

# НЕКОТОРЫЕ научно-технологические ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ систем мониторинга водных **ОБЪЕКТОВ**

**В статье приводятся данные, свидетельствующие о глобальном дефиците ресурсов пресных вод и о необходимости управления этими ресурсами. Информационное обеспечение такого управления ведется на основе данных, получаемых системой мониторинга водных объектов (МВО).**

**Исходя из целей управления формируются требования к системе МВО, которые, в свою очередь, определяют задачи и саму процедуру проектирования системы. Рассматривается содержание основных этапов проектирования МВО.**

## **I. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ**

### **1. Введение**

**О**храна природных вод и восстановление устойчивого экологического состояния водных объектов, относятся к числу наиболее актуальных современных проблем. Возрастает дефицит пресных вод в глобальном масштабе, что неоднократно отмечалось ООН и другими организациями.

Некоторые данные, приводимые в [1], хорошо иллюстрируют это положение. Если принять, что полный объем гидросферы  $2,0 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup>, из которых  $1,4 \cdot 10^9$  км<sup>3</sup> приходится на долю мирового океана, то доступные ресурсы пресных вод составят  $4,1 \cdot 10^4$  км<sup>3</sup>/год, устойчивая часть (не связанная с паводками или экстремальными засухами) –  $7,0 \cdot 10^3$  км<sup>3</sup>/год, а используемая часть –  $3,5 \cdot 10^3$  км<sup>3</sup>/год, т.е. половину от устойчиво доступной. Глобальный сброс сточных вод составляет не менее  $2,0 \cdot 10^3$  км<sup>3</sup>/год, причем в достаточной мере очищается лишь малая часть сброса. Следовательно, глобальный коэффициент разбавления – 3,5, что явно недостаточно и свидетельствует об остроте гидроэкологических и водохозяйственных проблем.

Несмотря на то, что Россия богата водными ресурсами и суммарный водозабор составляет менее 2% от доступных водных ресурсов, вследствие неравномерности распределения ряд российских регионов испытывает дефицит воды на некоторые виды водопользова-

ния. Весьма серьезно стоят проблемы качества вод – по данным [1] около половины сточных вод поступают в водные объекты недостаточно очищенными или совсем без очистки. Таким образом, проблема качества природных вод в России так же остра, как и во всем мире.

Анализ тенденций увеличения водопотребления и загрязненности вод в ближайшее столетие согласно одной из моделей развития, рассматриваемой в [1], показывает, что уже в 2030 г. основу мирового водопотребления будут составлять загрязненные воды. Более оптимистические модели загрязнения отодвигают этот срок на 20 – 30 лет. Эти обобщенные данные не отражают распределение составляющих их компонентов по географическим зонам, по континентам и странам. Для некоторых из них дефицит пресной приемлемо чистой воды является первоочередной проблемой. Фактически общей мировой проблемой является загрязненность большинства крупных рек, включая российские [1].

Для решения задач охраны и восстановления водных объектов, рационального использования их ресурсов требуется как первоочередной шаг создание современной системы управления водным хозяйством. Научные основы управления водным хозяйством как в локальном, так и национальном масштабе разработаны основательно (см., например, [2]). Однако в последние годы на фоне ослабления внимания государства и общества в России к экологическим проблемам, понизился уровень управления водным хозяйством. Недостатки существуют в законодательной и нормативно-правовой сфере, происходят постоянные реформы в системе государственного управления водными ресурсами, практически отсутствует организационно-экономический механизм управления водным хозяйством.

Современная система управления такой сложной природо-хозяйственной системой, как водное хозяйство, неизбежно должна опираться на научное обеспечение. Управление невозможно без достоверной и полной информации

**Г.М. Баренбойм,**  
д.ф.-м.н.,  
научный  
руководитель  
АНО «Институт  
экологических  
технологий и систем  
управления  
«ЭСКОС»,  
проф.

