

28.082  
р244

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР

Гомельский государственный университет

И.Ф. Рассажко

ТЕКСТ ЛЕКЦИИ  
по спецкурсу "Санитарно-техническая гидробиология"

Часть I

Гомельская  
Дзержинская  
Библиотека

Гомель 1984

СКОРИНЫ

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

УДК 577,4

Рецензенты: А.П.Остапеня, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Белорусского государственного университета им.В.И.Ленина; А.П.Даченко, заведующий санитарно-гигиеническим отделом Гомельской областной санитарно-эпидемиологической станции

В лекциях изложены актуальные вопросы санитарно-технической гидробиологии. Систематизирован материал по истории ее развития и становления, изложены научные достижения и их практическое применение.

Текст предназначен для студентов биологического факультета, а также может использоваться как теоретическая основа для санитарных врачей при осуществлении контроля за открытыми водоемами.

Р 21009 - 026 8 - 84 2001050100  
М 339 - 84

Гомельский государственный университет (ГГУ), 1984

ПРЕДМЕТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ И УСПЕХИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ

Санитарно-техническая гидробиология изучает общие закономерности гидробиологических процессов в загрязняемых водах. Она представляет собой отрасль гидробиологии, ставящую целью способствовать обеспечению человечества высококачественной водой для сохранения жизни и здоровья, развития промышленности и повышения продуктивности сельского и рыбного хозяйства. Основными задачами санитарно-технической гидробиологии является: разработка основ охраны вод от загрязнения и теории биологического самоочищения, применение этих концепций в практических целях.

Исследования в области санитарно-технической гидробиологии проводятся довольно широко и включают: 1) периодическое картирование качества воды (по биологическим, химическим, физическим принципам) типовых водоемов; 2) разработку экспресс-методов определения качества воды на основе биологических показателей загрязнения; 3) токсикологические исследования; 4) изучение экологии и физиологии гидробионтов; 5) полевое и лабораторное изучение процессов самоочищения водоемов в условиях разбавления и смешения загрязненных вод, при физико-химическом окислении органических веществ, биохимической переработке веществ в водной толще (биологическое окисление, фильтрация, трансформация и др.); при процессах фотосинтеза и деструкции, сорбции загрязняющих веществ грунтами водоемов; 6) изучение обрастания и "цветения" и разработку методов борьбы с ними.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

Предмет санитарной гидробиологии - загрязненные водоемы возник давно. Загрязнение среды, связанное с концентрацией человеческих поселений, прослеживается с древнейших времен. Человек издавна сбрасывал отходы в реки...

С периода объединения людей в значительные скопления (населенные пункты, города) загрязнение рек, других водоемов увеличилось, возникла проблема чистоты вод. Еще в 4 веке до новой эры Гиппократ полагал, что сырая вода опасна для здоровья человека и рекомендовал фильтровать и кипятить ее перед употреблением.

Однако, если к мысли о необходимости специальной обработки воды для питьевых и бытовых нужд человечество пришло, по-видимому, еще несколько тысяч лет назад (Индия, Китай) то осознание необходимости оберегать водоемы и водотоки от загрязнения происходило намного позднее. В России в защиту городских водотоков впервые выступил Петр I, издавший в 1718 и 1719 годах указы о запрещении жителей Санкт-Петербурга сбрасывать мусор в реки, каналы и протоки, засорять Неву.

С ростом городов росла ремесла, текстильное производство, кожевенное дело и т.д. Сточные воды этих производств, бытовые стоки загрязняли водоемы, вызывая гибель гидробионтов — рыб, раков, моллюсков, других организмов. Но количество сточных вод было мало, и распределение их носило локальный характер. Поэтому специальных систематических исследований не проводилось, имели место эпизодические наблюдения. Весьма длительный период накопления фактов распространялся до 19 века, когда начала развиваться промышленность, а вместе с ней увеличивалось и количество сбрасываемых сточных вод. Уже в первое десятилетие 19 века в законодательные акты включено запрещение сбрасывать сточные воды в реки у мест забора питьевой воды. Однако только начиная с последней четверти 19 века стала особенно осознаваться необходимость глубокого исследования вредного влияния сточных вод на качество питьевой воды, на жизненные процессы гидробионтов, стимулируя изучение его. Этот начальный период санитарной гидробиологии характеризуется, таким образом, становлением предмета ее исследований.

В нашей стране изучение загрязняемых водоемов имеет давние традиции и вызвано фактом значительного загрязнения водоемов и необходимостью их охраны. Определенное представление о загрязнении рек в России можно получить из некоторых документов. Так, по свидетельству современников, в 1863 году река Фонтанка в Петербурге близ Семеновского моста была настолько загрязнена нечистотами, что представляла собой "вид какой-то зеленой трясины". Жители берегов Карповки писали в городской Думе Петербурга: "Большинство жителей прибрежных дач должно довольствоваться гнившей водой Карповки, которая вследствие совершенного обмеления, особенно при устье, куда без загрязнения советски сбрасывают всякий мусор ..., представляет собой гниющую массу, отравляющую своими испарениями все прилегающую

местность" [1]. Жители Александрово-Невской части жаловались, что они вынуждены употреблять для питья грязную, издающую зловоние, воду из Лиговки. В 1865 году вода Обводного канала была признана "положительно вредной". В 1904 году в связи с катастрофически продолжавшимся загрязнением реки Невы, тиф стал постоянным явлением и желудочные заболевания среди населения достигли 25 процентов. В первом десятилетии нашего века водное население Москвы-реки на участках, расположенных вне города, не испытывало существенного антропогенного воздействия, а на участках в районе города Москвы водное население свидетельствовало об очень сильном загрязнении реки. Загрязнение рек Москвы имело место и гораздо раньше, чем в отменное время. Еще в 1867 году в Москве начала остро обсуждаться возможность запрещения нечистот и заводских отходов в Москву-реку и реку Яузу. Несколькими годами позже проблема охраны водоемов и водотоков от загрязнения существенно обострилась в Казани, Харькове, Самаре, других городах России, что способствовало организации санитарно-гидробиологических исследований.

В 1869 году президент Общества естествоиспытателей при Казанском университете, известный зоолог Н.П.Вагнер, поставил вопрос об исследовании сточных вод в естественно-историческом и гигиеническом отношении, и на озере Кабан, находящемся в черте города Казани, были организованы специальные исследования. В 1873 году особой комиссией Общества врачей города Казани была принята Программа периодического исследования вод в черте города.

В этот период, в связи с растущим использованием нефти в промышленности, значительными потерями ее во время перевозок в открытых баржах, например, по Волге, имеет место нефтяное загрязнение водоемов и поэтому возникает необходимость точного знания влияния нефти на гидробионтов. В специальном исследовании Д.И.Сokolова (1878) показано вредное влияние перевозки нефти по Каопле и Волге на рыбные промыслы в этих водоемах. Ф.А.Грини (1891) доказал вредное влияние нефтяного загрязнения на рыбу и беспозвоночных, служащих ей пищей, в результате чего сокращается рыбный промысел. С другими оценками выступили А.М.Никольский (1893) и другие. А.М.Никольский утверждал, что нефть, плавающая по поверхности, не препятствует росту и развитию водных животных, но рыбу не действует как яд, но обуславливает

нефтяной запах рыбного мяса. Крупные зоологи, гигиенисты, рыболовы принимали участие в решении спорных вопросов. В 1899 году работала специальная комиссия на Волге по выяснению вредного влияния нефти на водные организмы и рыбный промысел. В итоге многих специальных опытов и наблюдений было показано токсическое и вредное влияние нефти и ее продуктов на жизненные процессы рыб и кормовых для рыб организмов, ухудшение санитарного состояния водоемов, уменьшение рыбного промысла и ухудшение рыбной продукции. Принятые в связи с этим законодательные мероприятия привели на некоторый срок к уменьшению загрязнения вод Волги и Каспия. По мере роста промышленности и водного транспорта загрязнение континентальных и морских водоемов нефтью остается значительным, и проблема их охраны от нефтяного загрязнения сохраняет актуальность.

