флокуляции: бактерии объединяются за счет ворсинок – выростов бактериальной оболочки, покрытых гликокаликсом. Ворсинки выходят далеко за пределы бактериальных клеток, ветвятся и, соприкасаясь, срастаются – образуют общий канал, по которому осуществляется обмен информацией и половыми продуктами. В стоячей воде это объединение носит временный характер, а в подвижной – постоянный. Клокотание воды (в аэротенке, в горной реке, в подножие водопада, в прибойной зоне моря) стимулирует образование все более совершенных флокул, по форме напоминающих бактерии, из которых флокула состоит – эллипсоидных. Проведена классификация основных морфотипов флокул от ювенильных, до зрелых. Ворсинки позволяют бактериям внутри флокул перемещаться и занимать наиболее комфортное положение: из первоначально беспорядочного конгломерата, аэробы перемещаются к поверхности, анаэробы - к центру, а микроаэрофилы располагаются между ними. Чем интенсивнее движение водной среды, тем прочнее флокулы. Стагнация приводит к распаду флокул – дефлокуляции. Фрагменты зрелых флокул, распавшихся в результате дефлокуляции, не способны объединиться, или восстановить нормальную форму; они обречены на вымывание из системы (Никитина, 2010).

Показана полифункциональность флокул и функциональное сходство активного ила и почвы, водная фаза которой – один из видов водных объектов. Дается новое определение активного ила, который характерен не только для аэротенка, как ранее принято было считать. *Активный ил – это сообщество микроорганизмов, главным образом флокулированных бактерий, которое образуется при интенсивном движении водной среды, загрязненной органическими веществами.*

Было установлено, что зрелая флокула, с одной стороны – «сверхбактерия», выполняющая в экосистеме наибольшее число функций, с другой - «многоклеточный организм» с дифференцировкой клеток по слоям, образованием участков для дефекации и

другими приспособительными механизмами. Показана полифункциональность бактериальных флокул и функциональное сходство активного ила и почвы (Никитина, Никитин, 2002, 2008).

Показано, что общепринятое понятие «старые» не применимо к бактериальным флокулам, так как они непрерывно обновляются путем размножения бактерий и элиминации балласта; корректнее употребление термина «зрелые». Подмечена закономерность: *чем больше возраст активного ила, тем больший относительный объем в его флокулах занимает анаэробная зона, но это – не «старение», а совершенствование флокул с точки зрения трансформации все большего спектра веществ и надежности процесса очищения воды в целом.*

Своевременное восстановительное вмешательство в процесс очистки воды по показаниям биоэстимации помогает предотвращать нарушения флокуляции, а следовательно, предотвращать снижение качества очищенной воды. Установленная закономерность изменения агрегационной способности микроорганизмов меняет ранее существовавшие представления о том, что флокуляция бактерий возможна только в аэротенке, что флокулы активного ила разрушаются при избыточной аэрации, а также открывает возможности целенаправленного управления процессом флокуляции (агрегирования) бактерий и успешной разработки мероприятий, направленных на оптимизацию процессов, протекающих в подвижных средах.

Глава 4. ОРГАНИЗМЫ АКТИВНОГО ИЛА И ИХ РОЛЬ В БИОЭСТИМАЦИИ

Данная глава с обилием рисунков, микрофотографий и электронограмм, одновременно является и атласом биоэстиматоров, подробным описанием редких форм и новых видов (Никитина и др. 1981, 2008).

В активном иле можно встретить типичных представителей и планктона, и бентоса. Все они в зоне аэрации поддерживаются во взвешенном состоянии, а в зоне отстаивания – опускаются на дно, откуда должны без промедления перекачиваться назад, в зону аэрации, на встречу с новой неочищенной сточной жидкостью. В сообщество активного ила входит как микрофлора, так и микрофауна. Активный ил представлен не менее чем 14-тью группами из 35 групп по 9-му изданию Определителя бактерий Берджи (1997) и двенадцатью

классами беспозвоночных животных. Автор диссертационной работы рассматривает организмы активного ила, прежде всего, с точки зрения их показательной роли в оценке процесса биотического очищения воды; их точная систематическая принадлежность в данном случае не актуальна.

Бактерии. Удобной биоэстиматорной группой являются хламидобактерии. Наиболее типична – *Sphaerotilus natans*, представляющая собой изоморфу различных по систематической принадлежности бактерий; учитывается как биоэстиматор № 5. Массовое развитие нитчатых бактерий приводит к вспуханию активного ила (вспухание подробно рассмотрено в главе 6). Роговидные микроколонии различных бактерий, известные как *Zooglea ramigera*, широко распространены в природе. В норме эти микроколонии автор обнаруживал в незначительных количествах, а массовое их развитие – при нарушениях процесса очистки, вызванных влиянием стоков пищевой промышленности и, прежде всего, содержащих сахара. Роговидные флоккулы учитываются как биоэстиматор № 7.

Актиномицеты. Из актиномицетов чаще встречаются роды *Nocardia* и *Microthrix*. У многих авторов вызвал недоумение очень медленный рост этих организмов в культуре: каким образом они выживают в активном иле, где множество бактерий со значительно большими скоростями размножения.

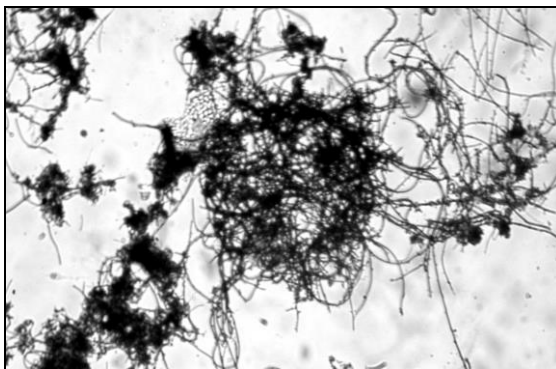


Рис. 1. *Microthrix parvicella*, образующая клубки при шоковых нагрузках на активный ил; x 400.

Автор утверждает, что медленно размножающиеся актиномицеты получают шанс в активном иле только потому, что основные деструкторы загрязнений – псевдомонады – перегружены пищей. На остаточном субстрате и развиваются актиномицеты, представляя собой биоэстиматор перегрузок активного ила (биоэстиматор № 5а), который чаще подсчитывается вместе с хламидобактериями. При перегрузке, особенно при шоковой нагрузке активного ила, актиномицеты разрастаются очень обильно, а если не принимать

безотлагательные меры по уменьшению нагрузки, они образуют клубки, способствующие вспениванию активного ила (рис.1).

Цианобактерии. Автором установлено, что при нарушающем воздействии промстоков, содержащих спирты, в активном иле разрастаются нитчатые, напоминающие цианобактерий, но совершенно бесцветные. Особенно яркая картина их разрастания в аэротенках наблюдается на очистных сооружениях в городах, имеющих спиртовые или пивоваренные заводы. Корректнее было бы их называть цианобактериоподобные, но получается слишком громоздко. Оставив наименование "цианобактерии" для биоэстиматора № 9, автор отдает себе отчет в том, что это могут быть и не только цианобактерии, потерявшие свои фотоферменты, но и, например, скользящие бактерии, поэтому данный термин не имеет таксономического значения.

Золотистые водоросли. К этому отделу относятся преимущественно микроскопические водоросли, в природных водоемах имеющие хлоропласты, окрашенные в золотистый цвет, а в активном иле - бесцветные. Для целей биоэстимации жгутиконосные формы этих организмов объединены в экологическую группу «жгутиковых» и подсчитываются вместе со жгутиковыми животного происхождения как биоэстиматор № 1 — показатель динамического обеспечения процесса очищения воды, а именно, ее проточности.

Диатомовые и зеленые водоросли в биоэстимации не используются.

Мелкие, трудно идентифицируемые, сапрозойные жгутиковые (Mastigophora) получают массовое развитие в активном иле в пуско-наладочный период работы станции аэрации, когда еще не сформировался зрелый активный ил, очистка еще неудовлетворительная, очищенная вода чрезвычайно мутная. На старых станциях аэрации это связано с образованием зон залежей активного ила в системе его циркуляции, а в водоемах — с наличием зон загнивания ила на дне. Все жгутиковые и морские и пресноводные, для целей биоэстимации объединены в биоэстиматор № 1.

Автором подробно описана крайне мало изученная экологическая группа — ожелезненные микроколонии бактерий и предложено для нее название — сидеротеки. Они долгое время использовались в биоэстимации без идентификации как биоэстиматором № 6. Описано их обнаружение, изучение с помощью светового и электронного микроскопов, трудности связанные с их идентификацией; приведены многочисленные электронограммы. В качестве примера, на рис. 2 изображены два различных морфотипа сидеротек в одном поле зрения.

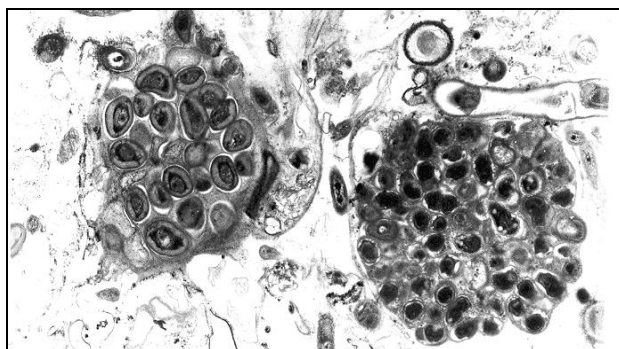


Рис. 2. Электронограмма сидеротек двух морфотипов (9000х).

Водные грибы. Для развития водных грибов в аэротенках созданы наилучшие условия: принудительная аэрация, необходимая этим строгим аэробам, обилие органических веществ в поступающей сточной воде, оптимальная температура. Они поразительно устойчивы к различного рода токсичным стокам и включены в состав биоэстиматора № 8. В нетоксичной среде гифомицеты подавляются обычными бактериями активного ила, которые размножаются значительно быстрее, покрывают гифы грибов все утолщающимся слоем, перехватывают у них пищу, вызывают фрагментацию гиф и гибель грибов.

Многие представители микрофауны, обнаруживаемые в бентосе и планктоне природных водных объектов, являются и представителями сообщества активного ила.

Голые амёбы. В биоэстимации наибольшее значение имеют чрезвычайно мелкие голые амёбы, которые обнаруживаются только при увеличении в 300-400 раз. В норме они прячутся внутри бактериальных флокул. Массовое их развитие происходит при нарушении динамического обеспечения процесса очистки за счет неудовлетворительного общего перемешивания иловой смеси в аэротенке или в водном объекте (голые амёбы и амёбоиды – это биоэстиматор № 2).

Раковинные амёбы. Так же как и в природных водоемах, в аэротенке можно выделить две экологические группы - бентосные и планктонные раковинные амёбы. *Бентосные раковинные амёбы* активного ила – это представители известных родов *Arcella*, *Euglypha*, *Gentropixis*, *Pamphagus* и др. Они, также как и сидеротеки, входят в состав биоэстиматора № 6, показателя перегрузки основных деструкторов трудно окисляемыми органическими веществами.

Планктонные раковинные амёбы редки в перегруженном активном иле, но получают массовое развитие при нарушающем воздействии на процесс очистки стоков, нетоксичных, но нарушающих флокуляцию бактерий. Если следовать рекомендациям многих методик по контролю активного ила, то его следует изучать после отстаивания, взяв пипеткой осевшую порцию ила. В таком случае планктонтов не замечают, так как они остаются в воде над илом.

