

У.Д. Ниязгулов, Э.С. Цховребов, М.П. Церенова, К.В. Юрьев, Е.О. Яйли

МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И БИОРЕСУРСОВ

U.D. Niyasgulov, E.S. Tshovrebov, M.P. Tserenova, K.V. Yriev, E.O. Yaily

METHODS OF MONITORING OF WATER ECOLOGICAL SYSTEMS AND BIORESOURCES

Статья посвящена дистанционным методам мониторинга водных экологических систем в разрезе проблем своевременного обнаружения и ликвидации процессов биологического загрязнения водоемов.

Ключевые слова: водный объект, водная экологическая система, мониторинг, биоресурсы, экология, сине-зеленые водоросли, дистанционные методы, много-спектральная съемка, аэрофотосъемка.

Article is devoted remote methods of monitoring of water ecological systems in a cut of problems of timely detection and liquidation of processes of biological pollution of reservoirs.

Keywords: water object, water ecological system, monitoring, bioresources, ecology, blue-green seaweed, remote methods, multispectral shooting, air photography.

Всевозрастающее негативное воздействие на водные ресурсы, приводящее к загрязнению, истощению и деградации водных объектов, стало в последние годы представлять угрозу экологической безопасности страны. В настоящее время на первый план стала выходить проблема биологического загрязнения водоемов, приводящая в большинстве случаев к невозможности их использования в качестве рыбохозяйственных водных объектов и источников питьевого водоснабжения [1].

Водохранилища центральных и южных регионов России в наибольшей степени подвержены экзогенной эвтрофикации, одним из проявлений которой является массовое развитие сине-зеленых водорослей. Причиной тому является поступление с загрязненными хозяйственно-фекальными сточными водами азото- и фосфоросодержащих химических соединений (аммонийный азот, фосфаты, нитраты, нитриты). Такие сточные воды с объектов жилищно-коммунального хозяйства, сельскохозяйственных и иных предприятий оказывают отрицательное воздействие на качество воды, структуру биоценозов, что, в итоге, приводит к деградации водных экосистем.

По данным мировой статистики, примерно в 40-50 % случаев «цветения» воды происходит развитие токсичных цианобактерий. Среди токсинов, выделяемых цианобактериями преобладают гепатотоксины, являющиеся мощными канцерогенами. Таким образом, «цветение» воды и разложение водорослевых масс способствует вторичному загрязнению водоемов токсичными продуктами отмирания сине-зеленых водорослей, ухудшению химического состава и санитарных показателей воды.

Отмирание и последующее разложение сине-зеленых водорослей, нарушающее самоочищение водоемов и самовоспроизводство водных биоресурсов, приводит к

насыщению воды токсинами, перегрузке толщи воды органическим веществом, ухудшению важнейшего показателя качества водного объекта – кислородного режима.

В результате хронического воздействия процессов эвтрофикации и обильного развития сине-зеленых водорослей в водоемах формируются неблагоприятные условия для обитания гидробионтов: зарастание и обмеление прибрежных зон акваторий, приводящее к сокращению литоральной зоны водоема, ухудшение нерестовых угодий ценных промысловых рыб, изменение в структуре водных биоценозов, снижение численности популяции кормовой базы ценных пород рыбы, появление в структуре ихтиоценозов малоценных непромысловых видов рыб, расширение площади «заморных» зон. Все это приводит к значительному ущербу рыбному хозяйству и уменьшению воспроизводства рыбной продукции.

Кроме того, значительные сосредоточения водорослевых масс вызывают технические трудности при подаче воды в городскую сеть. В результате резко возрастают затраты на очистку воды до норм питьевого водоснабжения.

С учетом сложившейся ситуации, связанной с прогрессирующим ухудшением биохимического состояния вод рыбохозяйственных и питьевых водных объектов назрела острая необходимость предупреждения и ликвидации негативных процессов эвтрофикации и улучшения качества воды. В настоящее время существует ряд мер по улучшению экологического состояния водоемов, в т.ч. в части борьбы с биологическим загрязнением сине-зелеными водорослями, среди них – механические, химические и биологические. Выбор таких методов и мероприятий определяется индивидуально для каждого водного объекта, так как любая водная экосистема имеет свои специфические особенности. В рыбохозяйственной практике широко применяются биомелиоративные методы: выкашивание прибрежной растительности, вселение рыб – биомелиорантов и пр. Однако в настоящее время при использовании существующих отдельных мероприятий или их комплекса значительного эффекта по улучшению качества воды и сохранению ценных рыбных запасов достигнуть пока не удастся. Это связано как с ведомственной разобщенностью при решении вопросов охраны водоемов между Росводресурсами, Росрыболовством и экологическими ведомствами субъектов Российской Федерации, так и с недостаточно проработанной нормативной правовой базой по данной проблеме.

