

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОД ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ В РОССИИ

*Ю.А. Буйволов\*, И.В. Быкова, Г.А. Лазарева, О.М. Потютко, А.Г. Уваров*

Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,  
Россия, 107258, г. Москва, ул. Глебовская, д. 20Б; \**ybuyvolov@gmail.com*

**Резюме.** Изложены основные задачи и принципы организации мониторинга качества поверхностных вод суши и состояния пресноводных экосистем России методами биоиндикации. Приведен ретроспективный анализ становления и динамики современного состояния гидробиологических наблюдений за загрязнением поверхностных вод в России, в том числе дана оценка качества данных, получаемых подразделениями Росгидромета по показателям фитопланктона, зоопланктона и зообентоса. Выявлены основные методические и организационно-технические проблемы и недостатки государственной сети наблюдений. Рассмотрены концептуальные направления модернизации гидробиологических методов мониторинга, применяемых государственной наблюдательной сетью Росгидромета, выделены первоочередные мероприятия.

**Ключевые слова.** Биоиндикация, гидробиологические показатели, государственная наблюдательная сеть, экологические модификации.

## CURRENT STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE MONITORING AND ASSESSMENT FRESHWATER QUALITY BY HYDROBIOLOGICAL PARAMETERS IN RUSSIA

*Yu.A. Buyvolov\*, I.V. Bykova, G.A. Lazareva, O.M. Potyutko, A.G. Uvarov*

Institute of Global Climate and Ecology of Roshydromet & RAS,  
20B, Glebovskaya str., 107258, Moscow, Russia; \**ybuyvolov@gmail.com*

**Summary.** The paper addresses main objectives and principles of monitoring of surface waters quality and condition of freshwater ecosystems in Russia by using bioindication methods. An analysis of the formation and current condition of hydrobiological observations of surface water pollution in Russia is provided, including an accuracy assessment for data collected by the Russian Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Roshydromet) by using the parameters of phytoplankton, zooplankton and zoobenthos. Main methodological, organizational, and technical issues of the national monitoring network have been

---

---

identified. Conceptual modernization perspectives for hydrobiological monitoring methods used by the Roshydromet national monitoring network have been addressed, and recommendations on top-priority actions provided.

**Keywords.** Bioindication, hydrobiological parameters, national monitoring network, ecological modification.

## Введение

Проблема чистой воды – одна из актуальных экологических проблем современности, развивающаяся на фоне изменения климата и негативного воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду. Для оценки качества состояния поверхностных вод России, предупреждения возникновения неблагоприятных изменений, и, в конечном счете, решения проблемы обеспечения чистоты природных вод осуществляется мониторинг качества поверхностных вод, в том числе по гидробиологическим показателям (постановление Правительства Российской Федерации от 6 июня 2013 г. № 477). Режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши (далее – ПВС), а также прибрежных морских вод по физическим, химическим и гидробиологическим показателям осуществляет государственная сеть наблюдений Росгидромета.

Гидробионты, как индикаторы состояния среды водного объекта, дают один из самых надежных откликов на изменение качества поверхностных вод на достаточно продолжительном временном отрезке, что позволяет установить факт нерегулярных или скрытых химических воздействий даже при проведении нескольких отборов в год.

Однако в биологической оценке можно столкнуться с существенными ограничениями точности и разрешающей способности. Биологические критерии на данный момент самостоятельно не способны однозначно ответить на вопрос о качестве водного объекта т.к. не имеют установленных норм предельного воздействия.

Поэтому, для надежной и эффективной оценки состояния вод необходимо совместное использование биологических, химических и токсикологических (биотестовых) методов.

Получаемая при проведении гидробиологических наблюдений информация позволяет решать следующие задачи мониторинга состояния и загрязнения поверхностных водных объектов:

- оценить качество воды ПВС как среды обитания организмов;
- выявить и оценить опасность протекающих в наблюдаемых водных объектах негативных биологических процессов;
- определить экологический эффект суммарного воздействия антропогенной нагрузки на водные биоценозы.

Выполнение гидробиологических наблюдений в составе системы мониторинга состояния загрязнения поверхностных вод, с одной стороны, повышает информативность и надежность оценки качества поверхностных вод по гидро-

---

---

химическим показателям, а с другой стороны, позволяет провести оценку состояния экосистем ПВС, в том числе оценить воздействие антропогенного загрязнения на экосистемы водоемов. Только система гидробиологических наблюдений позволяет получить информацию о непосредственном отклике биоты на изменение внешней среды и оценить состояние водных биоценозов.

### **Гидробиологические наблюдения в системе Росгидромета**

Систематические наблюдения за загрязнением ПВС по гидробиологическим показателям Госкомгидрометом СССР начались в 1974 г., на базе государственной наблюдательной сети (далее – ГНС) за загрязнением поверхностны вод. В основу организации и проведения наблюдений на ГНС за качеством ПВС заложены следующие основные принципы:

- массовость гидробиологических наблюдений;
- комплексность наблюдений по гидрохимическим, гидрологическим и биологическим показателям;
- единство методического руководства гидробиологическими наблюдениями за состоянием морских и континентальных вод;
- унификация и стандартизация методов гидробиологических наблюдений и контроля (Израэль и др., 1981а,б).

На начальном этапе в систему гидробиологических биоиндикационных наблюдений закладывался принцип осуществления работ, как на пресноводных объектах, так и в морских прибрежных пунктах наблюдений (Израэль и др., 1981а,б).