Автор впервые обнаружил и изучил эту экологическую группу в активном иле, а также установил их биоэстимационное значение. В частности, описан новый вид с диаметром раковинки около 10 мкм: *Gromia neglecta*, sp. n. (Никитина и др., 1981). Позднее была описана еще более мелкая *Gromia pusilla*, диаметром всего 3–4 мкм, часто образующая агрегаты из 4–8 клеток, реже – и более обширные агрегаты (Никитина, 2010). Солнечники для целей биоэстимации подсчитываются вместе с громиями, и объединены в экологическую группу планктонных раковинных саркодовых (биоэстиматор № 10) – показатель нарушающего воздействия жиров и нефтепродуктов.

Ресничные инфузории. Уже первые исследователи процесса очистки сточных вод обратили внимание на то, что для разной степени очистки, или качества очищенной воды характерны определенные наборы видов инфузорий. Однако, в данном исследовании цель – отобразить не качество воды (конечный результат), а факторы, мешающие нормальному ходу очищения воды. Биоэстимационное значение инфузорий невелико. Все ресничные инфузории разделены на две экологические группы: подвижные, а также имеющие малое околоротовое поле (биоэстиматор № 3), и прикрепленные (биоэстиматор № 4). Замечена закономерная смена формаций: *по мере увеличения подвижности среды и восстановления флоры бактерий, количество доступной для подвижных организмов пищи уменьшается, они перестают покрывать свои энергетические затраты за счет все более рассеянной пищи и постепенно замещаются прикрепленными инфузориями с хорошо развитым собственным, либо суммарным околоротовым полем в колониях, обеспечивающим концентрацию пищи из значительно большего объема воды.*

Сосущие инфузории и многоклеточные организмы в биоэстимации не используются.

Глава 5. РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИОЭСТИМАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

С первых дней работы на Зеленоградской станцией аэрации (ЗСА) в 1967 г. автор слышал утверждения опытных технологов, что сам процесс биологической очистки является «черным ящиком» и методов его контроля не существует. Имея базовое биологическое образование, автор в деталях изучил инженерную и технологическую части работы очистных сооружений, затем продолжил совершенствование контроля биологической очистки сточных вод с привлечением статистического анализа собранного фактического материала.

Постепенно пришло понимание того, что такие, считающиеся важными показатели, как температура, pH, растворенный кислород малоэффективны при контроле процесса

биоочистки, и что акцент должен делаться на гораздо более значимых факторах воздействия: это динамическое обеспечение процесса, нагрузка на деструкторов и специфические воздействия промстоков. Изучение организмов активного ила проводилось с целью понять, как они реагируют на воздействия именно значимых факторов на процесс очистки сточных вод. Первая группа факторов, обусловленная динамическим обеспечением процесса очистки сточных вод, осуществляется техническими средствами и зависит от конструктивных особенностей очистных сооружений, от набора работающего оборудования и от надзора за ним. Вторая группа факторов, обусловленная нагрузкой на деструкторов, зависит от массы самих деструкторов, или дозы активного ила в аэротенке, которая должна соответствовать массе поступающих на переработку загрязнений. Третья группа факторов, обусловленная специфическими примесями, зависит от состава промышленных стоков предприятий, канализуемых в сеть города. Отображение воздействий этих групп факторов организмами активного ила было положено в основу новой системы показательных организмов, отображающей именно ход очистки, нарушающее влияние на него разных факторов, а не его результат (качество воды).

Установлено, что для создания новой системы контроля, не только информативной, но и удобной для широкого применения в условиях производства, выбранные биоэстиматоры должны отвечать следующим требованиям: 1) иметь характерный, легко распознаваемый облик и подсчитываться с помощью светового микроскопа; 2) быть обычными обитателями активного ила различных СА; 3) иметь ярко выраженную динамику численности в ответ на нарушающие воздействия; 4) изменять свою численность в ответ на внешние по отношению к активному илу воздействия, статистически не обнаруживая численной зависимости относительно друг друга.

Для начала было выявлено 44 показательных организма, отвечающих первым двум требованиям. Было взято около 160 анализов по датам отбора проб активного ила, в которых тщательно подсчитывались все 44 предполагаемых биоэстиматора. Были выявлены и организмы с ярко выраженной динамикой численности в ответ на нарушающие процесс воздействия. Математически было доказано, что выбранные организмы активного ила изменяют свою численность в ответ на внешние воздействия, а не вследствие взаимного влияния, то есть биотически они независимы. Автор установил, что при нарушении нормального хода биологической очистки сточных вод группы организмов, выбранные в качестве биоэстиматоров, не уменьшают, а аномально увеличивают свою численность. Все микроорганизмы активного ила автор подразделил на две группы. *Первая, основная, группа играет главную роль в деструктивных процессах – это органотрофные бактерии,*

организованные во флоккулы; Вторая, с меньшей численностью и биомассой, но с большим внешним разнообразием, не имея существенного значения в деструктивных процессах, получают преимущества в среде при подавлении жизнедеятельности основных деструкторов, то есть организмов первой группы. Вспышки численности микроорганизмов второй группы – адаптивная реакция экосистемы на изменение экологических условий. Это наблюдение согласуется с исследования Д.Г. Звягинцева (2003) о двух пулах органотрофных микроорганизмов : основного и дополнительного. Именно из второй группы были выбраны показательные микроорганизмы-биоэстиматоры, наблюдение за изменением численности которых помогает проводить оценку хода очищения воды и назначать восстановительные мероприятия. Идет закономерная смена формаций: для размножения биоэстиматоров условия среды становятся тем благоприятнее, чем неблагоприятнее они для жизнедеятельности основной, первой группы микроорганизмов-трансформаторов загрязнений, и наоборот. Эти «экологические качели» были позднее выявлены и на природных водных объектах.

Нарушение процесса биологической очистки сточных вод выражается, прежде всего, в том, что очищенная вода становится все более мутной вследствие увеличения концентрации в ней недоокисленных веществ, взвесей, нефлокулированных бактерий, мельчайших фрагментов флоккул активного ила, тогда и происходит вспышка численности показательных организмов. Поэтому для расчета нормальной численности биоэстиматоров были выбраны периоды такой работы СА, когда прозрачность надельной воды (по Снеллену) была не менее чем 30 см. Были рассчитаны средние нормальные численности биоэстиматоров и средние квадратические отклонения при нормальном ходе очистки. Оказалось, что при нарушениях очистки, когда для восстановления процесса требовалось вмешательство оператора, численности биоэстиматоров превышали $m+7\sigma$ (пороговые численности). Был построен первый вариант системы биоэстимации, в который вошло шесть биоэстиматоров, установлен порядок контрольных и пороговых численностей, хотя и требовавших некоторого уточнения (Носов, Никитина, Максимов, 1980). Проверка первого варианта системы биоэстимации на сотнях различных СА показала его полную пригодность для оценки нарушений процесса очистки и выявила возможность совершенствования этой системы. Некоторые биоэстиматоры из первого варианта были объединены, и добавлены новые так, что оказалось всего 10 биоэстиматоров (Никитина и др., 1987). Из всех многочисленных факторов, воздействующих на процесс, выявлены наиболее значимые, объединенные в три основные группы и создана соответствующая графическая модель (рис. 3). Выявленные биоэстиматоры были распределены по трем группам факторов

таким образом, чтобы изменением своей численности, они отображали изменения воздействий на процесс факторов соответствующей группы. В состав каждой группы основных факторов входят биоэстиматоры, которые, в свою очередь, представляют собой экологические группы микроорганизмов, подробно описанные в гл. 4. При этом каждая из основных групп факторов, независимо от других, отображается соответствующими независимыми биоэстиматорами.

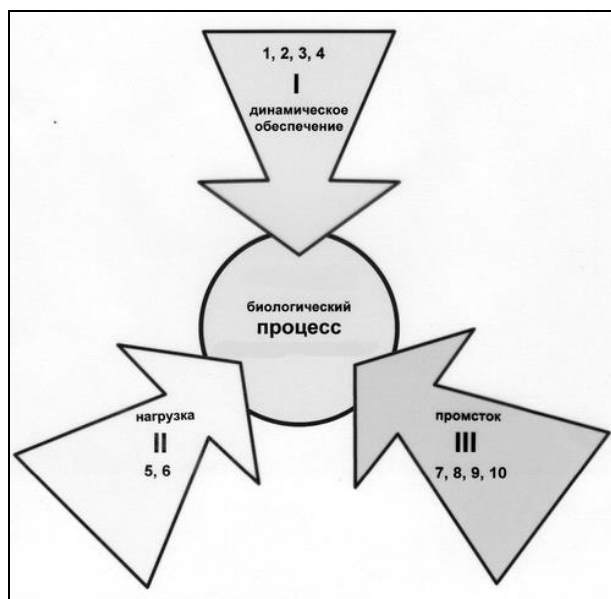


Рис. 3. Схема воздействия основных групп факторов на процесс биотического очищения воды (римские цифры) и номера соответствующих биоэстиматоров (арабские цифры).

Но на этой стадии усовершенствования биоэстимации автор еще не четко разграничивал оценку воздействий внутри каждой группы факторов. По мере того как накапливался опыт наладки работы СА в различных городах, детализация внутри групп оказалась возможной. В таблице 1 представлен третий, современный вариант биоэстимации. В графе 1 – три основные группы факторов; в графе 2 – факторы, их всего 9; в графе 3 перечислены биоэстиматоры, их - 10; в графе 4 приведены пороговые численности биоэстиматоров; в графе 5 приведены типовые восстановительные рекомендации, соответствующие каждому нарушающему фактору. На основании типовых рекомендаций на местах разрабатываются конкретные мероприятия. Например, рекомендация «устранение зон застоя» может включать такие конкретные мероприятия: увеличение процента рециркуляции активного ила, прокладка по дну дырчатых труб с подачей в них воздуха или размывочной воды, изменение схемы поступления потоков, и т.п. Биоэстимация оказалась не только чрезвычайно информативной, но и имеющей прогностические свойства. Между действием какого-либо фактора на процесс очистки и изменением качества очищенной воды

проходит значительный промежуток времени. В сообществе активного ила идет непрерывная перестройка, адекватная воздействиям, причем даже таким слабым, которые еще не могут быть обнаружены традиционными методами контроля.

**Обобщенная характеристика биоэстимации
процесса очистки сточных вод**

Таблица 1.