Другим сильным загрязнителем вод стали сточные воды промышленности. Крупный русский ихтиолог К.Ф.Кесслер еще в 1863 году обращал внимание на вред, приносимый водоемам сточными водами промышленности, который выражался в ухудшении качества воды и условий жизни рыб, промысла и товарных качества рыб. Исследования О.А.Гримма (1877), Г.В.Хлопина (1902) и других показали, что лесосплав, выжочка льна и конопли, сточные воды бумажной промышленности, заводов сахарной промышленности, чугунолитейных заводов сильно ухудшают качество воды пресных водоемов и вызывают гибель рыб.

В дальнейшем изучение влияния сточных вод на гидробионтов проводили по довольно широкой программе с определением продолжительности жизни, времени сохранения нормального положения животного в пространстве, раздражимости, сердечного и дыхательного ритмов, реакции пигментных клеток, особенностей движения. Определяли необходимую степень разбавления сточной воды, чтобы снять острую токсичность, значение кислорода для выживания рыб в сточной воде и другие показатели. Все это раскрывало сложность реагирования организма на загрязнение, значительно подробнее обосновывало вредность сточных вод и вообще химического загрязнения для водных организмов.

Загрязнение водоемов являлось, таким образом, с одной стороны, той объективной необходимостью, которая поставила перед биологами и гигиенистами проблемы, требующие изучения, а с другой - практическую задачу - охрану водоемов, сохранение чистоты

вод для рыбохозяйственных целей и питьевого водоснабжения.

В результате в 1912 году был организован Временный комитет по изысканию мер к охране вод от загрязнения сточными водами и отбросами фабрик и заводов. Комитет был крупной исследовательской организацией. Он располагал биологической, микробиологической и химической лабораториями. В 1913-1915 годах появились первые печатные отчеты этого комитета. В эти годы началась энергичная работа двух известных русских исследователей биологических процессов в загрязненных водоемах - П.Я.Никитинского и Г.И.Долгова, связанная с Временным комитетом по охране вод.

В Советский период, в связи с бурным развитием промышленности, Временный комитет преобразует в Центральный комитет водоснабжения. Этот комитет развернул всесторонние исследования сточных вод бумажной промышленности, которые показали изменения биоценозов и исчезновение ценных рыб под влиянием сточных вод бумажной промышленности, изменение численности микроорганизмов и разложение органических веществ. Было показано, что при таком загрязнении речной воды развивается в большом количестве грибы и прежде всего *Leptomyces lacteus* (Павлюкова, 1928, 1930).

В 20-х годах большую работу по санитарии вод развернул Санитарный институт Мосгидроуздела им. Ф.Ф.Эрисмана. Его санитарно-гигиенические исследования на реке Клязьме - крупный вклад в комплексное изучение рек СССР. Санитарно-гигиенические исследования развертывались в других учреждениях - в Донбассе, Днепропетровске, Казани, Горьковском крае и др.

Многие исследователи изучали реагирование разных гидробионтов на изменения основных компонентов абиотической среды. Значительную роль в развитии представлений о связи гидробионтов с водной средой обитания сыграли работы С.Н.Скадовского о роли pH среды для многих гидробиологических процессов, Н.И.Кольцова о роли pH в образовании пищеварительных вакуолей у суворойки, Е.Е.Успенского о значении железа в распределении водорослей, С.И.Кузнецова о разной токсичности окисного и закисного железа, В.И.Баклемишера о роли физиологической уравновешенности солей для водных организмов, А.О.Тавсон о токсичности ионов калия, натрия, кальция, магния для дафний. С.Н.Скадовский со своими сотрудниками выпустил в 1928 году большой сбор-

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ

ник "Применение методов физической химии к изучению биологии пресных вод", в котором приведен много фактов о зависимости физиологических и биологических процессов от факторов внешней среды. Было установлено, что такие показатели жизнедеятельности, как выживаемость, размножение, морфологические изменения жгутиковых, коллоидов, рачков, ориентированные движения последних на свет, изменения планктона в прудах в значительной степени зависят от факторов водной среды - pH, температуры, света, газового режима, солевого состава. С.Н.Скадовский с сотрудниками (1926, 1933) на группе Петровских озер Калининской области показал, что природные озера, различающиеся по величине pH воды, имеют разный набор организмов. Эти работы показали, что водные организмы отличают окружающую среду по её химическому составу, изменения pH воды приводит к изменениям в структуре биоценозов. Полученные факты имели большое значение, так как свидетельствовали о тесной связи между химическим составом водной среды и направлением изменений водных биоценозов, указывали на сходство в реагировании гидробионтов в лабораторных условиях и природных водоёмах. Эти факты расширили и углубляли понимание влияния химического загрязнения на биологические процессы в водоёмах.

Вырисовывалась необходимость детального изучения роли отдельных видов водных организмов в процессе биологического самоочищения водоёмов на основе познания физиологии массовых видов водорослей и животных. Одной из первых работ такого рода в СССР было исследование Я.А.Никитинского (1930) по физиологии, трофологии и экологии водоросли *Stigeoclonium tenue* Kz. Эта водоросль, по данным автора, резко выраженный сапробный показательный организм, сильно реагирующий на загрязнение воды. Эколого-физиологическое направление в санитарной гидробиологии в сочетании с углубленным биологическим изучением водоёмов было как бы завершено Я.А.Никитинского (1936), который писал: "Нет никакого сомнения, что в ближайшем будущем спрос на биологическую оценку водоёмов возрастёт еще значительно больше. Причиной этого увеличения спроса будут быстро возрастающие требования как к количеству, так и особенно качеству воды как со стороны промышленности, так и со стороны населения СССР". [3]

В 20-30-е годы исследователи уделяли также внимание изучению комбинированного действия факторов среды на жизнедея-

тельность гидробионтов. Было изучено влияние кислорода, температуры на жизнедеятельность животного в зависимости от его возраста и пола (Ковальский, 1927), влияние фосфорных соединений на выживаемость и размножение *Daphnia magna* Я. Julex (Склерова, 1930), влияние разного сочетания солености и pH среды на весовой прирост карпов и карасей (Брихатова, 1939), антагонистическое действие ионов на планктонных ракообразных (Винберг, 1933). Много исследований было проведено по влиянию влияния фенола и фенольных сточных вод на выживаемость беспозвоночных животных и рыб (Баскина, 1926; Демьяненко, 1932; Ситников, 1932 и другие); вымочки древесины, поступающей в водоёмы при лесосплаве (Строганов, 1937), стоки вод сахарных (Присяный, 1937) и нефтепереработочных заводов (Павлицева, 1939), некоторых химических веществ (Скопинцев, 1940). В этот период изучали влияние токсичных веществ на жизненные функции рыб: интенсивность питания и рост карпов (Брихатова, 1939; Строганов, 1937), рост и дыхание дожитков, 1937; Новикова, 1939), усвоение азотсодержащих веществ из пищи карпами (Скадовский, 1937). Изучали действие марганца, алюминия, железа, кальция и хлороформа на эмбриональное развитие и выживаемость личинок волжской сельди и каспийского пузанка (Строганов, 1939).

