

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

Существующие системы мониторинга водных объектов (МВО) являются разведомственными, плохо скоординированными и по уровню технологии и технических средств не отвечают современным требованиям. В статье рассматриваются эти требования и некоторые методические, технологические и технические пути их выполнения. Особое внимание уделено проблемам создания автоматизированных систем МВО.

*Продолжение.
Начало в №1'08*

I. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ

1. Некоторые требования к системам мониторинга водных объектов

В настоящее время системы мониторинга водных объектов (МВО) уже разработаны в разных странах. На основе анализа их опыта можно сформулировать ряд требований, которые позволяют оптимизировать соотношение «затраты – информационная ценность». В текущей литературе само понятие «информационная ценность» обсуждено недостаточно полно. Кратко, согласно нашим представлениям, понятие «информационная ценность» означает уровень достаточности информации для решения задач управления. Фактически требования к мониторинговой информации формируются на основе явной формулировки задач управления, которые «утилизируются» системой поддержки принятия решений. Ранее мы рассмотрели этот вопрос в [1] и [2]. В целом, требования к системе мониторинга во многом определяются масштабами этой системы. В *табл. 1* представлены наши предложения о масштабных характеристиках разных систем МВО.

Исходя из факторов, характеризующих состояние водного объекта, можно выделить

как минимальную следующую систему показателей:

- ◆ базовые параметры – уровень воды, скорость течения, расход воды, температура, содержание взвешенных веществ, растворенного кислорода, рН, электропроводность;
- ◆ геохимические (фоновые) параметры, отражающие геологическое строение бассейна – общая жесткость, щелочность, индивидуальное содержание катионов кальция, магния и т.д.;
- ◆ параметры, характеризующие влияние антропогенной активности (через генерацию биогенных компонентов) на качество вод – содержание нитратов, фосфатов и т.д.;
- ◆ параметры, характеризующие преимущественно влияние хозяйственной деятельности – содержание тяжелых металлов, радиоактивность и органические загрязнения;
- ◆ гидробиологические показатели.

В результате исследований в США загрязняющие вещества (всего 129 элементов или соединений) были сгруппированы в 10 групп, в том числе: пестициды, тяжелые металлы, полихлорированные бифенилы, алифатические соединения, фенолы, полициклические ароматические углеводороды, нитрозамины. Среди наиболее часто встречающихся металлов отмечены медь, свинец и цинк; для органических веществ характерно более разнообразный спектр веществ, что означает учет «индивидуальности» каждого водного объекта, который возможен только путем предварительных исследований при разработке проекта системы МВО на стадии предпроектных исследований, масштабы которых во многом определяются масштабами самих систем мониторинга.

Среди компонентов мониторинга наибольшую сложность представляет анализ органических веществ. В результате различных видов хозяйственной деятельности на водосборных площадях и влияния природных факторов (водная и ветровая эрозия, осадки, абразия берегов, колебания водности года

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.,
зав. лабораторией
качества вод
Института водных
проблем РАН,
проф.

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

кафедра экологии
и использования
водных ресурсов
РУДН

* Адрес для корреспонденции: escos@online.ru

Таблица 1

Виды мониторинга и их характеристика

Параметры системы наблюдений	Вид мониторинга		
	оперативный (локальный)	региональный (суббассейновый)	глобальный (бассейновый, стратегический)
1	2	3	4
Площадь, охватываемая системой МВО, км ²	10-100	10 ² -10 ⁵	n×10 ⁵ - n×10 ⁶
Расстояние между пунктами наблюдений, км	0,1-10	n×10- n×10 ²	~10 ³
Периодичность наблюдаемых процессов	часы – дни	недели – мес.	годы
Периодичность наблюдений	мин. – час	дни – недели	2-6 раз в год
Число компонентов	n×10	~10 ²	~10 ³
Точность измерений	~10 ⁻¹ ×ПДК	~ n×10 ⁻¹ × ПДК	~n×10 ⁻² × (показание)
Оперативность выдачи показаний	в реальном масштабе времени	<дни	~мес.

и др.) в бассейны крупных рек поступает несколько десятков тысяч различных химических соединений, которые под влиянием комплекса физико-химических и биологических факторов образуют еще большее число производных.