**Е.В. Веницианов,**  
д.ф.-м.н.,  
заведующий  
лабораторией  
качества вод  
Института водных  
проблем РАН,  
проф.

**В.И. Данилов-  
Данильян**  
чл-корр. РАН,  
директор Института  
водных проблем РАН,  
заведующий  
кафедрой

кафедра экологии  
и использования  
водных ресурсов  
РУДН

об управляемой системе. Что касается водных объектов, требуются большие объемы информации гидрологического, гидрохимического и гидробиологического характера, а также данные о водопользовании на управляемом водном объекте. Получение и обработка такой информации требует привлечения современных научных методов разных направлений. Значительная часть такой информации генерируется путем инструментального наблюдения за водными объектами, за природными и антропогенными факторами воздействия на них. Последующая обработка данных должна обеспечить управление вариантами решений, которые должны учитывать как природные, так и социально-экономические факторы. В целом, подготовка таких решений является наукоемким направлением.

Система, выполняющая названные выше функции информационного обеспечения, получила название системы мониторинга водных объектов (МВО). Одно из первых определений экологического мониторинга как такового в русскоязычной литературе было дано Ю.А. Израэлем, указавшим, что мониторинг – «информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей этих изменений на фоне природных процессов» [3]. Важное дополнение к указанному определению содержится в Государственном докладе «О состоянии окружающей природной среды в Российской Федерации» (1995), где экологический мониторинг был определен как «комплекс выполняемых по научно-обоснованным программам наблюдений, оценок, прогнозов и разрабатываемых на их основе управленческих решений». Таким образом, МВО является информационной основой системы поддержки принятия решений (СППР, DSS – Decision Support System). Эти решения направлены на повышение эффективности использования и охраны водных ресурсов, в том числе на минимизацию экологических рисков для окружающей природной среды и человека [4].

Обычно управляющие решения подразделяются на краткосрочные (оперативные), среднесрочные и стратегические. К числу стратегических относятся такие государственные решения, которые создают законодательную и нормативно-правовую основу водного хозяйства страны, ее организационно-экономический механизм.

Среднесрочные управляющие решения обычно направлены на разработку программ обеспечения населения и хозяйства водными ресурсами в необходимом объеме и нормативного качества, а также снижение ущербов

от вредного воздействия вод. Для таких решений нужна информация о состоянии водных объектов или их участков во временном и пространственном выражении (пространственно-временные ряды), а также о прогнозах развития отраслей экономики, которые являются не только водопользователями, но основными источниками отрицательных антропогенных воздействий на водные объекты. Кроме того, данные МВО должны обеспечивать задачи научного и проектного обеспечения водного хозяйства, в том числе в рамках Схем комплексного использования и охраны водных объектов (бассейнов), как предусмотрено последней редакцией Водного кодекса РФ.

Оперативные управляющие решения – инструменты непосредственного управления водным хозяйством, которые связаны с неизбежной и весьма значительной изменчивостью состояния водных объектов, а также меняющимися потребностями хозяйствующих субъектов в воде (например, сельского хозяйства), неординарными ситуациями, например аварийными сбросами загрязняющих веществ или наводнениями. Оперативные управляющие решения принимаются в реальном времени и также предъявляют вполне определенные требования к используемым данным.

Таким образом, все три типа управленческих решений предъявляют специфические требования к системам мониторинга и контроля. В предлагаемой статье рассмотрены актуальные, по мнению авторов, проблемы проектирования, создания и функционирования систем мониторинга водных объектов. Под проектированием понимается, прежде всего, разработка процедуры создания системы МВО, формулировка требований к проектируемым, а также нуждающимся в модификации существующими системам, и, наконец, оценка имеющихся научно-технических средств.

## **2. Основные этапы проектирования системы экологического мониторинга водных объектов (СЭМ ВО) для целей управления качеством вод**

**С**истемы МВО создаются для решения различных задач управления. Одна из основных и наиболее наукоемкой является задача управления качеством вод. Это объясняется тем, что в водном объекте одновременно сосуществуют десятки и сотни химических веществ и видов организмов, происходит трансформация веществ под влиянием множества биотических и абиотических факторов. На водный объект оказы-

вают влияние многочисленные факторы природного и антропогенного генезиса.

