

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ  
СОЗДАНИЯ СИСТЕМ  
МОНИТОРИНГА  
КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД**



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

**Научные основы создания систем  
мониторинга качества  
природных поверхностных вод**

Москва  
Научный мир  
2016

УДК 502.17, 504.05, 504.06  
ББК 26.222  
Н34

**Авторский коллектив:** Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Авандеева О.П., Борисов В.М., Запелов М.А., Зволинский В.П., Кирпичникова Н.В., Курбатова И.Е., Островский Г.М., Остроумов С.А., Савека А.Ю., Салтанкин В.П., Семенова И.В., Степановская И.А., Чиганова М.А., Шумакова Е.М.

*Научные редакторы:*

докт. физ.-мат. наук Баренбойм Г.М.,  
докт. физ.-мат. наук Веницианов Е.В.

*Ответственный редактор:*

канд. геогр. наук Авандеева О.П.

**Научные основы создания систем мониторинга качества природных поверхностных вод** – М.: Научный мир, 2016. – 462 с. 2 цв. вклейки. Библ. 569 назв.

В монографии изложение материала впервые проведено в рамках концепции мониторинга как «технологической платформы», т.е. совокупности его технологий, с учетом следующих факторов: взаимосвязь различных технологий и методов мониторинга, перспективы их развития; различные потребности пользователей, а также ориентация на потребности управления водохозяйственным комплексом. Преследовались две основные задачи: обобщение сведений о существующих технологиях систем мониторинга водных объектов и их научной основе; выделение наиболее перспективных технологий, в перечень которых вошли автоматизированные системы мониторинга, технологии дистанционного наблюдения, биологическое детектирование качества поверхностных вод, технологии мониторинга водных объектов в условиях нефтегенного загрязнения, информационные технологии мониторинга водных объектов. Внимание также уделено научно-технологическим аспектам некоторых важных, но плохо разработанных направлений мониторинга (например, мониторинга донных отложений).

Приведена информация о конкретных методах, приборах, математическом обеспечении, информационных системах мониторинга и других современных технологиях мониторинга водных объектов. Представлены структура и содержание интегрирующей информационно-аналитической системы мониторинга.

Книга содержит обширную библиографию научных работ российских и зарубежных авторов в рассматриваемой области.

Материалы, представленные в главе 3 и частично в главе 14, получены при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках Соглашения с ИВП РАН № 14-17-00672 от 10.07.2014 «Новые факторы загрязнения водных объектов и меры по снижению его негативного воздействия на качество вод».

При подготовке монографии использованы результаты исследований, проведенных при выполнении федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах», Государственный контракт ИВП РАН с ФГБУ «Информационно-аналитический центр развития водохозяйственного комплекса» № 42-НИОКР/4-3-2012 от 26.11.2012.

ISBN 978-5-91522-439-0

© ИВП РАН, 2016

© Коллектив авторов, 2016

© Научный мир, 2016

## Оглавление

Список сокращений.....	10
Введение.....	13
<b>Глава 1. Общие проблемы создания систем мониторинга водных объектов</b> <i>Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Островский Г.М. ..</i>	17
1.1. Общие научные и технологические представления о мониторинге .....	17
1.2. Цели и задачи мониторинга водных объектов .....	21
1.3. Нормативно-правовое и инструктивно-методическое обеспечение государственного мониторинга водных объектов .....	25
1.4. Мониторинг в системе поддержки управляющих решений .....	30
1.5. Некоторые особенности систем мониторинга водных объектов в зависимости от состояния водных объектов и антропогенной нагрузки на них .....	40
<b>Глава 2. Разработка научных основ комплексного мониторинга в связи с проектированием технологической платформы</b> <i>Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В. ....</i>	46
2.1. Разработка методологии комплексного мониторинга и проектирование его технологической платформы .....	46
2.2. Разработка методологии проектирования технологической платформы комплексного мониторинга применительно к технологиям наблюдения (измерения).....	48
2.3. Мониторинг загрязнения природных вод (мониторинг качества вод): общие принципы .....	49
2.4. Некоторые требования к системам мониторинга водных объектов при оценке качества вод.....	51
2.5. Предпроектное обследование при мониторинге водных объектов.....	54