Практически при мониторинге количество регистрируемых значений для различных загрязнителей водного бассейна исчисляется несколькими десятками. Известно много случаев, когда содержание измеряемых загрязняющих веществ намного ниже ПДК, а вода проявляет значительную токсичность вследствие синергизма компонентов или наличия неучтенных ингредиентов. Это существенно сокращает информативность гидрохимических показателей. Естественным представляется выход на уровень гидробиологических параметров. Однако без конкретного анализа компонентного состава вод невозможно выйти на конкретные источники. Поэтому системы МВО базируются как на гидрохимических, так и гидробиологических показателях.

Важно также обратить внимание на содержание и структуру ксенобиотиков, в первую очередь органических, и оценку их влияния на биоту. Последнее связано с тем, что уже в 80-е годы прошлого века было известно более 6 миллионов химических соединений,

среди них не менее 80% составляли органические соединения, в массиве которых сосредоточена основная часть мутагенов, канцерогенов, эмбриотоксинов и практически все супертоксины [3]. В то же время только для небольшой доли органических соединений известны предельно допустимые концентрации в воде, а для многих соединений, реально обнаруживаемых в водных объектах, даже неизвестен тип их биологической активности. Принципы соответствующего моделирования также рассмотрены в [3].

Альтернативой расчетам типа «химическая структура – биологическая активность» (после установления структуры обнаруженного вещества) может служить обращение к международным регистрам опасных химических соединений (например, к регистрам Международной программы по химической безопасности – IPCS, Международного агентства по изучению рака – IARC и др.) [4]. Такой поиск может производиться автоматически в рамках информационной системы МВО.

Особым аспектом мониторинга являются направления, связанные со специальными видами мониторинга, например, применительно к отдельным направлениям промышленности, энергетики, транспорта и др. (см. требования к этим видам мониторинга в [5]), а также применительно к технологиям практического восстановления экологического статуса водных объектов, где состав системы мониторинга определяется также самой технологией восстановления (см. например, о подобных технологиях в [6, 7]).

На основании рассмотренных материалов представляется вполне логичной схема разбиения на группы показателей качества воды, впервые предложенная В. Б. Страдомским [8], (табл. 2).

Сделаем некоторые пояснения к этой таблице.

Гидробиологические показатели. Комплекс гидробиологических показателей является единственно надежным подходом для экологической оценки качества воды. В то же время учет реакции гидробионтов на влияние различных факторов внешней среды требует выполнения большого объема высококвалифицированного труда. Необходимо включение в систему МВО таких показателей, которые не предполагают значительных затрат при одновременном выборе ограниченного числа приоритетных наиболее информативных гидробиологических показателей. Включение последних должно быть обязательным.

Известно, что увеличение антропогенного воздействия и, прежде всего, увеличение

фосфорной нагрузки, вызывающей эвтрофирование, приводит к увеличению развития фитопланктона и его продукции. В то же время достоверно уменьшаются по отношению к фитопланктону количественные показатели гетеротрофных сообществ (бактерий, зоопланктона, зообентоса). При возрастании антропогенных нагрузок снижается сопротивляемость водных объектов к нагрузке. Это проявляется в уменьшении отношений биомассы бактериопланктона, зоопланктона и зообентоса к биомассе фитопланктона и, что особенно важно – в уменьшении функциональных показателей (продукции и дыхания) указанных сообществ к первичной продукции фитопланктона [9]. Внутригодовые колебания величин биомассы бентосных организмов в стандартных ситуациях коррелируют с колебаниями концентрации хлорофилла «а» в водной толще.

Таким образом, фитопланктон – первое и наиболее чувствительное звено при антропогенном воздействии на водные экосистемы, что определяет приоритетность данных по фитопланктону и его продуктивности на фоне других гидробиологических показателей.

Для оценки эколого-санитарной ситуации на водном объекте, кроме оценки биомассы фитопланктона, необходимы следующие показатели: количество хлорофилла «а», валовая первичная продукция фитопланктона, отношение валовой продукции к деструкции, численность бактериопланктона, сапрофитных бактерий, бактерий группы кишеч-

ной палочки, индекс сапробности, наименование зон сапробности (классы и разряды), категории трофности (преобладающий тип, классы и разряды).