Внедрение в систему мониторинга водных объектов гидробиологических методов биоиндикации было необходимо по целому ряду причин (Абакумов, Сущеня, 1991).

Во-первых, доминирующая система оценки состояния водных объектов на основе сравнения значений показателей загрязнения в воде с предельно-допустимой концентрацией веществ (ПДК) имела и имеет ряд недостатков. Основной недостаток заключается в том, что нормативы ПДК установлены для более 1000 химических соединений (Мелиорация..., 1988), а наименований загрязнителей, сбрасываемых в водные объекты, гораздо больше. Кроме того, система ПДК не позволяет учесть отклик экосистем на концентрацию загрязнителя, а также региональные и локальные особенности водного объекта.

Во-вторых, в водных экосистемах образуются сложные комплексы различных химических соединений антропогенного происхождения, которые не могут быть учтены методами гидрохимии, и которые могут быть токсичнее исходных.

В-третьих, методы гидробиологической индикации позволяют получить объективные данные о состоянии водных объектов и их экосистем при антропогенном воздействии на них, как в текущий момент, так и с учетом предшествующего отбору периода в многолетней динамике.

---

---

Использование методов химического анализа и биотестирования не учитывают фактор возможного биологического загрязнения — внедрение малоценных и вредных для биоценозов гидробионтов и патогенных организмов. Такие изменения выявляются биоиндикационными методами. Гидробиологические данные позволяют проводить оценку эффективности мероприятий по защите и экологической реабилитации водных объектов. Анализ недостатков методов оценки на основе ПДК приведен в работе Булгакова Н.Г. «Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов» (Булгаков, 2002).

В целом, гидрохимические методы применимы при наличии конкретного загрязнения в момент сбора материала, в то время как использование методов гидробиологической биоиндикации позволяет оценить долговременные последствия влияния загрязнителей на экосистему в целом (Абакумов, 1979; Израэль и др., 1981а,б).

Ведущая роль в организации, методическом становлении и развитии гидробиологического мониторинга принадлежит д.б.н., проф. В.А. Абакумову. С 1974 по 1981 г. научно-методическое руководство гидробиологическими наблюдениями на ГНС осуществлялось Институтом прикладной геофизики Росгидромета (ИПГ, г. Москва) под непосредственным руководством работами В.А. Абакумовым.

При создании сети были сформулированы следующие основные требования к выбору пунктов:

- охват основных водных объектов, имеющих большое народнохозяйственное значение;
- наблюдения на фоновых пунктах с наименьшей антропогенной нагрузкой, в границах заповедников и других особо охраняемых природных территорий;
- объекты, испытывающие высокие антропогенные воздействия, расположенные в зоне высокого уровня загрязнения и экологического бедствия.

Сеть быстро развивалась и к 1980 году в 28 лабораториях, действующих в составе гидрометеорологических обсерваторий сети Госкомгидромета СССР было задействовано 126 сотрудников, из них 11 кандидатов биологических наук (Израэль и др., 1981б).

По результатам гидробиологических наблюдений с 1977 по 1981 г. ИПГ ежегодно выпускал «Обзор состояния поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям» (Обзор состояния..., 1978) под научной редакцией В.А. Абакумова. Последний такой обзор был сделан за 1981 год (Обзор состояния ..., 1983).

С 1982 года научно-методическое руководство и выпуск ежегодного обзора были закреплены за Гидрохимическим институтом Росгидромета (ГХИ) в г. Ростов-на-Дону, осуществлявшим научно-методическое руководство системой гидрохимического контроля качества поверхностных вод. Объединение научно-методического руководства мониторингом поверхностных вод по гидробиологическим и гидрохимическим показателям в составе единого научного

---

учреждения позволило существенно продвинуть развитие методов анализа и оценки данных гидробиологических наблюдений. Развивались работы по сопоставлению гидробиологических показателей с гидрохимическими данными, унифицировались подходы к интерпретации данных. При унификации подходов изменилось и название ежегодного обзора. По аналогии с Ежегодником качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям в ГХИ приступили к выпуску Ежегодника качества поверхностных вод Советского Союза по гидробиологическим показателям (Ежегодник качества..., 1983). Научное руководство работами и подготовку Ежегодника на тот момент осуществляли к.х.н. Л.В. Бражникова и к.х.н. В.А. Брызгалю. Планировался переход на выпуск единого Ежегодника, в котором оценка состояния водных объектов и качества воды будут сделаны на основе согласования гидрохимических и гидробиологических данных (Ежегодник качества..., 1985).

С 1989 года, накануне создания Института глобального климата и экологии Госкомгидромета СССР и АН СССР, ныне Институт глобального климата и экологии Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и Российской академии наук (далее - ИГКЭ), научно-методическое руководство гидробиологическими наблюдениями и выпуск Ежегодника снова были перенесены в Москву. Научно-методическое руководство работами по наблюдению за загрязнением ПВС в рамках ГСН по физическим, химическим и биотестовым (токсикологическим) показателям по-прежнему осуществлял ГХИ (г. Ростов-на-Дону), по гидробиологическим – ИГКЭ (г. Москва). В подразделениях сети ГНС (Мурманская, Ростовская области, Красноярский край) в дополнение к биоиндикации и гидрохимическим измерениям внедрено биотестирование.