<b>Глава 3. Мониторинг водных объектов в условиях органического ксенобиотического загрязнения, включая лекарственные компоненты</b> <i>Баренбойм Г.М., Чиганова М.А.</i> .....	57
3.1. Общие сведения .....	57
3.2. Источники органических примесных компонентов природных вод.....	63
3.3. Обзор некоторых методов идентификации и определения содержания в воде органических соединений .....	64
3.3.1. Общие аспекты.....	64
3.3.2. Некоторые общие особенности хроматографии применительно к задачам анализа органических ксенобиотиков.....	66
3.3.3. Использование масс-спектрометрии применительно к задачам анализа органических ксенобиотиков.....	70
3.4. Некоторые конкретные методы количественного определения и идентификации органических ксенобиотиков, включая лекарства и их метаболиты .....	73
3.4.1. Тотальный скрининг: разработка методики .....	73
3.4.2. Методы обнаружения конкретных препаратов или отдельных фармакологических групп лекарств .....	76
3.5. Обзор методик и программных средств для идентификации органических ксенобиотиков, включая лекарства и их метаболиты.....	77
3.6. Некоторые примеры применения методов обнаружения и идентификации органических ксенобиотиков.....	79
<b>Глава 4. Биологический мониторинг</b> <i>Остроумов С.А.</i> .....	81
4.1. Общие проблемы биомониторинга качества природных вод.....	81
4.1.1. Международный опыт.....	81
4.1.2. Традиционные подходы в биомониторинге качества вод.....	83
4.1.3. Рекомендуемые принципы биологического мониторинга качества воды .....	86
4.2. Измерительные средства на основе биотестирования загрязняющих воду веществ, биодатчиков и биодетекторов.....	88
4.2.1. Стандартизированные методы.....	88
4.2.2. Биодатчики, сопряженные с генерацией характеристик, измеряемых физическими приборами.....	93
4.2.3. Методы биотестирования различных групп загрязняющих веществ.....	94
4.3. Заключительные замечания, выводы и рекомендации .....	106

<b>Глава 5. Мониторинг дна</b> <i>Веницианов Е.В., Салтанкин В.П.</i> .....	110
5.1. Общие проблемы мониторинга дна .....	110
5.2. Мониторинг донных отложений (основной и примесный химический состав) .....	114
5.3. Методы картирования донных осадков .....	119
5.3.1. Методы гидролокации .....	120
5.3.2. Метод сейсмоакустического профилирования при исследовании донных отложений .....	129
5.3.3. Применение метода гидроакустики для изучения донных отложений водных объектов Московского региона и р. Волги .....	130
<b>Глава 6. Мониторинг русловых процессов, берегов водных объектов и состояния водоохранных зон</b> <i>Шумакова Е.М.</i> .....	133
<b>Глава 7. Гидрологический мониторинг</b> <i>Шумакова Е.М.</i> .....	145
7.1. Современное состояние .....	145
7.2. Принципы рационального размещения сети наблюдений .....	148
7.3. Состав и методика измерений. Аппаратурное обеспечение измерений .....	152
7.4. Сбор и хранение информации. Создание и ведение банков данных .....	154
7.5. Оценка и прогноз состояния водных объектов .....	158
<b>Глава 8. Мониторинг атмосферы как переносчика загрязняющих веществ в водные объекты</b> <i>Баренбойм Г.М., Зволинский В.П.</i> .	164
8.1. Общие представления .....	164
8.2. Особенности мониторинга .....	166
8.2.1. Подпрограмма АМ: Метеорология .....	167
8.2.2. Подпрограмма АС: Химия воздуха .....	168
8.2.3. Подпрограмма РС: Химия осадков .....	169
8.2.4. Дополнительная подпрограмма МС: Тяжёлые металлы во мхах .....	172
8.2.5. Подпрограмма ТФ: Подкроновый сток .....	172
8.2.6. Подпрограмма SC: Химия почв .....	175
8.2.7. Подпрограмма SW: Химия почвенных вод .....	175
8.2.8. Дополнительная подпрограмма GW: Химия грунтовых вод .....	175
8.2.9. Подпрограмма RW: Химия руслового стока .....	177
8.2.10. Дополнительная подпрограмма LC: Химия озёрных вод .....	177

8.2.11. Газовоздушные выбросы промышленных предприятий и автотранспорта.....	178
8.2.12. Оценка фоновое состояние компонентов окружающей среды.....	180
8.2.13. Фоновое содержание загрязнений в компонентах окружающей среды.....	181
<b>Глава 9. Мониторинг источников загрязнения водных объектов</b>	
<i>Веницианов Е.В., Киртичникова Н.В.</i> .....	183
9.1. Актуальность проблемы идентификации источников загрязнения.....	183
9.2. Факторы, определяющие загрязнение водных объектов .....	188
9.3. Классификация диффузных источников загрязнения водных объектов.....	191
9.3.1. Классификация, основанная на генезисе формирования качества воды водных объектов .....	191
9.3.2. Классификация диффузных источников загрязнения по видам хозяйственной деятельности.....	196
9.3.3. Современная коттеджная застройка береговых зон – новый вид диффузного источника загрязнения.....	200
9.4. Перечень приоритетных веществ, загрязняющих водные объекты.....	203
9.5. Мониторинг и идентификация диффузных источников загрязнения.....	206
9.5.1. Экспликационный метод.....	206
9.5.2. Метод идентификации.....	210
9.5.3. Метод материального баланса.....	212
<b>Глава 10. Мониторинг источников воздействия на водные объекты</b>	
<i>Салтанкин В.П., Баренбойм Г.М., Авандеева О.П.</i> .....	215
10.1. Мониторинг природных источников воздействия на водные объекты.....	215
10.2. Некоторые особенности мониторинга антропогенных источников воздействия на водные объекты (по материалам Всемирного банка) .....	220
<b>Глава 11. Некоторые аспекты выбора технических средств при проектировании технологической платформы применительно к регистрации химического загрязнения вод</b>	
<i>Запевалов М.А., Семенова И.В., Баренбойм Г.М., Авандеева О.П.</i> .....	224
11.1. Общая классификация технических средств.....	224