Группы факторов	Факторы	Биоэстиматоры	Пороговые численности биоэстиматоров	Восстановительные рекомендации
1	2	3	5	6
I Динамическое обеспечение процесса	I-1 Проточность	Б-1 Жгутиковые	3,5	Выявление и устранение зон застоя; увеличение % рециркуляции
	I-2 макро турбулентность	Б-2 Голые амёбы	1,9	Увеличение интенсивности аэрации
	I-3 микро турбулентность	Б-3/Б-4 Отношение численности свободно плавающих и прикреплённых инфузорий	1,0	Установка аэраторов с меньшими отверстиями на фоне увеличения интенсивности аэрации
II Нагрузка, деструкторов загрязнений	II-1 по легко окисл. органике	Б-5 Хламидобактерии и актиномицеты	15,0	Увеличение концентрации акт. ила в аэротенках на фоне увеличения его рециркуляции
	II-2 по трудно окисл. органике	Б-6 Бентосные раковинные саркодовые и сидерофиты	4,7	пресечение трудно окисляемых потоков
III Воздействие промышленных стоков	III-1 сахаров	Б-7 Роговидные флоккулы бактерий	2,9	Выявление предприятий-нарушителей сброса соответствующих стоков; установка или модернизация локальных очистных сооружений при этих предприятиях
	III-2 токсикантов	Б-8 Гифомицеты	2,9	
	III-3 спиртов	Б-9 Цианобактерии	1,5	
	III-4 нефте-продуктов, жиров	Б-10 Планктонные раковинные саркодовые	4,7	

Глава 6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЭСТИМАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКОЙ СТОЧНЫХ ВОД

Биологическая очистка сточных вод включает два этапа: 1) переработку загрязнений и 2) отделение активного ила от очищенной им вода. Внимание исследователей было сосредоточено, в основном, на первом этапе очистки; второй, не менее важный этап, изучен недостаточно. Автор описывает шесть патологических изменений структуры флокул,

мешающих успешному отделению активного ила от очищенной им воды отстаиванием: вспухание, всплывание, вспенивание активного ила, диспергирование, микрофлокуляция и дефлокуляция. До последнего времени ни одна из этих проблем в мировой практике не была решена. Однако автору удавалось достигать успеха в их решении, используя биоэстимационный подход, открывающий целый пласт дополнительной информации о процессе очистки сточных вод, недоступной при традиционном контроле.

Вспухание активного ила (Bulking) – наиболее распространенная проблема, как в нашей стране, так и за рубежом (Jenkins, 2003 и др.). При этом наметился некоторый скептицизм относительно возможности разрешения проблемы вспухания. Автор выяснил, что это происходит из-за однопричинного подхода к проблеме и, как следствие этого, универсализма в восстановительных рекомендациях. Прежде всего, следовало дать четкое определение *вспуханию активного ила* – это увеличение объема осевшего активного ила при той же его массе за счет разрастания в нем нитчатых организмов – хламидобактерий, цианобактерий, гифомицетов. Вспухание – это адаптивная реакция активного ила на соответствующие факторы воздействия. Адаптивность разрастания различных нитчатых организмов в активном иле выражается в том, что он становится более рыхлым, а это способствует интенсификации его массообмена в сложившихся условиях, неблагоприятных для органотрофных бактерий. Уничтожать нитчатые организмы химикатами, как это принято в мировой практике в настоящее время, бессмысленно. Автором выявлены причины, разработаны и подробно описаны диагностика, устранение и предотвращение хламидобактериального, цианобактериального, гифомицетного и комбинированного вспухания активного ила.

На практике часто путают вспухание с другим, не менее часто наблюдаемым нарушением – *всплыванием* активного ила, или поднятием массы осевшего активного ила на поверхность отстойника (Rising). Автор различает два вида всплывания: в виде «шапок», и в виде «крупы». Всплывание в виде «шапок» – это поднятие осевшего активного ила со дна отстойника вследствие накопления газообразных метаболитов. При этом крупные фрагменты массы осевшего активного ила легко всплывают при гидравлических толчках. Установлена и причина этого явления: несвоевременная выгрузка осевшего активного ила со дна отстойника. Причина всплывания активного ила в виде «крупы» совсем иная: хотя и этот вид всплывания наблюдается в отстойнике, причина – в неудовлетворительном промешивании иловой смеси в аэротенке. Приводится подробно описывается механизм этого явления, а также его диагностика, устранение и предотвращение.

Оставался неизученным и сам механизм оседания активного ила. Это приводило к использованию различных нагромождений в отстойниках (ламинаров), либо использование искусственных флокулянтов, что иногда давало временный эффект, но крайне вредило нормальному оседанию впоследствии. Автор описывает механизм оседания активного ила следующим образом: *бактерии, объединяясь во флоккулы с помощью ворсинок, выпускают ворсинки не только за пределы бактериальных клеток, но и за пределы флоккул, способствуя их временному срастанию и сопряженному оседанию.* В английской научной литературе есть термин «blanket», которым обозначали эту временную структуру, но ее сущность не вскрывается (Hawkes, 1963 и др). В русской технической литературе соответствующего термина нет. Автор предлагает пользоваться английским термином в русской транскрипции – бланкит (с ударением на первом слоге). Так же как и флоккулы могут быть инициальными и зрелыми, так и бланкит может быть инициальным и зрелым. Нити зрелого бланкита, образованные слипанием многочисленных бактериальных ворсинок, иногда можно наблюдать визуально при оседании активного ила. В норме, бланкит образуется в первые секунды отстаивания иловой смеси, что хорошо прослеживается при оседании активного ила в цилиндре. Постепенно уплотняясь и опускаясь на дно, бланкит увлекает за собой нефлокулированные организмы активного ила, обеспечивая высокую прозрачность очищенной воды. На дне организмы активного ила продолжают свою жизнедеятельность с выделением различных газообразных метаболитов.



Рис. 4
Начало всплывания
осевшего бланкита со дна цилиндра.

На рис. 4 изображено начало всплывания бланкита со дна цилиндра. Несвоевременно выгруженный уплотненный бланкит постепенно разрыхляется за счет скопления газообразных метаболитов, которые, прорываясь в виде пузырьков, тянут за собой вверх бланкит, который по мере всплывании на поверхность распадается на крупные фрагменты – «шапки».

Не решена в мировой практике и проблема вспенивания активного ила (Foming). Определение автора: *вспенивание – это поднятие активного ила на поверхность в виде*

коричневатой рыхлой массы. Это явление не следует путать с пенообразованием – образованием белой пены, что устраняется простым увеличением массы активного ила. Автор различает три вида вспенивания активного ила: за счет разрастания в нем актиномицетов; за счет поступления с очищаемой водой белка или крахмала; и за счет поступления содержимого пенных огнетушителей. Хотя внешне все три вида вспенивания могут выглядеть одинаково, автором разработаны диагностика, устранение и предотвращение, различные при каждом виде вспенивания активного ила.

Особое внимание автор уделяет и сравнительно новому, но получившему широкое распространение катастрофическому изменению активного ила, названному образованием *илового плавающего слоя (ИПС)*. Диагностика, устранение и предотвращение всех описанных выше патологических изменений структуры активного ила очень важны, так как каждое из них приводит к снижению качества очищенной воды. Но особенно тяжелые последствия несвоевременного устранения этих нарушений бывают, если на одной и той же станции аэрации *одновременно* происходит всплывание, вспухание и вспенивание активного ила, так как вслед за этим вскоре наблюдается ИПС. Острая нехватка специалистов, владеющих методом биоэстимации, приводит к тому, что момент, когда происходит накладка вспухания, всплывания и вспенивания активного ила оказывается упущенным, и образуется ИПС, который не устраняется мерами, действенными при нарушениях, которые его породили. Это – качественно иное явление, представляющее собой необратимую форму деградации активного ила, при которой приходится весь активный ил собирать с поверхности аэротенков и отстойников и вывозить на свалку, затем организовывать перезапуск очистных сооружений. К сожалению, это явление во всем мире называют «пенообразованием», и этот ошибочный термин блокирует возможность понимания и предотвращения ИПС.

Оставалась нерешенной проблемой и часто наблюдаемая деградация самих бактериальных флокул, утрачивающих способность к оседанию. В диссертационной работе подробно описаны *диспергирование, микрофлокуляция и дефлокуляция*, их причины, диагностика, устранение и предотвращение с использованием биоэстимации. Приводится и сравнительный анализ многочисленных примеров биоэстимации процесса очистки сточных вод на различных станциях аэрации, от коттеджных до крупных городских, как в РФ, так и за рубежом.

Глава 7. НЕТРАДИЦИОННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ЕЕ НА ПРАКТИКЕ

Автор проводит критический обзор существующей парадигмы биологической очистки сточных вод и современных учебников, в том числе зарубежных, отмечает, что при проектировании станций аэрации биологи не привлекаются, поэтому механическая и физико-химическая очистка разработаны хорошо, а биологическая – оставляет желать лучшего. В диссертационной работе приводятся примеры различных СА зарубежного образца, подробно описаны считающимся последним достижением две СА, расположенные в разных районах города. Здесь наблюдаются различные нарушения процесса, вплоть до образования ИПС, кроме того, удаляется огромное количество «избыточного» активного ила, в связи с чем построены сооружения по его уплотнению и обезвоживанию, осуществляется погрузка его на самосвалы, постоянно вывозящие его за город. Многие позиции, на которых базируется современная зарубежная технология, автор опровергает, в частности отбавку «избыточного ила», беря этот термин в кавычки. Как и многие до него, автор изучал сукцессию, то есть закономерную последовательность изменений в сообществе активного ила, связанных с его развитием, и пришел к выводу, что климаксовое сообщество активного ила – стабильное, завершающее сукцессию – сохраняет свои структуру и функции неизменными в динамическом равновесии. Несмотря на постоянный приток все новых органических загрязнений, преобразуемых до углекислоты, воды, и др. простых веществ, прирост биомассы активного ила прекращается. Это автор использовал при разработке безотходных Биоблоков. Нетрадиционная концепция очистки сточных вод сопоставляется с традиционной (табл. 2).

Сопоставление традиционной и предлагаемой концепции очистки сточных вод

Таблица 2.

№	Традиционные положения	Предлагаемые положения
1	2	3
1	Первичное отстаивание облегчает биоочистку	Это справедливо только при плохой работе песколовков и решеток. В норме, первичное отстаивание вредно для биоочистки, как и всякий не аэрируемый блок на пути движения сточной жидкости.
2	Проектирование и контроль биоочистки следует вести по БПК	Рассчитанные по БПК биологические ОС необоснованно лимитированы и по объему, и по энергозатратам, та как БПК отображает лишь часть загрязнений.
1	2	3
3	В аэротенках протекают только аэробные процессы	В аэротенках около 15% аэробных микроорганизмов, они и обеспечены по традиционным проектам. Остальные деструкторы – их около 85% - не обеспечены и «работают» в неблагоприятных условиях
4	Водный гумус, песчинки – биоэнергетны.	Эти загрязнения перерабатываются в анаэробных центрах флоккул, вызывая не учитываемую традиционными методами