Научно обоснованная система управления и соответственно мониторинга должна иметь бассейновый характер. Однако вследствие того, что она неизбежно «привязана» к административному делению, неизбежно создание региональных систем, ориентированных на участок водного бассейна, т.е. должны сосуществовать разномасштабные системы мониторинга. Очевидно, что работа таких региональных систем должна быть согласована с учетом бассейнового принципа.

Согласование должно касаться программ наблюдений и предусматривать информационный обмен. Процедура проектирования схематично представлена на *рис. 1*.

Одним из первых решений при проектировании СЭМ является формулировка целей, которые можно структурировать по нескольким критериям:

**1. По целевым показателям качества вод:**

- стабилизация состояния;
- улучшение по отдельным показателям;
- улучшение по всем показателям.

**2. По времени достижения:**

- оперативные цели;
- среднесрочные цели;
- долгосрочные цели.

**3. По способам достижения целей:**

- воздействие на антропогенные источники нагрузок;
- воздействие на природные факторы (разрушение берегов, наводнения и пр.);
- воздействие на водный объект (мелиорация, очистка, химизация);
- повышение экологического статуса водного объекта;
- снижение уровня экологических рисков;
- организационно-экономические и правовые мероприятия;
- другие мероприятия.

Подчеркнем, что сформулированная цель (цели) далее конкретизируется перечнем задач, относящихся к разным сферам: создание наблюдательной сети, создание информационной системы, анализ данных и разработка управленческих решений. Первые две группы задач рассмотрим далее.

Создание наблюдательной сети следует начинать с идентификации факторов воздействия на водный объект. Для этого производится формирование реестров факторов воздействия на качество вод:

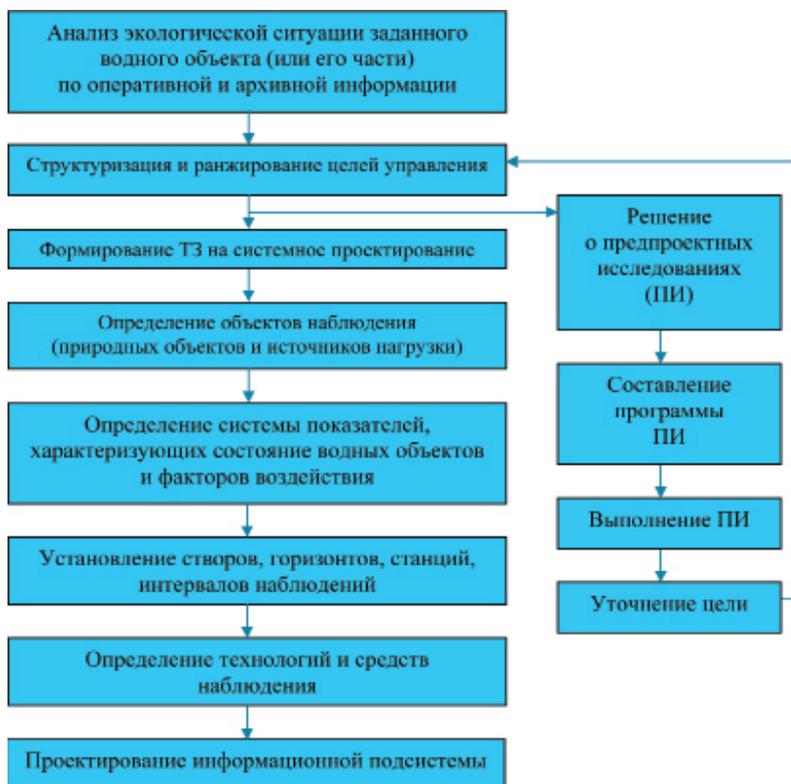
- промышленных и коммунальные производственных объектов (с экологическими паспортами);
- сельскохозяйственных производств, включая склады химических средств;
- трубопроводов для токсичных веществ;

- распределенных источников загрязнения;
- других факторов, в том числе природных (оползни, наводнения и пр.).

Кроме того, необходимо формирование реестра химических веществ (используемых, производимых, транспортируемых по территории, складированных и др.), способных, в принципе, повлиять на качество природных вод.

