

Федеральный экологический фонд РФ
Институт радиотехники и электроники Российской Академии Наук
Научно-исследовательский центр экологической безопасности
Российской Академии Наук
Международный центр по окружающей среде и дистанционному
зондированию им. Нансена
Северо-западный международный центр чистого производства

В.Ф. Крапивин, К.Я. Кондратьев

ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ:
ЭКОИНФОРМАТИКА

Санкт-Петербург
2002

ББК 28.08

УДК 504.03/06.001.57

В.Ф. Крапивин, К.Я. Кондратьев. **Глобальные изменения окружающей среды: экоинформатика.** – С.-Пб., 2002. – 724 с.

ISBN 5-7997-0335-9

В контексте необходимости разработки и применения методов численного моделирования динамики окружающей среды, имея в виду обеспечение возможностей более полного анализа информационного содержания данных наблюдений, рассмотрены ключевые аспекты глобальной экоинформатики. Обсуждены принципиальные проблемы численного моделирования динамики системы «природа-общество» в глобальных и региональных масштабах. Рассмотрены глобальные биогеохимические круговороты углерода, серы, фосфора и азота, проблемы моделирования гидрофизических процессов, динамики экосистем суши и океана, динамика фитопланктона. Выполнен анализ динамики окружающей среды в Арктике и ее роли в процессах глобального масштаба. Уделено внимание мониторингу газоконденсатных месторождений морских акваторий и эстуариев и загрязнению ими морских вод. Примером комплексного применения методологий численного моделирования и геоинформационных систем служит рассмотрение аквагеосистем Каспийско-Аральского региона. Обсужден целый ряд антропогенных процессов, их параметризация, экодинамика мегаполисов. Рассмотрены принципиальные аспекты статистической обработки данных наблюдений и возможности методов дистанционного зондирования в СВЧ-диапазоне различных природных сред.

Библиография 247 названий.

ISBN 5-7997-0335-9

- © В.Ф. Крапивин, К.Я. Кондратьев, 2002.
- © Федеральный экологический фонд РФ, 2002.
- © Институт радиотехники и электроники Российской Академии Наук, 2002.
- © Научно-исследовательский центр экологической безопасности Российской Академии Наук, 2002.
- © Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию им. Нансена, 2002.
- © Северо-западный международный центр чистого производства, 2002.
- © НИИХимии СПбГУ, макет, 2002.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ | 13 |
| Глава 1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОИНФОРМАТИКИ | 21 |
| 1.1. Тенденции в глобальной экоинформатике | 21 |
| 1.2. Технология синтеза систем геоинформационного мониторинга (ГИМС-технология) | 24 |
| 1.3. Оценка экологической безопасности | 38 |
| 1.4. Биосложность | 50 |
| 1.5. Алгоритмические средства глобальной экоинформатики ... | 56 |
| 1.6. Технологии эволюционной информатики | 75 |
| Глава 2. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПРИРОДА–ОБЩЕСТВО | 87 |
| 2.1. Методические вопросы глобального моделирования | 87 |
| 2.2. Структура глобальной модели системы <i>Природа–Общество</i> | 91 |
| 2.3. Эволюция и живучесть системы <i>Природа–Общество</i> ... | 102 |
| 2.4. Моделирование климатических процессов | 105 |
| 2.5. Моделирование магнитосферы | 114 |
| 2.6. Согласование моделей окружающей среды с базами данных | 124 |
| Глава 3. ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ В БИОСФЕРЕ | 135 |
| 3.1. Характеристика глобальных биогеохимических циклов ... | 135 |
| 3.2. Модель глобального цикла углекислого газа | 141 |
| 3.3. Модель глобального цикла серы | 168 |
| 3.4. Модель глобального цикла фосфора | 184 |
| 3.5. Биосферный баланс кислорода и озона и его моделирование | 189 |
| 3.6. Модель глобального цикла азота | 205 |

