

А. А. Волчек
П. С. Пойга
П. В. Шведовский

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
высших учебных заведений по специальности
«Мелиорация и водное хозяйство»*

Минск
Издательский центр БГУ
2003

УДК 502.171(075.8)

ББК 20.18я73

В68

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. П. Бубнов*;
кандидат экономических наук, доцент *В. И. Колеснев*

Волчек А. А.

В68 Математические методы в природообустройстве: Учеб. пособие / А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. — Мн.: Изд. центр БГУ, 2003. — 340 с.: ил. 67, табл. 15. ISBN 985-476-083-9.

В учебном пособии освещаются теоретические и прикладные проблемы при решении задач в области природопользования и природообустройства, особенно оптимизирующих и экологических.

Предназначено для студентов вузов по специальности «Мелиорация и водное хозяйство», для практических работников в области водохозяйственного строительства, экологов и биологов, может использоваться студентами специальностей «Водоснабжение», «Водоотведение», «Очистка природных и сточных вод» и др.

УДК 502.171(075.8)
ББК 20.18я73

Учебное издание

Волчек Александр Александрович

Пойта Петр Степанович

Шведовский Петр Владимирович

Математические методы в природообустройстве

БИБЛИОТЕКА
Брестского государственного
технического университета

Авторской редакции
Ответственный за выпуск *А. А. Волчек*

Дизайн обложки *Л. В. Леденевой*

Корректоры *Н. Г. Куцаева, Е. В. Семенчукова, Д. В. Шлыков*

Подписано в печать 14.04.2003. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,76. Уч.-изд. л. 21,25. Тираж 150 экз. Зак. 155.

Республиканское унитарное предприятие «Издательский центр Белорусского государственного университета». Лицензия ЛВ № 527 от 22.01.2002.

220030, Минск, ул. Красноармейская, 6.

Отпечатано с оригинала-макета заказчика.

Республиканское унитарное предприятие «Издательский центр Белорусского государственного университета». Лицензия ЛП № 461 от 14.08.2001.

ISBN 985-476-083-9

© Коллектив авторов, 2003

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Общие сведения о математических методах, используемых в природообустройстве и природопользовании ..	9
1.1. Методы дифференцирования	9
1.2. Методы интегрирования	15
1.3. Основные понятия теории дифференциальных уравнений	27
Глава 2. Способы составления и решения обыкновенных дифференциальных уравнений	32
2.1. Общие принципы составления дифференциальных уравнений	32
2.2. Разрешение относительно производной	35
2.3. Разделение переменных	41
2.4. Однородные дифференциальные уравнения первого порядка	78
2.5. Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах	83
2.6. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка	86
2.7. Специальные дифференциальные уравнения первого порядка	93
2.8. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка	99
2.9. Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка	100
2.10. Дифференциальные уравнения «на бесконечность» (сфера и преобразования Пуанкаре)	103
Глава 3. Особенности использования численных методов	117
3.1. Постановка задачи	117
3.2. Численное дифференцирование	119
3.3. Численное интегрирование	122
3.4. Нелинейные уравнения с одним неизвестным	128
3.5. Обыкновенные дифференциальные уравнения	132
3.6. Краевые задачи	143
3.7. Уравнения с частными производными	149
3.8. Уравнения первого порядка	152
3.9. Уравнения второго порядка	156
3.10. Условия применимости численных методов	164
3.11. Точность вычислительного эксперимента	169
Глава 4. Методы оптимального программирования	172
4.1. Основы линейного программирования	172

4.2.	Симплексный метод решения задач линейного программирования	183
4.3.	Распределительный метод решения задач линейного программирования	190
4.4.	Динамическое программирование	201
Глава 5.	Математическое описание речных потоков	210
5.1.	Общие предпосылки	210
5.2.	Теория «мелкой воды»	216
5.3.	Гидродинамика речного потока	228
5.4.	Математическое описание динамики уровня озерно-водоёмных систем	238
Глава 6.	Математическое описание фильтрационных процессов	241
6.1.	Гидравлическая теория фильтрации	241
6.2.	Нестационарная плано-радиальная фильтрация	254
6.3.	Теория почвенно-фильтрационных процессов	265
6.4.	Теория процессов переноса веществ почвенной влагой	276
Глава 7.	Математическое описание почвенных процессов	281
7.1.	Особенности изменения свойств почвогрунтов	281
7.2.	Эрозионно-разрушительные процессы	293
7.3.	Изменение теплового режима почв	299
Глава 8.	Математическое описание закономерностей преобразования территории и экологической безопасности инженерных объектов и природных систем	303
8.1.	Математическое описание законов освоения и использования территорий	303
8.2.	Основные аспекты старения информации	307
8.3.	Предпосылки и принципы расчетов надежности	310
8.4.	Расчеты надежности водохозяйственных систем	320
Литература		339

ВВЕДЕНИЕ

Судьба людей и их воля не поддается расчетам. Однако математика может смягчить воздействие природы на человеческие судьбы и усилить эффект ответных реакций человечества.

Д. Ван Данцинг

Сегодня проблема рационального природообустройства и охраны природной среды стала актуальной как никогда ранее.

Современное динамическое изменение общеэкологической ситуации, рост глобальных проблем природопользования обусловили широкую применимость математических методов анализа и моделирования сложных экологических процессов и производственных систем.

В настоящее время для решения проблем природоохранного и природовоспроизводственного аспекта, а также задач управления объектами в области природопользования и природообустройства используется множество групп математических подходов, теорий и моделей (рис. 0.1).