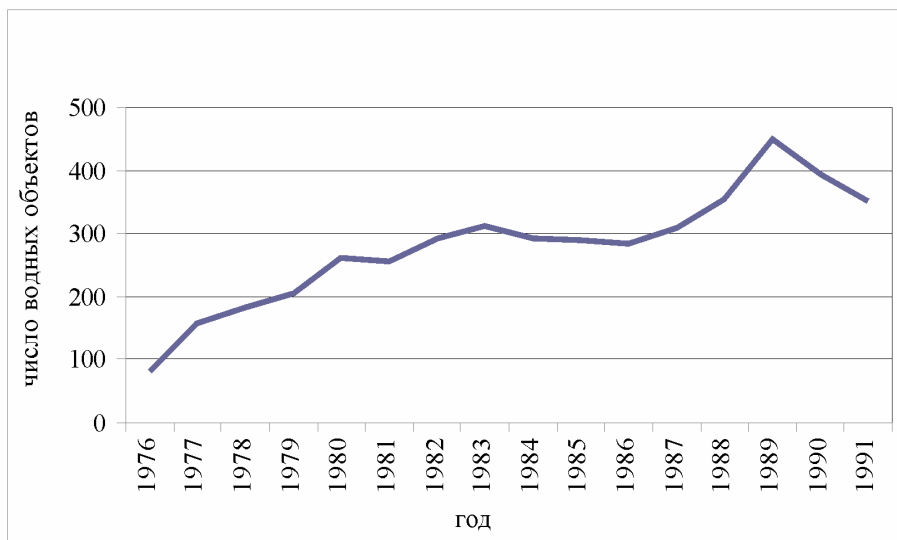
С 1990 года изменяется концепция гидробиологических биоиндикационных наблюдений в ГНС, методы анализа и интерпретации данных, а научным редактором ежегодного обзора вновь становится проф. В.А. Абакумов. В соответствии с новыми подходами к гидробиологическим наблюдениям меняется и название обзора, он стал называться «Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод Советского Союза», под таким названием он вышел в 1990 году (Ежегодник состояния экосистем..., 1990).

На пике развития системы наблюдений в 1989 году гидробиологические показатели измерялись на половине пунктов ГНС, а наблюдениями были охвачены все крупные водные объекты СССР в объеме около 2000 створов на 450 водных объектах (см. рис. 1). В стране измерения осуществлялись в 30 гидробиологических сетевых лабораториях. В каждом крупном географическом регионе наблюдения проводили как на фоновых объектах, в том числе в ряде государственных природных биосферных заповедников, так и на водных объектах крупных городов и промышленных центров.

Анализ данных по состоянию бактерио-, зоо- и фитопланктона, макрозообентоса, перифитона, а также синтезу и разложению органического вещества осуществляется через призму экологических модификаций экосистем. Этот метод был разработан под руководством В.А. Абакумова, всесторонне рассмотрен и одобрен к применению Международным симпозиумом «Экологи-

---

ческие модификации и критерии экологического нормирования». Согласно данному методу, наиболее существенным системным показателем изменения состояния пресноводных экосистем под воздействием антропогенных факторов является перестройка структуры и метаболизма биоценозов (Абакумов, 1978, 1979). Следует отметить, что такая перестройка происходит на фоне естественной пространственно-временной изменчивости биоценозов. В условиях загрязнения окружающей среды может происходить как увеличение интенсивности метаболизма биоценоза — метаболический прогресс, так и ее уменьшение — метаболический регресс. Изменения структуры биоценозов, связанные с этими явлениями, объединяются общим термином — экологическая модификация (Абакумов, 1991; Израэль, Абакумов, 1991).



**Рисунок 1.** Развитие гидробиологических наблюдений в СССР в период 1976-1991 гг.

Метод экологических модификаций включает следующие градации оценки состояния экосистем:

- фоновое состояние;
- состояние антропогенного экологического напряжения;
- состояние антропогенного экологического регресса;
- состояние антропогенного метаболического регресса.

Метод экологических модификаций в сочетании с классическим методом оценки качества поверхностных вод по состоянию отдельных компонентов в полной мере применяется с 1991 года, в том числе в структуре и тексте Ежегодника (Ежегодник состояния..., 1991).

Планировалось также развитие экологического нормирования состояния экосистем на основе экологических модификаций. Предусматривалось выделение трех категорий пресноводных экосистем:

- заповедные уникальные экосистемы;
- водные объекты, испытывающие умеренную антропогенную нагрузку;

– водные объекты с сильно преобразованными или искусственными экосистемами.

Предполагалось, что в экосистемах третьей категории недопустим метаболический регресс, в экосистемах второй категории не допустимо состояние экологического регресса, а в первой категории не допустимы экологические модификации (Израэль, 1984; Израэль, Абакумов, 1991). В этой связи большое внимание уделяется развитию сети наблюдений в государственных природных биосферных заповедниках.

В силу ряда причин эти исследования не были завершены и не внедрены в практику. В большинстве биосферных заповедников так и не были открыты новые пункты, а в период 90-х годов закрыты действующие, как неэффективные в связи с отсутствием источников загрязнения и превышений ПДК по гидрохимическим показателям. Оценка состояния и качества вод на основе ПДК сегодня прочно закрепилась в государственных документах и вытеснила любые альтернативные методологии, которые продолжают разрабатывать ряд исследователей (Шитиков и др., 2003; Левич и др., 2004; Максимов и др., 2009).

