

На правах рукописи

МАЛИНИНА Юлия Александровна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД
КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА**

03.00.16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Самара - 1999

Работа выполнена на кафедре морфологии и экологии животных в Саратовском государственном университете им. Н.Г.Чернышевского

Научные руководители: - доктор биологических наук, профессор
Шляхтин Г.В.,
- кандидат биологических наук
Мосняш С.С.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Попченко В.И.
доктор биологических наук, профессор
Воробьев В.П.

Ведущая организация: Институт водных проблем РАН

Защита состоится " " 1999 г. в часов на заседании диссертационного совета К 063. 94. 04 по присуждению ученой степени кандидата биологических наук в Самарском государственном университете по адресу: 443011, г.Самара, ул. Академика Павлова, 1, Самарский государственный университет, биологический факультет

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Самарского государственного университета

Автореферат разослан " " 1999 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук,
доцент



Мозговой Д.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одной из важнейших задач современной экологии и охраны природы является проблема формирования, функционирования и устойчивого развития экосистем на урбанизированных территориях. В качестве модельного крупного промышленного города для изучения антропогенного воздействия на гидросистемы и степень их устойчивости был выбран г.Саратов. Пруды являются неотъемлемой чертой ландшафта г.Саратова. В настоящее время в городе и его окрестностях создана чрезвычайно напряженная экологическая обстановка, что нашло свое отражение в ухудшении качества поверхностных вод практически всех водосмов, включая р.Волгу. Поэтому актуальным является решение проблемы локализации и ликвидации очагов загрязнения гидросистем. Данную проблему невозможно решить без детального исследования качества вод водоемов и водотоков, динамики его изменения во времени и пространстве. В контроле антропогенного загрязнения водной среды, наряду с химическими методами анализа, все чаще используются приемы диагностики, основанные на оценке состояния водных организмов и их сообществ, подвергающихся различной степени воздействию загрязняющей среды. Для определения экологического статуса водоемов и разработки реставрационных мероприятий необходимо детальное изучение их биоты.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями. Представленная работа является составной частью тематического плана научных исследований кафедры морфологии и экологии животных Саратовского госуниверситета по темам: "Изучение надорганизменных биологических систем. Разработка методов контроля за состоянием экосистем" (гос.регистрационный № 8107305) и "Комплексное изучение функционирования надорганизменных биологических систем при антропогенном воздействии" (гос.регистрационный № 21071305).

Цель и задачи исследования. Основная цель настоящего исследования заключается в экологической диагностике поверхностных вод урбанизированных территорий на основе гидробиологической оценки состояния водных экосистем. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить современные особенности качественного и количественного состава населения водоемов различных типов урбанизированной территории;
- изучить особенности сезонной динамики сообществ гидроценозов и выявить основные факторы, их определяющие;
- биологическими методами провести сравнительный анализ и дать оценку качества воды в малых водоемах, расположенных в зонах с различной степенью антропогенной нагрузки;
- методами биотестирования установить качество воды малых водоемов г.Саратова и провести сравнительный анализ используемых методик при их диагностике;
- выявить воздействие урбандшафтных особенностей модельного крупного промышленного центра - г.Саратова на состояние окружающей среды и провести районирование водоемов исследованной территории по степени антропогенной нагрузки.
- на основании проведенных исследований составить алгоритм проведения эколого-биологического мониторинга поверхностных вод урбанизированных территорий.

Научная новизна. Впервые было проведено комплексное обследование 22 малых водоемов г. Саратова: определен видовой состав их населения, дана оценка количественного развития гидроценозов и выявлены закономерности их временной динамики. Проведена оценка состояния водных сообществ и сделаны выводы о качестве воды в водоемах, расположенных в зонах с различной степенью антропогенной нагрузки на территории города. На основании полученных данных впервые проведено районирование территории г. Саратова как модельного города по степени антропогенной нагрузки на поверхностные воды.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявлены особенности качественного и количественного состава населения различных типов водоемов г.Саратова, изучены особенности сезонной динамики сообществ гидроценозов и выявлены основные факторы, их определяющие; с помощью гидробиологических методов проведен сравнительный анализ и дана оценка качества воды в малых водоемах, расположенных в зонах с различной

антропогенной нагрузкой; на основании комплексного анализа природной воды методами биотестирования установлено качество вод малых водоемов г.Саратова и проведен сравнительный анализ используемых методик; выявлены особенности воздействия урбандшафтных особенностей г.Саратова на состояние окружающей среды и проведено районирование водоемов исследованной территории по степени антропогенной нагрузки.

Данные исследования поддержаны международным научным фондом Джорджа Сороса в рамках конкурса 1996-1997 гг. и 1997-1998 гг.

Исследования по изучению возможности использования стимулированной флуоресценции в экологическом мониторинге и биомониторинге проиллюстрировали ряд преимуществ данного метода в оценке водной среды, что позволяет рекомендовать его для использования в экологическом мониторинге окружающей среды.

Работа по данному направлению получила грантовую поддержку в рамках программы "Университеты России - фундаментальные исследования" (№ 6023).