В 1936-1939 годы гидробиологи Московского университета провели широкие исследования по изучению влияния сточных вод фабрики искусственного волокна на гидробионтов разного систематического положения (Строганов, Пожитков, 1941). Изучали выживаемость в длительном опыте, разные стороны обмена (интенсивность дыхания, потребление кислорода, выделение  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ), сердечный и дыхательный ритмы, показатели крови (гемоглобин, число эритроцитов, окислительно-восстановительный потенциал), линьку и размножение дафний. У рыб определяли подвижность спермиев, эмбриональное развитие, выживаемость личинок и мальков. Опыты проводили на здоровых и больных рыбах, при повышенных и пониженных температурах. В опытах использовали 15 видов рыб и несколько видов червей, ракообразных, инфузорий. Было установлено, что под влиянием компонентов сточных вод у гидробионтов возникают нарушения, которые в первое время не заметны, а проявляются в процессах размножения - взрослые особи живут, но не размножаются или размножаются, но нарождающаяся молодь нежизнеспособна и через некоторое время гибнет.

На Борозинской биологической станции под руководством И.Ф.Драгина, а затем в ГосНИГЭ под руководством И.А.Мосезина и А.Г.Гучева проведены обширные исследования и получены значительные научные материалы по выяснению влияния загрязнений на реках Белая и Уфа. Проанализированы химический состав производственных сточных вод и их влияние на микрофлору рек и распределение бентоса, выживаемость икры, мальков и взрослых рыб, их питание, состояние рыбопромысловых угодий и рыбного промысла. На основании таких обширных исследований даны рекомендации по охране рыбных запасов в этих реках.

Исследования загрязненности и её влияния на биологические процессы были проведены на Онежском озере (Веселов, 1933), реках Кама (Меньшиков, 1939), Воронеж (Бухалова, Широкова, 1938). В этот период была разработана садковая методика (Правдин, Климова, 1939), которая используется и сейчас, например, на Байкале. В садок, опущенный в водоем у места сброса сточных вод или в конце потока сточных вод, помещают рыб, крупных беспозвоночных разного возраста и видового состава и по выживаемости и поведению животных судят о токсичности воды.

Таким образом, факты о нарушающем влиянии изменений химического состава водной среды на гидробионтов постепенно накапливались и заставляли исследователей искать причинно-следственные связи. С.Н.Сладковский (1939) обобщил экспериментальные данные, полученные кафедрой гидробиологии МГУ, и высказал положение, согласно которому основное звено нарушений заключается в изменении окислительно-восстановительного равновесия в организме. Разные действующие агенты вызывают кислородную недостаточность, что и приводит к тяжелым последствиям. Общей реакцией организма на изменения внешней среды является изменение физико-химического состояния тканевых коллоидов. Нарушение окислительно-восстановительного равновесия в свою очередь приводит к нарушению роста, созревания половых клеток, размножения, ориентированных движений организма.

Знакомясь с историей санитарно-гидробиологических исследований, необходимо обратить внимание на тот факт, что в течение многих лет в разрешении вопросов, связанных с изучением загрязненных водоемов, наряду с гидробиологами принимали участие гигиенисты, представители санитарной службы страны.

В 1939 году были изданы правила, которые вошли в приложение I

к Общесоюзным строительным нормам и правилам строительного проектирования промышленных предприятий. Принципиально новое в этом документе - учет санитарного состояния водоемов после сброса в него сточных вод. При этом стали нормировать не степень загрязнения сточных вод, а загрязнение воды в водоеме. Была узаконена кратность разбавления загрязненных сточных вод чистыми природными водами. Последующие пересмотры санитарных правил сброса сточных вод в водоемы были сделаны с учетом опыта научных исследований и практических наблюдений. Появилась методика санитарной экспертизы, которая позволяла предвидеть санитарные последствия сброса сточных вод и на этой основе определять мероприятия по их обезвреживанию.

В 1944 году была организована Первая научная конференция по вопросам влияния на водоемы промышленных сточных вод, содержащих токсические вещества (Санитарный институт им. Ф.Ф.Эрисмана, ВОДГЕО), которая признала, что охрана водоемов - это не только санитарная, но и комплексная проблема и для ее решения требуется участие многих научных учреждений, которые должны разрабатывать проблемы, связанные с охраной водоемов от загрязнений, в соответствии со специализацией. Был принят и одобрен первый список из 13 ПДК - предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. В итоге после названной конференции в водоемы поступают сточные воды с учетом их разбавления природными до ПДК. Начался период интенсивной разработки ПДК токсичных веществ, сбрасываемых в природные воды.

Известный советский гигиенист А.Н.Сисин в 1949 году писал: "... Гигиена уже полностью стала на путь единого комплексного изучения водосточников и водоемов как особой среды, где тесно переплетаются физико-химические, гидрологические и биологические факторы и где в связи с этим идут сложные процессы жизни, различные в зависимости от ряда доживочных внешних условий... И здесь биологические процессы являются могущим фактором изменений в составе и характере воды и водоема". Среди вопросов, поставленных перед гигиеной, А.Н.Сисин называл следующие: процессы загрязнения внешней среды и санитарная оценка этих явлений, санитарные показатели загрязнения внешней среды - прямые и косвенные, процессы естественного самоочищения внешней среды, их использование в целях оздоровления последней. Взгляды А.Н.Сисина были отражением реальной деятельности института,

который он возглавлял – Института общей и коммунальной гигиены Академии медицинских наук. Гидробиологические исследования входили в комплекс работ этого института. Однако санитарно-гигиеническое направление исследований начало постепенно обособляться. Институт общей и коммунальной гигиены после смерти А.Н.Смисина отказался от изучения водоемов и главной своей задачей в области охраны вод от загрязнения стал считать установление предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ, т.е. работу токсикологического характера. Центральный комитет водоохранения, реорганизованный в Институт ВОДГЕО (Институт водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии), резко сократил объем гидробиологических и гидрологических исследований, переключив свое внимание на разработку методов очистки сточных вод различных промышленных предприятий. Гидробиологи в значительной степени отошли от проблемы охраны чистоты вод, а исследования в этой сфере проводились силами медицинских работников.

Однако требования жизни, потребность не только в чистой воде водопроводов, но и в чистых водоемах, пригодных для употребления рыбы, для спорта, культурного отдыха, сельского хозяйства и промышленности, стихийно и планомерно вызывали многочисленные попытки гидробиологических работ, включавших в себя как полевые, так и лабораторные эксперименты. Из-за отсутствия в СССР центрального всесоюзного гидробиологического института, который мог бы осуществлять координационную работу и методическое руководство, исследования по санитарной гидробиологии велись в разных местах разрозненно и не на одинаковом теоретическом уровне.

Изучали влияние на рыб и беспозвоночных сточных вод целлюлозных заводов и производства электролитического покрытия, некоторых ядовитых веществ, щелочи, общей солености, солей железа и алюминия, фенола, дихлорэтана и хлорбензола, селена и кислот, оснований и солей, хлористого бериллия, лесоспаса, шахтных вод, азотно-тукового производства, сульфатов и хлоридов, натрия и магния. В 1957 году А.В.Канигина выпустила монографию по действию последних на гидробионтов. В 50-х годах были опубликованы важные работы Е.А.Васелова по токсическому влиянию отходящих веществ на водные организмы и допустимым нагрузкам загрязнений на рыбохозяйственные водоемы. Были сделаны обобщения о влиянии промышленных сточных вод на рыбное население водоемов

(Гусев, 1961), а Я.М.Грушко (1959) произвел критический разбор существующих ПДК токсических веществ в воде водоемов, в связи с охраной вод от химического загрязнения.