После распада СССР, с 1993 года и по настоящее время ИГКЭ выпускает «Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод России (по гидробиологическим показателям)». С 2011 года в связи развитием тенденции выпуска электронных публикаций отчетов и обзоров Росгидромета в сети Интернет, Ежегодник больше не издаётся на бумажном носителе, а публикуется исключительно на сайте ИГКЭ (<http://www.igce.ru>).

За период более 40 лет основные методы и принципы построения сети гидробиологических наблюдений практически не претерпели принципиальных изменений и формализованы в РД 52.24.309-2011 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением ПВС» (РД 52.24.309-2011, 2011).

### **Современное состояние сети Росгидромета**

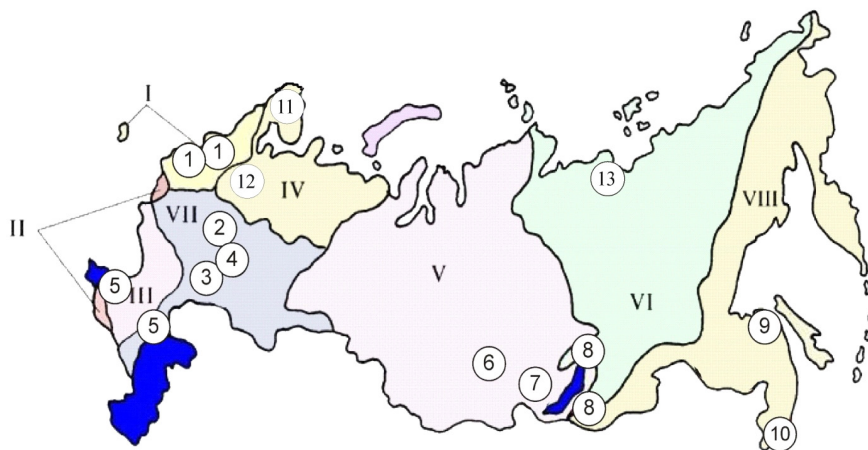
В 2014 году сеть достигала своего максимального развития после 2005 года. Гидробиологические показатели измерялись на 157 водных объектах, в 258 пунктах и на 380 створах в 14 территориальных Управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета (далее - УГМС).

Наиболее широко используемыми в гидробиологических наблюдениях ГНС являются классические биоиндикационные показатели состояния — зоопланктона, фитопланктона и зообентоса, составляющие 88% (4566 измерений) годового объема проб 33, 31 и 24% соответственно.

Однако сеть гидробиологических наблюдательных пунктов охватывает менее 20% пунктов ГНС за загрязнением ПВС. На территориях УГМС, в составе которых функционируют гидробиологические лаборатории, охвачено всего 43% створов от пунктов ГНС по гидрохимическим показателям. При этом, ни в одном из 14 подразделений УГМС в 2014 году, не проводились измерения по всем 9 гидробиологическим показателям, требуемым согласно РД 52.24.309-2011.

---

На рис. 2 представлена схема размещения основных водных объектов в системе гидробиологического мониторинга по гидрографическим районам Российской Федерации в 2014 году.



**Рисунок 2.** Схема размещения основных водных объектов гидробиологического мониторинга в 2007-2014 гг.

Гидрографические районы Российской Федерации (латинские цифры): I – Балтийский район и Калининградская область; II – Черноморский; III – Азовский; IV – Баренцевский; V – Карский; VI – Восточно-Сибирский; VII – Каспийский; VIII – Тихоокеанский.

Районы размещения и принадлежность водных объектов к УГМС Росгидромета:

1 – Северо-Западное; 2 – Верхне-Волжское, 3 – Приволжское, 4 – Республики Татарстан, 5 – Северо-Кавказское, 6 – Средне-Сибирское, 7 – Иркутское, 8 – Забайкальское, 9 – Дальневосточное, 10 – Приморское, 11 – Мурманское, 12 – Северное, 13 – Якутское

В 2015 году произошло существенное сокращение сети. Так, гидробиологические наблюдения в 2016 году выполняются лишь 12 лабораториями в составе 11 УГМС (Мурманское, Северо-Западное, Верхне-Волжское, Приволжское, Северо-Кавказское, Среднесибирское, Иркутское, Забайкальское, Якутское, Дальневосточное, Республики Татарстан). В связи с сокращением финансирования с 2015 года наблюдения приостановлены в Северном и Приморском УГМС.

Наиболее развита сеть гидробиологических наблюдений по количеству водных объектов, пунктов и створов на территориях Мурманского, Дальневосточного и Забайкальского УГМС. Государственный гидробиологический мониторинг водных объектов исключительно важен для обеспечения экологической безопасности населения и повышения информационной эффективности сети. Гидробиологическими наблюдениями по сей день остаются совершенно не охвачены водоемы Центрально-Европейской части России (Центральное УГМС) и в Западной Сибири. На территории Москвы, а также в Московской, Владимирской, Ивановской, Калужской, Костромской, Рязанской, Смоленской, Тверской, Тульской и Ярославской областях, где проживает около 20% всего населения страны не ведется гидробиологических наблюдений. Слабо представлены наблюдения на водоемах в крупных городах. Так, из 15 российских городов-миллионеров режимные наблюдения проводятся лишь в пяти (Казань, Красноярск, Ростов-на-Дону, Санкт-



---

Петербург, Самара). Из крупных рек России наблюдения ведутся только на пяти — Волга (ниже Нижнего Новгорода), Лена (низовье), Енисей (Ангара и в районе г. Красноярск), Амур, Дон. Наиболее обеспечены наблюдательными створами крупные водные объекты — каскад Волжских водохранилищ, реки Амур, Дон, Енисей (с Ангарой), Селенга.