Реализация результатов исследования. Представленные в диссертации оригинальные материалы использованы в качестве основы при разработке программы экологического мониторинга поверхностных вод и комплекса мероприятий по оздоровлению экологической обстановки на территории г. Саратова. Материалы диссертации используются в курсах лекций и практических занятий по экологии и гидробиологии Саратовском государственном университете, Саратовском аграрном госуниверситете, Балашовском педагогическом институте.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на заседаниях Ученого Совета биологического факультета Саратовского госуниверситета (Саратов, 1996-1998 гг.); 3 Международном Конгрессе "Вода: экология и технология" (Москва, 1998); Всероссийской научной конференции "Проблемы изучения биосферы" (Саратов, 1996); VII съезде Гидробиологического Общества РАН (Казань, 1996); Всероссийском научном симпозиуме "Безопасность биосферы - 97", "Безопасность биосферы - 98" (Екатеринбург, 1997, 1998); Региональной научно-технической конференции "Проблемы экологической безопасности Нижнего Поволжья в связи с разработкой

и эксплуатацией нефтегазовых месторождений с высоким содержанием сероводорода" (Саратов, Астрахань, 1996-1998 гг.); Международных конференциях "Студент и научно-технический прогресс" (Новосибирск, 1996, 1998).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 16 печатных работ.

Декларация личного участия автора. Автор лично провел отбор и обработку 385 проб зоопланктона и 200 проб зообентоса. Отобрал 154 пробы воды для биотестирования. Доля участия в проведении дафниевых биотестирований составила 100%, в измерении замедленной флуоресценции хлорофилла водорослей - 50%. Анализ полученных результатов осуществлен автором по плану, согласованному с научными руководителями. Автором оформлена рукопись диссертации. Материалы диссертации также изложены в работах, опубликованных в соавторстве. Доля личного участия автора в подготовке и написании этих публикаций составляет 40-90 %.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Уровень развития сообществ гидробионтов малых водоемов крупного промышленного центра;
2. Выделение спектра видов для ранжирования водоемов по степени их антропогенной нагрузки;
3. Использование дафниевого и водорослевого теста в качестве интегрального метода оценки качества природных вод;
4. Алгоритм проведения гидробиологического мониторинга. Рекомендуемые методы диагностики качества природных вод с разным уровнем антропогенной нагрузки.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, 8 глав, выводов, списка литературы и приложений. Список литературы включает 218 наименований, в том числе 55 иностранных авторов. Работа содержит 56 таблиц, 25 рисунков, 9 приложений.

1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

На основании литературных источников был осуществлен критический анализ наиболее распространенных и объективных методов. Он показал, что

существующие способы биологического анализа и оценки качества вод довольно разнообразны, но каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. В то же время существенные их различия способствуют более широкому выбору методов анализа для каждого конкретного случая. Проведена сравнительная оценка методов биоиндикации и биотестирования.

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фактическим материалом для настоящей диссертации послужили результаты исследований в 1992-1998 гг. зоопланктона, зообентоса и качества воды 22 водоемов, расположенных на территории г.Саратова. Всего было отобрано и обработано 385 проб зоопланктона, 267 проб зообентоса и проведено биотестирование более 150 проб воды.

Отбор и обработка проб проводились по общепринятым методикам. Для интегральной оценки качества природной воды использовали методы биотестирования с использованием стандартного дафниевого теста и метода регистрации замедленной флуоресценции (ЗФ) хлорофилла водорослей в миллисекундном интервале затухания. Объектом для исследования служила альгологически чистая культура протококковых зеленых водорослей *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb. в логарифмической фазе роста.

Гидрохимический анализ воды исследуемых прудов проводили в гидрохимической лаборатории Саратовского НИИ гигиены села, лаборатории Саратовской специализированной инспекции государственного экологического контроля и анализа при Комитете охраны окружающей среды Саратовской области при непосредственном участии автора.

Статистическая обработка материала проводилась с применением специализированных пакетов компьютерных прикладных программ.

3. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория г.Саратова в границах современной городской черты приурочена к котловине, восточной границей которой является берег Волгоградского водохранилища, с других сторон она окаймлена массивами Лыбатовского плато и Соколовой горы. В главе дана краткая характеристика

выделяемых трех крупных ландшафтных районов города, для каждого из которых свойственна определенная специфика природных условий.

4. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФАУНЫ ПРУДОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ г.САРАТОВА

В данном разделе дается обзор экологических особенностей и фауны каждого из 10 обследованных прудов, расположенных в Заводском (промышленном) районе г.Саратова. На рассматриваемой территории располагается большое количество прудов. В подавляющем большинстве случаев, это пруды сточного типа, располагающиеся вдоль русел водотоков. Загрязнение происходит за счет эпизодического попадания сточных вод промышленного, сельскохозяйственного и бытового происхождения, что отражается в изменении химического состава вод и появлении в них повышенных концентраций тяжелых металлов, нефтепродуктов, сульфатов и хлоридов.

В зоопланктоне исследованных водоемов встречены организмы голопланктона и меропланктона. Коловратки в прудах Заводского района были представлены 7 родами и 7 видами. Наиболее распространены коловратки р.*Asplanchna*, виды *Brachionus calyciflorus*, *Keratella quadrata* и *Euchlanis dilatata*. Четыре вида имеют узкое распространение. Большинство родов и видов коловраток в период наблюдений было представлено единичными особями. Лишь коловратки р.*Asplanchna* имели в некоторых прудах высокую численность, достигающую, например, в пруду на ул.Шиллинговской 48 тыс. экз/м³, а в пруду Воробьевском - почти 60 тыс. экз/м³.