Следует отметить, что в сложившихся в настоящий момент во всех странах, в том числе России, ситуации источниками и владельцами мониторинговой информации являются многочисленные ведомства и хозяйствующие субъекты. В России – это Министерство природных ресурсов РФ; Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Федеральное агентство по водным ресурсам, Государственная санитарно-эпидемиологическая служба; Федеральная служба земельного кадастра; Министерство сельского хозяйства; Государственный комитет по строительству и жилищно-коммунальному комплексу; Государственным комитет по статистике, а также субъекты таких отраслей хозяйства, как энергетика, сельское хозяйство, химическая, нефтехимическая, горнодобывающая отрасли и др.

Поэтому актуальной, особенно для России, является проблема использования этих данных, причем первоочередными являются



*Рис. 1.* Основные этапы проектирования СЭМ ВО

доступ к информации и достоверность данных, а также согласование программ наблюдений. Практически вся мониторинговая информация (кроме нескольких текущих гидрометеопараметров) становится доступной только спустя продолжительное время.

Помимо факторов воздействия, необходимо ограничить перечень объектов мониторинга, определив объекты природной среды, включенные в систему наблюдений, а именно:

- элементы гидрографической сети;
- водосборная территория (или ее часть);
- подземные водные объекты;
- атмосфера;
- другие объекты.

Следующий этап – формулировка параметров (характеристик), которые должны отслеживаться службой мониторинга. Ранее нами была предложена классификация факторов состояния водного объекта и его водосборной территории, а также факторов воздействия на водные объекты [4]. Кратко представим перечень этих параметров в виде двух систем:

1. Система показателей, характеризующих факторы антропогенных и природных воздействий на водный объект:

- оказывающие воздействие на гидрофизический режим (5 групп основных факторов);
- оказывающие воздействие на гидрологический режим (10 групп основных факторов);
- оказывающие воздействие на гидрохимический режим (11 групп основных факторов);
- оказывающие воздействие на гидробиологический режим (6 групп основных факторов);
- оказывающие воздействие на водосборную территорию (3 группы основных факторов).

2. Системы показателей, характеризующих состояние водного объекта и его экосистемы, включая:

- гидрофизические (7 групп показателей);
- гидрологические (13 групп показателей);
- гидрохимические (9 групп показателей);
- гидробиологические (14 групп показателей);
- санитарно-эпидемиологические (3 группы показателей).

Полная расшифровка содержания групп представлена в работе [3]. В качестве иллюстрации приведем содержание одной из групп:

Система показателей, характеризующих гидрохимическое состояние водного объекта:

**I. Физические параметры качества воды (кроме температуры):**

- прозрачность;
- цветность;
- радиоактивность.

**II. Химические параметры качества воды**

- макрокомпоненты;

- биогенные компоненты;
- органические вещества;
- тяжелые металлы;
- прочие.

При проектировании системы мониторинга безусловно следует обратить внимание на общую ситуацию с уже существующими системами. В настоящее время на основе Государственной сети мониторинга окружающей среды, базовую основу которой составляют наблюдательные органы Росгидромета, проводятся следующие основные виды наблюдений (помесечные, в ограниченном числе пунктов, створов):

- за гидрологическими и гидрохимическими характеристиками водных объектов;
- за состоянием загрязнения воздуха в городах и промышленных центрах;
- за состоянием загрязнения почв пестицидами и тяжелыми металлами;
- за состоянием загрязнения поверхностных вод суши по гидробиологическим показателям;
- за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;
- комплексные наблюдения за загрязнением природной среды и состоянием растительности;
- за химическим составом и кислотностью атмосферных осадков и снежного покрова;
- за фоновым загрязнением окружающей среды;
- за радиационной обстановкой окружающей среды.

Существующий мониторинг окружающей среды не отвечает требованиям, которые предъявляют системы среднесрочного и оперативного МВО. К основным недостаткам современного российского МВО относятся следующие.