Зоопланктон. Характеристика зоопланктона дается по 2-м показателям – биомассе и численности, причем 1-й является основным. Установлено, что с повышением трофности водоема происходит увеличение биомассы зоопланктона и изменение его состава [10]. Наряду с фитопланктоном зоопланктон используется практически во всех системах оценки качества воды [11]. Изменение структуры зоопланктонного сообщества является хорошим индикатором происходящего в водоемах естественного и антропогенного эвтрофирования.

Бентос. Перифитон является интегральным показателем качества. По сравнению с планктонными перифитонные альгоценозы характеризуются более низким видовым разнообразием и большей стабильностью во времени. Внутрисезонная сукцессия перифитона протекает более плавно, а ее катастрофические изменения наблюдаются лишь после продолжительной штормовой погоды в результате смыва водорослей с подстилающего субстрата. В стабильных условиях обитания набор доминирующих видов перифитона в разные годы неизменен, что нехарактерно для фитопланктона.

Токсикологические показатели. Наиболее приемлем способ биотестирования острой и хронической токсичности на биотестах с использованием простейших организмов, тканей, изолированных клеток и субклеточных структур. На этом уровне возможна также типизация токсичности. Один из вариантов такой типологии и различные методы типизации на внеорганизменном уровне представлены в [3]. В целом, при отборе методов биомониторинга важно учитывать требования соответствующего ГОСТа [12].

Таблица 2

Обобщенные группы показателей качества воды по В.Б. Страдомскому

Группа показателей	Измеряемые компоненты и свойства воды
Общие показатели	температура, рН, Eh, электропроводность, O ₂ , взвешенные вещества
Минеральные вещества	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , HCO ₃ ⁻
Органические вещества	Общий органический углерод, БПК, ХПК
Показатели эвтрофирования	Первичная продукция и деструкция, хлорофилл, NH ₄ ⁺ , NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ , N _{общ} , P _{мин} , P _{общ}
Показатели токсичности	Специфические биологические тесты (водные организмы, ферментативные реакции)
Специфические загрязняющие вещества	Тяжелые металлы (Hg, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd и др.), радиактивность, пестициды, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, CN, CO ₃ (ПХБ, ПАУ, хлорорганика) и пр.

2. Технологии наблюдения

Это важный этап проектирования, определяющий информационную ценность наблюдений и их стоимость. На *рис.1* представлена схема возможных технологий, используемых в наблюдательной сети.

Детальное описание конкретных технических систем выходит за рамки настоящей статьи. Имеется подробная литература по дистанционным и лабораторным методам наблюдения (см., например, [13]). Далее остановимся на автоматизированных системах, использование которых – одна из основных тенденций развития мониторинга.



Рис.1. Технологии наблюдения

3. Автоматизированная подсистема мониторинга водных объектов

а) Общая характеристика

Автоматизированная подсистема мониторинга поверхностных природных водных объектов представляет собой сеть автоматических измерительных постов, коммуникация которых с диспетчерским пунктом осуществляется телеметрически (радиосвязь прямая или через спутник, сотовая, в отдельных случаях не исключена проводная связь). Автоматический измерительный пост может быть реализован в виде плавающего буя (возможен волноустойчивый вариант – патентованная разработка Военно-морского инженерного института) или в виде погружного контейнера (для замерзающих водных объектов), размещаемого на глубине ниже максимальной толщины ледового покрова и закрепляемого на якорной платформе или на гидротехнических, мостовых или иных сооружениях, находящихся в водном объекте. Он включает в себя блоки: измерительный, контроля внутренних параметров, передачи данных и приема команд, внутреннего управления (контроллер), автономного питания, передачи сигнала о несанкционированном доступе и др.

Автоматизированная подсистема мониторинга является частью общей системы мониторинга: дополняя лабораторные исследования с отбором проб и полевые исследования, обеспечивая при этом круглогодичные и круглосуточные наблюдения, позволяя обнаруживать ранние стадии экстремальных

загрязнений (например, ранние стадии разливов нефти и нефтепродуктов).