Ветвистоусые ракообразные представлены 5 родами и 9 видами, среди которых наиболее широко распространены и достигают значительной численности *Chydorus sphaericus* и *Bosmina longirostris*. Остальные представители отряда *Cladocera* малочисленны или представлены единичными экземплярами. Низкая численность ветвистоусых ракообразных в конце лета - начале осени может объясняться бедностью их кормовой базы.

Веслоногие рачки встречены во всех прудах. Они представлены взрослыми и науплиальными стадиями. Соотношение численности последних успешно используется при биомониторинге.

В меропланктоне встречаются личинки насекомых (поленки, хирономиды и др.) и высших ракообразных, водные клещи, нематоды, олигохеты. Наиболее обычным компонентом являются личинки хирономид.

Среди первичноводных организмов в бентосе всех прудов Заводского района наиболее широко распространены брюхоногие моллюски. В 8 водоемах зарегистрированы пиявки, в 5 - олигохеты, в 3 - многощетинковые черви. Из личинок гетеротонных насекомых наиболее обычны хирономиды и поленки. Преобладание в бентосе личинок гетеротонных насекомых является характерной особенностью водоемов с хорошо развитой литоральной зоной.

Уровень развития планктона исследованных водоемов не всегда коррелирует с уровнем развития бентоса. Только немногие пруды, где одинаково хорошо развит планктон и бентос, с экологической точки зрения представляются устойчивыми, довольно сбалансированными и выровненными системами. По трофическому статусу они относятся к политрофным или эвтрофным водоемам.

5. ВОДОЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ г.САРАТОВА

Водоемы рекреационной зоны г.Саратова изучались на примере городского парка культуры и отдыха им.Горького (ГПКиО). Прудовая система парка включает 6 прудов. Проведенный гидрохимический анализ воды в данных водоемах показал, что в прудах №№ 3 и 6 присутствуют токсические вещества, ингибирующие нормальный ход процессов самоочищения. Во всех прудах в паводковый период происходит увеличение содержания загрязняющих веществ, а в зимний - повышение содержания легкоокисляемого органического вещества. В центральном пруду (№1) подъем концентраций загрязняющих веществ наблюдается в период осеннего отмирания макрофитов и фитопланктона. Повышенные величины цветности и перманганатной окисляемости, характерные для всех водоемов, указывают на начало процессов биогенного образования. Максимальные значения цветности отмечены в пруду № 5.

Зоопланктон прудов ГПКиО представлен коловратками, ветвистоусыми и веслоногими рачками, составляющих его основу. Небольшое видовое разнообразие является характерной чертой прудового

планктона. Было зарегистрировано 11 видов коловраток, 13 - ветвистоусых и 14 - веслоногих ракообразных; меропланктон представлен 14 таксонами.

Показатели средней численности планктона и отдельных его групп за период наблюдений приведены на рис. 1. Следует отметить очень низкую численность организмов в прудах №№ 5 и 6. Такие сообщества складываются часто в водоемах с плохой кормовой базой, а также при повышенном уровне загрязнения.

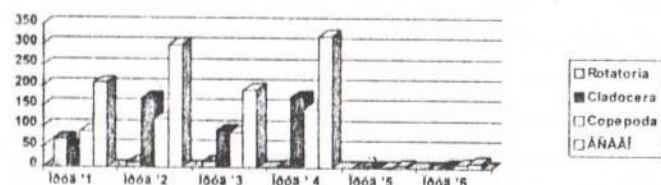


Рис. 1. Средняя численность (тыс. экз./м³) организмов зоопланктона в прудах ГПКиО

Основу фауны всех прудов ГПКиО составляют лишь несколько видов. Это коловратки рода *Asplanchna*, *Brachionus quadridentatus*, ветвистоусые рачки *B. longirostris*, *Ch. sphaericus* и *Scaholeberis mucronata*.

При изучении сезонной динамики численности зоопланктона выясняется, что несмотря на определенную более или менее повторяющуюся из года в год последовательность появления отдельных видов и достижения ими максимумов, кривая хода численности для каждого года обследования является уникальной. Динамика численности отдельных групп планктона складывается по-разному. Как и следовало ожидать, рост численности коловраток значительно опережает развитие рачкового планктона. В июле их численность немного снижается, а затем в августе значительно падает. Ветвистоусые и веслоногие ракообразные наиболее многочисленны в июльских пробах.

При изучении бентоса было проведено обследование литорали всех прудов ГПКиО. Благодаря сильному заилению, слабой проточности и аэрации, уже на глубинах 1,5 - 2 м плохо идут окислительные процессы и в илу появляется сероводород. Жидкая консистенция ила и высокое содержание сероводорода делают его непригодным даже для таких

эврибионтных животных как личинки мотыля (*Chironomus plumosus*). Прибрежная зона заселена довольно плотно, однако видовое разнообразие литорального бентоса в различных прудах неодинаково.