Интересно, что на наиболее важные с хозяйственной, социальной и научной точек зрения пункты 1-ой (районы экологического бедствия, крупные города и промышленные объекты) и 4-ой категорий (уникальные природные водоемы, заповедники и национальные парки) приходится лишь 37% от всех охваченных режимными гидробиологическими наблюдениями пунктов сети. Основной объем наблюдений приходится на территории со средним и низким уровнем загрязнения.

Результаты биоиндикации могут быть корректно интерпретированы при ведении измерений в региональных эталонных объектах. Эта идея была положена в основу экологического мониторинга (Израэль, 1984). Между тем водоемы и водотоки в охраняемых естественных экологических системах (заповедники, национальные парки и федеральные заказники), практически не охвачены измерениями гидробиологических параметров. В 2015 г. наблюдения проводились всего на 4-х фоновых (эталонных) пунктах на реках: Базаиха (охранная зона заповедника «Столбы»), Баргузин (близ территории Баргузинский биосферный заповедник), р. Чирка (окрестности Большехецирского заповедника) и оз. Чуозеро (у границ Лапландского биосферного заповедника). Все указанные пункты расположены за границами соответствующего заповедника или национального парка. Такое ограничение фоновых наблюдений не позволяет в полной мере оценить региональные и глобальные изменения состояния биоразнообразия экосистем поверхностных вод, которые могут проявляться под воздействием загрязнения или изменения иных факторов среды.

В «постперестроечный период» сокращен кадровый состав гидробиологических лабораторий УГМС Росгидромета. На начало 2016 года в них работает 47 специалистов-гидробиологов. Численность персонала большинства лабораторий ограничивается 1-2 специалистами. Наиболее укомплектованы специалистами лаборатории Иркутского, Приволжского и Северо-Западного УГМС, в них работают 10, 8 и 6 гидробиологов, соответственно. В большинстве подразделений отмечается износ технического фонда на 80-90%. По данным на 2014 год только 5 лабораторий из 14 обеспечены офисным и лабораторным оборудованием, а также пробоотборными устройствами, которые имеют степень износа менее 50%.

Устарело не только оборудование, но и методические документы, используемые в УГМС. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем, являющееся сегодня основным методическим документом в ГНС по отбору и анализу проб (Руководство... 1992), было издано более 20 лет назад и основано на методах, подходах, а также используемых материалах и оборудовании 30-40 летней давности.

---

---

Для оценки качества данных ГНС по мониторингу загрязнения поверхностных вод методами биоиндикации в 2014 и 2015 годах ИГКЭ проведены сличительные испытания лабораторий УГМС. В 2014 году проведена проверка правильности определений видового состава, оценки численности, биомассы и качества природных вод в лабораториях УГМС. При сличительных испытаниях по зоо- и фитопланктону в 12-ть лабораторий разосланы пробы (природные образцы) зоопланктона и фитопланктона, полученные разделением общей пробы, взятой из естественного водоема, обработанной и законсервированной. Отбор, подготовка и измерение проб осуществлялись 2-мя независимыми экспертами Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (Борок). Сходство видового определения данных УГМС оценивалось по индексу Чекановского-Сёренсена (Ics), значения которого находились при оценке зоопланктона в диапазоне 0.4-0.6, а по фитопланктону 0.3-0.4. Проведенные сличительные испытания оценки качества вод по состоянию зоопланктона и фитопланктона выявили существенные методические проблемы сети. В методиках, изложенных в Руководстве (1992) и применяемых в лабораториях УГМС, отсутствует обязательный раздел точности измерений и допустимости отклонений, поскольку таких испытаний при разработке методик не проводилось. Это, в свою очередь, не позволяет корректно оценить удовлетворительность получаемых результатов и допустимый диапазон отклонений. Тем не менее, по оценке класса качества вод по гидробиологическим показателям согласно РД 52.24.309-2011 (проба была выбрана II класса качества) почти все УГМС показали верный результат по зоо- и фитопланктону.

Большие различия в определениях проявились при проведении ИГКЭ контроля качества данных по макрозообентосу. В этом случае использован метод межлабораторной интеркалибрации, применяемый Норвежским Институтом Исследования Вод (NIVA) при выполнении международной интеркалибрации и оценки качества данных, получаемых в рамках реализации Международной кооперативной программы «International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Transboundary pollution of Rivers and Lakes» (ICP Waters..., 2010).

Лабораториями УГМС было предложено отобрать, законсервировать и протестировать природные пробы в 2-х параллелях, затем выслать результаты и пробы в адрес ИГКЭ. «Слепые» пробы были направлены 2-м экспертам Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (Борок). Результаты сверки показали не только отклонения в правильности определения видов, но и несоответствие метода вычисления биотического индекса Вудивисса (индекс Трента), применяемого в УГМС общепринятому. Применяемый в ГНС метод вычисления биотического индекса (Руководство..., 1992) даёт завышение значений индекса на 1-2 балла относительно «общепринятого» метода (Вудивисс, 1977; Практическая гидробиология..., 2006). Эта стандартная ошибка не имела бы принципиального значения для выявления тренда в рамках ГНС, но при сравнении данных с другими исследованиями необходимо учитывать методические различия. Различия стано-

---

---

вятся критичными при оценке классов качества воды по состоянию зообентоса, особенно в диапазоне II-IV классов.