Применительно к конкретным задачам для автоматизированных подсистем мониторинга разработана информационная система, включающая управляемое хранилище, геоинформационную систему (ГИС) «Панорама», справочные базы данных, некоторые прогнозные модели и сценарии минимизации экологических рисков.

б) Регистрируемые показатели

Одна из версий контролируемых автоматизированных подсистем мониторинга показателей качества вод и некоторых гидрологических характеристик с диапазонами их измерения представлена в табл. 3.

в) Передача данных

Сбор информации с датчиков (приборов), измеряющих показатели вод внутри автоматического измерительного поста проходит в одном из трех режимов:

- одновременно со всех датчиков;
- последовательно со всех датчиков;
- постоянно с части датчиков и последовательно с другой части (например, при использовании в качестве группы датчиков многопараметрического прибора с последовательным запрограммированным переключением функций).

При последовательном сборе информации со всех датчиков или с части датчиков весь цикл информации (в реальной автоматизированной подсистеме мониторинга) занимает не более 30 минут.

4. Предпосылки и направления создания современной системы МВО

Следует подчеркнуть, что сами данные не являются целью систем МВО. Они дают информацию для системы поддержки принятия решений, т.е. в конечном счете, для научно обоснованной системы управления водным хозяйством бассейнов. В конечном счете, формируемая система МВО рассматривается как одна из больших информационных систем, для которых в теории информации разработан ряд современных подходов. Тенденции развития систем мониторинга водных объектов представлены в [14]. Сформулируем основные направления развития единой государственной системы МВО:

- ♦ разработка научных принципов и технологии функционирования мониторинга водных объектов как системы информационной поддержки управляющих решений, направлен-

Таблица 3

Контролируемые гидрологические, гидрофизические и гидрохимические показатели вод (реализованная версия)

№ п/п	Измеряемые показатели 1)	Диапазон измерения 2)	Погрешность измерения (воспроизводимость) 3)	Разрешающая способность (минимальная регистрируемая величина показателя) 3)
1	2	3	4	5
1	Глубина,	0 – 30 м	0,1%	0,1 м
2	Скорость течения	0,1 – 5 м/с	10%	0,1 м/с
3	Направление течения 4)	0 – 360°	3%	5°
4	Температура	0 – 40°С	0,1%	0,1 °С
5	Мутность	0,1 – 50 мг/л	10%	0,1 мг/л
		50 – 250 мг/л	10%	1,0 мг/л
		250 – 1000 мг/л	5%	10,0 мг/л
6	Удельная электрическая проводимость	1 – 10 мСм/м	%	1 мСм/м
		5 – 100 мСм/м	1%	5 мСм/м
		100 – 1000 мСм/м	0,5%	10 мСм/м
7	Содержание растворенного кислорода	0 – 2 мг/л	20%	0,1 мг/л
		2 – 20 мг/л	10%	
8	рН	0 – 14 ед. рН	0,1 ед. рН	0,1 ед. рН
9	Еh	(-) 1600 – (+)1600 мВ	10 мВ	0,1 мВ
10	Азот аммонийный (аммоний-ион по азоту)	0,25 – 5 мг/л (0,5 – 10 ПДК рыбохозяйственная)	10%	0,1 мг/л
11	Нитраты	20 – 400 мг/л (0,5 – 10 ПДК рыбохозяйственная)	10%	10 мг/л
12	Нитриты	0,04 – 0,8 мг/л (0,5 – 10 ПДК рыбохозяйственная)	10%	0,02 мг/л
13	Содержание нефтепродуктов (в растворенном и эмульгированном состоянии) 5)	0,025 – 50 мг/л (0,5 – 1000 ПДК рыбохозяйственная)	10%	0,025 мг/л
14	Радиоактивность (по гамма-излучению) 6)	0 – 1000 мкР/час	10%	5 мкР/час
15-18.	Свободные каналы передачи данных			

Примечания к таблице 3:

1. для других АСМ ВО возможно измерение других показателей
2. пределы регистрации характеристики в последующих экземплярах АСМ ВО могут быть изменены в зависимости от конкретных условий размещения автоматического поста АСМ ВО; «минимальное значение показателя загрязненности, измеряемое с помощью методики измерения, должно быть не менее чем в два раза ниже установленного стандартом предельнодопустимого значения» (ГОСТ 17.0.02-79 «Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы»)
3. погрешность измерений ($\pm\delta$ при вероятности $P = 0,95$) дана с учетом ГОСТ 27384-87 «Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств»;
4. данная характеристика регистрируется только в АСМ ВО, расположенных на водоемах (водохранилище, озеро) или шельфе; для испытуемого образца АСМ ВО, устанавливаемого на водотоке данная характеристика не регистрируется;

5. принципиальной особенностью данной отборки показателей является одновременная регистрация ряда традиционных гидрофизических, гидрохимических и гидрологических характеристик в сочетании с регистрацией характеристик нефтегенного загрязнения, причем для оценки нефтегенного загрязнения используется одновременная регистрация показателей содержания нефтегенных углеводородов, радиоактивности, характерной для нефти и пластовых вод, а также электрической проводимости вод, изменение которой может быть связано с увеличением концентрации тяжелых металлов, содержащихся в нефти и пластовых водах; такой подход повышает надежность определения нефтегенного загрязнения, позволяет получить ряд качественных характеристик этого загрязнения, увеличивает вероятность выявления загрязнителя. В сочетании с определением гидрологических характеристик такой подход позволяет увеличить надежность прогнозных моделей, описывающих перенос нефтегенного загрязнения в водных объектах;
6. радиометрический блок может быть дополнен анализатором α -частиц.

ных на минимизацию экологических рисков, потерь от гидрогенных стихийных бедствий, на оптимизацию водообеспечения экономики и населения;

- ♦ создание систем мониторинга крупных водных объектов (бассейнов рек, водохранилищ, включая в необходимых случаях и водосборные территории), наиболее значимых с позиций охраны природы и их народнохозяйственного использования, с последующей выдачей практических рекомендаций соответствующим территориальным органам управления; предпроектное обследование водных объектов в связи с проектированием систем мониторинга для них в рамках создания бассейновых схем комплексного использования охраны водных ресурсов;

- ♦ создание систем специализированного МВО в зонах высокого экологического риска и при чрезвычайных экологических ситуациях (мониторинг аварийных ситуаций) в комплексе с телекоммуникационными средствами;

- ♦ оснащение современными техническими средствами и соответствующим информационным обеспечением систем оперативного мониторинга, которые позволяют при возникновении аварийных ситуаций (например, в случае аварийного выброса загрязняющих веществ) с достаточной точностью определить источники, время и объем аварии, а также предсказать динамику ее развития;

- ♦ создание мониторинга источников загрязнения, предполагающий оперативную передачу информации о качестве приоритетных параметров качества вод непосредственно в источниках их поступления в водный объект или в непосредственной близости к нему. Дополнительно – создание мониторинга диффузных источников загрязнения водных объектов, которые в настоящее время поставляют в водные объекты значительную часть загрязнений;

- ♦ формирование технической политики применительно к средствам и системам измерений (развитие автоматизированных систем мониторинга; развитие полевых технологий и соответствующих тест-систем мониторинга; использование всей совокупности современных возможностей дистанционного мониторинга водных объектов и их водосборных территорий);

- ♦ формирование компьютерных архивов и баз данных как части информационно-аналитических систем, использование этих данных при организации углубленных исследований, проектировании системы и в прогнозном моделировании как элементе управления;

- ♦ оснащение информационно-аналитических центров управления водными ресурсами системами поддержки принятия решений, использующими математические модели, ГИС-технологии и информационные системы, позволяющие собирать и обрабатывать данные, полученные различными организациями (независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности);

- ♦ на каждом уровне системы МВО должны формироваться оперативные и обобщенные сводки, доступные всем заинтересованным организациям, общественности;

- ♦ создание «информационных колец», начиная с уровня субъектов Федерации, имеющих выход на вышестоящий уровень управления (бассейновый, федеральный);

- ♦ проработка правовых и экономических вопросов мониторинга: данные мониторинга должны иметь юридическую силу при назначении платежей, штрафов и решении юридических споров между владельцем водных объектов и водопользователем;

- ♦ мониторинг гидротехнических сооружений, включая наблюдение за показателями технического состояния, природно-климатическими процессами, влияющими на их безопасность, санитарным состоянием акватории и береговой полосы водных объектов, за неблагоприятными процессами, влияющими на состояние и условия безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений.

