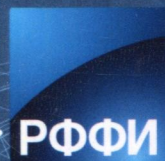




ЛЕТ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ЮЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



РОССИЙСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ЗОНЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В АКВАТОРИИ РОССИЙСКИХ МОРЕЙ

Ростов-на-Дону
Издательство ЮНЦ РАН
2022

Российский фонд фундаментальных исследований
Федеральный исследовательский центр
Южный научный центр Российской академии наук



Научные основы мониторинга
и прогнозирования опасных явлений
в зоне стратегических объектов
в акватории российских морей

Ростов-на-Дону
Издательство ЮНЦ РАН
2022

УДК 551.5:504.4(262.54+268.45)
НЗ4



*Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 21-15-00044, не подлежит продаже*

Рецензенты:

д-р геогр. наук С.В. Бердников, канд. биол. наук О.В. Степаньян

Ответственный редактор

академик Г.Г. Матишов

Авторский коллектив:

академик Г.Г. Матишов (введение, гл. 1, 2),
канд. биол. наук Н.И. Булышева (гл. 4, 5, заключение),
д-р биол. наук Г.М. Воскобойников (гл. 6), д-р техн. наук Г.В. Горелова (гл. 4),
д-р геогр. наук Ю.И. Инжебейкин (гл. 2), д-р биол. наук М.В. Макаров (гл. 6),
д-р физ.-мат. наук А.Л. Чикин (гл. 3), д-р техн. наук Э.В. Мельник (гл. 4),
д-р физ.-мат. наук Л.Г. Чикина (гл. 3), канд. геогр. наук В.В. Польшин (гл. 1),
канд. биол. наук В.В. Титов (введение, гл. 1, библиогр.),
канд. геогр. наук А.В. Клещенков (гл. 3), канд. биол. наук К.В. Кренева (гл. 5),
канд. техн. наук Д.В. Орда-Жигулина (гл. 4),
канд. техн. наук М.В. Орда-Жигулина (гл. 4), канд. биол. наук С.В. Малавенда (гл. 6),
канд. биол. наук Д.В. Пуговкин (гл. 6), канд. биол. наук И.В. Рыжик (гл. 6),
Г.Ю. Глущенко (гл. 5), канд. хим. наук Л.О. Метелькова (гл. 6), Д.О. Салахов (гл. 6)

НЗ4 **Научные основы мониторинга и прогнозирования опасных явлений в зоне стратегических объектов в акватории российских морей:** [монография] / Г.Г. Матишов, Н.И. Булышева, Г.М. Воскобойников и др.; [отв. ред. академ. Г.Г. Матишов]. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2022. – 236 с. – ISBN 978-5-4358-0223-8.

Коллективная монография содержит результаты исследований современного состояния акватории и береговой линии Азовского, Баренцева и других морей европейской части России. Рассмотрены основные гидрологические процессы, периодически приводящие к образованию опасных явлений природного характера и наносящие ущерб безопасности населения и береговой инфраструктуре. Представлены разработки по мониторингу, прогнозу и минимизации последствий ряда негативных явлений.

Издание предназначено для экологов, географов, биологов, специалистов инженерных и спасательных служб.

УДК 551.5:504.4(262.54+268.45)

Утверждено на заседании Ученого совета ЮНЦ РАН № 2 от 23 апреля 2021 г.

ISBN 978-5-4358-0223-8

© ЮНЦ РАН, 2022

**Russian Foundation for Basic Research
Federal Research Center The Southern Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences**



**Scientific basis for monitoring
and forecasting hazardous phenomena
in the zone of strategic facilities
in the water area of the Russian seas**

Rostov-on-Don
SSC RAS Publishers
2022

UDC 551.5:504.4(262.54+268.45)
M39



*The publication was carried out with the financial support
of the Russian Foundation for Basic Research under the project
No. 21-15-00044, not for sale*

Reviewers:

Dr. (Geography) S.V. Berdnikov, PhD O.V. Stepanyan

Editor-in-Chief

Academician RAS G.G. Matishov

Team of Authors:

academician G.G. Matishov (introduction, ch. 1, 2),
PhD N.I. Bulysheva (ch. 4, 5, conclusion),
Dr (Biology) G.M. Voskoboinikov (ch. 6), Dr (Technical Sciences) G.V. Gorelova (ch. 4),
Dr (Geography) Yu.I. Inzhebeikin (ch. 2), Dr (Biology) M.V. Makarov (ch. 6),
Dr (Physics and Mathematics) A.L. Chikin (ch. 3), Dr (Technical Sciences) E.V. Melnik (ch. 4),
Dr (Physics and Mathematics) L.G. Chikina (ch. 3), PhD V.V. Pol'shin (ch. 1),
PhD V.V. Titov (introduction, ch. 1, bibliogr.),
PhD A.V. Kleschenkov (ch. 3), PhD K.V. Kreneva (ch. 5),
PhD D.V. Orda-Zhigulina (ch. 4), PhD M.V. Orda-Zhigulina (ch. 4), PhD S.V. Malavenda (ch. 6),
PhD D.V. Pugovkin (ch. 6), PhD I.V. Ryzhik (ch. 6),
G.Yu. Glushchenko (ch. 5), PhD L.O. Metel'kova (ch. 6), D.O. Salakhov (ch. 6)

Matishov, G.G. (Editor-in-Chief) (2021). Scientific basis for monitoring and forecasting hazardous phenomena in the zone of strategic facilities in the water area of the Russian seas: [monograph] / G.G. Matishov, N.I. Bulysheva, G.M. Voskoboinikov et al. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2022. 236 p. (in Russian)

ISBN 978-5-4358-0223-8

The collective monograph contains the results of studies of the current state of the water area and coastline of the Sea of Azov, Barents and other seas of the European part of Russia. The main hydrological processes that periodically lead to the formation of natural hazards and damage the safety of the population and coastal infrastructure are considered. The developments on monitoring, forecasting and minimizing the consequences of a number of negative phenomena are presented.

The publication is intended for ecologists, geographers, biologists, engineering and rescue services.

UDC 551.5:504.4(262.54+268.45)

Approved at Meeting No. 2 of the Academic Council of SSC RAS of 23 April 2021.

ISBN 978-5-4358-0223-8

© SSC RAS (2022)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
Глава 1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЗОВСКОГО МОРЯ	15
1.1. Физико-географическая характеристика Азовского моря	15
1.2. Характеристика рельефа дна Азовского моря	17
1.3. Характеристика береговой зоны Азовского моря	24
1.4. Голоценовая история развития Азовского моря	29
1.5. Характеристика донных отложений Азовского моря	31
1.6. Содержание органического вещества в донных отложениях Азовского моря	38
1.7. Изменение условий осадконакопления в бассейне Азовского моря под влиянием природных и антропогенных факторов	41
Глава 2. СЕЙШИ В ПОЛУЗАМКНУТЫХ МОРЯХ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ШЕЛЬФА	49
2.1. Азовское море	58
2.2. Белое море	71
2.3. Сейши как фактор устойчивого функционирования экосистемы Азовского моря	74
Глава 3. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОНИКНОВЕНИЯ СОЛЕННЫХ ВОД ИЗ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В УСТЬЕ ДОНА	78
3.1. Математическая модель распределения солёности в Таганрогском заливе	80
3.2. Математическая модель поступления солёной воды в дельту Дона	84
3.3. Численное исследование пространственного распределения солёных вод в Таганрогском заливе	90
3.4. Численное исследование поступления солёных вод в дельту Дона	94
Глава 4. МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ ПРИ АНАЛИЗЕ ГИДРОЭКОСИСТЕМ	101
4.1. Модуль когнитивного анализа как компонент подсистемы поддержки принятия решений для мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов	110
4.2. Средство мониторинга сообщений пользователей в социальных сетях	112

4.3. Методика организации мониторинга опасных явлений эстуарных зон юга России на основе анализа современного состояния популяций макрозообентоса	119
4.4. Прототип модуля когнитивного анализа	120
4.4.1. Разработка когнитивной модели верхнего уровня	124
4.4.2. Разработка двухуровневой когнитивной модели IG12 верхнего и среднего уровней	129
4.4.3. Разработка когнитивной карты третьего уровня IG3	136
4.4.4. Описание программного модуля преобразования данных мониторинга природных явлений в прибрежных зонах в формат когнитивной имитационной модели экосистемы	143
4.4.5. Пример мониторинга и прогнозирования опасных природных процессов на основе анализа состояния сообществ зообентоса под действием антропогенных и климатических факторов, в том числе экстремальных условий окружающей среды	147
Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ОБРАСТАНИЯ В ДЕЛЬТЕ ДОНА	154
5.1. Формирование сообществ микроводорослей на экспериментальных пластинах	157
5.2. Сообщества микрозоопланктона на экспериментальных пластинах	161
5.3. Формирование сообществ макрообрастаний на экспериментальных пластинах	165
Глава 6. ВОДОРΟΣЛИ-МАКРОФИТЫ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В ОЧИСТКЕ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ	179
6.1. Поглощение и преобразование дизельного топлива водорослью <i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) F. Weber & D. Mohr, 1805 (Rhodophyta) и ее возможная роль в биоремедиации морской воды	180
6.2. Использование ферментов антиоксидантной системы для оценки физиологического состояния водорослей-макрофитов в условиях загрязнения нефтепродуктами	188
6.3. Количественные характеристики эпифитных бактериальных сообществ водорослей <i>Fucus vesiculosus</i>	196
6.4. Роль водорослей-макрофитов в биоремедиации прибрежных акваторий арктических морей от нефтепродуктов на примере Кольского залива Баренцева моря	204
Заключение	214
Литература	217