Наиболее богата прибрежная донная фауна в пруду № 1, где встречено 20 видов и 9 таксонов. Численность бентоса достигает максимальных значений в прудах №№ 5 и 6 (402 и 480 экз./м² соответственно). Слабее всего донная фауна развита в пруду № 4, где ее численность составляет всего 75 экз./м². Этот показатель очень низкий и свидетельствует об угнетенном состоянии донного населения. Возможно, такое явление объясняется плохим состоянием литорали, а также неглубоким залеганием слоев неокисленного ила с примесью сероводорода.

При проведении биоиндикации было установлено, что для прудов №№ 1, 2, 3, 4 и 6 характерно естественное развитие зоопланктона, что свидетельствует об относительно удовлетворительной ситуации, складывающейся в данных водоемах на момент наблюдений. Наиболее стабильны, выровнены и сбалансированы сообщества в пруду № 1. Индекс сапробности, рассчитанный для данного водоема, имеет самый низкий показатель, а, следовательно, качество воды в пруду наилучшее. Зоопланктонные сообщества пруда № 5 развиты слабо. В данном водоеме складывается чрезвычайная экологическая ситуация: индекс Шеннона ниже 1, индекс эквитабельности зоопланктона, отражающий выравнированность сообщества, приближается к 0, высокий уровень сапробности (3.12) соответствует α-мезосапробной категории. Все зарегистрированные виды встречены в единичных экземплярах, что свидетельствует об экстремальных условиях существования зоопланктона в данном водоеме.

Индексы сапробности, рассчитанные по методу Пангле и Букка показывают приблизительную картину состояния экосистем, так как индикаторное значение для всех встреченных в пробах видов не установлено, однако полученные результаты хорошо коррелируют с другими индексами. Проводя обобщенную оценку состояния водных экосистем прудов ГПКиО, следует отметить, что уровень развития планктона и бентоса в отдельных

водоемах соответствует естественному развитию этих сообществ, характерному для Нижневолжского региона. Индекс сапробности свидетельствует о том, что в пруду № 1 качество воды соответствует β -мезосапробной зоне, а на отдельных участках приближается даже к β -олигосапробной зоне. В других прудах оно несколько хуже, но только в трех водоемах (№№ 3, 5 и 6) выходит за рамки β -мезосапробной зоны и эти пруды могут быть охарактеризованы как α - β -мезосапробные водоемы.

Таким образом, качество воды в прудах ГПК и О можно рассматривать как удовлетворительное. Все пруды соответствуют категории водоемов, которые можно использовать в целях рекреации.

6. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОЕМОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В 1996 г. было проведено обследование 8 водоемов, расположенных в Ленинском, Заводском и Октябрьском районах г.Саратова, т.е. в зонах с различной степенью техногенной нагрузки: чрезвычайно сильной, сильной, слабой и минимальной. Это пруды, расположенные в:

- рекреационной зоне (№ 3 в ГПКиО и Октябрьском ущелье);
- промышленной зоне (Бахчев, Калашниковский, у автомагистрали и ТЭЦ-2);
- пригородной зоне (в п. Подливановке и Докторовке).

В этих прудах всего зарегистрировано: коловраток - 9 видов, ветвистоусых ракообразных - 16, веслоногих - 19 (*Cyclopoida* - 12, *Calanoida* - 7) и представителей меропланктона - 14 таксонов. В прудах у автомагистрали и ТЭЦ-2 зарегистрирована очень низкая численность зоопланктона (6.5 и 7.5 тыс.экз/м³ соответственно). Такие разреженные сообщества складываются чаще всего в водоемах с повышенным уровнем загрязнения. Только в двух водоемах численность планктона достигает значительных величин - в прудах Калашниковский (83.2 тыс.экз/м³) и Бахчев (174.3 тыс.экз/м³). Однако такая высокая численность достигается за счет массового развития нескольких видов. В пруду Калашниковский - это ветвистоусые рачки *Daphnia cucullata* и *Moina micrura* (средняя численность 22.6 и 5.5 тыс.экз/м³) и представители п/отр.

Cyclopoida (49.4 тыс.экз/м³). В пруду Бахчев самой высокой численности достигают *Simoccephalus vetulus* (средняя численность - 139.4 тыс.экз/м³, максимальная в июне - 366.8 тыс.экз/м³) и веслоногие рачки п/отр *Cyclopoida* (средняя численность - 27.3 тыс.экз/м³, максимальная - 80.7 тыс.экз/м³). Численность остальных организмов невысокая, многие зарегистрированы в единичных экземплярах. Сообщества гидроцефалов этой группы представлены небольшим количеством видов. Высокий размах в колебаниях численности в течение вегетационного периода (например, в Бахчевом пруду от 457.2 тыс.экз/м³ до 3.9 тыс.экз/м³) свидетельствует о стрессовых ситуациях, складывающихся в данных водоемах.

Для водных зоопланктонных сообществ прудов, расположенных в рекреационных зонах г.Саратова, характерны структурированность зооценозов, представленность основных таксономических групп и высокий индекс видового разнообразия.

Населяющие водоемы пригородной зоны сообщества сбалансированы и характеризуются высоким видовым разнообразием и средней численностью.