Были исследованы многие водохранилища в аспекте изучения влияния стоков на качество вод и биологические процессы. Исследовались реки Волга, Ока, Днепр. Были составлены и опубликованы карты загрязненности и изменений гидрохимического режима рек Украины, водоемов Урала, Донбасса. Исследования конца 40-х и 50-х годов в большой степени имели токсикологический характер. С 60-х годов водная токсикология стала особенно быстро развиваться и выделилась в самостоятельную науку, продолжая свои исследования на широкой биологической основе.

Весьма многочисленные работы по санитарно-гидробиологической таксации рек Западной Сибири выполнял Омский медицинский институт. Интенсивно проблемами санитарной гидробиологии занимались на Украине, в Харьковском университете и других научных учреждениях; в Киеве, Институте гидробиологии АН УССР; в Днепропетровске, Институте гидробиологии (при университете). Здесь же значительную активность проявляли санитарные организации и бассейновые инспекции. Плодотворное санитарно-гидробиологическое сотрудничество сложилось в Минске, где объединились силы гидробиологов-физиологов и гигиенистов, давших образцовые работы по использованию биологических факторов при очистке сточных вод. Санитарно-гидробиологические исследования входили в программу деятельности академических учреждений и университетов Прибалтийских республик и Карелии, Грузии и Армении. В Казани, Горьком работали группы, внесшие вклад в изучение Волги и Камы. В Москве в Институте ВОДГЕО продолжал трудиться ветеран санитарной гидробиологии Г.И.Долгов. Авторитетным исследовательским учреждением сделалась Учинская лаборатория Московского водопровода, умело осуществлявшая экспериментальную работу, которая завала возможность прогнозировать качество воды и использовать естественные факторы самосочинения. Большую исследовательскую и педагогическую деятельность продолжала осуществлять кафедра гидробиологии Московского университета. Значительные микробиологические работы на водоемах различных районов страны проводил Московский санитарно-гигиенический институт. Некоторые работы, начатые в московских санитарно-биологических учреждениях, но прекращенные там в связи с переменой

профиля, перешли (вместе с исследователями) в успешно растущий Институт биологии внутренних вод АН СССР в Борже (Ярославская область). Здесь была издана книга С.М. Драчева (1964) "Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками".

В Ленинграде, где санитарно-гидробиологические исследования издавна были связаны с Невой и её использованием для водоснабжения и приема сточных вод — исследования Е.Н. Болохонцева (1905) и А.С. Скорикова (1909), в 60-е годы оформились три центра санитарно-гидробиологических исследований. Это лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института АН СССР, лаборатория по изучению загрязнения водоемов и водотоков ГосНИОРХ и Институт радиационной гигиены. Первое из них работало как по комплексному исследованию загрязненных рек, так и по экспериментальному изучению процесса биологического самоочищения водоемов. Его изучены реки Ока и Нева с притоками, выяснены некоторые закономерности влияния загрязнений разного рода на фауну и биоценозы рек. Экспериментальные исследования в специально оборудованных аквариумах с циркулирующей и стоячей водой позволили подойти к выяснению количественной роли различных групп бионтов в удалении из воды растворенных радиоактивных веществ и различных взвесей минерального и органического характера.

Лаборатория ГосНИОРХ проводила исследования рек и водохранилищ, в которые сбрасывались сточные воды. Большое место в её работах занимало токсикологическое испытание и установление предельных для рыбы и кормовых ресурсов водоемов норм сброса различных видов загрязнений.

Третий центр много внимания уделял общим вопросам гигиены вод и возглавлял работы по изучению реки Невы как источника водоснабжения Ленинграда. Среди других проблем он был занят токсикологическими исследованиями по воздействию различных радиоактивных веществ на водные организмы и биологические процессы в водоемах.

#### САНИТАРНАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ ЗА РУБЕЖОМ

В 17 веке почти одновременно и независимо друг от друга гидробиологи Англии, Германии, Франции, Соединенных Штатов Америки, как и России, подошли к вопросу о гидробиологическом контроле качества вод, что было обусловлено не только возросшими требованиями к водоснабжению, но и достаточно высоким уровнем гидробиологических исследований в этих странах. В Европе во второй половине прошлого века вопросам охраны водоемов и водотоков от загрязнения наибольшее внимание уделялось в Англии [1, с.46,47]. В основу борьбы с загрязнением вод здесь были положены законы 1875 года об охране народного здоровья и 1876 года о борьбе с загрязнением рек. Последние регламентировались все те сбросы, которые признавались загрязняющими реки и предписывались наказания за их загрязнение. В 1888 году обязанности контроля водотоков в законодательном порядке были возложены на Советы графств. Графствам, расположенным в бассейне одной и той же реки, предоставлялось право образовывать единый общий комитет по осуществлению контроля загрязнения рек от её истока до устья. Такая организационная структура контроля загрязнения водоемов и водотоков не претерпела принципиальных изменений в Англии и до настоящего времени. В 1898 году парламентом была учреждена специальная Королевская комиссия по проблеме охраны вод от загрязнения. В одном из своих отчетов 1903 года комиссия предложила проект центрального совета, призванного проводить научные изыскания по вопросам защиты водоемов от загрязнения. Совет должен был состоять из химиков, биологов и инженеров и иметь в своем распоряжении исследовательские лаборатории. В обязанности совета входило определение характера необходимых химических и биологических наблюдений и установление некоторых допустимых величин загрязнения. Отсутствие строго определенных норм загрязнения водоемов и водотоков было характерно и для Германии. Для отдельных водопользователей устанавливались индивидуальные нормы сброса местными водными управлениями. В Германии в решении проблемы контроля загрязнения вод важная роль принадлежала Королевскому испытательному институту, образованному в 1901 году после издания закона по надзору за чистотой общественных водоемов. Гидробиологическую лабораторию этого института возглавлял один из основателей классической системы сапробиости Р.Кольквиц. Несколько позднее в



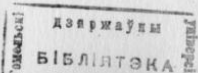
работу по проблеме контроля загрязнения вод включился Городской гигиенический институт в Берлине. В области контроля качества вод Городской гигиенический институт занимался практическими работами на постоянных пунктах наблюдения и, как правило, научных работ не выполнял. Англия и Германия существенно опережали Францию, Бельгию и другие страны Европы в организации действенного контроля качества поверхностных вод [1, с. 48]. Н.А. Алексеев и С.Н. Строганов, посетившие в 1910 году ряд европейских стран, с целью изучения систем надзора за чистотой общественных водоемов и контроля за очистными сооружениями, писали, что в Бельгии анализ вод выполняется только в университетах и в начавших возникать редких санитарных лабораториях. При этом естественные водоемы и судоходные каналы превращены в сточные потоки и чрезвычайно загрязнены, так как очистка сточных вод отсутствует везде, кроме курортов. Крайне загрязненными и опасными в санитарном отношении были даже верхние водоносные горизонты. Немного лучше обстояло дело во Франции, где только начиналась борьба с загрязнением и контроль за качеством вод был развит слабо. Если в Германии гидробиологический анализ на загрязняемых водоемах был широко распространен и пользовался приоритетом как наиболее чувствительный и показательный метод оценки качества вод, то во Франции он почти не применялся, по причине отсутствия гидробиологов, специализировавшихся по этому направлению исследования. Таким образом, деятельность специалистов по санитарной гидробиологии в 19 веке и начале 20-го в большой степени была подчинена осуществлению контроля загрязнения, контроля за качеством вод. Гидробиологические методы оценки качества вод начали разрабатываться еще в середине прошлого века, но в последние четверть его внимание гигиенистов в основном было сосредоточено на бактериологических методах оценки качества воды. Интерес к гидробиологическим методам возрождается несколько позднее, благодаря обстоятельному исследованию К. Меца по тополи: ваию показательных организмов для оценки качества воды, предложившим списки гидробионтов-антогонистов, встречающихся только в исключительно или сильно загрязненных водах, а также списки "промежуточных" форм, характеризующих различные уровни загрязнения. Он выделил группу гидробионтов абсолютно чистых вод, обитателей сточных вод; гидробионтов, выносящих слабое загрязнение и до-

льно сильное.