TABLE OF CONTENTS

Introduction	9
Chapter 1. GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL FEATURES OF THE SEA OF AZOV	15
1.1. Physical and geographical characteristics of the Sea of Azov	15
1.2. Characteristics of the relief of the bottom of the Sea of Azov	17
1.3. Characteristics of the coastal zone of the Sea of Azov	24
1.4. Holocene history development of the Sea of Azov	29
1.5. Characteristics of bottom sediments of the Sea of Azov	31
1.6. Content of organic matter in bottom sediments of the Sea of Azov	38
1.7. Changes in sedimentation conditions in the Azov Sea basin under the influence of natural and anthropogenic factors.	41
Chapter 2. SEICHES IN THE SEMI-ENCLOSED SEAS OF THE CONTINENTAL SHELF	49
2.1. Sea of Azov	58
2.2. White Sea	71
2.3. Seiches as a factor of sustainable functioning of the Sea of Azov ecosystem	74
Chapter 3. NUMERICAL MODELING OF THE PROCESS OF SALINE WATER PENETRATION FROM THE TAGANROG BAY INTO THE DON RIVER OUTLET	78
3.1. Mathematical model of salinity distribution in the Taganrog Bay	80
3.2. Mathematical model of salt water inflow into the Don delta	84
3.3. Numerical study of the spatial distribution of saline waters in the Taganrog Bay	90
3.4. Numerical study of the inflow of salt water into the Don delta	94
Chapter 4. METHODS FOR THE IMPLEMENTATION OF COMPONENTS OF SYSTEMS FOR MONITORING AND FORECASTING OF DANGEROUS NATURAL PHENOMENA BASED ON DIGITAL ECONOMY TECHNOLOGIES IN THE ANALYSIS OF HYDROECOSYSTEMS	101
4.1. Cognitive analysis module as a component of the decision support subsystem for monitoring and forecasting hazardous natural processes	110
4.2. Tool for monitoring messages of users in social networks	112

4.3. Methods for organizing monitoring of dangerous phenomena in estuarine zones in southern Russia based on an analysis of the current state of macrozoobenthos populations	119
4.4. Prototype Cognitive Analysis Module	120
4.4.1. Developing an upper-level cognitive model	124
4.4.2. Developing a two-level cognitive model IG12 of the upper and middle levels	129
4.4.4 The description of the software module for converting of monitoring data of natural phenomena in coastal zones into the format of a cognitive imitating ecosystem's model.....	136
4.4.3. Developing a cognitive map of the third level IG3	143
4.4.5. An example of monitoring and forecasting dangerous natural phenomena based on the analysis of the state of zoobenthos communities under the influence of anthropogenic and climatic factors, including extreme environmental conditions	147
Chapter 5. FEATURES OF THE FORMATION OF FOULING COMMUNITIES IN THE DON RIVER DELTA	154
5.1. Formation of microalgae communities on experimental plates	157
5.2. Communities of microzooplankton on experimental plates	161
5.3. Formation of macrofouling communities on experimental plates	165
Chapter 6. ALGAE-MACROPHYTES OF THE BARENTS SEA IN THE PURIFICATION OF COASTAL WATERS FROM OIL PRODUCTS: FROM THEORY TO PRACTICE	179
6.1. The absorption and transformation of diesel fuel by the alga <i>Palmaria palmata</i> (Linnaeus) F. Weber & D. Mohr, 1805 (Rhodophyta) and its possible role in the bioremediation of seawater	180
6.2. The use of enzymes of the antioxidant system to assess the physiological state of macrophyte algae in conditions of oil pollution	188
6.3. Quantitative characteristics of epiphytic bacterial communities of algae <i>Fucus vesiculosus</i>	196
6.4. The role of macrophyte algae in the bioremediation of coastal areas of the Arctic seas from oil products on the example of the Kola Bay of the Barents Sea	204
Conclusion	214
References	217