Информацию о состоянии сообществ дает ранжирование с выделением доминантных, субдоминантных или иных групп видов. Полученные кривые видового обилия с помощью регрессионного анализа сравнивались с основными моделями распределения: логарифмически нормального (лог-нормального), логарифмического ряда (лог-ряда), геометрического ряда. Экспериментальные данные по сообществам зоопланктона прудов Калашниковский и Бахчев с наименьшей средней квадратичной ошибкой и наибольшей достоверностью описываются моделью геометрического ряда ($R=0.98$, $F=312.8$ и $R=0.98$, $F=219.8$ соответственно), а сообщества прудов у ТЭЦ - 2 и автомагистрали соответствуют модели лог-ряда ($R=0.99$, $F=103.2$ и $R=0.97$, $F=176.1$ соответственно). Данные литературы показывают, что распределение видов по типу геометрического ряда обнаруживается в бедных видами местообитаниях или на очень ранних стадиях сукцессии сообществ (Whittaker, 1965, 1970, 1972). В ходе эволюции сообществ характер распределения обилия видов постепенно приближается к лог-ряду (Митаран, 1992).

На основании регрессионного анализа установлено, что коэффициенты наклона кривых ранжирования зоопланктонных сообществ всех остальных прудов совпадают с теоретической кривой, соответствующей модели лог-нормального распределения, что позволяет характеризовать данные сообщества как сбалансированные, разнообразные и естественные.

Для каждого водоема были рассчитаны индексы, основанные на теории информатики, позволяющие характеризовать водные сообщества и сравнивать их между собой. Кроме того, по организмам зоопланктона были подсчитаны величины сапробности и с помощью биотеста на дафниях определен уровень токсичности воды в каждом водоеме в периоды отбора проб.

Пруды

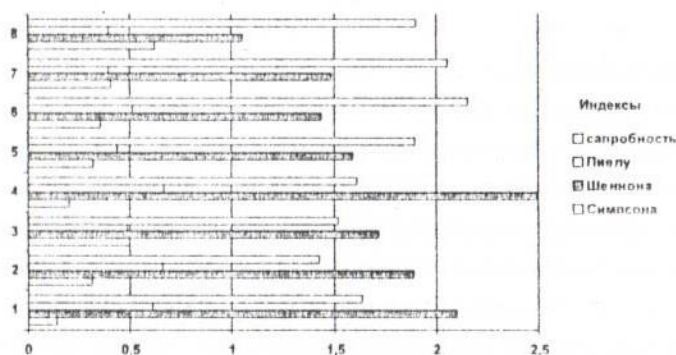


Рис. 2. Средние показатели информационных индексов исследованных проб зоопланктона водоемов г. Саратова: 1,2 - пруды природной зоны; 3, 4 - пруды рекреационной зоны; 5,6,7,8 - пруды промышленной зоны г. Саратова

Проведенная методом биотестирования на дафниях оценка качества воды выявила наличие токсичности на протяжении всего периода наблюдений в прудах промышленной зоны - Бахчев. у ТЭЦ -2, автомагистрали и Калашников (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели качества воды в исследуемых прудах по результатам биотестирования на дафниях

Пруды	Поливановка	Докторовка	ГПКИ О	Октябрьское	Калашников	У автомагистрали	У ТЭЦ-2	Бахчев
τ^d	1.030±0.087	0.805±0.085	0.736±0.007	1.033±0.003	1.350±0.096	2.285±0.906	1.544±0.267	1.607±0.139

Факторный анализ набора полученных информационных индексов, индекса сапробности и результатов дафниевого теста проводили с использованием метода главных компонент. Начальный этап факторного анализа позволил установить, что 2 первых из выделенных "главных" факторов определяют 85.1% изменчивости анализируемых показателей. Из данных табл.2 следует, что информационные индексы определяются первым фактором, а сапробность и показатели дафниевого теста - вторым.

Таблица 2

Матрица факторного отображения, построенная по характеристикам планктона водоемов и данным биотеста

Показатель	Фактор 1	Фактор 2
Индекс Шеннона	0.919	-0.330
Индекс Симпсона	-0.910	-0.024
Индекс Пиелу	0.920	-0.156
Индекс сапробности	0.033	0.899
Дафниевый тест	-0.335	0.817

В результате факторного анализа выявлена структура взаимосвязей исходных показателей. Первый уровень взаимосвязей включает в себя информационные характеристики планктонных сообществ (энтропийный индекс Шеннона, индексы Симпсона и Пиелу), что вполне закономерно, учитывая взаимосвязь индексов по их расчетным параметрам. Наиболее интересным представляется второй структурный уровень, который объединяет показатели сапробности и биотестирования и может быть интерпретирован как уровень отклика экосистемы на общую антропогенную нагрузку. Исходя из этого, можно предположить, что для рассматриваемых водоемов сапробность достаточно тесно связана с токсичностью, что, по-видимому, является одной из характерных черт малых водоемов, подверженных жесткому прессу урбанизированных территорий.

7. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Для определения степени воздействия загрязняющих веществ не только на фауну, но и на флору, был проведен комплексный анализ качества природных вод 8 модельных прудов г. Саратова с использованием дафниевого (тест-объект- *Daphnia magna*) и водорослевого (тест-объект- *Scenedesmus quadricauda*) биотеста (табл.3) и методов гидрохимического анализа.