В результате отсутствия единой научно-технической политики в сфере охраны водоемов как единой целостной экологической системы, представляется крайне недостаточной научно-практическая проработка вопросов, связанных с эффективными методами мониторинга биологического состояния водных объектов, ликвидации биологического загрязнения, повышения качества вод. Данные исследования разрозненно ведутся в различных научных учреждениях, иногда научные разработки локально апробируются в отдельно взятых регионах или в пределах водного бассейна.

Так, в связи с развитием новых биотехнологий, возникла научная гипотеза о том, что в роли антагониста сине-зеленых водорослей могут выступать представители зеленых водорослей, активное развитие которых должно способствовать предотвращению «цветения» воды. Учеными Пензенского НИИСХ под руководством Н.И. Богданова эта научная гипотеза была апробирована на Пензенском водохранилище. Выделенные ученым штаммы *Chlorella vulgaris* достаточно эффективно проявили себя в экспери-

менте и на практике в предотвращении «цветения» воды. Обладая хорошо выраженными планктонными свойствами эти штаммы показали подавляющее воздействие на основных возбудителей этого процесса – сине-зеленых водорослей. Начиная с 2001 г., ежегодное вселение суспензии хлореллы (альголизация) остановило обильное «цветение» Пензенского водохранилища, испытывавшего негативное воздействие этого процесса в течение двух десятков лет. Учитывая положительный опыт в Пензенской области, было принято решение по проведению альголизации водоемов Волгоградской области, а несколько позднее и Ивановского водохранилища. В результате произошел ряд качественных сдвигов по улучшению состояния этих водных объектов: снижение степени «цветения» воды сине-зелеными водорослями в экспериментальных заливах и на большей части прилегающих акваторий, выпадение из планктона основных возбудителей «цветения» воды из родов *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* при внесении штамма хлореллы, изменение структуры фитопланктона в сторону развития водорослей, более ценных в санитарно-гигиеническом и кормовом отношении (зеленых, диатомовых, криптофитовых), отсутствие дефицита кислорода и заморных явлений, а также ряд других положительных результатов. Проведенные работы позволили уменьшить «цветение» воды до экологически безопасных норм [3].

Однако, по нашему мнению, система мелиоративных и биотехнических мероприятий (уменьшение сброса в водоём эвтрофирующих веществ, альголизация, регулирование зарастаемости, реконструкции ихтиофауны и пр.) может быть эффективна только в случае наличия непрерывного контроля и наблюдений состояния абиотических факторов и биоты экосистемы в составе комплексной программы мониторинга водного объекта (исследования влияния вселяемого штамма хлореллы на структуру естественных планктофитоценозов и других водных сообществ, самих сообществ бактерий, фито- и зоопланктона, зообентоса, высшей водной растительности, ихтиофауны, физико-химических свойства воды) с использованием современных информационных технологий.

На кафедре инженерной геодезии, геоинформатики и навигации Московского государственного университета путей сообщения с середины 90-х гг. прошлого столетия ведутся научно-практические исследования по использованию дистанционных методов при обследовании объектов окружающей среды. Аналогичные исследования в разрезе профильных направлений проводились и других Московских университетах: геодезии, аэрофотосъемки и картографии; землеустройства. Как показали проведенные исследования, дистанционные методы позволяют не только определить площадь и глубину зарастания водоемов, а также физико-химические свойства воды, но и в режиме «on-line» исследовать развитие эвтрофного загрязнения водных объектов, влияние на водную экосистему. Комплекс мониторинга в данном случае объединяет две подсистемы. Первая, контактная, обеспечивает детальные инструментальные измерения показателей водной среды на наземных станциях, постах и в лабораториях. Вторая, дистанционная, включает съемки с самолетов, вертолетов, сверхлегких летательных аппаратов, воздушных шаров, космических летательных аппаратов, спектрофотометрический анализ химических и физических загрязнений по длине волны (мкм), оценку и экстраполяцию данных. Весь комплекс работ, таким образом, объединяется в 4 основных этапа: инвентаризацию биологического загрязнения водоема; всесторон-

ний анализ данного негативного воздействия на водную среду и водные биоресурсы; непрерывный мониторинг водной среды; разработку мероприятий по ликвидации или снижению биологического загрязнения водного объекта.

Для дистанционного анализа природной среды используются визуальные наблюдения (при длине волны – 0,40-0,64 мкм), фотографирование (0,45-0,92 мкм), телевизионная (0,45-0,75 мкм), инфракрасная (0,72-14,0 мкм), микроволновая (0,5-0,85 мкм и более), многоспектральная съемка (0,3-14 мкм), многозональное фотографирование (0,40-0,92 мкм) и спектрофотометрирование (0,4-0,7 мкм).

