

УДК 577.3
ББК 28.071
Р49



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту №03-04-62035.

Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б.

Биофизическая динамика продукционных процессов. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. 464 с.

Учебное пособие написано по материалам лекций, читаемых в последние годы на биологическом факультете Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова. В книге обсуждаются основные биофизические закономерности и математические модели биологических продукционных процессов. Модели представляют собой системы обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнения с запаздыванием, уравнения в частных производных, а также матричные и стохастические модели. Рассмотрены продукционные процессы в одно-, двух- и многовидовых биологических сообществах, процессы роста и развития микробных популяций, факторы, определяющие продуктивность водных экосистем. Особое внимание уделено изучению закономерностей пространственно-временной самоорганизации продукционных систем.

Для студентов и аспирантов биологических специальностей, а также для специалистов, использующих кинетические модели продукционного процесса в научной и практической работе.

ISBN 5-93972-360-8

ББК 28.071

© Институт компьютерных исследований, 2004

© Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин, 2004

<http://red.ru>

Оглавление

Введение	8
ГЛАВА 1. Основные проблемы моделирования продукционных процессов	10
1.1. Классификация моделей	10
1.2. Имитационное моделирование	16
1.3. Устойчивость продукционных процессов	20
1.4. Прямая и обратная кинетические задачи. Идентификация параметров	23
1.5. Принципы лимитирования, закон толерантности и функции отклика	27
1.6. Задачи управления продукционными процессами	34
ГЛАВА 2. Модели роста и развития отдельной популяции	40
2.1. Непрерывные модели	41
2.2. Влияние запаздывания	52
2.3. Дискретные модели популяций с неперекрывающимися поколениями	58
2.4. Матричные модели популяций	69
2.5. Стохастические модели популяций	78
2.6. Пространственное распространение вида	85
2.7. Модели популяции с нелинейной диффузией	93
2.8. Роль таксиса в пространственно-временной динамике	103
2.9. Переходные процессы в моделях популяций, учитывающих расселение вида в пространстве	106
ГЛАВА 3. Модели взаимодействия двух популяций	114
3.1. Классификация взаимодействий	114
3.2. Вольтерровские модели конкуренции	117
3.3. Вольтерровские модели взаимоотношений типа хищник – жертва	123
3.4. Учет пространственного перемещения	136

3.5.	Обобщенные модели взаимодействия двух видов	140
3.6.	Влияние запаздывания на устойчивость системы	156
3.7.	Экологические диссипативные структуры	163
3.8.	Пространственный хаос в моделях хищник–жертва	169
3.9.	Модели типа реакция–диффузия–адвекция	179
ГЛАВА 4.	Модели биологических сообществ	194
4.1.	Структура сообществ	194
4.2.	Модель простой трофической цепи	200
4.3.	Стационарные состояния и динамические режимы в сообществе из трех видов	205
4.4.	Взаимосвязь потоков вещества и энергии	212
4.5.	Системы с фиксированным количеством вещества	219
4.6.	Статистическая механика вольтерровских систем	230
4.7.	Модели систем с лимитированием	235
4.8.	Компартментальные системы	247
ГЛАВА 5.	Продукционные процессы в водных экосистемах	256
5.1.	Описание обменных процессов в водной среде	257
5.2.	Модель планктонного сообщества пелагиали Белого моря	264
5.3.	Пространственно-временные закономерности динамики фитопланктона	268
5.4.	Управление видовой структурой планктонного сообщества	277
5.5.	Роль гидродинамических процессов в динамике планктонных сообществ	292
5.6.	Круговорот вещества и энергии в озерных экосистемах	301
5.7.	Динамика рыбного стада	307
5.8.	Имитационная модель Азовского моря	315
ГЛАВА 6.	Модели культивирования микроорганизмов	330
6.1.	Непрерывная культура микроорганизмов. Модель Моно	331
6.2.	Роль процесса отмирания и лизиса	343
6.3.	Микроэволюционные процессы в микробных популяциях	353
6.4.	Возрастные распределения микроорганизмов	363
6.5.	Связь биохимической структуры метаболизма микроорганизмов и кинетики роста микробной популяции	371
6.6.	Оптимальное управление процессами культивирования микроорганизмов	381

ГЛАВА 7. Модели продукционного процесса растений . .	395
7.1. Общая модель прироста биомассы	398
7.2. Метаболизм и распределение ассимилятов	403
7.3. Фотосинтез и дыхание	407
7.4. Примеры функциональных моделей сельскохозяйствен- ных культур	416
ГЛАВА 8. Теории роста человечества	427
8.1. Динамика численности народонаселения. Демографиче- ский переход	428
8.2. Гиперболический рост. Модель С. П. Капицы	439
8.3. Комплексные модели роста человечества. Пределы роста	451
8.4. Простые и сложные модели. Типы динамического пове- дения	460