Согласно результатам гидрохимического анализа, вода в прудах соответствует категории водоемов культурно-бытового пользования.

Таблица 3

Качество воды в исследованных водоемах по результатам биотестирования

Пруды	Биотест на водорослях (ЗФ)		Биотест на дафниях	
	τ^V		$\tau^d_{ср.}$	
	t_1 , мсек	t_2 , мсек	Опыт	контроль
Поливановка	0.677±0.0136	стабильно во времени	0.803±0.010	0.493
Докторовка	0.677±0.0136	стабильно во времени	0.915±0.056	±0.044
ГПКиО	0.534±0.0109	0.655±0.0119	1.150±0.087	
Октябр. ущелье	0.645±0.0128	стабильно во времени	1.011±0.213	
Калашников	0.465±0.0114	0.572±0.0119	1.502±0.036	
У дороги	0.571±0.0119	0.643±0.0142	1.337±0.094	
У ТЭЦ	0.556±0.0123	0.629±0.0127	1.365±0.129	
Бахчев	0.484±0.0118	0.645±0.0128	1.332±0.097	

Результаты биотестирования на дафниях показали низкое качество воды отмечается в прудах ГПКиО и водоемах, расположенных в промышленной зоне. При биотестировании на водорослях с использованием метода регистрации ЗФ наличие токсичности отмечено для воды из всех исследуемых водоемов. Наибольшее отклонение от контроля наблюдается при тестировании воды прудов Бахчев и Калашников. Коэффициент корреляции результатов двух используемых биотестов равен -0.9. Полученные данные гидрохимического анализа и биотестирования подвергли регрессионному анализу. Обработка результатов заключалась в применении

метода множественной пошаговой регрессии с целью выявления гидрохимических показателей, наиболее значимо влияющих на отклики тест-объектов (Компьютерная биометрика, 1990).

Установлено, что вариабельность показателей дафниевого теста на 79% определяется изменениями концентраций железа и кобальта в прудах (коэффициент детерминации $R^2=0,789$). Зависимость этих параметров описывается уравнением регрессии:

$$D = 0.35 + 1.23 \text{ Fe} + 51.23 \text{ Co},$$

где D - отклик дафниевого теста (τ^d), Fe - концентрация железа в воде прудов, мг/л, Co - концентрация кобальта в воде прудов, мг/л.

Полученная зависимость имеет коэффициент множественной корреляции равный 0,89 и достоверна при 2% уровне значимости нулевой гипотезы. Графическое сопоставление рассчитанных по нему параметров с наблюдаемыми в опыте приведено на рис. 3 (а).

Аналогично было показано, что изменчивость показателей водорослевого теста в значительной степени определяется содержанием железа, кобальта и фосфатов ($R^2=0,843$):

$$V = 0.88 - 1,03P - 0,36\text{Fe} - 14,80\text{Co},$$

где V - отклик водорослевого теста, P - концентрация фосфатов в воде прудов, мг/л.

Уравнение статистически достоверно при 5% уровне значимости, коэффициент множественной корреляции составляет 0,92. Графическая верификация модели приведена на рис. 3 (б).

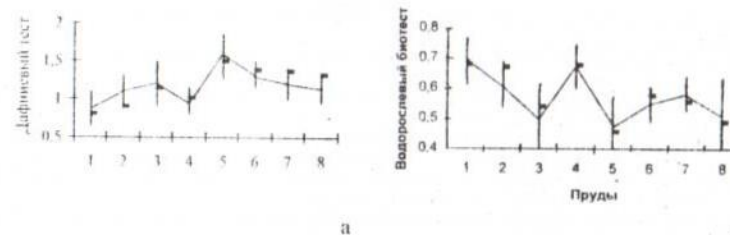


Рис. 3. Наблюдаемые (*) и расчетные (—) показатели дафниевого (а) и водорослевого (б) биотестов с 95% доверительным интервалом

Таким образом, проведенные исследования подтвердили, что биотестирование является интегральным экспресс-методом, позволяющим дать первоначальную оценку состояния экосистемы. В случае получения положительного результата, свидетельствующего о наличии токсических веществ в исследуемой воде, следует использовать методы гидрохимического анализа, которые в комплексе с данными биотестирования позволяют идентифицировать наиболее значимые токсические компоненты.

8. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ УРОБОЛАНДШАФТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИИ г.САРАТОВА НА СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

По экологическому облику обследованные водоемы можно разделить на три группы. К первой относятся водоемы и водотоки, в которые осуществляются сбросы промышленных и бытовых сточных вод. В эту группу входят водоемы, расположенные в зонах высокой техногенной нагрузки. В пределах этих зон осуществляется интенсивное загрязнение поверхностных вод. Воды здесь, как правило, мутные, с неприятным запахом и большим количеством взвесей. Берега и склоны балок водных объектов сильно замусорены, а порой превращены в свалки. Население таких водоемов характеризуется нарушенностью структуры гидроценозов, бедным видовым составом и малой численностью гидробионтов. При проведении эколого-гидробиологической диагностики этих вод целесообразно делать основной упор на методы биотестирования в сочетании с гидрохимическими методами анализа.