1. Приборы автоматизированного мониторинга водных объектов (в комплексе с телекоммуникационными средствами) практически не используются. Количество измерений недопустимо низкое. Следствием недостатка информации является то, что она практически не используется в управлении водным хозяйством, в частности, при идентификации источников загрязнений, оперативном управлении. Необходим переход на новый технический уровень оснащения постов, обеспечивающий их автономное автоматизированное функционирование.

2. Не используются или применяются в весьма малом числе случаев широко распространенные за рубежом мобильные станции МВО (это относится и к мониторингу воздушной среды). Активная работа по созданию отечественных образцов таких станций и приобретению зарубежных заметно пре-



кратилась после 2000 г., во многих случаях утеряны даже следы этой работы.

3. Зоны высокого экологического риска часто не попадают в региональную сеть мониторинга водных объектов (здесь особенно важно применение автоматизированных систем контроля и мобильных станций мониторинга).

4. Химико-аналитическое оснащение большинства лабораторий служб водного хозяйства примитивно, что не позволяет решать оперативные задачи, например при техногенных авариях.

5. Отсутствует, как правило, мониторинг целого ряда характеристик состояния водных объектов (см. далее) и факторов риска природного и антропогенного происхождения. Например, отсутствует оперативный мониторинг источников загрязнения (при нефтедобыче, при сбросах сточных вод, местах пересечения водных объектов продуктопроводами), гидрологический мониторинг в паводкоопасных территориях, анализ донных осадков. Вообще экологические аспекты паводков и наводнений оказались вне зоны внимания федеральных и региональных органов управления водными ресурсами.

Программа гидрохимического мониторинга в пресных водах России была сформирована 50 лет назад и не отвечает современным требованиям управления водным хозяйством. В частности, отсутствуют определения ряда наиболее опасных стойких органических веществ (СОЗ), в частности хлорорганики; во многом устарели требования к определению характеристик нефтегенного загрязнения [5].

Частота отбора проб на сети часто составляет всего 1 раз в месяц для весенне-осеннего сезона и только для наиболее важных участков – круглогодично. Однако и эта информация практически недоступна широкому кругу потребителей.

Выбор оптимального сочетания методов и технических средств МВО является актуаль-

ной проблемой, тем более что для адекватного обеспечения целей мониторинга требуются огромные затраты. Например, проведенная в середине 90-х годов XX века программа контроля качества природных вод в США стоила около 30 млрд. дол. Оптимальное решение этой проблемы в отсутствие координации между различными субъектами МВО невозможно. Однако для вновь создаваемых систем МВО или совершенствования отраслевыми или региональными системами такие решение не только возможно, но и необходимо по указанным причинам.

*Продолжение следует*

### **Литература**

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
2. Данилов-Данильян В.И., (ред). Обоснование стратегий управления водными ресурсами. – М. Научный мир, 2006. 336 с.
3. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.– М.: ГМИ, 1984. – 560 с.
4. Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В. Современные проблемы мониторинга водных объектов// Статьи и тезисы. IX Международный симпозиум «Чистая вода России – 2007». 17–20 апреля 2007 г. Екатеринбург. Екатеринбург: ФГУП РосНИИВХ, 2007. С. 16 – 29.
5. Баренбойм Г.М. Экологические аспекты проблем энергетической безопасности (применительно к индустрии нефти и нефтепродуктов): задачи для разработки двойных технологий и лабораторного оборудования)// Сборник научных трудов и инженерных разработок. 7-я специализированная выставка «Изделия и технологии двойного назначения. Диверсификация ОПК». М.: Эксподизайн, 2006. С.497 – 499.

G.M. Barenbojm, E.V. Venitsianov, V.I. Danilov-Danilyan

## **RESEARCH AND TECHNOLOGY ASPECTS IN DESIGNING, DEVELOPING AND OPERATING WATER MONITORING SYSTEM**

**T**he paper provides the data on global shortage of freshwater resources and requirements to control these resources. The information support of the management and

control is based on gathering the information provided by system to monitor water bodies (MWB). Based on goals addressed by the management system the requirements

are set forth to MWB, which, in turn, determine the system tasks and procedures to design it. The paper is addressing the composition of main stages in designing MWB.