

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

*В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА  
ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ – БАКАЛАВРИАТ

серия основана в 1996 г.



**В.П. МЕШАЛКИН**  
**О.Б. БУТУСОВ**

# **КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Допущено  
учебно-методическим объединением вузов  
Российской Федерации по образованию в области  
химической технологии и биотехнологии  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки  
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
химической технологии, нефтехимии  
и биотехнологии»*

**Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com**

Москва  
ИНФРА-М  
2025

**V.P. MESHALKIN**  
**O.B. BUTUSOV**

**COMPUTERIZED  
ENVIRONMENTAL IMPACT  
ASSESSMENT  
FROM MAIN PIPELINES**

MOSCOW  
INFRA-M

УДК 004(075.8)  
ББК 32.973я73  
М41

ФЗ № 436-ФЗ	Издание не подлежит маркировке в соответствии с п. 1 ч. 4 ст. 11
----------------	---

Рецензенты:

*Бузник Вячеслав Михайлович*, академик;

*Самсонов Роман Олегович*, д-р техн. наук, генеральный директор ВНИИГаз

**Мешалкин В.П.**

М41 Компьютерная оценка воздействия на окружающую среду магистральных трубопроводов : учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 449 с. — (Высшее образование: Бакалавриат).

ISBN 978-5-16-012163-5 (print)

ISBN 978-5-16-104978-5 (online)

Изложены основные концепции, математические модели и методы компьютерной оценки и прогнозирования воздействия магистральных трубопроводов и предприятий нефтегазовой промышленности на окружающую среду, в том числе на лесные массивы.

Подробно описаны современные компьютерные методы обработки и распознавания аэрокосмических изображений с использованием методов фрактально-статистического, текстурного, вейвлет- и нейросетевого анализа, а также методологии космического мониторинга и математического моделирования зон лесных пожаров в районе аварий на газо- и нефтепроводах.

Рассмотрены процессы и явления, сопровождающие распространение химических загрязнений атмосферного воздуха при повреждении трубопроводов, проанализированы прикладные математические модели распространения загрязнений в атмосфере, выявлены их достоинства и недостатки.

Описаны архитектура и программно-информационное обеспечение систем автоматизированного мониторинга атмосферного воздуха и систем поддержки принятия управленческих решений при выбросах вредных веществ в авариях на магистральных трубопроводах; методологические основы оценки экологического риска от магистральных трубопроводов. Подробно изложены принципы управления рисками и предупреждения чрезвычайных ситуаций на объектах химической промышленности.

Описаны архитектура и принципы разработки интеллектуального обеспечения гибридных экспертных систем ситуационного управления магистральными газо- и нефтепроводами.

Учебное пособие предназначено для студентов химико-технологических и инженерно-экологических специальностей университетов и может быть полезно преподавателям университетов, магистрантам, аспирантам, слушателям бизнес-школ, научным сотрудникам и предпринимателям, занимающимся проблемами повышения экономической эффективности промышленных предприятий и систем магистрального трубопроводного транспорта, а также проблемами охраны окружающей среды.

УДК 004(075.8)

ББК 32.973я73

ISBN 978-5-16-012163-5 (print)

ISBN 978-5-16-104978-5 (online)

© Мешалкин В.П., Бутусов О.Б., 2010

Подписано в печать 19.10.2017.

Формат 60х90/16. Бумага офсетная. Печать цифровая. Гарнитура Times.

Усл. печ. л. 28,06. ППТ12.

ТК 122850-946445-260809

ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1

Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29

E-mail: books@infra-m.ru <http://www.infra-m.ru>

Отпечатано в типографии ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М»

127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1

Тел.: (495) 280-15-96, 280-33-86. Факс: (495) 280-36-29

## Содержание

Представление книги.....	13
Предисловие.....	17
Введение.....	24
Список основных сокращений.....	32
<b>ЧАСТЬ 1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЛЕСНЫЕ МАССИВЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....</b>	<b>35</b>
<b>Глава 1. Анализ воздействия на лесные массивы производственно-организационных процессов добычи и транспортировки нефти и газа.....</b>	<b>35</b>
1.1. Лесные массивы как экологические системы окружающей среды	35
1.2. Предприятия нефтегазового комплекса и прилегающие лесные массивы как сложные техногенно-природные системы.....	43
1.3. Классификация оценок воздействия на окружающую среду предприятий нефтегазового комплекса.....	58
1.4. Системный анализ опасных состояний магистральных трубопроводов как объектов математического моделирования.....	63
1.5. Дистанционный контроль воздействия на лесные массивы производственно-организационных процессов разведки и добычи нефти и газа.....	67
1.6. Характеристики и оценки воздействия на лесные массивы магистральных трубопроводов.....	71
<b>Глава 2. Математические методы аэрокосмического мониторинга воздействия на лесные массивы аварий на магистральных трубопроводах.....</b>	<b>76</b>
2.1. Классические методы и инструменты компьютерного дешифрования аэрокосмической информации о воздействии на лесные массивы аварий на магистральных трубопроводах.....	76
2.2. Современные дистанционно-компьютерные методы дешифровки воздействий на лесные массивы аварий магистральных трубопроводов.....	95
2.2.1. Современные компьютерные методы обработки аэрокосмических изображений.....	95
2.2.2. Фрактально-статистические методы анализа аэрокосмических изображений.....	103
2.2.3. Текстурные методы вейвлет преобразований аэрокосмических изображений лесных массивов.....	110
2.2.4. Нейросетевые методы дешифровки космических изображений.....	