Вторая группа водоемов загрязняется за счет вымывания из почв химических веществ водами различного происхождения. На состояние этих водоемов могут влиять также бытовые стоки частного сектора. Качество воды в данных прудах можно оценить как удовлетворительное, но есть зоны, где оно резко ухудшается. На таких водоемах рекомендуется сочетание приемов биоиндикации и биотестирования, поскольку биотестирование показывает состояние воды в момент взятия пробы, а с помощью биоиндикации можно обнаружить последствия разового или прерывистого загрязнения, предшествующего времени анализа.

К третьей группе относятся водоемы, расположенные в пригородных зонах или районах с минимальной антропогенной нагрузкой. В пределах этой зоны водоемы и водотоки находятся в удовлетворительных экологических условиях. Поверхностные воды в пределах этой зоны, как правило, слабо изменены и соответствуют естественному фону. Сообщества гидробионтов данных прудов достаточно разнообразны в видовом отношении, а численность соответствует средним показателям для региона. Оценку качества воды этой группы водоемов рекомендуется проводить с использованием различных способов индикации - по показателям организмам, видовому разнообразию, с помощью информационных индексов. Применение биотестирования здесь следует рассматривать как дополнение, вызванное необходимостью проведения сравнительной оценки с загрязненными водами и фоновыми региональными показателями.

ВЫВОДЫ

1. Малые водоемы, расположенные в промышленной зоне сходны по морфометрии и гидрологическому режиму, но отличаются по количественному и качественному составу животного населения. Они характеризуются нарушенностью структуры гидроценозов, бедным видовым составом и малой численностью гидробионтов. Уровень развития сообществ планктона исследованных водоемов не всегда коррелирует с подобными показателями для бентоса. Только немногие пруды, где одинаково хорошо развит планктон и бентос, с экологической точки зрения представляются устойчивыми, сбалансированными экосистемами. По трофическому статусу они относятся к эвтрофным водоемам.

2. Уровень развития планктона и бентоса в водоемах рекреационной зоны г.Саратова соответствует естественному развитию этих сообществ, характерному для Нижневолжского региона. Для них характерны структурированность зооценозов, представленность основных таксономических групп и высокий индекс видового разнообразия. Индекс сапробности, рассчитанный по организмам зоопланктона, соответствует β-

мезосапробной зоне, а на отдельных участках приближается к β -олигосапробной зоне. Только два пруда могут быть охарактеризованы как α - β -мезосапробные водоемы.

3. В модельных прудах зон было зарегистрировано 9 видов коловраток, 16 ветвистоусых ракообразных, 19 веслоногих (Cyclopoida - 12, Calanoida - 7) рачков и 14 таксонов представителей меропланктона. Кривые видового обилия зоопланктона прудов промышленной зоны соответствуют моделям геометрического ряда и лог-ряда, что характерно для бедных видами местообитаний или для сообществ на очень ранних стадиях сукцессии. Зооценозы остальных прудов описываются лог-нормальным распределением, что характеризует данные сообщества как зрелые, разнообразные и естественные.

4. Выявлена высокая приспособляемость водной фауны к урбанизированному ландшафту и антропогенной нагрузке за счет эврибионтных видов. Экологически значимыми для группы водоемов, подверженных сильной антропогенной нагрузке являются виды - *Brachionus quadridentatus*, *Ceriodaphnia cetosa*, *Moina micrura*, *Acanthocyclops viridis*, *Paracyclops fimbriatus*, *Eucyclops setulatus*; для группы водоемов средней и умеренной зоны загрязнения - *Brachionus quadridentatus*, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Alona rectangula*, *Mesocyclops oithonoides*; для водоемов слабой и минимальной антропогенной нагрузки характерны *Asplanchna herticki*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Sida cristallina*, *Daphnia pulex*, *Eucyclops affinis*, *Eucyclops fuscus*, *Acanthocyclops bisetosus*, *Diaptomus gracilis*, *Euritemora velox*.

5. Характерной чертой малых водоемов, подверженных жесткому прессу урбанизированных территорий является тесная связь сапробности и токсичности.

6. По экологическому облику водоемы города можно разделить на три группы. К первой относятся водоемы и водотоки, в которые осуществляются сбросы промышленных и бытовых сточных вод. Вода в них неудовлетворительного качества, иногда отмечается ее резкая токсичность. Вторая группа водоемов загрязняется за счет смывов с поверхности почвы при дождях, таянии снега и оседания дымов промышленных предприятий. На

состояние этих водоемов могут влиять также бытовые стоки частного сектора. Качество воды в данных прудах можно оценить как удовлетворительное, но есть зоны, где оно резко ухудшается. К третьей группе относятся водоемы, расположенные в пригородных зонах или районах с минимальной антропогенной нагрузкой. В пределах этой зоны водоемы и водотоки находятся в удовлетворительных экологических условиях: поверхностные воды, как правило, слабо изменены и соответствуют естественному фону.

7. Вариабельность показателей дафниевых тестов на 79% определяется изменениями концентрации железа и кобальта в прудах (коэффициент детерминации $R^2=0.79$). Динамика показателей водорослевого теста в значительной степени детерминируется содержанием железа, кобальта и фосфатов ($R^2=0.84$).