Таким образом, оценки экспертов и УГМС не совпадали на 1-2 класса качества, то есть оценка экспертами воды по IV классу качества («грязная») могла быть оценена УГМС как II («слабо загрязненная»). Различия вызваны тем, что в методике, применяемой на сети Росгидромета, отдельными группами Вудивисса рекомендуется считать каждый вид плоских червей, пиявок, моллюсков, ракообразных, веснянок, поденок, жуков клопов, двукрылых (кроме хирономид и мошек), вислокрылок, каждое семейство ручейников, семейства мошек, хирономид (Руководство..., 1992). В то время как в общепринятом методе вычисления биотического индекса (Вудивисс, 1977; Практическая гидробиология..., 2006) в единую группу входят все виды по каждой из градации.

### **Международная практика ведения гидробиологического мониторинга**

Биологические оценки являются основным элементом управления водными ресурсами и экосистемами в странах Евросоюза и США. В настоящее время существуют три крупных системы биоиндикации: американская RPBs (Rapid Bioassessment Protocol), британская RIVPACS (River Invertebrate Prediction and Classification System) и система сапробности, наиболее распространенная в нашей стране, СНГ и странах Восточной Европы. Для стран Европы основные подходы в политике охраны, использования и управления водными ресурсами описаны в Европейской Рамочной Водной Директиве (WFD), которая определяет развитие и совершенствование систем биоиндикации (Solimini et al., 2006).

Принципиальное отличие зарубежного опыта от отечественной практики в области режимных гидробиологических наблюдений за качеством вод и проведения оценки заключается в:

- тщательном подходе к выбору эталонных (условно-чистых, не загрязненных) створов или целых водных объектов, относительно которых проводится оценка качества вод;
- учете региональных особенностей (геологического, гидрологического, климатического, физико-химического состава вод и др.) при классификации водных объектов и соответственно выбора для их мониторинга оптимальных гидробионтов;
- использование большого числа различных групп гидробионтов и их структурно-функциональных характеристик для расчета многочисленных индексов, которые регулярно проходят интеркалибрацию для возможности сопоставления данных и проведения транснациональных оценок качества вод (Ector, Rimet, 2005);
- интеграция гидробиологических и гидрохимических критериев в единые нормативы для проведения оценки и менеджмента качества водных объектов (Хромов и др., 2015).

---

Для биоиндикации и оценки качества озерных экосистем могут использоваться те же гидробионты, что и для рек (Семенченко, Разлуцкий, 2011). Дополнительно в исследования включают: фитопланктон, макрофиты, зоопланктон, широко используется зообентос. Показатели качества воды озер по данным ихтиофаун на данный момент разработаны только в Швеции, Австрии и Италии, в США используется индекс сообществ рыб водохранилищ RFAI. В отличие от рек, биологические подходы по оценке морских и озерных экосистем в основном находятся на стадии разработки. В силу отсутствия достаточно полных сведений об экологических особенностях той или иной группы гидробионтов наиболее адекватными принято считать трофические индексы, определяемые по концентрации фосфора и хлорофилла «а».

### **Концептуальные направления и первоочередные мероприятия по модернизации гидробиологических методов мониторинга в России**

Вышеизложенный краткий анализ текущей ситуации позволяет сделать вывод о неполном соответствии наблюдений за качеством ПВС по гидробиологическим показателям в системе Росгидромета потребностям обеспечения экологической безопасности страны и современным международным стандартам качества гидробиологических измерений. Однако, на вопрос: «А нужно ли сохранять сеть биоиндикационных гидробиологических наблюдений?» положительный ответ очевиден и подтвержден нормативными документами. Проблема или как сегодня принято говорить «вызов» заключается в том, что необходимо предпринять, чтобы повысить информативную и прикладную эффективность сети наблюдений, а также выбрать приоритеты и направление ее развития.

Прежде всего, считаем целесообразным восстановить принцип проведения гидробиологических наблюдений в морских и пресноводных экосистемах, положенный в основу наблюдений ГНС в 80-х годах прошлого века (Израэль и др., 1981б). Это особенно актуально в связи с разработкой месторождений полезных ископаемых в прибрежных районах и строительством коммуникаций (мосты, газопроводы и пр.). В настоящее время гидробиологические наблюдения в прибрежных морских акваториях ведутся подразделениями Росгидромета в заливах и устьях больших рек на Балтийском (Северо-Западное УГМС), Черном (Северо-Кавказский УГМС), Японском (залив Петра Великого, Приморское УГМС) морях, а также в море Лаптевых (Якутское УГМС, Тикси). В перспективе возможно расширение района работ и целесообразно уже с 2017 года ежегодный анализ результатов гидробиологических наблюдений как в ПВС, так и в прибрежных морских акваториях включать в единый ежегодный обзор состояния пресноводных и прибрежных морских экосистем России.

