

УДК 502.7(075.8)

ББК 20.18я73

М30

*Печатается по решению кафедры техносферной безопасности и химии
Института нанотехнологий, электроники и приборостроения
Южного Федерального университета (протокол № 10 от 11 мая 2022 г.)*

Рецензенты:

доктор медицинских наук, заведующий лабораторией санитарной
микробиологии водных объектов и микробной экологии человека
Ростовского научно-исследовательского института микробиологии
и паразитологии *П. В. Журавлев*

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой
дерматовенерологии Ростовского государственного медицинского
университета, главный врач ГБУ РО «КВД» *В. Е. Темников*

Марченко, Б. И.

М30 Методы обработки данных мониторинга окружающей среды : учебное
пособие / Б. И. Марченко ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-
Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. –
165 с.

ISBN 978-5-9275-4266-6

В учебном пособии рассматриваются вопросы статистической обработки
данных динамического наблюдения за окружающей средой. Изложены основы
измерений и количественного описания данных в экологии. Подробно рассмот-
рены статистические гипотезы, методы их проверки с применением различных
статистических критериев, алгоритмы принятия статистических решений, оценки
вероятности ошибок и принципы содержательной интерпретации полученных ре-
зультатов. Представлены параметрические и непараметрические методы сравне-
ния, варианты многофункциональных статистических критериев, критерий соот-
ветствия хи-квадрат, основы корреляционного, регрессионного и дисперсионного
анализа при ведении экологического мониторинга.

Для студентов специальности 20.03.01 «Техносферная безопасность».

УДК 502.7(075.8)

ББК 20.18я73

ISBN 978-5-9275-4266-6

© Южный федеральный университет, 2022

© Марченко Б. И., 2022

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОСНОВЫ ИЗМЕРЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПИСАНИЯ ДАННЫХ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	7
1.1. Генеральная и выборочная совокупность	9
1.2. Шкалы измерений при ведении мониторинга окружающей среды	12
1.3. Случайные величины и их графическое представление	18
1.4. Первичные описательные статистики	21
1.4.1. Характеристики положения (меры центральной тен- денции и квантили распределения)	21
1.4.2. Характеристики рассеивания (меры изменчивости)	28
1.4.3. Характеристики асимметрии (показатель косости)	30
1.4.4. Характеристики эксцесса (островершинности)	31
1.5. Нормальное распределение как стандарт. Проверка нормаль- ности распределения	31
1.6. Исключение резко отличающихся («аномальных») величин в вариационном и динамическом рядах. Метод Шовене	37
1.7. Относительные показатели	39
1.7.1. Интенсивные показатели	39
1.7.2. Экстенсивные показатели	43
1.7.3. Показатели соотношения	44
1.7.4. Показатели наглядности	46
1.8. Средняя ошибка среднего арифметического и относитель- ного показателя	47
1.8.1. Средняя ошибка среднего арифметического (m_M)	47
1.8.2. Средняя ошибка относительного показателя (m_{RI})	48
1.9. Степени свободы	49
1.10. Метод доверительных интервалов	51
2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ГИПОТЕЗЫ И МЕТОДЫ ИХ ПРОВЕРКИ	60

2.1. Предметные (исследовательские, научные) и статистические гипотезы. Нулевая и альтернативная статистические гипотезы. Направленные и ненаправленные альтернативы	60
2.2. Уровни статистической значимости	63
2.3. Статистические критерии, виды и применение при проверке статистических гипотез	65
2.4. Статистическое решение, вероятность ошибки и принципы содержательной интерпретации	70
2.5. Выбор метода статистического вывода	77
3. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ	79
3.1. Сравнение дисперсий	79
3.2. Критерий t-Стьюдента для одной выборки	80
3.3. Критерий t-Стьюдента для двух независимых выборок	81
3.4. Критерий t-Стьюдента для двух зависимых выборок	83
3.5. Критерий t-Стьюдента для относительных показателей	84
4. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ	87
4.1. Понятие о многофункциональных статистических критериях	87
4.2. Критерий ϕ^* -угловое преобразование Фишера	88
5. НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СРАВНЕНИЯ	93
5.1. Критерий U Манна–Уитни для двух независимых выборок	93
5.2. Критерий T Вилкоксона для двух зависимых выборок	95
6. КРИТЕРИЙ СООТВЕТСТВИЯ (СОГЛАСИЯ) χ^2	97
7. КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ	100
7.1. Понятие корреляции	100
7.2. Коэффициент корреляции Пирсона (r_{XY})	103
7.3. Регрессионный анализ. Линейная регрессия	107
8. ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ (ANOVA)	109
8.1. Назначение и основные понятия дисперсионного анализа ...	109
8.2. Однофакторный дисперсионный анализ	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	116

ПРИЛОЖЕНИЯ

(ОСНОВНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ)	117
<i>Приложение 1.</i> Стандартные нормальные вероятности	117
<i>Приложение 2.</i> Критические значения двустороннего t-критерия Стьюдента	119
<i>Приложение 3.</i> Значения критерия Шовене (коэффициента U_t) для выявления аномальных (резко отличающихся, «выскакива- ющих») показателей	125
<i>Приложение 4.</i> Верхняя и нижняя границы доверительного ин- тервала медианы	126
<i>Приложение 5.</i> Критические значения одностороннего F-критерия Фишера (для проверки направленных гипотез при $p = 0,05$)	130
<i>Приложение 6.</i> Критические значения одностороннего F-критерия Фишера (для проверки направленных гипотез при $p = 0,01$)	135
<i>Приложение 7.</i> Критические значения двустороннего F-критерия Фишера (для проверки ненаправленных гипотез при $p = 0,05$)	140
<i>Приложение 8.</i> Критические значения двустороннего F-критерия Фишера (для проверки ненаправленных гипотез при $p = 0,01$)	145
<i>Приложение 9.</i> Критические значения критерия χ^2	150
<i>Приложение 10.</i> Критические значения критерия U Манна–Уитни	152
<i>Приложение 11.</i> Критические значения критерия Т Вилкоксона	158
<i>Приложение 12.</i> Величины угла ϕ (в радианах) для разных про- центных долей	159
<i>Приложение 13.</i> Уровни статистической значимости для раз- ных значений критерия ϕ^* Фишера	162
<i>Приложение 14.</i> Критические значения коэффициентов корре- ляции Пирсона и Спирмена	163
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	164