8. На основании комплексного анализа природной воды модельных прудов г.Саратова методами биотестирования установлено низкое качество воды в водоемах, расположенных в промышленной зоне. Коэффициент корреляции между результатами дафниевых и водорослевых тестов составляет -0.9013.

9. Биотестирование, являясь интегральным экспресс-методом, позволяет дать первоначальную комплексную оценку качества воды. В случае обнаружения токсичности должны использоваться методы гидрохимического анализа, позволяющие в комплексе с результатами биотеста идентифицировать токсические компоненты.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Каширская Е.В., Белова И.В., Ермохин М.В., Малинина Ю.А. Состав фауны прудов Саратовского городского парка культуры и отдыха им.Горького (К определению качества воды по биологическим показателям). Саратов, 1994. Деп. в ВИНТИ 24.02.95. № 515-В95. 39 с.
2. Каширская Е.В., Ермохин М.В., Малинина Ю.А., Орлов А.А. Об экологическом состоянии прудов г.Саратова и мерах по его улучшению // Тез. докл. 2-ой Международной научно-практич. конф. (12-15 сент. 1995 г.). Пермь, 1995. Ч. 1. С. 46-47.
3. Мосияш С.С., Потапов В.В., Мосияш С.А., Малинина Ю.А., Ходус И.М. Малые водоемы - экологическое зеркало большого города // Материалы VII съезда Гидробиологического общества. Казань, 1996. С. 54-55.
4. Малинина Ю.А. Специфичность сообществ раковинных корненожек как результат антропогенной трансформации водных ценозов // Студент и научно-технический прогресс: Материалы XXXIV Международной науч. студенческой конф. Новосибирск, 1996. С. 66-67.

5. Малинина Ю.А. Экологическое состояние водоемов г.Саратова //Эколого-биологические проблемы Волжского региона и Северного Прикаспия: Тез. докл. научн. конф. Ч. 1. Астрахань, 1996. С. 66.
6. Каширская Е.В., Белова И.В., Малинина Ю.А. Современное состояние фауны прудов Заводского района г.Саратова // Фауна и экология животных. Пенза, 1997. С.43-51.
7. Малинина Ю.А. Санитарно-гигиеническое состояние водоемов большого города // Проблема экологического разнообразия и охраны прибрежно-водных и водных экосистем: Тез. докл. науч. конф. Борок, 1997. С. 87-88.
8. Малинина Ю.А. Водные сообщества в районе соколовогорского нефтегазового месторождения // Перспективные подходы к решению проблем экологической безопасности Нижнего Поволжья в связи с разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений с высоким содержанием сероводорода: Материалы научно-техн. конф. Саратов, 1996. С. 121.
9. Малинина Ю.А., Шляхтин Г.В. Анализ современных методов биологической оценки качества воды урбанизированных экосистем // Проблемы изучения биосферы: Тез. докл. Всероссийской научн. конф. Саратова, 1996. С.20-21.
10. Малинина Ю.А., Шляхтин Г.В. Определение качества воды водоемов, подверженных нефтяному и сероводородному загрязнению // Перспективные подходы к решению проблем экологической безопасности Нижнего Поволжья в связи с разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений с высоким содержанием сероводорода: Материалы научно-техн. семинара. Астрахань, 1997. С. 198-201.
11. Малинина Ю.А., Лескова Г.В., Сомов А.Ю., Шляхтин Г.В. Обеспечение экологической безопасности экспериментальных региональных природоохранных территорий //Безопасность биосферы – 97: Материалы 1-го Всероссийского научн. симпозиума. Екатеринбург, 1997. С. 121.
12. Малинина Ю.А., Шляхтин Г.В. Влияние нефтепродуктов и других поллютантов на гидрофауну малых рек промышленного района г.Саратова // Перспективные подходы к решению проблем экологической безопасности Нижнего Поволжья в связи с разработкой и эксплуатацией нефтегазовых месторождений с высоким содержанием сероводорода: Материалы научно-техн. конф. Саратов, 1998. С. 21-25.
13. Малинина Ю.А. Оценка загрязнения воды прудов г.Саратова по организмам зоопланктона и зообентоса // Студент и научно-технический прогресс: Материалы XXXIV Международной научн. студенческой конф. Новосибирск, 1998. С. 131-132.
14. Малинина Ю.А. Санитарно-экологическое состояние водоемов большого города // Безопасность биосферы – 98: Материалы 2-го Всероссийского научн. симпозиума Екатеринбург, 1998. С. 35.
15. Spelovskaya E., Malinina J. The Bioindicational of Polution of the Pond's Waters of Saratov // Water: Biology and Technology. Ecwatech: 3 International Congress. Moscow, 1998. P. 556-557.
16. Malinina J.A. Use of PARAMECIUM CAUDATUM as a test-object for determination of water quality // Infusoria in Bioassays: Internation. Scientific and Practical Correspondence Conference (October, 1997). Saint-Petersburg, 1998. P. 129-132.

Подписано к печати 19.05.99. Формат 60x84/16. Объем 1,25 п.л.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Тираж 100 экз.

ГП типография № 6. Заказ № 226.

410600, Саратов, ул.Верхний рынок, корп. 13.