Система, предложенная К. Мецем, представляет серьезную попытку систематизировать накопившиеся к тому времени наблюдения и дать санитарно-экологическую характеристику многим гидробионтам. Исследования, выполненные К. Мецем, непосредственно способствовали признанию в Германии гидробиологических методов в качестве обязательных при санитарной оценке вод в открытых водоемах и водотоках. Рядом исследователей были подробно изучены последствия сброса сточных вод целлюлозных и анилиновых заводов в реку Майн, стоков с соляных копей и химических заводов в реку Эльбу; проведено подробное гидробиологическое обследование реки Рейн. В начале 20-го века немецкими учеными ботаником Р. Кольквитцем и зоологом М. Марсоном была создана классическая система показательно-организмов, используемая для контроля качества вод (подробно она будет рассмотрена в специальном разделе).

Из семян, посеянных Р. Кольквитцем в начале века, выросла впоследствии санитарная гидробиология в Германской Демократической Республике. Организатором ее в новых условиях стал профессор Лейпцигского университета А. Ветцель, его продолжателем — Д. Ульман. Оба исследователя сумели сочетать высоту теоретическую принципиальность и глубину исследования с широким внедрением гидробиологических методов в практику водоснабжения и канализации. В разнообразных аспектах осуществлялась работа по санитарной гидробиологии в Федеративной Республике Германии, Минхенская школа санитарных гидробиологов во главе с Г. Либаном дала удобные для практики приемы графического изображения качества воды. Эти исследователи принадлежат к попытке статистического выражения степени загрязнения водоемов (КНЭИ), породившие критику основ учения о сапробных зонах и индикаторных организмах.

Внимательно к вопросам охраны вод от загрязнения и санитарной гидробиологии продолжали относиться в Англии, был этот интерес во Франции, Италии, Венгрии [3, с. 12]. Значительного расцвета в середине 20-го века достигла санитарная гидробиология в Чехословакии, Швейцарии. Характерной чертой развития данной отрасли биологии в Чехословакии является ее многовековенность: гидробиология занимает видное положение как в водохозяйственных, так и в санитарных институтах, в университетах. Чешские



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИИ

и словацкие гидробиологи Р.Шраек-Гушек, В.Сладечек, М.Селичка, Н.Марпан, И.Ротшейн и другие существенно дополнили диапазон шкалы сапробности и ввели ряд новых признаков для оценки и изображения степени загрязнения водоемов. Большого внимания заслуживает положение санитарной гидробиологии в Швейцарии. Каждый водоем здесь под неуспынным наблюдением лабораторий, где работают гидробиологи, гидрохимики. Имена швейцарских гидробиологов О.Яагга, П.Циммермана, П.Амбля становятся хорошо известными работникам санитарной гидробиологии разных стран. Хорошую осведомленность о качестве воды всех водоемов Голландии обнаружил Институт охраны природы этой страны, издавший многокрасочную карту рек, наглядно демонстрирующую качество их вод.

Большая работа, сопровождавшаяся изданием многочисленных книг, отчетов, других материалов осуществлялась на водоемах Южной Африки Национальным институтом водных исследований в городе Претория [3, с. 12].

В США санитарная гидробиология возникла одновременно с таковой в Европе, но почти совершенно независимо. В 1889 году на водохранилище Честнат-Хилл близ Бостона была создана первая лаборатория для изучения биологических характеристик различных источников питьевой воды. Двумя годами раньше начались работы по развитию эффективных методов контроля качества вод в Отделе здравоохранения штата Массачусетс. Важную роль в развитии санитарной гидробиологии сыграли фундаментальные исследования на реке Иллинойс, начатые в 1870 году. Работы проводились в течение многих лет и гидробиологи имели возможность тщательно исследовать все стадии изменения водной фауны и флоры по мере загрязнения реки, на берегах которой бурно рос город Чикаго и быстро увеличивался объем его сбросов в реку. Исследования на ней позволили получить ценные сведения о состоянии популяций гидробионтов в различных зонах загрязнения и использовать их для характеристики степени и опасности загрязнения.

Во второй половине прошлого века департаменты водоснабжения городов в северо-восточной части страны стали первыми изучать цветение и развитие водорослей, забивавших фильтры и придававших запах и вкус воде. Методы борьбы с водорослями и их применение развивались в течение первой четверти 20-го века. Исследования Службы общественного здравоохранения США на реках

Огайо, Иллинойс, Скиато, Верхняя Миссисипи принесли много ценных данных по органическому загрязнению, естественному самоочищению и развитию водорослей в реках, принимающих бытовые стоки и другие органические отходы.

В 1913 году интересные исследования загрязнения и санитарных условий на реке Потомак были проведены планктологом В.Парди. Важные исследования на загрязненных водоемах проводила Лаборатория по изучению загрязнения рек в штате Цинтиинати. Для экспериментального изучения состояния популяций гидробионтов в различных зонах загрязнения был применен сконструированный Парди искусственный поток с регулируемым поступлением воды и бытовых стоков. Большое внимание изучению биологических последствий загрязнения рек штата Нью-Йорк уделялось в исследованиях, начатых в 1926 году под руководством Э.Мура.

Получили развитие методы культивирования, подсчета, измерения бактериальной активности организмов группы кишечной палочки (колиформные организмы), которые стали общепризнанным индикатором фекального загрязнения. Этот тест явился критерием и стандартным методом определения санитарного состояния воды. Служба общественного здравоохранения США также сыграла большую роль в этих работах. После проведения в 1912 году закона, по которому Служба возглавила все исследования по загрязнению воды, была основана лаборатория в Коннектикуте (штат Огайо), известная как лаборатория исследования загрязнения рек. В 1915 году С.Баттерфильд стал сотрудником этой лаборатории. Он первый разработал и применил колиформные тесты для индикации санитарного состояния воды. Он и его небольшой штат выполнили исследования по дезинфекционным свойствам четвертично-аммониевых соединений, их использовании при обеззараживании молока и пищевых продуктов. Во время первой мировой войны были разработаны методы дезинфекции воды при армейских госпиталях и в зоне боевых действий. Проведено интенсивное и полное изучение бактериальной активности свободного хлора и хлорамина при различных их остаточных количествах. Это исследование составило научную основу для городского хлорирования воды. Тенденция из исследований по водоснабжению 20-40-х годов явствует из заголовков статей лаборатории в Цинтиинати: "Бактериологическое исследование воды", "Влияние pH и температуры на выживание колиформных организмов и возбудителей кишечных заболеваний при воздействии

хлора", "Бактерицидные свойства хлорамина и свободного хлора в воде" и др. В 20-е - 30-е годы фекальные колиформные тесты использовали вместе с БПК (биохимическое потребление кислорода), применяемого во всех наблюдениях за загрязнением. Методики проведения этих тестов входили в "Стандартные методы исследования воды и стоков". В начале 50-х годов в Санитарно-техническом центре А.Тафта в Цинциннати широко проводились исследования по обнаружению, подсчету, определению влияния вирусов питьевой воды, по борьбе с ними и удалению при очистке сбросов.

В течение нескольких лет в ряде лабораторий изучали токсичность тяжелых металлов в бытовом водоснабжении. Стремительное увеличение использования синтетических и органических пестицидов в конце 40-х и в 50-е годы привели к программам изучения их обнаружения и извлечения, накопления в воде, организмах, преобразования в пищевых цепях. В течение 15 лет был выполнен огромный объем работ по данной тематике.