		дополнительную нагрузку на активный ил
5	Для удаления из сточной воды азота нужны специальные отсеки-денитрификаторы без аэрации	Денитрификация происходит в анаэробных центрах бактериальных флуккул. Дополнительные неаэрируемые отсеки для этого не нужны
6	Биоочищенную сточную воду следует обеззараживать	Биоочищенная вода, при отсутствии нарушений процесса, стерильна по любому виду патологии. Любые средства обеззараживания - лишняя трата средств и вред природе.
7	Сообщество активного ила уникально, не имеет аналогов в природе, существенно различается даже на разных ОС или в разных городах.	На всех станциях аэрации активный ил идентичен. Различия связаны только с нарушениями процесса. В любых водных объектах гидросферы могут создаваться аналогичные условия с образованием типичных флуккул активного ила.
8	На каждой СА процесс очистки различается существенно, так как зависит от состава стоков, устройства, оборудования, местонахождения и т.п.	Все СА являются биологическими реакторами одного типа. Но регламент очистки различных стоков может различаться, так как они могут содержать вещества, нарушающие очистку. В норме процесс очистки сточных вод на всех СА тождественен.
9	В аэротенках непрерывно наращивается масса активного ила, часть ее следует удалять как избыточную. Для ее переработки нужны илоуплотнители, реагенты, фильтропрессы, иловые карты и др.	Избыточного (лишнего), активного ила не бывает, его образуется ровно столько, сколько необходимо для деструкции конкретного количества поступающих на очистку загрязнений, при оптимизации процесса. Вся индустрия по переработке, транспортировке и размещению избыточного ила может оказаться ненужной
10	Существует строгий регламент на дозу ила в аэротенках: 1-3 г/л (стандарт РФ) или 3-6 г/л (европейский стандарт), остальное - считать избыточным	Концентрация (доза) активного ила в процессе эксплуатации каждой конкретной СА нарастает до величины, характерной для данной СА. Критерий нормы – прекращение наращивания концентрации активного ила, при отсутствии его отбавки
11	Активному илу присуще старение; наилучший активный ил – молодой, в возрасте нескольких дней	Активный ил не стареет, он непрерывно самообновляется в проточной системе при своевременном отведении метаболитов. Зрелый активный ил, с возрастом 30-50 и более суток, чистит воду лучше, чем молодой
12	Размещение в аэротенках материалов-носителей биоплёнки (различные виды стационарных и плавающих пористых загрузок) улучшает процесс биоочистки	Любые дополнительные элементы в аэротенке затрудняют массообмен и мешают очистке сточных вод. На носителях образуются микрзоны застоя и загнивания активного ила с последующим сползанием и всплыванием.
13	Размещение в отстойниках ламинаров способствует лучшему оседанию активного ила	Ламинары мешают сопряженному оседанию активного ила, так как нарушают процесс формирования временного образования – бланкита
1	2	3
14	Контроль процесса биологической очистки сточных вод ведется по качественным показателям	Контроль биоочистки ведется по биоэстимации, дающей ответ на вопросы: нормально протекает процесс, или он нарушен, по какой причине нарушен, как долго продлится нарушение, каков прогноз качества, какие требуются восстановительные, или превентивные, мероприятия.
15	Изменения процесса очистки происходят одновременно с	Изменения процесса очистки опережают изменения его результата – качества очищенной воды на несколько периодов

	изменениями качества воды; восстановительные меры принимаются после снижения качества очищенной воды	аэрации. Биоэстимация информирует о всех изменениях процесса очистки. Снижение качества выходящей воды можно предотвращать, вмешиваясь в процесс на стадии его формирования.
16	При вспухании активного ила его следует обрабатывать реагентами, убивающими нитчатые организмы	Вспухание активного ила – это его адаптивная реакция на перегрузку или неблагоприятные стоки. Следует устранить нарушающие факторы, и нитчатые организмы постепенно самоустроятся
17	Высокое и стабильное качество воды, выходящей с ОС, возможно только при использовании доочистки	Доочистка имеет больше недостатков, чем достоинств. Гораздо эффективнее использование, когда это требуется, второй ступени биологической очистки
18	Необходимо удаление фосфора из всех сбрасываемых вод	Многие малые реки – приемники сточных вод – страдают от недостатка фосфора в них. Удаление фосфора только при опасности цветения конкретного водоема.
19	Удаление фосфора предписано с использованием реагентов и выводом из системы большого количества избыточного активного ила	Применение реагентов нарушает процесс очистки. Удаление фосфора рациональнее производить с использованием особым образом организованной третичной очистки.

Автор предлагает не только новую концепцию, но и новый принцип разработки регламента очистки сточных вод. Без использования традиционных формул все расчеты делаются исходя из лабораторных испытаний конкретной сточной жидкости, при этом подчеркивается, что особенно важны такие испытания при работе с концентрированными производственными стоками. Приводятся примеры того, какие сложности могут возникнуть при очистке стоков однотипных заводов; эти осложнения рациональнее выявлять при проведении лабораторных опытов с активным илом, чем на готовых сооружениях. На основе новой концепции разработаны принципиальные схемы авторских безотходных Биоблоков для очистки различных стоков. Приводятся фотографии Биоблоков, которые введены в эксплуатацию в различных населенных пунктах РФ.

По просьбе группы специалистов, связанных с утилизацией отходов животноводства в Белгородской области, в которой все возрастающие отходы блокируют выполнение государственного заказа на увеличение мощности животноводческих комплексов, автор для решения этой проблемы предлагает принципиальную схему безотходной переработки навозной жижи на основе комплексной технологии с использованием активного ила, который образуется на последней ступени Биоблока. Этот активный ил состоит преимущественно из эллипсоидных флокул; в нем максимально активны и аэробы, и микроаэрофилы, и анаэробы одновременно, его жизнеобеспечение оптимизировано по биоэстимации, активный ил не прирастает. Чтобы его не путать с активным илом, образующимся по традиционной технологии, предложен термин «Актил», а безотходная

технология - "Актил-технология". Эта же технология может использоваться для переработки жижи, выкачиваемой их многочисленных септиков. Актил может также использоваться в качестве добавки для интенсификации различных биологических процессов (силосование, компостирование, устранение запахов в животноводческих комплексах, повышение плодородия почв и пр.).

Глава 8. О НЕОБХОДИМОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ В ВУЗАХ НОВОГО СПЕЦКУРСА «БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД»

Подготовка принципиально нового специалиста биолога-биотехнолога для биологических очистных сооружений – давно назревшая проблема. Однако ни один вуз таких специалистов не готовит. В монографии анализируются недостатки современного преподавания по теме: «Биологическая очистка сточных вод» и причины того, что развитие биологической очистки стоков (БОС) пошло по тупиковому пути. Основную проблему автор видит в традиционном одностороннем, технико-химическом подходе к БОС, а это в равной степени технико-химическая и биологическая проблема. В штатном расписании крупных СА предусмотрен гидробиолог, но его наблюдения за состоянием микроорганизмов активного ила всерьез никто не принимает, да и сам гидробиолог не может решать какие-либо технологические проблемы, для этого есть технолог с техническим образованием. Назрела необходимость окинуть обе составляющие единым взором. Автор предлагает пути подготовки биолога-биотехнолога БОС. Студенту следует поступать на биологический факультет, затем на кафедру общей экологии или гидробиологии, затем прослушать часть спецкурсов на кафедрах микробиологии, низших растений и зоологии беспозвоночных животных. Из спецкурсов других факультетов можно рекомендовать биологию почв (факультет почвоведения), общую и неорганическую, органическую, аналитическую химию, гидрохимию (химический факультет), гидравлику, материаловедение, гидротехнические сооружения и оборудование (физический факультет), инженерную геологию (геологический факультет). По мере «обкатки» программы отдельные спецкурсы и практикумы могут заменяться и дополняться. Потребуется совершенствование программы обучения, демонстрационных материалов, максимальная компьютеризация образовательного процесса. Особое внимание следует уделять непосредственной работе студента с активным илом на протяжении всех лет обучения. Для этого необходимо смонтировать действующую модель из плексигласа, эмитирующую БОС с различным набором подключающихся устройств и позволяющую наблюдать все этапы очистки воды благодаря прозрачным стенкам. Студенту следует иметь навык манипуляции имеющимся оборудованием и навык изготовления его модификаций с помощью инженерных служб

факультета. Приводится авторский цикл теоретических и практических программ по данному спецкурсу. Предлагается планирование и обсуждение послевузовской работы на производстве или в НИИ; налаживание связей с местом последующей работы (учебы); проведение конкретных работ по заданиям и договорам. Помимо подготовки студентов и аспирантов, в университете следует предусмотреть курсы повышения квалификации специалистов, работающих на сооружениях биологической очистки сточных вод, но не имеющих квалификации биотехнолога. Поскольку СА – это модель, в которой природные процессы самоочищения воды многократно ускорены техническими средствами, но сущность самого процесса – одна и та же, как и большая часть нарушений процесса, а восстановительные мероприятия – аналогичны, в рассматриваемой, пока еще не утвержденной, специальности «Биотехнология очистки сточных вод» можно предусмотреть и специализацию: "Биоэстимация процесса самоочищения воды". Такие специалисты окажутся востребованными при рекультивации многочисленных пресноводных и морских водных объектов и их участков, при водной рекультивации урботерриторий, при восстановлении малых водных объектов, таких как скважины, колодцы, аквариумы, дачные и рыбоводческие пруды и пр. Со временем биоэстимация станет частью мониторинга. А, поскольку водные объекты не ограничиваются водоемами и водотоками: есть и почвенная влага, и скопления жидкости в открытых полостях растений и пр., то потребуются специализации: «Биоэстимация жизнедеятельности почвенной микробиоты», «Биоэстимация в фитопатологии» и др. Авторская монография может использоваться как учебное пособие по данному спецкурсу.

Глава 9. БИОЭСТИМАЦИЯ ПРОЦЕССА САМООЧИЩЕНИЯ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ И НОВЫЙ ПРИНЦИП РАНЖИРОВАНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Общее ухудшение состояния окружающей природной среды и снижение её регенерирующего потенциала свидетельствует о явной неэффективности существующей системы охраны окружающей природной среды и её компонентов, в особенности водных объектов. Практика показала, что разработанный для оценки процесса БОС метод (биоэстимация) может применяться и для оценки процесса самоочищения природной воды.

В табл. 1, гл. 5 обобщена сущность биоэстимации биологической очистки сточных вод; то же применимо и для биоэстимации процесса биотического самоочищения воды в любых водных объектах. Даже пороговые численности - те же самые, то есть метод остается цифровым без доработки. Численности биоэстиматоров удобнее выражать не в млн./г, как в аэротенках, а в тыс./мг, так как взвешенные вещества здесь определяются в мг. Но формулировку восстановительных рекомендаций следует слегка подкорректировать. В графе

1 таблицы 3 перечислены биоэстиматоры, в графе 2 – восстановительные рекомендации, которые назначаются по превышению численности соответствующих биоэстиматоров, в графе 3 - примеры конкретных мер, принимаемых по восстановительным рекомендациям для водных объектов.

Главную роль в трансформации органического вещества в воде играют микроаэрофильные органотрофные бактерии, которым большое количество растворенного кислорода не требуется. Однако они очень чувствительны к своевременному отведению собственных метаболитов. В то же время следует заметить, что если нет возможности проводить биоэстимацию, показывающую интегральную картину обеспечения массообмена деструкторов, количество растворенного кислорода остается единственным косвенным показателем обеспечения массообмена в данной водной среде. В монографии приведены и описаны многочисленные примеры биоэстимации процесса самоочищения воды в различных водных объектах: прудах, каналах, купальнях, колодцах, аквариумах, участках рек, озер, морей. Некоторые примеры весьма показательны при сравнении процесса биотического очищения природных и сточных вод.

Так, в центре озера Маныч-Гудило сложились ярко выраженные застойные явления, да еще и по всем трем факторам, хотя вода здесь чище, чем в других частях того же озера. На примере аэротенков это наблюдается очень часто. Вдоль стен аэротенка массообмен обеспечен отлично, а в центре – аналог болота, так как током воздуха из аэраторов, расположенных вдоль одной из сторон аэротенка, масса иловой смеси сворачивается в валик, в центре которого жидкость остается малоподвижной. Тоже и в озере: у берегов смывы с берегов и конвекционные потоки создают большую подвижность воды, чем в центре. Другой пример: в воде р. Волга в центре г. Нижний Новгород процесс биотического самоочищения оказался таким же напряженным, как и в сточной жидкости, отобранной из канализационного колодца.

Формализация исходных данных об объекте упрощает понимание задачи и отыскание наиболее рационального решения. Одним из вариантов такой формализации является их классификация. Биоиндикация помогает классифицировать водные экосистемы по индексам видового разнообразия и по сапробности; применяются и интегральные критерии - оценка качества экосистемы по нескольким показателям с использованием различных индексов. Но любые качественные показатели лишь констатируют факт нарушения жизни водного объекта. В.К. Шипиков с соавторами, сообщает: «Реально существующие в России экологически значимые решения, принятые с использованием мониторинговых исследований, нам, к сожалению, неизвестны» (2003).

