

20-4273

ДУБЛЕТ

В. Н. Егоров

ТЕОРИЯ РАДИОИЗОТОПНОГО
И ХИМИЧЕСКОГО ГОМЕОСТАЗА
МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ

20-04274



Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

В. Н. Егоров

**ТЕОРИЯ РАДИОИЗОТОПНОГО
И ХИМИЧЕСКОГО ГОМЕОСТАЗА
МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ**

Севастополь
ФИЦ ИнБЮМ
2019

Рецензенты:

Миронов Олег Глебович, д-р биол. наук, проф.,
гл. науч. сотр. ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»;

Коновалов Сергей Карпович, д-р геогр. наук, чл.-корр. РАН,
директор ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН».

Егоров В. Н.

Е 30 Теория радиоизотопного и химического гомеостаза морских экосистем / ФИЦ «Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского РАН». – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2019. – 356 с.
ISBN 978-5-6042938-5-0 ; DOI: 10.21072/978-5-6042938-5-0

Монография посвящена изучению и математическому описанию биогеохимических закономерностей взаимодействия живого и косного вещества с радиоактивными и химическими компонентами морской среды. В ней обоснована полуэмпирическая теория радиоизотопного и минерального обмена гидробионтов в масштабе времени протекания сорбционных и метаболических процессов и трофических взаимодействий, параметрически совместимая с современными методами описания баланса вещества и энергии в морских экосистемах. Установлено, что закономерности радиоизотопного и химического гомеостаза в морской среде реализуются в соответствии принципом Ле Шателье — Брауна. Обоснованы критерии оценки экологической ёмкости, ассимиляционной способности биогеоценозов и радиоёмкости водных масс, составляющие базу теории радиоизотопного и минерального гомеостаза морских экосистем. Предложены методы реализации концепции устойчивого развития критических и рекреационных зон Чёрного моря по факторам загрязнения морской среды посредством регулирования баланса между потреблением ресурсов качества вод и их воспроизводством в результате природных биогеохимических процессов.

Монография предназначена для биогеохимиков, экологов и специалистов по морскому природопользованию.

УДК 539.163:574.5(262.5)
ББК 24.13+28.080.3(922.8)

Egorov V. N.

Theory of radioisotope and chemical homeostasis of marine ecosystems / A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS. – Sevastopol: IBSS, 2019. – 356 p.
ISBN 978-5-6042938-5-0 ; DOI: 10.21072/978-5-6042938-5-0

The monograph is devoted to the study and mathematical description of the biogeochemical regularities of living and nonliving matter interaction with radioactive and chemical components of the marine environment. A semi-empirical theory of the radioisotope and mineral exchange of living and nonliving matter in the marine environment on a time scale of sorption and metabolic processes and trophic interactions is described in the monograph. The theory is parametrically compatible with modern techniques describing the matter and energy balance in aquatic ecosystems. It is established that the laws of the radioisotope and chemical homeostasis in the marine environment are implemented in accordance to the Le Chatelier – Brown principle. The criteria for assessing the ecological capacity, biogeocenoses assimilation capacity, and water masses radiocapacity, which form the basis of the theory of radioisotope and mineral homeostasis of marine ecosystems, are substantiated. Methods for implementing the concept of sustainable development of the critical and recreational zones of the Black Sea according to the marine pollution factors by regulating the balance between the consumption of water quality resources and their reproduction as a result of natural biogeochemical processes are proposed.

The monograph is intended for biogeochemists, ecologists, and specialists in marine environmental management.

*Печатается по решению учёного совета
ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 3 от 28.10.2019).*

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
FOREWORD	9
ГЛАВА 1. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖИВОГО И КОСНОГО ВЕЩЕСТВА С РАДИОАКТИВНЫМИ И ХИМИЧЕСКИМИ КОМПОНЕНТАМИ МОРСКОЙ СРЕДЫ	10
Раздел 1.1. Основные физико-химические свойства радионуклидов и их изотопных и неизотопных носителей	10
Раздел 1.2. Структура биогеохимических механизмов взаимодействия живого и косного вещества с радиоактивными и химическими компонентами морской среды	11
Раздел 1.3. Радионизотопный и химический состав вод Мирового океана. Разбавление и воспринимающая ёмкость	13
Раздел 1.4. Метеорологический фактор	21
Раздел 1.5. Гидродинамический фактор	24
Раздел 1.6. Влияние физико-химических факторов на радионизотопный и химический состав живого и косного вещества	29
Раздел 1.6.1. Концентрирующая способность компонентов морских экосистем	29
Раздел 1.6.2. Концентрация радионуклидов в воде	34
Раздел 1.6.3. Влияние температуры и освещённости	39
Раздел 1.6.4. Влияние солёности вод	40
Раздел 1.6.5. Физико-химическое состояние изотопов и pH среды	42
Раздел 1.6.6. Концентрация изотопных и неизотопных носителей	44
Раздел 1.6.7. Размерные характеристики гидробионтов	46
Раздел 1.6.8. Продукционные процессы и удельная биомасса гидробионтов	46
Раздел 1.6.9. Роль биотического фактора в формировании радионизотопного и химического состава вод	48
Глава 2. ПОЛУЭМПИРИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И РАДИОИЗОТОПНОГО ОБМЕНА ЖИВОГО И КОСНОГО ВЕЩЕСТВА В МОРСКОЙ СРЕДЕ	53
Раздел 2.1. Перспективность теоретических разработок на базе эмпирической параметризации моделей	53
Раздел 2.1.1. Динамические задачи	56
Раздел 2.1.2. Математические модели кинетики взаимодействия гидробионтов с радиоактивными и химическими компонентами морской среды	60
Раздел 2.1.3. Методы интерпретации результатов природных наблюдений и экспериментов с радиоактивной меткой для параметризации полуэмпирических моделей	66
Раздел 2.2. Парентеральный сорбционный и минеральный обмен живых и косных компонентов экосистем	72