После проведения через конгресс США закона 845, который являлся важной вехой в борьбе с загрязнением, лаборатория службы общественного здравоохранения США в Цинциннати была увеличена и стала называться Центром здоровья окружающей среды. После реорганизации был создан отдел гидробиологии под руководством К.И.Тарзвелла. Усилия исследователей были направлены на изучение водоснабжения и определение критериев качества воды для водных организмов.

С ростом населения, строительством канализационных систем заметно возрос объем бытового стока, других отходов, сбрасываемых в водоемы. Это увеличение вместе с детергентами, некоторыми промышленными отходами и стоком с интенсивно удобряемых сельскохозяйственных угодий вызвали сильное развитие водорослей и евтрофикацию многих озер и водохранилищ. В связи с изучением водорослей работа направлялась на разработку биологических методов борьбы.

В 1949 году Биологический отдел Центра здоровья окружающей среды приступил к изучению реки Литтл Крик. В ней были представлены все зоны загрязнения, от сильного до чистой воды. Исследования проводили в течение двухлетнего периода и брали пробы для определения кислорода, углекислоты, активной реакции среды, температуры, кислотности, щелочности, мутности (кругло-суточно через каждый час); содержание фосфатов, нитратов, серо-

водорода. Измеряли РПК и ДПК. Для выяснения сезонных и суточных колебаний в популяциях пробы планктона брали через час, отбирали также пробы макро- и микробентоса, проводили наблюдения за рыбами. Это обширное изучение представило ценные данные по различным зонам загрязнения, их биологическим, физическим и химическим характеристикам, их сезонным и суточным изменениям.

Начатые в прошлом веке исследования с применением биотестов, в 20-м веке находили все более широкое распространение [10]. После 1950 года исследования были продолжены. Имело место большое единообразие в используемых методах, появились сборы по биотестам. С развитием аналитической техники и оборудования стали разрешаться многие проблемы, связанные с обнаружением ничтожно малых количеств вредных веществ в воде. Так как многие гидробиологи из разных мест ощущали изолированность, в 1950 году Службой общественного здравоохранения США была созвана конференция для биологов, связанных с исследованием загрязнения воды. Для реализации целей, намеченных на конференции, в 1956 году был организован семинар по биологическим основам загрязнения воды, в работе которого участвовали представители промышленных концернов, академических институтов, штатных департаментов Охраны природы и здоровья и федеральных агентств. Обсуждались биологические индикаторы загрязнения, критерии качества воды, использование и ценность биотестов. Семинары по биологическим проблемам загрязнения воды проводились и в дальнейшем, при значительно более широком представительстве. В 60-е годы очень актуальным становится разработка критериев и стандартов качества воды. Результатом обобщения материалов по данному вопросу стал опубликованный в 1974 году доклад "Критерии качества воды 1972 года". Исследования по определению требований к качеству воды, на которых должны быть основаны стандарты, в дальнейшем продолжали развиваться. Сильно стимулировали исследования для получения информации, необходимой при борьбе с загрязнением, законы, правительственные акты и постановления.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОЕМОВ, И  
УСПЕХИ САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ГИДРОБИОЛОГИИ

Современная санитарно-техническая гидробиология переживает период интенсивного роста, что связано с большим вниманием к состоянию водных ресурсов. Развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, расширение площадей орошаемого земледелия - все это увеличивает потребность в чистой воде. Так, для производства 1 т стали требуется до 20 м<sup>3</sup>, бумаги - до 350 м<sup>3</sup>, капрона - порядка 700 м<sup>3</sup> воды. На орошение 1 га посевов хлопка расходуется 5-6 тыс. м<sup>3</sup>, а риса - 15-20 тыс. м<sup>3</sup>. В наиболее крупных городах СССР потребление воды (без промышленности) составляет примерно 700 л в сутки в Москве; 400 л - в Ленинграде, Киеве; 500 л - в Алма-Ате, Тбилиси; в крупных европейских городах - 200-350 л в сутки на одного человека. Для водоснабжения города с населением 1 млн. необходимо в сутки 0,5 млн. м<sup>3</sup>, а население Земли потребляет за сутки 7 млрд. м<sup>3</sup> воды [II, с.4]. Нет нужды в особом обосновании беспорядочного и очень важного направления использования водных ресурсов - для отдыха и туризма.

Рост водопотребления приводит к увеличению количества сточных вод, загрязнению водных ресурсов. Более 10 тыс. веществ попадают в водоемы с промышленными водами и поверхностным стоком с сельскохозяйственных территорий [12]. Опасно для гидробионтов тепловое загрязнение. Осуществление грандиозных проектов переброски вод рек; сохранение весомого влияния на водоемы поверхностного стока как загрязняющего фактора, который нельзя устранить, в отличие от уменьшения и прекращения хозяйственного стока; признание того факта, что только 10 процентов человечества пьет чистую воду и четверть бытовых кошек в мире занята жертвами загрязнения водной среды; увеличение к 2000 году объема сточных вод до 6000 км<sup>3</sup>, на разбавление которых понадобится весь мировой речной сток, позволяют считать проблему чистой воды и охраны водных ресурсов одной из важнейших в науке и практике. Вот почему с 1981 года проводится Международное десятилетие по обеспечению человечества питьевой водой и созданию санитарных условий. В решении этой проблемы важная роль принадлежит санитарно-технической гидробиологии.

Особенности водных экосистем определяют условия формирования чистой воды, скорость и эффективность самоочищения, отра-

жают качество воды. Получение достаточно полного представления о качестве вод задача в высшей степени непростая, так как картина загрязнения любого водоема очень сложна. Чтобы определить загрязнена вода или нет, необходима система рациональных и вполне четких критериев. Разработкой их, как уже отмечено, гидробиологи занимаются давно. Большим экспериментальным материалом подтверждено, что качество воды как продукта и среды обитания, формируется гидробионтами. К настоящему времени у нас в стране и за рубежом значительно усовершенствована система показательных организмов для оценки степени загрязнения вод. Она стала наиболее детально разработанной системой биологического анализа качества вод. В последние три десятилетия появилось много новых вариантов биологического метода оценки уровня загрязнения. Предложена (Институт гидробиологии АН УССР, 1976) унифицированная система комплексной оценки качества поверхностных вод. На Всесоюзном симпозиуме, который был организован Зоологическим институтом АН СССР (1975), обсуждены различные гидробиологические методы определения состояния пресных вод, дана им сравнительная оценка и предложены рекомендации по применению их для этой цели. Материалы симпозиума опубликованы в виде сборника научных работ "Методы биологического анализа пресных вод" (1976).

В последние годы большая часть успехов гидробиологии была связана с концентрацией внимания и средств на изучение антропогенного эвтрофирования вод. Эвтрофирование природных вод - глобальный процесс, несравненно большего значения, чем последствия локальных загрязнений. Поэтому в разных странах - США, Канаде, Великобритании, Италии, ФРГ, Японии, Швейцарии, Швеции, ЧССР, ГДР, в нашей стране этой проблеме уделяют большое внимание. Подробно данный вопрос будет рассмотрен в специальном разделе. Здесь же следует подчеркнуть, что исследования, стимулированные необходимостью выяснения причин эвтрофирования вод, оказались весьма успешными. От констатации последствий эвтрофирования отдельных водоемов исследователи перешли к выяснению механизма этого явления, к изысканию средств его предотвращения и устранения вредных последствий. Установлены закономерности, позволяющие осуществлять прогноз. Создана количественная теория эвтрофирования вод, которой, однако, нужно пройти дальнейший долгий путь развития.