**Примеры конкретных мер,
принимаемых по восстановительным рекомендациям**

Таблица 3

Биоэсти- маторы	Восстановительные рекомендации	Примеры реализации восстановительных рекомендаций
1	2	3
1	Выявление и устранение зон застоя и гниения ила	Протягивание волокуши по дну вызывает всплывание почерневшего ила, газирование поверхности, появление гнилостного запаха, что укажет на место наиболее интенсивной залежи ила; подача в такие места размывочной воды насосами.
2	Увеличение скорости движения воды	Поиск и реализация подпитки притока воды с адекватным оттоком; прокладка дренажей под всеми дорогами и дорожками, окружающими водоем, для свободного движения воды.
3/4	Увеличение промешивания движущегося потока	Увеличение шероховатости дна, путем устройства порогов, либо использование технических средств для аэрации воды. В зимнее время делать лунки во льду, по возможности с мешалкой в виде лодочного мотора. Иногда в пруды устанавливают списанную турбину с электростанции. Иногда прокладывают дырчатые трубы с подачей воздуха (постоянной или периодической)
5	Снижение нагрузки на деструкторов	Подсадка дополнительных деструкторов загрязнений, в том числе на специальных носителях
6	Пресечение потоков гумусовых веществ	Рекультивация берегов таким образом, чтобы устранить размывание грунтов и устройство густых зарослей из различных деревьев, кустов и трав до самого уреза воды для "перехвата" органических веществ, смываемых с берегов
7, 8, 9, 10	Выявление и устранение соответствующих нарушающих сбросов	Обследование потенциальных предприятий-нарушителей, постановка их на учет и контроль. После выявленных предприятий-нарушителей, модернизация, либо строительство новых локальных очистных сооружений при них

Предлагаются такие реально значимые авторские решения, как дополнение существующего мониторинга биоэстимацией, которая не только констатирует факт нарушения, но и содержит рекомендации по восстановлению процесса формирования качества вод путем прямого воздействия на водный объект, а для расстановки приоритетов по восстановительному вмешательству предлагается проводить биоэстимационное ранжирование, то есть разделение всех обследованных участков водного объекта по принципу сохранности в них возможности самоочищения, при этом, чем выше биоэстимационный ранг, тем выше потребность в восстановительном вмешательстве человека.

После выполнения биоэстимации автор предлагает биоэстимационный ранг конкретного водного объекта вычислять по формуле: $N_{\text{ранга}} = n_{\text{ф}} + \sum \lg (N_i/N_{\text{пор}})$, где $n_{\text{ф}}$ – число факторов (из 9-ти), в которых отмечено превышение пороговой численности биоэстиматоров (для Б-3 и Б-4 - превышение отношения их численностей); $\lg (N_i/N_{\text{пор}})$ – логарифм кратности превышения численности биоэстиматоров над ее пороговым значением. Вычисленное значение ранга округляется до целых величин. Например:

1. В последние годы пруд в имении Пушкиных в Болдино стал зарастать ряской. Приехавшая туда комиссия, используя традиционные методы контроля, увидела причину этого явления в илонакоплении на дне водоема и предложила спустить воду из пруда и выгребать ил бульдозером. Но илонакопление – это следствие нарушения процесса самоочищения, а не его причина. Не выявив и не устранив истинную причину нарушения процесса, можно ежегодно выгребать ил, но так и не добиться восстановления нормального хода самоочищения. Причину удалось выявить только посредством биоэстимации. Как видно из таблицы 4, выявлено значительное превышение конкретной численности всех трех факторов из группы «динамическое обеспечение» (Б-1, Б-2 и Б-3/Б-4). Это и вызвало застаивание и загнивание ила на дне пруда, а затем и зарастание его ряской. Выяснилось, что после благоустройства территории заповедника и прокладки вокруг пруда дорожек без дренажей под ними, свободное прохождение малых водных потоков было блокировано, проточность пруда снизилась. Достаточно проложить дренажные трубы под дорожками – и можно обойтись без бульдозера. Вычисление биоэстимационного ранга пруда в Болдино:

$n_{\text{ф}} = 3$, так как превышены 3 показателя соответствующей группы;

$\sum \lg(N_i/N_{\text{пор}}) = \lg N_1/N_{\text{пор}1} + \lg N_2/N_{\text{пор}2} + \lg N_3/N_{\text{пор}3} = \lg 714/3,5 + \lg 6,4/2,9 + \lg 2,7/1,0 = 2,3 + 0,3 + 0,4 = 3,0$; таким образом, $N_{\text{ранга}} = 3 + 3 = 6$ (VI).

Если природоохранным-восстановительным мероприятиям будут финансироваться по показаниям биоэстимации, то это поможет постепенному восстановлению самоочищения в любых типах водных объектов, при этом надлежащие мероприятия будут предприниматься наиболее рационально.

Осуществив негативное вмешательство в нормальную жизнь водоема, нарушив ее, человек обязан продолжить вмешательство, уже позитивное, для того, чтобы восстановить нормальный ход самоочищения воды в нем. Для этого нужно оценить, нормально ли протекает процесс самоочищения, а это – не очевидный факт, одних сведений о качестве воды недостаточно.

Примеры биоэстимационного ранжирования

Таблица 4

		Биоэстиматоры тыс./мг								Ранги	
		Динамического обеспечения			Нагрузки		промстока				
№№ биоэстиматоров		1	2	3/4	5	6	7	8	9		10
Пороговая численность		3,5	2,9	1,0	15	4,7	2,9	2,9	1,5	4,7	
1. Пруд в Болдино		714	6,4	2,7	0	0	0	0	0	0	VI
2. Дачный пруд	2 а. до мер.	32,3	2,8	1,8	0	0	0	0	0	0	III
	2б. после мер.	1,2	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0
3. р.Сходня	3 а. выше сброса	14,4	0	0,1	0	10	0	0	0	0	III
	3 б. ниже сброса	1,3	0	0,1	0	13	0	0	0	0	I
4. ОС водостока Зеленоград		5,2	0	2,0	0,4	15	0	15	0	7,9	VI
5. Канал в Амстердаме		10,7	1,8	3,6	14	63	0	0	0	1,8	V

Например, после шторма качество воды может быть чрезвычайно низким, но процесс очищения в это время наилучший. И наоборот, если качество воды еще соответствует норме, то процесс ее очищения может быть нарушен, а прогноз по качеству воды – неблагоприятный. Биоэстимация процесса самоочищения воды в конкретном участке водного объекта содержит информацию о прошлых воздействиях и будущем качестве воды; даже разовые анализы достаточно информативны. Восстановительные рекомендации входят в биоэстимацию как составная часть.

Глава 10. СОПОСТАВЛЕНИЕ БИОИНДИКАЦИИ И БИОЭСТИМАЦИИ; МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ ЗНАЧЕНИЕ БИОЭСТИМАЦИИ

Интегрируя новый элемент в сложившуюся систему знаний, необходимо соотнести его с существующими элементами данной системы. Сложившаяся система знаний – это экологический мониторинг, а новый элемент – это биоэстимация, которая сопоставляется с таким неотъемлемым для экологического мониторинга гидробиологическим методом, как биоиндикация. Оба эти гидробиологических метода, вернее два направления гидробиологических исследований, имеют различные назначения. Биоиндикация предназначена для оценки качества воды, или состояния водной среды, а биоэстимация – для оценки и регулирования процесса ее самоочищения (процесса формирования качества воды). Одно направление – качественное, а второе – функциональное. Одно позволяет констатировать факт нарушения, второе – восстановить нормальный ход очищения воды

прямым воздействием на водный объект. Биоэстимация имеет некоторые формальные черты сходства с биоиндикацией, но различий гораздо больше (табл. 5).

Главное отличие – это предмет исследования. Как было изложено выше, биоиндикация отображает качество воды, причем это и является ее целью. Биоэстимация исследует процесс, а ее целью является разработка восстановительных мероприятий. Важная особенность биоэстимации – ее универсальность для любых типов водных объектов, не зависимость от их географического положения, солености, проточности и пр.

Биоиндикатор представляет собой группу особей одного вида, а биоэстиматор – это экологическая группа организмов со сходной реакцией на изменение условий среды обитания. В состав одного биоэстиматора могут входить микроорганизмы даже из разных царств. Например, в состав Б-6 входят бентосные раковинные амёбы – простейшие животные, и сидеротеки – ожелезненные колонии бактерий (Никитина и др, 2006). Кроме того, в разных водных объектах один и тот же биоэстиматор может иметь разный видовой состав, оставаясь при этом показателем того же нарушающего фактора, например, застоя воды. Таким образом, биоиндикация и биоэстимация – два гидробиологических метода, имеющие различные назначения. Дополнив знание о водном объекте информацией, полученной посредством биоэстимации, можно эффективнее вести работы по восстановлению и охране водных объектов, а также предотвращать снижение качества воды, регулируя его на стадии формирования. Совместное применение этих методов сделает экологический мониторинг более эффективным и будет способствовать лучшему сохранению и восстановлению качества водных ресурсов.

История разработки и использования биоэстимации служит примером того, что проблема, решенная для одних экосистем, помогает в решении проблем в других, на первый взгляд мало сходных экосистемах. Так, решение проблемы контроля процесса очистки сточных вод в аэротенках, оказалось и решением целого ряда проблем, связанных с восстановлением нормального хода самоочищения воды в природных и искусственных водных объектах.

Краткая сравнительная характеристика биоиндикации и биоэстимации

Таблица 5

Характеристики методов	Гидробиологические методы	
	Биоиндикация	Биоэстимация
<i>общее</i>		
Материал исследования	Пробы воды	

Объект исследования	Водные объекты	
Основной способ исследования	Микроскопирование	
Местообитание показ. организмов	Данная водная среда	
Используемые гидробионты	Часть микроорганизмов используется в обоих методах	
различия		
Предмет исследования	Качество воды	Процесс биотического очищения воды
Выявление	Степени загрязнения органич. веществами	Влияния нарушающих факторов на процесс
Использование макроорганизмов	Да	Нет
Принцип классификации показательных организмов	Видовой: (более 2000 таксонов)	Групповой: (10 экологических групп)
Требование квалификации	Высокое	Среднее
Требования к оборудованию	Среднее	Высокое
Зависимость от сезонов года	Да	Нет
Обобщенный результат	Индекс сапробности	Биоэстимационный ранг
Сфера применения	Региональная	Повсеместная
Дополнение восстановительными рекомендациями	Нет	Да
Цель	Оценка качества водной среды	Разработка восстановительных мероприятий

В дальнейшем было показано, что биоэстимация применима и для контроля процесса трансформации органических веществ в почвенной влаге, жизнеобеспечения обитающих в ней основных редуцентов. Но почвенная влага, как правило, представляет собой тонкую пленку, в которой проводить биоэстимацию невозможно, поэтому автор использовал водную вытяжку из почв, причем экстракция проводится в соответствии с гостированной методикой определения токсичности водных вытяжек из почв; эта вытяжки и использовалась для проведения биоэстимации.