5. Некоторые практические аспекты создания систем мониторинга водных объектов регионального масштаба

Научные и методические вопросы создания систем МВО широко представлены в литературных источниках (см., например, [13, 15]). На основе обобщения опыта создания и функционирования этих систем можно сформулировать основные принципы организации современной системы экологического и водохозяйственного мониторинга регионального или федерального масштаба, в рамках которой создаются:

- ♦ единая информационная система, объединяющая все или большинство систем МВО, действующих в данном регионе (или в ряде регионов, составляющих в целом или частично водосборную территорию исследуемых водных объектов) и имеющих разную ведомственную принадлежность и формы собственности;

- ♦ система автоматических постов наблюдения за качеством вод, в первую очередь в зонах высокого экологического риска, сопря-





Рис.2. Региональная система мониторинга водных объектов (разработка ГЦВМ и ИВП РАН для Чувашии). Информационные потоки. АБД – архивная БД; АП – автоматические посты; ВО – водный объект; ГИС – геоинформационная система; ДН – дистанционные наблюдения; Н – наблюдательная подсистема; ОБД – оперативная БД; ОС – оперативная сводка; Оп.ЧЭС – оповещение о чрезвычайной экологической ситуации; ПИС – периферийная информационная система; СУ – сценарии управления

женная с общей системой наблюдений за возможными источниками чрезвычайных экологических ситуаций, связанных с водными объектами;

- ♦ система дистанционных наблюдений, использующая собственную сеть наблюдательных комплексов наземного и (или) авиационного и космического базирования, или данные других подобных сетей;

- ♦ система поддержки управляющих решений по водному хозяйству региона, направленная на минимизацию экологических рисков, использующая ГИС, прогнозные и оптимизационные модели.

В качестве пилотного проекта, в котором реализуются названные принципы, под научным руководством авторов данной статьи был разработан проект системы комплексного экологического и водохозяйственного мониторинга водных объектов Чувашской Республики, включая Чебоксарское водохранилище [16, 17]. Схема проекта представлена на рис. 2.

Большинство зарегулированных речных систем федерального уровня, к числу которых относится и Чебоксарское водохранилище, расположено на территории одновременно нескольких субъектов Федерации. Такое размещение обуславливает трансграничный статус основного водотока. Оптимальное управление водными ресурсами, водным хозяйством и гидробиологическими ресурса-

ми в таких случаях связано с формированием межсубъектного банка данных, получаемых на основе мониторинга. Для реального развития более широкой по географическому охвату информационной природоресурсной системы необходимо построить информационную «вертикаль» от уровня территории до уровня федерального органа управления с отбором данных для каждого иерархического уровня.

Обсуждаемую информационную систему полезно дополнить программой – диспетчером для оптимизации работ аналитических лабораторий (см., например, [18]). Подобная программа, доведенная до уровня периферийных (по отношению к центральной) информационных систем – поставщиков первичной информации – позволит увеличить эффективность работы лабораторий и повысить уровень стандартизации и надежности данных, получаемых центральной системой. Не менее важно использование таких современных информационных технологий как управляющие хранилища [19, 20].