11.2. Автоматизированные системы мониторинга и автоматические посты (аспекты проектирования).....	225
11.2.1. Введение (постановка задачи).....	225
11.2.2. Автоматизированные системы в различных странах (обзор состояния проблемы).....	229
11.2.3. Организационные, научные и технологические основы проектирования автоматических станций контроля воды....	240
11.2.4. Выбор существующих технологий.....	248
11.2.5. Технические требования к измерительной части станции контроля загрязненности воды.....	251
11.2.6. Реализация требований к проектированию автоматизированной станции с береговым размещением измерительных блоков (конкретные примеры).....	252
11.2.7. Особенности проектирования АСК-В с береговым размещением измерительных блоков второго типа.....	259
11.2.8. Особенности проектирования АСК-В при размещении станции на плавающей и погружной платформе (станции третьего типа).....	260
11.2.9. Особенности проектирования АСК-В при размещении измерительных блоков станции на мостовых опорах.....	267

## **Глава 12. Мониторинг аварийных нефтяных загрязнений водных объектов** *Савека А.Ю., Борисов В.М., Веницианов Е.В.,*

<i>Баренбойм Г.М.</i> .....	272
12.1. Общие сведения.....	272
12.2. Задача аварийного мониторинга качества воды (на примере нефтегенного загрязнения водных объектов).....	276
12.3. Методы и технологии мониторинга водных объектов в условиях аварийного разлива нефти.....	278
12.3.1. Структура нефтяной индустрии и ее влияние на загрязнение окружающей среды.....	279
12.3.2. Методы определения нефтяного загрязнения.....	283
12.3.3. Дистанционные методы обнаружения нефтяного загрязнения.....	301
12.4. Некоторые аспекты использования информационных систем мониторинга при разливах нефти и нефтепродуктов.....	322
12.4.1. Информационная система мониторинга нефтяного разлива (Oil spill information system of monitoring – OSIMS)	323
12.4.2. Система обработки данных для чрезвычайных ситуаций на море. Версия системы применительно к аварийным разливам нефти (The Wave-Current-Surge Information System – WAVCIS).....	324



12.4.3. Система раннего обнаружения разлива нефти с использованием изображений, полученных радаром с синтезированной апертурой (Early warning system for oil spill using SA Rimages – EWSOSUSAR) .....	325
12.4.4. Информационная система для разливов нефти на море (Marine oil spill information system – MOSIS).....	326
<b>Глава 13. Дистанционные технологии мониторинга водных объектов</b> <i>Курбатова И.Е.</i> .....	328
13.1. Дистанционное зондирование Земли как источник информационного обеспечения мониторинга водохозяйственных систем .....	329
13.2. Методы преобразования космических изображений .....	336
13.3. Примеры интеграции данных дистанционного зондирования с картографией и ГИС-технологиями для решения задач водохозяйственного мониторинга .....	338
13.3.1. Инвентаризация водных объектов .....	338
13.3.2. Использование космоснимков для решения водохозяйственных задач управления трансграничными водными объектами и оценки их экологического состояния.....	339
13.4. Опыт использования ДЗЗ для решения прикладных задач .....	342
13.4.1. Мониторинг образования водохозяйственного объекта .....	342
13.4.2. ДЗЗ и контроль за качеством воды.....	343
13.4.3. Мониторинг негативных процессов на реках и водохранилищах .....	345
13.5. Организация космического мониторинга водохозяйственного комплекса.....	351
13.6. Прогноз развития направления ДЗЗ в России и за рубежом .....	356
<b>Глава 14. Информационные технологии мониторинга водных объектов</b> <i>Степановская И.А., Авандеева О.П., Баренбойм Г.М., Веницианов Е.В., Чиганова М.А.</i> .....	363
14.1. Информационные технологии: обзорные сведения .....	363
14.2. Технологическая grid-сетевая платформа экологического мониторинга .....	367
14.2.1. Общие сведения .....	367
14.2.2. Общие характеристики grid-проектов мониторинга водных объектов .....	369
14.2.3. Типовые системы мониторинга водных объектов.....	372
14.3. Типовой алгоритм информационной системы бассейнового уровня.....	377

---

14.4. Подсистемы информационной системы в рамках типового алгоритма .....	385
14.4.1. Математические модели, используемые в системах принятия решений.....	385
14.4.2. Обзор прикладных моделей.....	387
14.4.3. Экологические модели воды водных объектов.....	392
14.4.4. Поисковые и расчетные технологии в определении опасности ксенобиотического загрязнения.....	396
14.5. Использование ГИС в рамках общей информационной системы мониторинга.....	405
<b>Глава 15. Прогнозы развития мониторинга водных объектов</b> <i>Баренбойм Г.М.</i> .....	412
<b>Заключение</b> .....	416
<b>Литература</b> .....	420