В таблице 6 приведены примеры биоэстимации почвенных растворов. Первая проба была отобрана в 1,5 м от шоссе; биоэстимация выявила превышение численности Б-1, что означает неудовлетворительное динамическое обеспечение жизнедеятельности редуцентов, или слишком малую дренированность почвы. Превышение порогового значения Б-3/Б-4 в

почве, по видимому, могут быть проблемы с перемещением почвенного раствора в микроразонах (почва торфянистая, требуется ее пескование).

Примеры биоэстимации почвенных растворов

Таблица 6.

Примеры	дата отбор а проб	Место отбора проб почвы	Взвесь мг/л	Биоэстиматоры тыс./мг									РАНГИ
				динамичность			нагрузка		промсток				
				1	2	3/4	5	6	7	8	9	10	
				3,5	2,9	1,0	15	4,7	2,9	2,9	1,5	4,7	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	17.01.2005	1,5 м от шоссе	5070	14,5	0	3,0	0	47	0	0,7	0	0	VI
2	17.01.2005	Заболоченный лес	1460	13,7	0	0,1	1,4	54,5	0	1,4	0	0	V
3	20.04.2005	Дорога у бордюра	1020	127	0	3,3	0	247	0	3,0	0	2,3	VI
4	16.07.2005	Участок с гильзами	2840	3,0	2,0	1,0	1,9	22,0	0	7,9	0	0	III

В монографии приведены и другие примеры биоэстимации почв.

По загрязнению промышленного происхождения, в том числе по воздействию токсикантов, – бактерицидов в первой пробе нарушений не выявлено. Зато отмечена перегрузка редуцентов по трудно окисляемым веществам (превышение численности БЭ-6). Возможно, перегрузка редуцентов не является отрицательным явлением при характеристике почв, ведь обилие органического вещества в почве – одно из условий ее плодородия. В данном, как и во всех приведенных здесь примерах, можно порекомендовать временно прекратить удобрение торфом. Но недостаточная мобильность почвенных растворов – явный недостаток. "Благополучие" по токсичности было подтверждено с помощью биотестирования двумя методами: по смертности цериодафний и по снижению численности клеток микроводоросли сценедесмус. Оба метода констатировали отсутствие токсичности.

Второе место отбора почвы – заболоченный лес. Здесь выводы биоэстимации во многом похожи на предыдущие, но с микротурбулентностью дело обстоит благополучно (БЭ-3/БЭ-4) – в норме. По-видимому, большая обводненность не означает, что процесс обязательно идет хуже, чем в местах более сухих, главное, чтобы водная среда двигалась. Биоэстимация не выявляет токсичности, как и биотестирование.

Третья проба, взята у самого бордюра шоссе (Панфиловский проспект), специально было выбрано место перед светофором, где останавливаются и «газуют» автомобили. Кроме того, при мытье улицы сюда попадают загрязнения с асфальта. Ожидалось обнаружить здесь значительное превышение численности БЭ-8 – показателя токсичности. Но это превышение оказалось незначительным, пограничным. Биотестирование на сценедесмусе вообще не выявило токсичности, а биотестирование на цериодафниях выявило малую токсичность, то

есть и биотестирование дало пограничный результат: по-видимому, токсиканты блокируются хелатными комплексами гумусовых молекул. Зато превышения численности БЭ-1, БЭ-6 и отношения БЭ-3/БЭ-4 в этой пробе, среди обследованных почв, оказались наибольшими. Процесс здесь нарушен, прежде всего, из-за неудовлетворительной подвижности жидкой фазы почвы.

Четвертый пример биоэстимации почвы помог разрешить недоразумение при выращивании овощей на территории частного владения. Хозяева просили выяснить, почему на этом участке огурцы растут корявые и урожай ниже, чем на соседнем, хотя агротехника и семенной материал ничем не отличаются. Биоэстимация выявила здесь превышение численности Бэ-8, свидетельствующее о токсическом воздействии на основные редуценты. Позднее выяснилось, что именно в этом месте в начале освоения данного участка из почвы было извлечено около 300 медных немецких гильз и патронов в магазинах. Известно, что в этих местах в 1942 году шли жестокие бои за Москву. На этом клочке земли нельзя выращивать овощи, поэтому рекомендовано разбить здесь цветник.

Также как и при анализе процесса трансформации загрязнений в других водных объектах, и при биоэстимации почвенных растворов автор не ограничивался констатацией факта нарушения процесса, а предлагал типовые восстановительные рекомендации, на основе которых разрабатываются мероприятия, в соответствии с выявленными нарушениями.

Так, превышение численности Б-1 – сигнал для прокладки дренажей для отведения застоявшейся в почве воды; превышение Б-2 – для рыхления почвы, превышение БЗ/Б-4 – для пескования. Превышение численности показателей нагрузки на деструкторов (Б-5 и Б-6), как было сказано выше, хоть и указывает на трудности с трансформацией органических веществ, служит косвенным показателем высокого почвенного плодородия, в то же время указывает на нецелесообразность дальнейшего применения органических удобрений; выявление токсичности – сигнал для пресечения дальнейшего загрязнения почвы, для выведения загрязненных токсикантами участков из севооборота. Биоэстимация почв может оказаться полезной для агробиологических опытов, требующих делянок с идентичными условиями, которые выравниваются по биоэстимации. Своевременное выявление и устранение нарушающих воздействий на почвенную биоту с использованием биоэстимации будет способствовать получению более высоких урожаев. При массовом обследовании участков почвы и выборе приоритетов при назначении восстановительных мероприятий интегральная оценка в виде биоэстимационных рангов может оказаться весьма полезной.

В.И. Вернадский (1936,1987) в понятие гидросферы включал и почвенную влагу, и жидкости живого вещества. Используя этот тезис, автор попытался расширить применение биоэстимации, хотя и не ставил своей целью охватить все виды гидросферы, осознавая, что даже несколько примеров дают представление о том, что дальнейшие работы в этом направлении могут быть перспективными.



Рис. 5. Гифомицеты между волосками опушения молодых листьев внутри почки липы; бугристые комочки, ассоциированные с гифами грибов – сидеротеки; х 300.

Чтобы выяснить, почему одна из посаженных в аллею лип имеет меньший рост и искривленный ствол, был изготовлен давленный препарат из почки липы и обнаружено, что пространство между волосками опушения молодых листочков липы внутри почки заплетено водными грибами – гифомицетами (рис 5), которые представляют собой Б-8 – показатель нарушающего воздействия токсикантов. Впоследствии выяснилось, что под это дерево несколько лет назад были вылиты какие-то химикаты с истекшим сроком годности. При подобном обследовании нормально развивавшихся соседних деревьев разрастания гифомицетов обнаружено не было. При соответствующей доработке биоэстимация может стать экспрессным методом и в фитопатологии.

Итак, биоэстимация позволяет управлять процессами самоочищения или трансформацией растворенных органических веществ в любых водных объектах, независимо от их назначения, величины, проточности, солености и географического положения. Кроме того, можно и предотвращать снижение качества воды в чистых водоемах, так как появилась возможность восстановления нормального хода самоочищения на стадии формирования качества воды. Очевидно, возможности биоэстимации не исчерпываются приведенными примерами и их аналогами.

Таким образом, цель работы – создание экологической системы управления процессами биотического очищения водной среды – выполнена и реализована на практике.

ВЫВОДЫ

1. Разработано, обосновано и реализовано новое направление в исследовании водных объектов – оценка и регулирование процесса биотического очищения загрязненной природной воды (биологической очистки и самоочищения), то есть II-го звена причинно следственной цепи: I - нарушающий фактор → II - нарушение процесса очищения → III - снижение качества водной среды, в то время как ранее внимание исследователей было сосредоточено на III-м звене этой цепи - качестве, или состоянии водных объектов.

2. Для осуществления этого направления разработан новый универсальный цифровой метод гидробиологического контроля – биоэстимация (от лат. aestimatio – оценка, суждение). Особенность этого метода состоит, прежде всего, в том, что в него входят как составная часть типовые восстановительные рекомендации. Новый метод контроля позволяет диагностировать и регулировать (оптимизировать) процесс биотического очищения воды, прогнозировать снижение качества воды даже в тех случаях, когда традиционные методы контроля не дают тревожной информации. В основу биоэстимации положена следующая выявленная закономерность: чем сильнее нарушен процесс биотического очищения воды, являющийся по существу жизнедеятельностью основных редуцентов - органотрофных бактерий, тем большей численности достигают показательные организмы – биоэстиматоры, являющиеся в экосистеме дополнительными редуцентами (в норме они малочисленны). Биоэстиматоры – это не виды, а экологические группы со сходной реакцией на воздействие основных факторов, нарушающих процесс биотического очищения воды.

3. Установлено, что биологическая очистка сточной воды в аэротенках по существу представляет собой многократно ускоренный природный процесс самоочищения воды, а аэротенк – модель природного водного объекта. Активный ил – это сконцентрированное в единице объема очищаемой воды сообщество микроорганизмов, прежде всего, флокулированных органотрофных бактерий, которое может сформироваться в любом водном объекте.

4. Описан механизм формирования бактериальных флокул: бактерии объединяются во флокулы с помощью ворсинок (выростов клеточной оболочки бактерий), покрытых слоем гликокаликса. Ворсинки выходят далеко за пределы

бактериальных клеток, ветвятся и, соприкасаясь, срастаются. В молодых флокулах бактерии разных видов образуют беспорядочный конгломерат. По мере созревания флокул идет перераспределение бактерий по слоям в зависимости от их отношения к кислороду: в центре размещаются анаэробы, на поверхности – аэробы, между ними – микроаэрофилы; по мере созревания флокул внеклеточный фибриллярный матрикс постепенно уплотняется, но всегда позволяет осуществлять поставку питательных веществ и отведение метаболитов..

5. Отмечена следующая закономерность развития флокул: чем больше возраст активного ила, тем более его флокулы приобретают универсальную, эллипсоидную форму и тем больший относительный объем в его флокулах занимает анаэробная центральная зона с активно делящимися бактериями. Это – не «старение» флокул, как принято считать, а их созревание, то есть совершенствование с точки зрения трансформации более широкого спектра веществ и увеличения надежности процесса биотического очищения воды в целом.

6. Установлено, что образование, созревание и сохранность флокул обеспечивается интенсивным движением водной среды, причем агрегационная способность микроорганизмов закономерно утрачивается по мере уменьшения подвижности среды и восстанавливается при усилении ее подвижности. Описан механизм образования временного объединения флокул при отстаивании: ворсинки, выходящие далеко за пределы флокул, ветвясь и соприкасаясь, соединяются в волокнистую субстанцию, напоминающую войлок (бланкит), увлекая на дно не связанных с ними микроорганизмов и обеспечивая высокое качество очищенной воды.

8. Установлено, что при оптимизации процесса биологической очистки воды активного ила образуется ровно столько, сколько необходимо для деструкции конкретного количества поступающих на очистку загрязнений. Станция аэрации, работающая без избыточного ила – это аналог климаксной экосистемы водного объекта, в которой реализован принцип «нулевого максимума». Выявлено более 20 различных функций, которые выполняет активный ил в экосистеме станции аэрации. Недоучет какой-либо функции может привести к нежелательным последствиям.

9. Установлено, что процесс биологической очистки сточных вод, также как и процесс биотического самоочищения воды, находится под непрерывным воздействием трех наиболее значимых групп факторов: I – динамического обеспечения, II – нагрузки, III – промстока. Каждой группе факторов соответствует группа биоэстиматоров, позволяющая выявлять воздействия каждого из факторов независимо от других. Воздействие трех основных групп факторов детализировано, а для диагностики каждого фактора, входящего в группы, подобраны соответствующие биоэстиматоры, установлены их пороговые численности и разработаны типовые восстановительные рекомендации.