жений для анализа воздействий на лесные массивы аварий на газопроводах и нефтепроводах.....	129
2.2.5. Методы дистанционного анализа воздействия на лесные массивы аварий газопроводов и нефтепроводов с использованием теории нечетких множеств.....	134
2.3. Космический мониторинг и математические модели лесных пожаров в районе аварий на газопроводах.....	136
<b>Глава 3. Математическое и компьютерное моделирование воздействия на окружающую среду аварийных выбросов магистральных трубопроводов.....</b>	<b>155</b>
3.1. Математическое моделирование загрязнения почвы при разливах нефти.....	155
3.2. Компьютерное моделирование и вычислительные алгоритмы распространения в атмосфере газовых выбросов при авариях на газопроводах.....	166
3.3. Математическое и компьютерное моделирование процесса истечения газа из поврежденного трубопровода.....	174
3.4. Математическое и компьютерное моделирование турбулентного переноса газовых выбросов в атмосфере.....	178
3.5. Математическое и компьютерное моделирование распространения аварийных газовых выбросов в условиях сложного рельефа в районе газопроводов.....	184
<b>Глава 4. Лингвистические и нечетко-логические методы дистанционно-компьютерной оценки воздействия на лесные массивы в районе аварий магистральных трубопроводов.....</b>	<b>195</b>
4.1. Зависимость "доза-эффект" как интегральная оценка воздействия на лесные массивы в районах техногенных аварий.....	195
4.2. Лингвистические агрегативные алгоритмы определения зон воздействия на лесные массивы в районах разливов нефти.....	201
4.3. Нечетко-логические алгоритмы дистанционно-компьютерного анализа деградации лесных массивов при аварийных разливах нефти.....	212
4.4. Вероятностно-статистическая модель зарастания гарей после лесных пожаров в районах аварий на газопроводах.....	223
4.5. Вероятностно-статистическая модель зарастания гарей после лесных пожаров в районах аварий на газопроводах.....	234
<b>Список литературы к части 1.....</b>	<b>247</b>

<b>ЧАСТЬ 2. ПРИКЛАДНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОМПЬЮТЕРНО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>251</b>
<b>Глава 5. Математические модели процессов распространения выбросов вредных веществ при авариях на магистральных трубопроводах.....</b>	<b>251</b>
5.1. Общая характеристика математических моделей распространения вредных веществ в атмосфере.....	251
5.2. Анализ процессов и явлений при распространении газовых выбросов в атмосфере.....	260
5.3. Математические модели распространения загрязнений в атмосфере.....	273
5.4. Гауссовские модели распространения загрязнений в атмосфере	293
<b>Глава 6. Информационно-компьютерные системы мониторинга и управления охраной окружающей среды при авариях на магистральном трубопроводе.....</b>	<b>319</b>
6.1. Общая характеристика комплекса программ прогнозирования загрязнений атмосферы.....	319
6.2. Компьютерно-информационная система поддержки принятия управленческих решений при авариях с выбросом химически опасных веществ.....	324
6.3. Автоматизированная система мониторинга загрязнений атмосферы промышленного региона.....	338
<b>Список литературы к части 2.....</b>	<b>356</b>
<b>ЧАСТЬ 3. ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В УСЛОВИЯХ РИСКА.....</b>	<b>357</b>
<b>Глава 7. Методология управления рисками и предупреждения чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазохимического комплекса.....</b>	<b>357</b>
7.1. Виды рисков и чрезвычайные ситуации на объектах нефтегазохимического комплекса.....	357
7.2. Системный анализ опасностей и прогнозирования чрезвычайных ситуаций.....	363
7.3. Методика разработки научно-обоснованных решений по снижению техногенного риска и предупреждению чрезвычайных ситуаций.....	369

7.4. Методология оценки и управления риском от воздействий технических систем.....	377
7.5. Стратегия и процедура управления экологическим риском.....	383
7.6. Эвристическо-вычислительная процедура управления организационно-экономическими рисками.....	387
7.7. Методы компьютерной оценки социальных рисков при авариях на магистральных газопроводах.....	392
<b>Глава 8. Автоматизированное ситуационное управление магистральными трубопроводами.....</b>	<b>398</b>
8.1. Интеллектуальная автоматизированная система ситуационного управления магистральными газопроводами.....	398
8.2. Предикатная модель гибкой структуры системы трубопроводов	406
8.3. Методология оценки рисков при авариях магистральных нефтепроводов.....	413
<b>Список литературы к части 3.....</b>	<b>423</b>
<b>Англо-русский словарь основных терминов.....</b>	<b>424</b>
<b>Русско-английский словарь основных терминов.....</b>	<b>437</b>