

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Алтайский государственный университет

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

*Монография*



Барнаул

---

Издательство  
Алтайского государственного  
университета  
2013

УДК 582:37:00  
ББК 28.081в631с51  
М 34

**Рецензенты:**

*О.Н. Гончарова*, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры дифференциальных уравнений Алтайского государственного университета;

*Е.Д. Родионов*, доктор физ.-мат. наук, профессор кафедры математического анализа Алтайского государственного университета

**Коллектив авторов:**

*Л.А. Хворова*, к.т.н., доцент кафедры ТКПМ АлтГУ, Барнаул;

*В.М. Брыксин*, к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории мониторинга и первичной обработки данных дистанционного зондирования Земли НИИ прикладной информатики и математической геофизики, Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград;

*Н.В. Гавриловская*, к.т.н., старший преподаватель кафедры ТКПМ АлтГУ, Барнаул;

*А.Г. Топаж*, д.т.н., заведующий лабораторией математического моделирования агроэкосистем, Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург

**М 34 Математическое моделирование и информационные технологии в экологии и природопользовании [Текст] : монография / Л.А. Хворова, В.М. Брыксин, Н.В. Гавриловская, А.Г. Топаж. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. – 277 с.**

ISBN 978-5-7904-1583-8

Монография посвящена вопросам математического моделирования и применению информационных технологий при изучении экологических систем и природопользовании. Рассматриваются особенности моделирования экологических систем, современные принципы построения систем имитационного моделирования. Большое внимание уделено практическому применению математических моделей для оценки продуктивности агроэкосистем с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Представлены методы, алгоритмы и технологии прогнозирования агрометеорологических факторов.

Монография рассчитана на широкий круг специалистов различных областей знаний, интересующихся проблемами математического моделирования и прогнозирования в агроэкологии, чья профессиональная деятельность связана с принятием решений в земледелии и растениеводстве. Может быть использована в учебном процессе для магистрантов, студентов и аспирантов математического факультета, биологических и географических специальностей.

УДК 582:37:00  
ББК 28.081в631с51

*Монография подготовлена по плану НИР в Алтайском государственном университете «Изучение процессов конвекции и теплопереноса в анизотропных областях и областях с границами раздела» №7.3975.2011.*

*Печать тиража осуществлена в рамках реализации Программы стратегического развития Алтайского государственного университета.*

ISBN 978-5-7904-1583-8

© Хворова Л.А., Брыксин В.М., Гавриловская Н.В., Топаж А.Г., 2013

© Оформление. Издательство Алтайского государственного университета, 2013

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	5
<b>Глава 1. Информационные технологии, системы и модели в экологии и природопользовании .....</b>	<b>7</b>
1.1. Компьютерные информационные системы .....	7
1.2. Математические методы и модели .....	15
1.3. Особенности моделирования экологических систем .....	21
<b>Глава 2. Современные принципы построения систем имитационного моделирования .....</b>	<b>43</b>
2.1. Объектно-ориентированный анализ и проектирование компьютерных моделей экосистемы .....	46
2.2. Информационная поддержка моделей .....	57
2.3. Организация поливариантных расчетов для анализа динамики агроэкосистем .....	64
<b>Глава 3. Оценка урожайности зерновых культур с использованием математических моделей и данных дистанционного зондирования Земли .....</b>	<b>73</b>
3.1. Использование математического моделирования и данных дистанционного зондирования Земли при оценке урожайности зерновых культур .....	74
3.2. Технология оценки урожайности зерновых культур с использованием математических моделей и данных дистанционного зондирования Земли .....	85
3.3. Использование данных дистанционного зондирования Земли при оценке урожайности зерновых культур в условиях Западной Сибири .....	89
3.4. Прогнозирование урожайности зерновых культур на территории отдельных регионов Западной Сибири .....	107

<b>Глава 4. Методы, алгоритмы и технологии прогнозирования агрометеорологических факторов в моделях продуктивности зерновых культур .....</b>	<b>120</b>
4.1. Основные методы прогнозирования в агрометеорологии .....	120
4.2. Технология определения лет-аналогов для поэтапного прогнозирования урожайности зерновых культур .....	142
4.3. Математическая формализация принципа аналогичности и классификации агрометеорологических факторов .....	149
4.4. Система моделирования погодных сценариев .....	154
4.5. Программный комплекс обработки экспериментальных агрометеорологических данных для информационного обеспечения моделей продуктивности зерновых .....	160
4.6. Интеграция технологии определения лет-аналогов с имитационно-моделирующими комплексами AGROTOOL и EPIC .....	171
<b>Глава 5. Моделирование теплового режима почв .....</b>	<b>212</b>
5.1. Тепловой режим почв и факторы, его определяющие .....	213
5.2. Основные принципы моделирования теплового режима почв .....	223
5.3. Алгоритмическая и программная реализация моделей .....	235
Заключение .....	253
Библиографический список .....	261

*Научное издание*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

*Монография*

Редактор *Е.М. Федяева*

Подготовка оригинал-макета – *Т.И. Котикова*

Дизайн обложки – *Т.И. Котикова*

Изд. лиц. ЛР №020261 от 14.01.1997 г.

Подписано в печать 17.04.2014. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 500 экз. Заказ №133.

Издательство Алтайского государственного университета,  
Типография Алтайского государственного университета:  
656049, Барнаул, ул. Димитрова, 66.