10. Выявлены причины и разработана диагностика, прогнозирование, устранение и предотвращение таких нарушений структуры флокул активного ила, как: дефлокуляция, микрофлокуляция, диспергирование; различные виды вспухания, всплывания, вспенивания активного ила, а также различные сочетания перечисленных выше нарушений, в том числе образование илового плавающего слоя. Все эти проблемы в мировой практике ранее не были решены.

11. Разработана новая концепция технологии биологической очистки сточных вод, отличающаяся от традиционной по всем основным позициям. На основе новой концепции спроектированы, построены и внедрены устройства – Биоблоки, позволяющие производить безотходную биологическую очистку бытовых и сложных по составу промышленных сточных вод.

12. Разработана и многократно апробирована программа теоретических и практических занятий по спецкурсу «Биотехнология очистки сточных вод» для студентов и слушателей курсов повышения квалификации. Предложены пути подготовки крайне востребованного временем специалиста – биолога-биотехнолога очистки сточных вод в университетах. В настоящее время таких специалистов ни один вуз не готовит.

13. Описаны два новых вида раковинных амёб – *Gromia neglecta* и *G. pusilla* – биоэстиматоров нарушающего воздействия жиров и нефтепродуктов на процесс биотического очищения воды; подробно описаны крайне малоизученные ожелезненные микроколонии бактерий, названные «сидеротеками», и являющиеся биоэстиматорами перегрузки органотрофных бактерий трудно окисляемыми веществами, прежде всего, водным гумусом.

14. Показано междисциплинарное значение биоэстимации на примере контроля очищения жидкой фазы различных природных увлажненных объектов, например, почвенной влаги и слизи между зачаточными листьями в почках растений.

15. Предложен принцип биоэстимационного ранжирования водных объектов и их участков по степени нарушения в них процесса самоочищения и позволяющий расставить приоритеты при назначении восстановительных мероприятий.

Список публикаций О.Г. Никитиной

1. Никитина О.Г. Метод ступенчатого подсчета микроорганизмов активного ила. // Удостоверение на рационализаторское предложение № 353, 25.10.74. ККС г. Зеленограда, М.: 1974.
2. Никитина О.Г. Способ определения выноса фильтрующего материала по количественному и качественному составу при промывке фильтров. // Удостоверение на рационализаторское предложение № 579, 25.07.75. ККС г. Зеленограда. М.: 1975.
3. Никитина О.Г., Свешников В.Н. К методике подсчета микроорганизмов активного ила // Жилищное и комм. хозяйство, № 8. М.: Стройиздат, 1976. – С. 35-36.
4. Никитина О.Г. Характеристика гидробиологического населения активного ила, работающего на полную нитрификацию // Совершенствование процессов очистки природных и сточных вод. - М.: Московский рабочий, 1979. – С. 96-100.
5. Носов В.Н., Никитина О.Г., Максимов, В.Н. Опыт построения системы биоиндикации процесса очистки сточных вод. ВИНТИ, № 5434 а. М.: Деп. 1980. – 31с.
6. Никитина О.Г., Семенова Г.А., Чибисова О.И. Новый вид раковинной амебы и его использование в биоиндикации процесса очистки сточных вод // Биологические науки. М.: Высшая школа, № 5. 1981. - С. 28-32.
7. Носов В.Н., Никитина О.Г., Максимов В.Н. Некоторые особенности изменения биологической структуры активного ила. // Биологические науки. - М.: Высшая школа, 1981. - № 6. - С. 84-87.
8. Максимов, В.Н., Никитина О.Г., Носов В.Н. Биоиндикация нарушений очистки сточных вод // Тезисы докладов IУ съезда Всес. Гидробиол. об-ва, Киев, 1-4 декабря 1981, 3 часть. Киев: Наукова думка, 1981. – С. 36-37.
9. Никитина О.Г., Жмур Н.С., Горбань Н.С. Гидробиологический контроль работы городских очистных сооружений // Контроль качества природных и сточных вод, Харьков: 1982. – С. 44-51.
10. Никитина О.Г., Жмур. Использование индикаторных организмов активного ила при контроле за работой сооружений биологической очистки // Практические вопросы биотестирования и биоиндикации. Черногловка: 1983. – С. 32-36.
11. Никитина О.Г., Догадаева О.С., Носов, Максимов В.Н. Новый метод оценки процесса очистки сточных вод на станциях аэрации. // Удостоверение на рационализаторское предложение № 567, 5.04.83. ККС г. Зеленограда. М.: 1983.
12. Никитина О.Г. Индикаторное значение корненожек активного ила. // Простейшие активного ила Л.: Наука, 1983 - С. 130
13. Носов В.Н., Никитина О.Г., Максимов, В.Н. Построение системы биоиндикации процесса очистки сточных вод // Вестник Московского университета. Серия Биология. М.: 1983, № 4. – С. 60-68.
14. Никитина О.Г., Жмур Н.С., Серебрякова С.А. Методические рекомендации по проведению гидробиологического контроля на станциях аэрации. М.: Рот. Треста «Росоргтехводстрой», МВХ, РСФХР, 1983. – 23 с.

15. Никитина О.Г. Подсчет индикаторных организмов активного ила // Временные методические рекомендации по проведению оперативного гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки. - Алма-Ата: Рот. Института Казгипроводхоз, 1984. – С. 9-12.
16. Никитина О.Г., Догадаева О.С., Носов В.Н., Максимов, В.Н., Система биологической индикации организмов активного ила // Временные методич. рекомендации по проведению оперативного гидроб. контроля на сооружениях биоочистки. Алма-Ата: Институт Казгипроводхоз, 1984. – С. 13-21.
17. Никитина О.Г., Догадаева О.С., Носов В.Н., Максимов, В.Н., Способ контроля процесса очистки сточных вод с активным илом. Авторское свидетельство № 1343746, зарегистрированное 8.06.87г. в Гос. реестре изобретений. М.: 1987.
18. Никитина О.Г. Усовершенствование способа определения илового индекса. // Удостоверение на рационализаторское предложение № 52, 11.03.87. ККС г. Зеленограда. М.: 1987.
19. Никитина О.Г. Метод микроопределения состава взвесей. Удостоверение на рационализаторское предложение № 7.29.05.87. ПУ «Зеленоградводоканал». М.: 1987.
20. Никитина О.Г., Гришин В.А., Новосельцев В.И. Способ и устройство для устранения хламидобактериального вспухания активного ила. Удостоверение на рационализаторское предложение № 8.30.06.87. ПУ «Зеленоградводоканал». М.: 1987.
21. Никитина О.Г. Устройство для отбора калиброванной капли иловой смеси. Удостоверение на рационализаторское предложение № 85, 15.06.88. ПУ «Зеленоградводоканал». М.: 1987.
22. Тушина В.Ф., Жирова Е.В., Никитина О.Г. Исследование природного цеолита-клиноптилолита, рекомендованного в качестве фильтрующей загрузки для доочистки сточных вод // ЭР МГУП «Мосводоканал». – Москва.: 1990. – С. 60-62.
23. Никитина О.Г. Микропетрографические исследования при выборе новых видов загрузки для фильтров доочистки сточных вод // ЭР МГУП «Мосводоканал» – М.: 1990. – С. 63-68.
24. Никитина О.Г. Нетрадиционные концепции в очистке сточных вод // Тезисы докладов республиканского научно-технического семинара «Интенсификация работы станций очистки сточных вод путем внедрения новейших достижений науки и техники». Томск: 1990. – С. 31-34.
25. Никитина О.Г. О вспухании активного ила // Жилищное и коммунальное хозяйство № 1. М.: 1991. – С. 34.
26. Никитина О.Г., Деградация загрузки в фильтрах доочистки сточных вод // ЭР МГУП «Мосводоканал». – Москва.: 1994. – С. 27-32.
27. Никитина О.Г. Метод определения прочности зернистой загрузки для фильтров доочистки сточных вод (в контакте с биологически очищенной водой). Удостоверение на рационализаторское предложение № 121, 18.11.94 г. ПУ «Зеленоградводоканал». М.: 1994.
28. Никитина О.Г. Критерий оценки зернистых материалов при лабораторном исследовании. // ЭР МГУП «Мосводоканал». 1996. – С. 308-317.
29. Никитина О.Г., Новые индикаторные организмы активного ила. // ЭР МГУП «Мосводоканал». М.: 1996. – С. 369-375.
30. Никитина О.Г. Новый вид фильтрующей загрузки – кварцевая крупка // Удостоверение на рационализаторское предложение № 128, ПУ «Зеленоградводоканал». М.: 1995.
31. Никитина О.Г., Сравнительный биоиндикационный контроль процесса очистки сточных вод и его практическое значение // ЭР МГУП «Мосводоканал. – 1996. – С. 318-333.
32. Никитина О.Г., Кагарманов А.Ф. Нетрадиционная концепция в очистке сточных вод и примеры её реализации // Научно-тех. конференция «Экологическая защита городов» М., 4-5 декабря 1996, тезисы докладов ВИМИ. М.: 1996. – С.142-144.
33. Никитина О.Г. Новый метод определения зольности осадка и активного ила // Экспериментальные работы МГУП «Мосводоканал». М.: 1997. – С. 261-268.
34. Никитина О.Г., Оценка возможности применения дезинфекционного средства Септодор для обеззараживания доочищенных сточных вод // Экспериментальные работы МГУП «Мосводоканал». М.: 1997. – С. 227-238.

35. Никитина О.Г. История рождения нового метода. Зеленоградская система канализации, Мосводоканал, М.: 1998. – С. 80-81.
36. Никитина О.Г. Разработка метода биоиндикации для природных водоемов // ЭР МГУП «Мосводоканал». – 1998. – С. 359-374.
37. Никитина О.Г. Листая памяти страницы. Сто лет канализации Москвы. – М.: Прима-Пресс, 1998. – С. 210-211.
38. Никитина О.Г. Использование нового биоиндикационного контроля самоочищения водоемов на примере реки Сходня // ЭР МГУП «Мосводоканал». М.: 1999. – С. 360-379.
39. Никитина О.Г. Биоиндикация самоочищения водоемов // Тез. Докл. на 2-й между. Конф: Устойчивое развитие, местные проблемы и решения. 2000. М.: – С. 32-33
40. Тушина В.Ф., Волкова А.М., Мысина Л.Г., Никитина О.Г., Кривошеина Н.В., Гаврилова М.А. Внедрение системы экологического менеджмента в ПУ «Зеленоградводоканал» (путь к устойчивому развитию предприятия) // Открытое общество и устойчивое развитие. МИДА, М.: 2000. – С. 105-107.
41. Никитина О.Г., Никитин Е.Д. О функциональном сходстве активного ила и почв. // Материалы междуна. симпозиума: «Функции почв в геосфере и экосистемах». М.: 2001. – С. 90-91.
42. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Никитина О.Г., Воронцова Е.М. Экологический фонд почв и экосистем России и его биосферное значение. // Тезисы доклада на 5-й международной конференции «Освоение Севера и проблемы природовосстановления». Сыктывкар: 2001. – С. 88-89.
43. Никитина О.Г. Новая концепция очистки сточных вод // Открытое общество и устойчивое развитие. МИДА, М.: 2002. – С. 129-132.
44. Никитин Е.Д., Березина Н.А., Воронцова Е.М., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. Взаимодействие гидросферы, почвенной оболочки, антропосферы и сохранение биосферного фонда гидроморфных почв и экосистем. // Тезисы доклада на Всероссийской конференции «Гидроморфные почвы: генезис, мелиорация, рациональное использование, охрана». М., 2002. – С. 23.
45. Никитина О.Г., Дядиченко А.И. Разработка дополнений к методике определения токсичности воды по смертности и изменению плодovitости цериодафний. // ЭР МГУП «Мосводоканал», М.: 2002. – С. 382-388.
46. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Скворцова Е.Б., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. О функциональной роли почв в устойчивости наземных и водных экосистем. // Тезисы доклада на Всероссийской конференции 24-25 апреля 2002 г. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». М.: 2002. – С. 339.
47. Никитина О.Г., Дядиченко А.И. Сравнительный токсикологический анализ сточных вод московских водопроводных станций и их влияния на водоемы // Сб. ЭР МГУП «Мосводоканал», 2002. – С. 289-301.
48. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. Теоретические, философские и природоохранные аспекты экологии речных бассейнов. Сб. «Экология речных бассейнов». Владимир: 2002. – С. 8-10.
49. Никитина О.Г., Кагарманов А.Ф. Новая концепция биологической очистки сточных вод и примеры ее реализации, Рузаевский печатник, Рузаевка: 2003. – 26 с.
50. Никитин Е.Д., Кочергин А.Н., Никитина О.Г., Сабодина Е.П., Мякокина О.В. От красной книги почв к комплексной красной книге природы. // Почвы – национальное достояние России: Мат. IV съезда Докучаевского общества почвоведов: В 2-х кн. Наука-Центр, Новосибирск: 2004. – С. 394.
51. Никитина О.Г. Оценка процесса самоочищения воды // Биотехнология – охране окружающей среды. М.: 2004. – С. 132.