Результаты наблюдений, анализ и оценку изменений состояния водных биоценозов ПВС и прибрежных акваторий в ежегоднике целесообразно

---

---

представлять в формате картограмм и схем, иллюстрирующих особенности текущего состояния экосистем на фоне межгодовых флуктуаций и долговременных тенденций. Особое внимание должно уделяться объектам наиболее важным в хозяйственном и экологическом аспектах (города, зоны добычи ископаемых на шельфе, морские порты, трансграничные объекты и фоновые заповедные участки). Для каждого региона должна быть определена сеть фоновых створов, расположенных в действительно малозагрязненных участках, прежде всего в заповедниках и национальных парках.

При существующем уровне финансового и кадрового обеспечения существенных улучшений методической и материально-технической обеспеченности лабораторий УГМС в ближайшем будущем ожидать не приходится. Между тем в ближайшем будущем может появиться острая необходимость в модернизации сети. Прежде всего, эта необходимость вызвана обстоятельствами ухудшения качества поверхностных вод в крупных городах, промышленных центрах, местах прибрежной добычи ископаемых, при проведении экологической реабилитации водоемов и водотоков для контроля качества работ.

Принимая во внимание традиции и многолетний опыт работы отечественной сети гидробиологических наблюдений, с учетом современных мировых тенденций в этом направлении представляется перспективным продолжить, опираясь на п. 2 ст. 21 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ, разработку методов нормирования состояния экосистем водных объектов в городах, а также прибрежных морских экосистем по гидробиологическим критериям состояния ПВС (биотический индекс, индексы сапробности, и структурно-функциональные показатели гидробионтов). Научная основа такого нормирования заложена в биотической концепции контроля природной среды (Булгаков, 2002), в том числе теории экологических модификаций (Абакумов, 1991).

Для репрезентативности и нормирования данных потребуются переработка всего методического аппарата и, прежде всего, методов биоиндикации по зоо- и фитопланктону, зообентосу, а также по измерению продукции и деструкции органического вещества в водных объектах. Существующие методики биоиндикации состояния водных объектов должны быть переработаны в части контроля и обеспечения качества данных (в том числе проведения межлабораторных сличительных испытаний и аудита качества данных), стандартизации технической оснащённости лабораторий, а также требований к квалификации их сотрудников.

Для проведения таких масштабных изменений по совершенствованию и модернизации гидробиологических наблюдений, прежде всего, необходимо создание Центральной гидробиологической лаборатории, которая выполняла бы, как оперативные работы на наиболее важных социально-экономических водных объектах в Центральном федеральном округе, так и обеспечивала бы развитие методической базы. Её внедрение необходимо также для осуществления контроля качества данных УГМС, проведения интеркалибраций, в том числе в рамках международного сотрудничества. Ежегодная производитель-

---

---

ность Центральной гидробиологической лаборатории должна на первоначальном этапе составлять не менее 1500 измерений, то есть около 30% от всего текущего объема гидробиологических измерений ГНС. Такой объем оправдан как с точки зрения важности мониторинга в Центральном округе, так и исходя из необходимости проведения экспериментальных работ, направленных на совершенствование методов мониторинга и развитие научных основ мониторинга ПВС по гидробиологическим показателям. При полноценном оснащении Центральной гидробиологической лаборатории современным оборудованием и комплектацией кадрового состава, такая лаборатория будет способна проводить отбор и обработку гидробиологических проб на водных объектах города Москвы, Московской, Воронежской, Тверской, Ярославской и Смоленской областей.

Центральная лаборатория должна быть оснащена кадрами и оборудованием на столько, чтобы проводить аудит качества работ, выполняемых региональными лабораториями УГМС, тем самым повышая репрезентативность данных, осуществлять нормативно-методическое руководство, совершенствовать существующие методы сбора и анализа гидробиологического материала.

Целесообразно создание Центральной гидробиологической лаборатории на базе ИГКЭ, который осуществляет научно-методическое руководство работами по мониторингу загрязнения поверхностных вод по гидробиологическим показателям с момента основания и по настоящее время. При этом с основания и по сей день в ИГКЭ отсутствует лаборатория, способная выполнять функции сетевых гидробиологических лабораторий, в том числе нет необходимого оборудования и кадрового состава. В Центральном федеральном округе ранее наблюдения проводились лабораторией Центрального УГМС в составе Ярославского ЦМС, который прекратил работу в 2007 году.

При внедрении новых методов в целях унификации и повышения качества данных необходимо переоснащение всех лабораторий единым комплектом оборудования и определителей. Контроль и обеспечение качества гидробиологических данных может быть осуществлен с выполнением комплекса мер лабораторной практики:

- техническое перевооружение региональных лабораторий унифицированным оптическим оборудованием, позволяющим обеспечить возможности фотофиксации высокой четкости, контроль определений и передачи изображение по сети Интернет;
- развитие взаимодействия между лабораториями по обмену данными и опытом;
- повышение квалификации специалистов, регулярное проведение научно-практической мероприятий (стажировки, семинары).
- проведение межлабораторных сличительных испытаний для проверки качества работ лабораторий УГМС на основе природных или стандартизованных образцов;
- участие лаборатории ИГКЭ как регионального научно-методического центра в международной интеркалибрации, координируемой Норвеж-

ким Институтом Водных Исследований (NIVA);

- проведение научно-методических инспекций лабораторий УГМС не реже 1 раза в 5 лет;
- создание базы данных гидробиологических наблюдений с использованием ГИС технологии.