| | |
|--|------------|
| Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГИДРОФИЗИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ | 223 |
| 4.1. Вычислительный эксперимент в гидрофизических исследованиях | 223 |
| 4.2. Имитационная система для гидрофизических и гидрохимических исследований (ИСГГИ) | 232 |
| 4.3. Модель гидрологического режима территории | 248 |
| 4.4. Моделирование качества воды | 256 |
| 4.5. Круговорот воды в биосфере и его моделирование | 262 |
| Глава 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | 293 |
| 5.1. Характеристика наземных экосистем | 293 |
| 5.2. Моделирование продукционного процесса растений | 297 |
| 5.3. Модели лесных экосистем | 310 |
| Глава 6. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОКЕАНСКИХ ЭКОСИСТЕМ | 313 |
| 6.1. Мировой океан как сложная иерархическая аквагеосистема | 313 |
| 6.2. Общие принципы построения моделей океанских экосистем | 317 |
| 6.3. Уравнения динамики экосистем Мирового океана | 324 |
| 6.4. Анализ вертикальной структуры экосистемы океана | 329 |
| 6.5. Математическая модель экосистемы Перуанского течения | 334 |
| 6.6. Математическая модель экосистемы апвеллинга тропической зоны Мирового океана | 361 |
| 6.7. Моделирование продукции фитопланктона в условиях замерзания моря | 382 |
| 6.8. Математическая модель экосистемы Охотского моря | 391 |
| 6.9. Вероятностная модель взаимодействия компонентов экосистемы океана | 399 |
| Глава 7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ | 409 |
| 7.1. Арктический бассейн и его роль в глобальных изменениях окружающей среды | 409 |
| 7.2. Модель транспорта загрязнений в Арктический бассейн со стоком рек Ангара и Енисей | 416 |

| | |
|---|-----|
| 7.3. Имитационная модель распространения загрязнений в Арктическом бассейне | 441 |
| Глава 8. МОНИТОРИНГ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ В ЗОНАХ ГАЗО-КОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЭСТУАРИЕВ | |
| 469 | |
| 8.1. Задача сбора и обработки данных в системах мониторинга морских акваторий в зонах добычи нефти .. | 469 |
| 8.2. Концепция системы экологического мониторинга морской среды и атмосферного воздуха в зоне ГКМ | 478 |
| 8.3. Экспертная система для экологического контроля зоны эстуария | 486 |
| 8.4. Подсистема моделирования качества воды | 498 |
| 8.5. Оценка параметров нефтяного и других загрязнений морских акваторий | 508 |
| Глава 9. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭКОИНФОРМАТИКИ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА КАСПИЙСКО-АРАЛЬСКОЙ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННОЙ СИСТЕМЫ | |
| 523 | |
| 9.1. Характеристика Каспийско-Аральской аквагеосистемы ... | 523 |
| 9.2. База дистанционных данных для синтеза теоретико-информационной модели | 526 |
| 9.3. Теоретико-информационная модель Каспийско-Аральской аквагеосистемы | 530 |
| 9.4. Модель аквагеосистемы залива Кара-Богаз-Гол | 535 |
| 9.5. Имитационная система для изучения гидрофизических полей Аральского моря | 540 |
| 9.6. Модельная оценка сценария стабилизации уровней Аральского и Каспийского морей | 548 |
| Глава 10. МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ | |
| 555 | |
| 10.1. Антропогенный фактор в глобальной экоинформатике | 555 |
| 10.2. Моделирование демографических процессов | 570 |
| 10.3. Параметризация антропогенных процессов | 578 |
| 10.4. Моделирование совокупности природных и антропогенных процессов в мегаполисе | 587 |
| 10.5. Результаты имитационных экспериментов | 593 |

| | |
|--|------------|
| Глава 11. ПРИНЯТИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ | 613 |
| 11.1. Задача принятия статистических решений | 613 |
| 11.2. Алгоритмы и вычислительные процедуры классического и последовательного анализа | 622 |
| 11.3. Алгоритм обработки многоканальной информации в задаче принятия решений | 641 |
| 11.4. Анализ решений в условиях неустранимой информационной неопределенности | 649 |
| Глава 12. ТЕХНОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ | 663 |
| 12.1. Дистанционная диагностика окружающей среды СВЧ-радиофизическими методами | 663 |
| 12.2. Теоретические основы радиофизического зондирования | 666 |
| 12.3. Радиофизический мониторинг почвенно-растительных формаций | 671 |
| 12.4. Радиофизический мониторинг влажности почвы | 677 |
| 12.5. СВЧ-радиометрия в диагностике температурных аномалий на земной поверхности | 681 |
| 12.6. Микроволновый мониторинг атмосферы | 685 |
| 12.7. СВЧ-радиометрия в дистанционном мониторинге океана | 698 |
| ЛИТЕРАТУРА | 705 |