52. Никитин Н.Е., Никитина О.Г. Экспресс-анализ сероводорода в сточной воде // Всеросс. симпозиум «Биотехнология микробов». М.: МАКС Пресс, 2004. – С. 65.
53. Никитина О.Г. Биоблок для мобильного туалета // Всероссийский симпозиум «Биотехнология микробов». М.: МАКС Пресс, 2004. – С. 66.
54. Никитина О.Г. Новый метод оценки процесса самоочищения воды в природных и искусственных водоемах. // Труды научной конференции: «Водные экосистемы и организмы-6», М.: 2004. – С. 64-66.
55. Никитина О.Г., Кагарманов А.Ф. Новая концепция очистки сточных вод. Сайт: <http://www.waterestimate.com/2004>.
56. Никитина О.Г., Максимов В.Н., Никитин Е.Д., Никитин Н.Е. Новое направление в исследовании акваэкосистем. // Теоретические проблемы экологии и эволюции (Четвертые Люблинские чтения). Тольятти: 2005. – С. 159-168.
57. Никитина О.Г. Доработка методики определения токсичности с использованием микроводоросли сценедесмус. // Тез. Докл. на XI ежег. научно-практ. семинаре: «Вопросы аналитического контроля качества вод». М.: 2006. – С. 27-29.
58. Никитина О.Г., Никитин Н.Е. Новый принцип ранжирования водных объектов. // Сб. Водные экосистемы и организмы-7, М.: 2006. – С. 68-69.
59. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Кочергин А.Н., Никитина О.Г., Никитин Н.Е., Сабодина Е.П., Мякокина О.В. Функциональный биоосферно-ноосферный подход при создании комплексной красной книги биологических, почвенных, водных и др. объектов. // Мат. II междун. Науч.-практ. конференции: «Почва как связующее звено функционирования природных и антропогенно-преобразованных экосистем». Иркутск: 2006. – С. 12-15.
60. Никитина О.Г. Дядиченко А.И. Доработка метода определения токсичности воды и водных вытяжек из отходов по изменению численности клеток микроводоросли сценедесмус // ЭР МГУП «Мосводоканал». М.: 2006. – С. 320-331.
61. Никитина О.Г. Новый метод подсчета клеток микроводорослей // Удостоверение на рационализаторское предложение № 195, 23.06.06 ПУ «Зеленоградводоканал». М.: – 2006.
62. Никитина О.Г., Семенова Г.А., Максимов В.Н., Никитин Н.Е. Микроколонии бактерий в биоэстимации – биологической оценке процесса очистки воды. // Вестник Московского Университета сер.16, Биология № 1, М.: 2007 – С. 39-43.
63. Никитин Е.Д., Сковцова Е.Б., Никитина О.Г., Кочергин А.Н., Сабодина Е.П., Мякокина О.В. Комплексная красная книга природных ресурсов // Почвоведение № 3, М.: 2007. – С. 365-372.
64. Никитина О.Г., Никитин Е.Д. Новый метод контроля биотрансформации растворенных органических веществ в почвенных системах. // Труды XV Всероссийской Школы "Экология и почва: Круговорот элементов в экосистемах и почвах". Пушкино: 2007. – С. 70.
65. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Сковцова Е.Б., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. Красная книга почв и природных комплексов Сибири как условие сохранения российского суперрегиона биосферы-ноосферы. // Сибирский экологический журнал № 5, Новосибирск: 2007. – С. 725-727.
66. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Никитина О.Г., Сабодина Е.П., Никитин Н.Е. Функции почв и биогеосоциосферы и стратегия их охраны. // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию юбилею Ивлева А.М. Владивосток: 2007. – С. 328-330.
- Никитин Е.Д., Шоба С.А., Трифонова Т.А., Никитина О.Г., Сабодина Е.П., Мякокина О.В. Комплексная красная книга Владимирской области. // Труды IV междун. научно-практической конференции: Экология речных бассейнов, 28-30 сентября 2007г. Владимир: 2007. – С. 91-94.
68. Никитин Е.Д., Щеглов Д.И., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. О создании комплексной Красной книги природных и природно-культурных объектов // Вестник Воронежского государственного ун-та, № 2. Воронеж: 2007. – С. 75-78.
69. Никитин Е.Д., Сковцова Е.Б., Сабодина Е.П., Никитина О.Г., Мякокина О.В., Воронцова Е.М., Шарганова О.Л., Ливеровская Т.Ю. Проблемы реализации особой охраны почв и природно-

культурных объектов. // Мат. V съезда Всеросс. Об-та почвоведов им. В.В. Докучаева. Ростов-на-Дону: 2008. – С. 475.

70. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. О функциональном сходстве активного ила и почв в контексте междисциплинарных исследований и сохранения биосферы // Вестник МГУ, Почвоведение, сер. 17. № 2, М.: 2008. – С. 47-51.

71. Никитина О.Г. О необходимости преподавания в ВУЗах нового спецкурса: "Биотехнология очистки сточных вод" // Вода: химия и экология. № 8. М.: 2009. – С. 30-35.

72. Никитина О.Г., Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Никитин Н.Е. Биоэстимация – новый метод контроля процесса очищения воды и его сравнение с биоиндикацией // Водные ресурсы, том 36, №4. М.: 2009. – С. 475-480.

73. Никитина О.Г., Жирова Е.В. Климатостат Н-1. Удостоверение на рационализаторское предложение № 201, 09.11.2009, ПУ "Зеленоградводоканал". М.: 2009.

74. Никитина О.Г. Современная концепция биологической очистки сточных вод: новый взгляд // Вода: химия и экология. М.: 2009. – С. 9-20.

75. Никитина О.Г. Биоэстимация процесса очистки сточных вод // Труды научной конференции: "Экосистемы, Организмы, Инновации-11" М.: 2010. – С. 70.

76. Никитин Е.Д., Шоба С.А., Сковорода Е.Б., Никитина О.Г., Сабодина Е.П. Особая охрана почв Сибири и Дальнего Востока и ее социально-экологическое значение. // Сб. мат. IV Всеросс. Междун. научной конференции, Томск: 2010. – С. 170-172.

77. Никитина О.Г. О необходимости преподавания в вузах нового спецкурса. Тр. научной конф.: "Экосистемы, Организмы, Инновации-11". М.: 2010 – С. 71.

78. Никитина О.Г., Никитин Н.Е. Безотходный биокомплекс по очистке и утилизации стоков животноводческих хозяйств на основе Актил-технологии // ИДО, №3 (декабрь). М.: 2010. – С. 16-19.

79. Никитин Е.Д., Сковорода Е.Б., Кочергин А.Н., Никитина О.Г., Иванов О.П., Сабодина Е.П., Воронцова Е.М. Развитие учений об экотонных почвенном покрове и других геосферах // Почвоведение, №7. М.: 2010. – С. 771-778.

80. Никитина О.Г. Биоэстимация: контроль процесса биологической очистки и самоочищения воды. М.: 2010. – 287 с.

81. Никитина О.Г., Максимов В.Н., Никитин Н.Е. Использование нового метода контроля процесса самоочищения воды - биоэстимации. // Водные ресурсы, том 39, № 4, М.: 2012. – с. 408-418.

82. Nikitina O.G., Nikitin E.D. On Functional Similarity of Activated Sludge and Soil. Materials of the international Symposium. Moscow Lomonosov State University, Moscow, Russia, August 27-30, 2001. – P. 98-99.

Никитина Ольга Георгиевна

**Биоэстимация: контроль и регулирование
процессов биологической очистки и самоочищения воды**

Диссертационная работа представляет собой комплексное экологическое исследование в области контроля водной среды, включающее создание универсальной экологической системы управления процессами биотического очищения любой водной среды и реализацию ее на практике.

Предложено новое направление исследования водных объектов: оценка и коррекция процесса биотического очищения воды (биологической очистки и самоочищения). Рассматриваемое направление основано на принципиально новом гидробиологическом методе контроля и регулирования процесса формирования качества воды – биоэстимации. Принципиальная новизна биоэстимации заключается в том, что с ее помощью контролируется не качество водной среды, а то, что ранее не контролировалось – процесс очищения воды, ход трансформации органических веществ, осуществляемый в процессе жизнедеятельности сапротрофных бактерий. Установлены три важнейших группы факторов, от которых зависит деятельность этих бактерий: динамичность водной среды, нагрузка на деструкторов по органическим веществам, воздействия нехарактерных для природной воды веществ, чаще всего попадающих в нее с промышленными стоками. Каждой группе факторов подобрана группа показательных микроорганизмов – биоэстиматоров, по численности которых можно выявить и устранить нарушающий фактор. Биоэстиматоры – не виды, а экологические группы микроорганизмов, обычных обитателей любых вод (соленых и пресных). Биоэстимация помогает выявлять нарушения в процессе очищения воды и в тех случаях, когда анализы качества водной среды не дают тревожной информации. В состав биоэстимации восстановительные рекомендации входят как неотъемлемая составная часть. Описан не только сам метод, но и охарактеризованы его основные отличия от общеизвестного гидробиологического метода – биоиндикации в ее исходном, сапробиологическом значении.

O.G. Nikitina. Bioestimation: the control of process of biological treatment and water self-purification М: 27.12.2010, УДК 574.5, ББК 28.082, Н62, ISBN 978-5-317-03649-2

Напечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 26.12.2012 г.
Формат 60х90. Усл. печ. л. 2,0. Тираж 150 экз. Заказ 520.

Издательство ООО «МАКС Пресс»
Лицензия ИД N 00510 от 01.12.99 г.
119992, ГСП-2, Москва, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, 527 к.
Тел. 8(495)939-3890/91. Тел./факс 8(495)939-38-91