Раздел 2.2.1. Эмпирическая параметризация и верификация камерных моделей	73
Раздел 2.2.2. Радиоактивный распад	80
Раздел 2.2.3. Размерные характеристики гидробионтов	82
Раздел 2.2.4. Рост гидробионтов и продукционные процессы	87
Раздел 2.2.5. Удельная биомасса и плотность популяций	94
Раздел 2.2.6. Концентрация химических элементов в воде	96
Раздел 2.2.7. Концентрация элементов — химических аналогов	113
Раздел 2.2.8. Физическая и химическая сорбция	118
Раздел 2.2.9. Биотическая трансформация физико-химических форм радионуклидов	123
Раздел 2.2.10. Лимитирование первичных продукционных процессов биогенными элементами	127
Раздел 2.3. Алиментарный путь минерального питания гидробионтов	134
Раздел 2.3.1. Особенности пищевого пути поглощения радионуклидов и их изотопных и неизотопных носителей гидробионтами	134
Раздел 2.3.2. Эмпирическая верификация камерных моделей	136
Раздел 2.3.3. Концентрация изотопных носителей в пище	141
Раздел 2.3.4. Соматический и генеративный рост	146
Раздел 2.4. Обобщённые характеристики полуэмпирической теории	149
Раздел 2.4.1. Совместное парентеральное и алиментарное поглощение химических веществ гидробионтами	149
Раздел 2.4.2. Массообмен в открытых системах	154
Раздел 2.4.3. Балансовые равенства обобщённой модели	156
Раздел 2.4.4. Область применимости обобщённой модели	158
ГЛАВА 3. ТЕОРИЯ РАДИОИЗОТОПНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО ГОМЕОСТАЗА МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ	162
Раздел 3.1. Динамические характеристики систем взаимодействия живого и косного вещества с радиоактивными и химическими компонентами морской среды	162
Раздел 3.1.1. Модель экосистемы фотического слоя	162
Раздел 3.1.2. Модель седиментационной функции пелагической экосистемы западной халистатики Чёрного моря	180
Раздел 3.2. Элементы теории управления морскими экосистемами	191
Раздел 3.3. Биогеохимические механизмы гомеостаза морских экосистем	196
Раздел 3.3.1. Концентрирующая функция живого и косного вещества	197
Раздел 3.3.2. Адаптационные характеристики гидробионтов	204
Раздел 3.3.3. Трофический фактор гомеостаза	207
Раздел 3.3.4. Популяционные характеристики биотопов	209
Раздел 3.3.5. Гомеостаз эстуарных зон	212

Раздел 3.3.6. Гомеостаз прибрежных вод по биогенным элементам	218
Раздел 3.3.7. Биогеохимические механизмы реализации компенсационного гомеостаза	226
Раздел 3.4. Экологическая ёмкость и ассимиляционная способность морской среды в отношении загрязняющих веществ	237
Раздел 3.4.1. Метаболический фактор экологической ёмкости	239
Раздел 3.4.2. Ассимиляционная способность	242
Раздел 3.4.3. Радиоёмкость	244
Раздел 3.5. Проблемы морского природопользования	255
Раздел 3.5.1. Принцип устойчивого развития акваторий	255
Раздел 3.5.2. Реализация принципа устойчивого развития акваторий по факторам загрязнения морской среды	256
Раздел 3.5.3. Биогеохимические критерии	258
Раздел 3.6. Экологическое нормирование загрязнения акваторий	270
Раздел 3.6.1. Севастопольская бухта	270
Раздел 3.6.2. Азовское море	279
Раздел 3.6.3. Критические зоны в Чёрном море	293
Раздел 3.6.4. Акватории с жидкими внешними границами	298
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	306
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	312
ПРИЛОЖЕНИЕ А	346
ОГЛАВЛЕНИЕ	349
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	352
ДЛЯ ЗАМЕТОК	353