### Список литературы

Абакумов В.А. 1978. О наблюдениях и сравнительных оценках состояния экологических систем. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экологических систем, т. 1. – Л., Гидрометеиздат, с. 64-69.

Абакумов В.А. 1979. Основные направления изменения водных биоценозов в условиях загрязнения окружающей среды. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 2. – Л., Гидрометеиздат, с. 37-48.

Абакумов В.А. 1991. Экологические модификации и развитие биоценозов. – В кн.: Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды Международного симпозиума. – Л., Гидрометеиздат, с. 18-40.

Абакумов В.А., Сушеня Л.М. 1991. Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования. – В кн.: Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды Международного симпозиума. – Л., Гидрометеиздат, с. 41-51.

Булгаков Н.Г. 2002. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды. Обзор существующих подходов. – Успехи современной биологии, т. 122, № 2, с. 115-135.

Вудивисс Ф. 1977. Биотический индекс реки Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование. – В кн.: Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Тр. Советско-Английского семинара. – Л., Гидрометеиздат, с. 132-162.

Ежегодник качества поверхностных вод Советского Союза по гидробиологическим показателям (в 1982 году). 1983. /науч. рук. к.х.н. Л.В. Бражникова, к.х.н. В.А. Брызгалю /. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 221 с.

Ежегодник качества поверхностных вод Советского Союза по гидробиологическим показателям (за 1980-1984 гг.). 1985. /науч. рук. к.х.н. В.А. Брызгалю/. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 189 с.

Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод Советского Союза (по гидробиологическим показателям) 1989 год. 1990. /под ред. проф. В.А. Абакумова/. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 395 с.

Ежегодник состояния экосистем поверхностных вод Советского Союза (по гидробиологическим показателям) 1990 год. 1991. /под ред. проф. В.А. Абакумова/. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 433 с.

Израэль Ю.А. 1984. Экология и контроль состояния природной среды. – Л., Гидрометеиздат, 560 с.

---

---

Израэль Ю.А., Абакумов В.А. 1991. Об экологическом состоянии поверхностных вод СССР и критериях экологического нормирования. – В кн.: Экологические модификации и критерии экологического нормирования. Труды Международного симпозиума. – Л., Гидрометеиздат, с. 7-18.

Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А. 1981а. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод в СССР. – В кн.: Научные основы контроля качества вод поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Труды II Советско-Английского семинара. – Л., Гидрометеиздат, с. 7-15.

Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А., Цыбань А.В. 1981б. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля водной среды. – В кн.: Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. Труды всесоюзной конференции. – Л., Гидрометеиздат, с. 7-15.

Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. 2004. Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. – М., НИИ-Природа, 271 с.

Максимов В.Н., Соловьев А.В., Левич А.П., Булгаков Н.Г., Абакумов В.А., Терехин А.Т. 2009. Методика экологического нормирования воздействий на водоемы, ненормируемых методами биотестирования (на примере объектов бассейна Дона). – Водные ресурсы, т. 36, № 2, с. 1-6.

Мелиорация и водное хозяйство: справочник. Том 5. Водное хозяйство. 1988. /под ред. И.И. Бородавченко/. – М., Агропромиздат, 399 с.

Обзор состояния поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям по результатам наблюдений в 1977 году. 1978. /под ред. проф. В.А. Абакумова/. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 80 с.

Обзор состояния поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям по результатам наблюдений в 1981 году. 1983. /под ред. проф. В.А. Абакумова/. – Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 203 с.

Постановление Правительства Российской Федерации от 6 июня 2013 г. № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» – Электрон. дан. – Режим доступа: Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), дата обращения 30.05.2016.

Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы: Учеб. для студ. биол. спец. Университетов. 2006. /под ред. В.Д. Федорова и В.И. Капкова/. – М., изд-во «ПИМ», 367 с.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992. /под ред. проф. В.А. Абакумова/. – Л., Гидрометеиздат, 318 с.

РД 52.24.309-2011. 2011. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением ПВС. – Ростов-на-Дону, 87 с.

---



---

Семенченко В.П., Разлуцкий В.И. 2011. Экологическое качество поверхностных вод. – Минск, Беларус. навука, 329 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. 2003. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти, ИЭВБ РАН, 463 с.

Хромов В.М., Буйволов Ю.А., Уваров А.Г., Малашенков Д.В. 2015. Концепция модернизации биологических методов наблюдения и оценки состояния пресноводных экосистем России на сети Росгидромета. – В кн.: Материалы научной конференции «Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод», т. 2. – Ростов-на-Дону, с. 149-153.

Ector L., Rimet F. 2005. Using bioindicators to assess rivers in Europe: An overview. – At Modelling Community Structure in Freshwater Ecosystems/ Eds. InLekS., Scardi M., Descy J., Park Y. – Berlin, Springer Verlag, Heidelberg, p. 7-19.

ICP Waters Programme Manual. 2010. Prepared at the ICP Waters Programme Centre Norwegian Institute for Water Research.– Oslo, 91 pp. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.icp-waters.no/Publications/Reports/tabid/122/Default.aspx>

Solimini A.G., Cardoso A.C., Heiskanen A.S. 2006. Indicators and methods for the ecological status assessment under the Water Framework Directive. – At European Union Report 22314EN. – EC, Joint research centre: Ispra., 262 p.

*Статья поступила в редакцию: 07.04.2016*

*После переработки: 24.08.2016*