Литература

1. Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Данилов-Данильян В.И. Научно-технологические основы и проблемы создания систем мониторинга водных объектов// Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2007. Труды первой международной конференции. 1-3 октября 2003 г., Москва. М.: ИПУ РАН, 2007. С. 345-353.
2. Степановская И.А., Баренбойм Г.М. Некоторые аспекты развития корпоративных интегрированных систем экологического мониторинга водных бассейнов России// Там же. С. 353-360.
3. Баренбойм Г.М., Маленков А.Г. Биологически активные вещества. Новые принципы поиска. М.: Наука, 1986. 364 с.
4. Здравоохранение и химические аварии. Руководство для разработчиков национальной и региональной политики в области здравоохранения и охраны окружающей среды IPCS, 1999. М.: ИМА-пресс, 2003. 119 с.
5. Environmental Assessment Sourcebook. World Bank Technical Paper # 154. Vol. III. Guidelines for Environmental Assessment of Energy and Industry Projects. Washington, D.C.: The World Bank, 1991. 238 p.
6. Прыткова М.Я. Научные основы и методы восстановления озерных экосистем при разных видах антропогенных воздействий. СПб.: Наука, 2002. 148 с.
7. Эдмондсон Т. Практика экологии. Об озере Вашингтон и не только о нем. М.: Мир, 1998. 299 с.

8. Страдомский В.Б. Проблемы автоматизации контроля химического состава поверхностных вод // Гидрохимические материалы. Т. 63. – СПб.: Гидрометеоздат, 1976. С. 3-12.
9. Дрabbкова В.Г. Экология зарастающего озера и проблема его восстановления / Ин-т озераведения РАН. СПб., 1999. 222 с.
10. Мордухай-Болтовский Ф.Д. Гидробиологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ. Ярославль, 1976.-240 с.
11. Оксюк О.П., Столберг Ф.В. Управление качеством воды в каналах. Киев: Наукова думка, 1986. 176 с.
12. ГОСТ 17.1.3.07-82. Правила контроля качества воды и водоемов. Приложения 2 и 3// Государственный контроль качества воды. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. С. 122-131.
13. Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., (ред.). Мониторинг водных объектов. М.: Изд. ГЦВМ и ИВП РАН, 1998. 256 с.
14. Баренбойм Г.М. Основные задачи развития систем мониторинга в первом десятилетии XXI века. Материалы 4-го Международного конгресса «Вода: экология и технологии. ЭКВАТЕК -2002», М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернэшнл», 2002. – 173 -174 с.; Баренбойм Г.М. Современные тенденции развития мониторинга водных объектов// Сборник докладов. Ч. I. 7-й Международный конгресс «Вода: экология и технология». ЭКВАТЭК-2006. М.: ЗАО «Фирма СИБИКО-Интернэшнл», 2006. С. 347-348.
15. Никаноров А.М. Научные основы мониторинга качества вод. СПб.: Гидрометеоздат, 2005. – 576 с.
16. Дринеv С.Э., Агишев Ф.Х., Андреева И.И., Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Черенький В.М. Разработка системы комплексного мониторинга водных объектов Чувашской Республики// Природно-ресурсные, экологические и социально-экономические проблемы окружающей среды в крупных речных бассейнах. М.: Медиа- Пресс, 2005. С. 242 – 255.
17. Озеров А.Н., Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Дринеv С.Э., Андреева И.И. Научное обеспечение системы мониторинга водных объектов субъекта Федерации (на примере Чувашской Республики) //Сборник докладов. Ч. I. 7-й Международный конгресс «Вода: экология и технология». ЭКВАТЭК-2006. М.: ЗАО «Фирма СИБИКО-Интернэшнл», 2006. С. 326 – 328.
18. Савельев Е.В. Лабораторно-информационные менеджмент-системы (LIMS) или автоматизация лаборатории «в целом»// Сборник научных трудов.5-я международная специализированная выставка «Лаборатория. ЭКСПО'07». М.: Эксподизайн, 2007. С.144-149.
19. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. и др. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAR. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.
20. Степановская И.А., Зотов Д.В. Концепция управляющего хранилища и ее использование для приложений систем слежения и защиты безопасности// Проблемы машиностроения и автоматизации. 2006. №4. С. 42-47.



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

SOME ISSUES OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DESIGN AND DEVELOPING AND OPERATING WATER MONITORING SYSTEMS

II. Main ideas for solving the issues

Existing systems to monitor water bodies (WBMS) report to different authorities, are poorly coordinated and in level of technology deployed and technical facilities involved are no

match to modern requirements. The paper addresses these requirements and provides some methodological, technological and technical ways to implement them in practice. The focus

is made on the issues to develop automated WBMS systems.

Key words:
monitoring water bodies.