Основными задачами при использовании таких методов является с одной стороны – обеспечение точности, сопоставимости, информативности результатов измерений, а с другой – снижение затрат на использование носителей приборного оборудования и минимизация издержек. В настоящее время в России для проведения таких исследований применяются, за исключением аэрокосмических методов, самолеты, вертолеты, беспилотники. В Московском государственном университете путей сообщения уже более десяти лет эффективно реализуется проект по использованию для дистанционного зондирования состояния окружающей среды сравнительно дешевых, не требующих базирования на аэродромах, высокотранспортабельных, сверхлегких летательных аппаратов-мотордельтапланов.

По результатам изысканий, проведенных в МИИТе, выявлено, что на материалах аэрофотосъемки с использованием мотордельтапланов отчетливо определяются загрязнения воды по изменению спектральных характеристик общих ее свойств, видов водных растений, цветности и температуры. Химический состав загрязнителей водных объектов хорошо прослеживается с помощью многоспектральной съемки в селективных зонах поглощения излучения газами. При этом, аэрокосмические съемки регистрируют излучения водной поверхности и, в зависимости от спектральной чувствительности негативного материала, обеспечивают оценку параметров качества вод.

Как показали исследования, биологическое загрязнение вод, связанное с чрезмерным развитием водорослевой растительности, повышением эвтрофности вод и зарастанием водоемов макрофиллами, может определяться с помощью оценки концентрации хлорофилла, а обнаружение эвтрофного загрязнения возможно по изменению коэффициента спектральной яркости γ (отношение яркости объекта к яркости абсолютно белой поверхности) в зеленом диапазоне – 0,52-0,57 мкм и синем – 0,41-0,48 мкм спектральных интервалов.

Такие современные научно-практические разработки в последние годы стали весьма востребованы для планирования процессов альголизации поверхностных водных объектов. С помощью вышеуказанных методов определяется площадь, плотность и глубина зарастания водоемов сине-зелеными водорослями, общие свойства воды таких водоемов: цветность, мутность, температура, концентрация взвешенных веществ, содержание кислорода, органических веществ и пр. Дистанционный мониторинг и контроль состояния абиотических факторов и биоты экосистемы, а также наблюдения за влиянием вселяемого штамма хлореллы на структуру естественных планктофитоценозов и других водных сообществ позволяют существенно повысить эффективность мероприятий по улучшению качества воды питьевых водоисточников в связи с использованием комплекса водоохраных и мелиоративных мероприятий

(уменьшения сброса в водоём эвтрофирующих веществ, альголизации, регулирования его зарастаемости, состояния ихтиофауны и т.д.).

По окончании работ могут быть подготовлены и представлены методические указания по практическому использованию технологии наблюдения водоемов, а также банк данных, электронная ГИС – карта и разработанная на их основе модель управления качеством воды водного объекта, обеспечивающая прогнозирование направленности основных экосистемных процессов в связи с проведением альголизации.

Дистанционные методы в составе комплексной системы мониторинга водных объектов позволяют решить ряд актуальных важнейших экологических задач, в частности:

- проведение оценки развития и интенсивности «цветения» воды сине-зелеными водорослями на различных участках акваторий водных объектов;
- обеспечение непрерывного контроля уровня биологического и химического загрязнения воды по содержанию кислорода, органических веществ, токсических соединений, выделяемых при разложении сине-зеленых водорослей (аммиаку, сероводороду, фенолам и пр.);
- непрерывное отслеживание во времени санитарно-гигиенического состояния и источников загрязнения водоёма;
- контроль общей физико-химической и биологической сбалансированности водной экосистемы, прогнозирование риска возникновения чрезвычайных экологических ситуаций на водном объекте [2].

В качестве предложений по изложенной в данной статье проблеме хотелось отметить необходимость создания на государственном уровне и закрепления в нормативно-правовых актах единой системы мониторинга водных экосистем (без ведомственного разделения по объектам окружающей среды – поверхностных вод и водных биоресурсов) в рамках государственной, бассейновой или субъектовой системы мониторинга водных объектов; упорядочению методологических подходов к проведению комплексного мониторинга водных экосистем с использованием современных информационных технологий – в соответствующих методических рекомендациях Министерства природных ресурсов России.

Эти государственные меры могут дать мощный толчок решению важнейшей актуальной для России задачи – сохранению для будущих поколений питьевых водных источников и ценных рыбных запасов.

Литература

1. Цховребов Э.С. Проблемы охраны поверхностных водных объектов. // ЭКОС-информ / Федеральный вестник экологического права, 2008, № 12, с. 50-54.
2. Ниязгулов У.Д., Цховребов Э.С. Дистанционные методы информационного обеспечения экологии и охраны окружающей среды // Межвуз. сб. научн. тр. / МИИТ, 1993, вып. 5: Вопросы инженерной геодезии, с. 50-57.
3. Богданов Н.И. Биологические основы предотвращения «цветения» Пензенского водохранилища сине-зелеными водорослями. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007.