Наиболее существенным моментом в использовании математических подходов, теорий и методов является достоверность и полнота учета факторов неопределенности как природных, так и антропогенных процессов, а соответственно и систем, ими формируемых.

В табл. 0.1 показана сравнительная возможность учета факторов неопределенности при использовании наиболее широко применяемых в практике математических теорий.

Цель данного пособия – сформировать профессиональную направленность и способствовать развитию у студентов навыков постановки и решения прикладных задач в области природопользования и природообустройства с помощью классических методов математики.

Книга будет полезна и практическим работникам в области водохозяйственного строительства, экологии, биологии и специалистам многих других отраслей, которым приходится решать проблемы оптимального природопользования и природообустройства.



Рис. 0.1. Группы решений проблем природопользования и охраны окружающей среды

Таблица 0.1

Возможности учета факторов неопределенности математическими теориями

Учитываемая характеристика неопределенности	Возможности теории по учету факторов неопределенности						
	вероятности	ошибок (интервальных моделей)	интервальных средних	субъективных вероятностей	многозначной логики	нечетких множеств	нечетких мер и интегралов
Физическая числовая неопределенность	+	+	+	+	-	+	+
Физическая нечисловая неопределенность	+	-	+	+	+	+	+
Противоречия между точностью и неопределенностью	-	-	+	+	+	+	+
Возможность количественной оценки неопределенности	+	-	-	+	-	+	+
Эффективность формализации полного незнания	-	+	+	+	+	+	+
Требования жесткого определения всех событий, факторов и характеристик	-	+	+	-	+	+	+
Возможность эффективного учета взаимовлияния неопределенности	-	-	-	-	+	-	+
Возможность получения оптимистических и пессимистических оценок и уровня доверия к ним	+	-	+	+	-	+	+

Учитываемая характеристика неопределенности	Возможности теории по учету факторов неопределенности						
	вероятности	ошибок (интервальных моделей)	интервальных средних	субъективных вероятностей	многозначной логики	нечетких множеств	нечетких мер и интегралов
Единство подхода к представлению точных, неполных, неопределенных и нечетких знаний	-	-	-	-	-	-	+
Возможность работы с неопределенной информацией на базе малых статистических выборок	-	+	+	-	+	+	+

Примечание: (+) – имеется, (-) – не имеется возможность относительно полного и достоверного учета факторов неопределенности при прогнозировании и моделировании природных (антропогенных, антропогенезированных) процессов, систем и объектов.

Авторы с признательностью и благодарностью примут замечания и пожелания, направленные на улучшение учебного пособия. Все замечания и предложения направлять по адресу: г. Брест, ул. Московская, 267, Брестский государственный технический университет.

ЛИТЕРАТУРА

Амелькин В. В., Садовский А. П. Математические модели и дифференциальные уравнения. Мн.: Вышэйш. шк., 1982.

Аношко В. С., Трофимов А. М., Широков В. М. Основы географического прогнозирования. Мн.: Вышэйш. шк., 1985.

Араб-Оглы Э. А. Демографические и экологические прогнозы. М.: Наука, 1980.

Бондаренко Н. Ф. Физические основы и мелиорации почв. Л.: Колос, 1975.

Вознюк Т. С., Гончаров С. М., Ковалев С. В. Основы научных исследований. Гидромелиорация. Киев: Выща шк., 1985.

Волчек А. А., Шведовский П. В. и др. Математические модели в природопользовании. Мн.: Изд. центр БГУ, 2002.

Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. М.: Наука, 1969.

Джеффферс Д. Введение в системный анализ. М.: Мир, 1981.

Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике: Учеб. / Под общ. ред. проф. А. В. Сидоровича; МГУ им. М. В. Ломоносова. М.: Дело и Сервис, 2001.

Ивченко Б. П., Мартыщенко Л. А. Информационная экология. СПб.: Нордметиздат, 1998.

Жуковская М. В., Мучник И. Б. Факторный анализ в социально-экономических исследованиях. М.: Статистика, 1976.

Лисичник В. А. Теория и практика прогнозтики. М.: Наука, 1972.

Мирицхулава Ц. Е. Надежность систем осушения. М.: Агропромиздат, 1985.

Мурашко А. И., Митрахович А. И., Довнар С. В. и др. Осушение земель вертикальным дренажем. Мн.: Ураджай, 1980.

Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981.

Пономарев К. К. Составление дифференциальных уравнений / Под ред. Ю. С. Богданова. Мн.: Вышэйш. шк., 1973.

Практикум по экономико-математическим методам и моделированию в землеустройстве / Под ред. С. Н. Волкова, Л. С. Твердовской. М.: Агропромиздат, 1991.

Пяковский Р. В., Померанец К. С. Наводнения. Математическая теория и предсказания. Л.: Гидрометеиздат, 1982.

Репин С. В., Шеин С. А. Математические методы обработки статистической информации с помощью ЭВМ. Мн.: Университетское, 1990.

Саркисян С. А. Прогнозирование развития больших систем. М.: Статистика, 1975.

Статистические методы в природопользовании / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. В. Шведовский и др. Брест: БПИ, 1999.

Степанов И. Н. Почвенные прогнозы. М.: Наука, 1979.

Тейлор Дж. Введение в теорию ошибок: Пер. с англ. М.: Мир, 1985.

Шведовский П. В., Валуев В. Е., Волчек А. А. и др. Эколого-социальные аспекты освоения водно-земельных ресурсов и технологий управления режимами гидромелиораций. Мн.: Ураджай, 1998.