Процесс евтрофирования водоемов является одной из причин "цветения" воды. Исследования показывают, что более 70 видов синезеленых водорослей способны вызывать "цветение". Успешно проводится работа (Кондратьева, 1972, 1975 и др.) по изучению морфологических закономерностей индивидуального развития синезеленых водорослей, поиску путей предотвращения чрезмерного развития некоторых их видов, что содействует решению ряда хозяйственных задач, в частности, разработке способов управления развитием этих организмов.

Не менее остра проблема зарастания водохранилищ, каналомacroфитами, осложняющая их питьевого, рекреационного, гидроэнергетического, судохозяйственного использования. Исследования Института биологии внутренних вод АН СССР и других организаций показали необходимость изъятия макрофитов из водоемов, что выполняется сейчас вкрупне созданной у нас Службой эксплуатации.

Как в нашей стране, так и за рубежом заметно растет значение санитарной гидробиологии в решении водохозяйственных проблем. Так, во исполнение постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 29.12.1972 года за № 898 "Об усилении охраны природы и улучшения использования природных ресурсов" была начата организация гидробиологической службы контроля качества вод, которая представляет сейчас собой одну из наиболее развитых подсистем национального экологического мониторинга, осуществляемого Государственным комитетом СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Задачи гидробиологической службы состоят в систематическом контроле за состоянием загрязнения водных объектов по гидробиологическим показателям и в определении изменений биотической компоненты водных экосистем под влиянием антропогенного воздействия. Назначение службы контроля состоит в обеспечении народнохозяйственных организаций систематической информацией о качестве вод и состоянии биосферозов, оценке эффективности мероприятий по защите от загрязнения водной среды, планировании и осуществлении мероприятий по охране и рациональному использованию континентальных внутренних вод, разработке и определении унифицированной системы гидробиологических показателей для оценки качества вод и загрязнения водных экосистем. В этих условиях гидробиологическая служба должна быть нацелена, во-первых, на оперативную оценку состояния экосистем природных вод в данный момент

времени, и, во-вторых, на накопление материалов длительного хранения, которые послужат объективной основой для выяснения темпа, направления и механизма изменений водных экосистем во времени. Гидробиологический контроль за состоянием водной среды, помимо самостоятельных функций, имеет важнейшее значение при определении условий сброса; характера и границ растекания сточных вод; характеристике процессов биотрансформации загрязняющих веществ; при определении сырьевой базы рыбной промышленности; борьбе с цветением воды и зарастанием водоема высшей водной растительностью; оптимальном проектировании гидротехнических сооружений; питьевого водопользовании; рекреации; охране реликтовых форм; борьбе с водными обитателями, причиняющими большой ущерб гидротехническим сооружениям и др.

Гидробиологический контроль состояния континентальных вод проводится на территории девяти географических районов. Отбор проб осуществляется в бассейнах рек Немана, Западной Двины, Невы, Днепра, Днестра, Дона, Енисея, Оби, Волги, на отдельных малых реках, озерах Нарочь, Онежском, на водохранилищах Саратовском, Братском и ряде других водоемов. Гидробиологический контроль состояния морских вод проводится на Балтийском, Баренцовом, Белом, Черном, Охотском и Японском морях. Наблюдения охватили отдельные прибрежные и открытые области морей, устья рек, заливы, акватории портов. Обобщение получаемой обширной гидробиологической информации, освещающей состояние водных объектов оказалось возможным во многом благодаря унификации гидробиологических методов наблюдения и стандартизации гидробиологических показателей. Выполняется большая совместная работа советских организаций с ведущими зарубежными лабораториями, разрабатывающими практическую систему гидробиологического контроля водной среды. Особенно большой вклад в методические разработки и научные изыскания внесли совместные советско-шведские, советско-английские, советско-финские исследования.

При создании общегосударственной службы гидробиомониторинга весьма актуально осуществление моделирования процессов самоочищения и результатов биологической оценки качества воды. Имеются определенные успехи и в этом направлении.

Одним из главных факторов эффективности службы контроля качества воды является организация непрерывных систематических наблюдений. Реализовать это трудно. У нас в стране общая

длина рек превышает 5 млн. км, около 3 млн. озер, и среди них такие, как Байкал или Балхаш, поверхность которых составляет десятки тысяч квадратных километров. А еще водохранилища, каналы, морские побережья. Органам, ответственным за контроль качества вод, немало хлопот доставляет обеспечение непрерывности наблюдений. Поэтому очень остро встал вопрос об автоматизации средств контроля качества воды. В настоящее время разработаны и используются несколько типов автоматических постов и станций. Автоматическая станция "Ляда", чехословацкого производства, предназначена для контроля качества пресных вод. Эта установка требует солидных размеров, лабораторное помещение, устройство для отбора проб воды и подачи их к измерительным приборам, причем вода "прокачивается" через станцию довольно интенсивно — со скоростью не менее 20 л. в минуту. С заданной частотой — от 5 минут до часа — измеряются температура воды, её электропроводность (показатель наличия солей), коэффициент поглощения ультрафиолетового света (показатель содержания органического вещества), концентрация водородных ионов, окислительно-восстановительный потенциал (характеристика реакционной способности растворенных веществ) и некоторые другие показатели. Полученная информация с помощью специальных электронных устройств подвергается первичной обработке и выводится на печать (электрическая пишущая машинка) или на перфоленду (для последующего ввода в ЭЕМ). Существует и система сигнализации превышения заданных значений некоторых параметров показателей загрязнения.

Заслуживает упоминания система автоматизированного контроля качества вод, которая создается впервые в СССР на двухсоткилометровой протяженности Москвы-реки и её притоков. В марте 1976 года вступили в строй две станции этой системы, а всего их должно быть около 30.

Среди различных санитарно-технических мероприятий по охране водоемов важное место занимает очистка сточных вод. Современная санитарная техника располагает многочисленными приемами очистки как промышленных, так и бытовых стоков. Используются такие широкоизвестные методы, как механические, физико-химические, механохимические, биологические. Последние имеют наиболее широкое распространение во всем мире. Эффективность их очистки достигает 70-80 процентов. Через очистные сооружения проходит различные органические и минеральные вещества и загрязняют

водоемы. В целях повышения эффективности очистки сточных вод проводится разработка принципиально новых методов глубокой очистки и методов доочистки. Эффективна микробиологическая селекция для очистки высококонцентрированных промышленных сточных вод. Установлено, что большими преимуществами обладает метод направленной адаптации специфической микрофлоры активного ила. Появились экспериментальные данные об эффективности очистки некоторых сточных вод активными илами, в которых преобладают актиномицеты, водоросли, дрожжи и другие микроорганизмы. Изучение процесса очистки в аэротенках показало, что основной путь интенсификации его — повышение дозы ила в аэротенке. Новая технология обработки сточных вод в США основана на принципе независимой физико-химической обработки, как процессе более эффективном, чем биологическая очистка. В целом, современные методы механической, биологической, химической и физико-химической очистки стоков могут обеспечить любую степень удаления загрязнений с доведением качества воды до питьевых кондиций. Решающее значение здесь имеет лишь вопрос экономики.

К настоящему времени значительных успехов достигли эколого-физиологические исследования. Необходимость выяснения количественных закономерностей продукционного процесса на всех его этапах биотического круговорота, включая самоочищение вод, стимулировала эколого-физиологическое изучение и количественное выражение функций гидробионтов, таких, как интенсивность фотосинтеза и дыхания, скорость питания и роста и другие, через которые осуществляется их роль активных агентов биотической трансформации вещества и энергии в водных экосистемах. Теперь с определенной достоверностью известно, какими величинами выражаются  $R/B$  коэффициенты многих гидробионтов, интенсивность обмена веществ разных размеров, скорость фильтрационного питания, эффективность использования ассимилированной пищи на рост и обменные процессы и др. Включение в санитарную гидробиологию физиологических методов и представлений, разработанных в гидробиологии, имеет большое значение, так как позволяет перейти к изучению процессов самоочищения, круговорота веществ в загрязняемых водоемах, установить функциональную роль разных видов, отдельных сообществ и экосистем в целом в этих процессах, перейти к управлению, регулированию механизмов формирования чистой воды.

В методах исследований современной санитарной гидробиологии по-прежнему сохраняли свое значение описательные полевые методы, позволявшие изучать видовой состав, плотность популяций и сообществ, распределение, сезонную динамику и другие особенности населения водоемов, но они, расширив проблематику, обогатилась и многими другими. Видное место сейчас занимает "биологические испытания", с помощью которых природе как бы задают вопросы и получают ответы. Часто они приобретают форму стандартизированных тестов для обнаружения и оценки токсического загрязнения.

Биологические испытания были введены в гидробиологию в продукционно-биологических целях в 1903 году Цунцем и Кнауте. Они предложили определять потребность рыбозводных прудов в удобрениях по реакции фитопланктона в опытных сосудах на внесение в воду испытываемых солей. В начале 50-х годов предложена модификация этого метода (Зинберг Г.Г., Ляхнович В.П.), при которой об отклике фитопланктона судят по измерениям интенсивности фотосинтеза фитопланктона. Методы испытаний, позволяющие установить, какими из биогенных элементов лимитируется биомасса и продукция фитопланктона, использовали гидробиологи разных стран, в частности, при выяснении механизмов евтрофирования. В СССР В.Д.Федоровым и его сотрудниками (1969) к биологическим испытаниям был применен статистический метод планирования экспериментов, что позволило выражать их результаты в виде уравнений множественной регрессии.

Биологические испытания проводят иногда в другом варианте, учитывая отклик не природного планктона, а тестовых культур, добавляемых в испытываемую воду. В качестве тестовых культур использовались разные виды водорослей, среди которых в последнее время ведущее место заняла зеленая водоросль из протококковых *Selenastrum carolinianum*.

Значительное количество вариантов биологических испытаний исправно служит целям водной токсикологии, однако здесь встречаются со многими осложнениями. На обнаружение и оценку токсичности оказывают влияние вид тест-объекта (организмы имеют различную чувствительность к токсикантам), а также плотность и возраст культуры, адаптация к условиям и другое. Поэтому плодотворное применение тестовых культур для биологических испытаний возможно при их высокой стандартизации.

Для решения ряда вопросов с определенным успехом стали применять сооружение "изолят" - отгороженных участков водоемов, которые создают возможность длительных наблюдений. Изолятами могут быть определенные емкости - цилиндры, мешки, выполняемые водой и устанавливаемые в водоеме на период наблюдений. В СССР этот способ успешно применен на оз. Байкал для наблюдений за длительным действием на жизнедеятельность фито- и зоопланктона малых концентраций очищенных стоков Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (Л.А.Степанова, В.В.Бульон, 1979).

Начинают входить в гидробиологию, в том числе и санитарную гидробиологию, биохимические методы и представления. Это определение содержания ДНК, АТФ в качестве меры биомассы планктона; определение активности ферментов, например, дегидрогеназы в них как показателя степени органического загрязнения; фосфатазы как показатели трофики и др.

Для санитарной гидробиологии становится характерным совместное использование гидробиологических, гидрологических и гидрохимических представлений и стирание условных границ между интересами представителей этих специальностей, что соответствует существу изучаемых явлений.

Стало традицией собирать на базе биологического факультета МГУ (Теличенко, 1980) Всесоюзные форумы по ее проблемам. В первом совещании (1969), посвященном теории и практике экологического самоочищения загрязненных вод, участвовало 190 человек; в работе второго совещания, состоявшегося через 4 года, было несколько больше. Третье Всесоюзное совещание "Самоочищение и биосиндикация загрязненных вод" собрало уже 350 участников (30 докторов и 180 кандидатов наук), работавших в АН СССР и академических наук: 10 союзных республик, АН СССР, 12 университетов и 40 научно-исследовательских институтов в министерствах. На основании опыта всесоюзной координации исследований и итогов работы совещания выкристаллизовались принципиальные положения, на базе которых развивается современная санитарно-техническая гидробиология.

Таким образом, современная санитарно-техническая гидробиология находится на стадии прогрессивного развития. Достигнуты значительные успехи в изучении самоочищения и евтрофирования водоемов, разработано биологическое анализ качества вод. Большую роль в охране водоемов играет организация мониторинга

природных вод, ставшая возможной благодаря успехам гидробиологии, в том числе санитарно-технической гидробиологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абакумов В.А. К истории контроля качества вод по гидробиологическим показателям. - В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды Всесоюз. конф., 1978, Л.: Гидрометеоздат, с.46-74.
2. Винберг Г.Г. Успехи лимнологии и гидробиологические методы контроля качества внутренних вод. Там же, с.16-45.
3. Ядин В.И. Проблемы санитарной гидробиологии внутренних водоемов. - В кн.: Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука, 1967, с.5-18.
4. Израэль П.А., Гасилова Н.К., Абакумов В.А., Цибань А.В. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля внешней среды. Там же, с.7-15.
5. Никитинский В.И. Некоторые итоги в области санитарно-технической гидробиологии. Микробиология. Вып.1, т.7, 1938, с.3-35.
6. Никитинский В.И. Гидробиология и санитария. Русский гидробиологический журнал. 1922, т.1, № 3, с.88-90.
7. Строганов С.Н. Современное состояние вопроса об изучении загрязнения и самоочищения водоемов. - В кн.: Загрязнение и самоочищение внешней среды. Изд. АМН, 1949, с.23-29.
8. Строганов Н.С. Развитие исследований по водной токсикологии в отечественной гидробиологии. - В кн.: Очерки по истории гидробиологических исследований в СССР. М.: Наука, 1981, с.210-226.
9. Сисин А.Н. Внешняя среда как предмет изучения гигиены. - В кн.: Загрязнение и самоочищение внешней среды. Изд. АМН., 1949, с.5-22.
10. Тарзвелл Х.М. Краткая история исследований загрязнения вод в США. - В кн.: Влияние загрязняющих веществ на гидробионтов и экосистемы водоемов. Материалы двух советско-американских симпозиумов. Л.: Наука, 1979, с.17-39.
11. Гольбовская Э.К. Биологические основы очистки вод. М., 1978, с. 4.
12. Всесоюзная конференция "Оценка и классификация качества поверхностных вод для водопользования": Тезисы сообщений. Харьков, 1979, с. 165-169.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИИ



#### СОДЕРЖАНИЕ

Предмет. Цель и задачи санитарно-технической гидробиологии. История изучения. Современное состояние водоемов и успехи санитарно-технической гидробиологии . . . . .	3
История изучения . . . . .	3
Современное состояние водоемов и успехи санитарно-технической гидробиологии . . . . .	22
Литература . . . . .	31

Инна Федоровна Рассашко

Текст лекций по спецкурсу "Санитарно-техническая гидробиология"

Часть I

Ответственный за терминологию И.Ф.Рассашко

Редактор Б.Ф.Зайцева

Подписано к печати 04.12.1984 г. КЗ 41731

Формат 60x84 1/16. Бумага писчая № 1. Печать офсетная.

Усл.п.л. 1,9. Уч.-изд.л. 1,8. Тираж 200. Заказ 390. Цена 6 к.

Отпечатано на ротаринте ГГУ, г.Гомель, ул.Советская, 104.