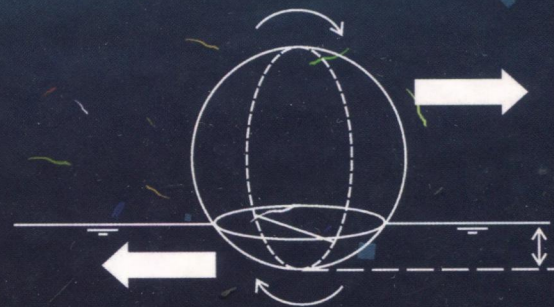
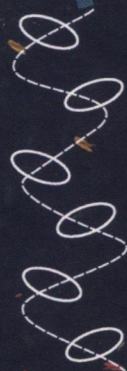
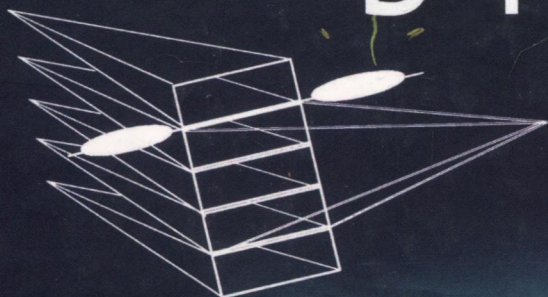


И.П. Чубаренко, Е.Е. Есюкова,
Л.И. Хатмуллина, О.И. Лобчук,
И.А. Исаченко, Т.В. Буканова



МИКРОПЛАСТИК В МОРСКОЙ СРЕДЕ



Российская академия наук
Институт океанологии им. П.П. Ширшова

**И.П. Чубаренко, Е.Е. Есюкова, Л.И. Хатмуллина,
О.И. Лобчук, И.А. Исаченко, Т.В. Буканова**

МИКРОПЛАСТИК В МОРСКОЙ СРЕДЕ

Москва
Научный мир
2021

УДК 550.4.08
ББК 20.171
Ч 81



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 21-15-00007. Не подлежит продаже.

Рецензенты:

Я.Ю. Блиновская, проф., д-р техн. наук,
Дальневосточный федеральный университет
А.Г. Зацепин, д-р физ.-мат. наук,
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Чубаренко, И.П.

Ч 81 Микропластик в морской среде : монография / И.П. Чубаренко, Е.Е. Есюкова, Л.И. Хатмуллина, О.И. Лобчук, И.А. Исаченко, Т.В. Буканова. Москва : Научный мир, 2021. – 520 с. : 20 с. цв. ил.

ISBN 978-5-91522-513-7

Мелкие частицы пластика (микропластик (МП), < 5 мм) обнаружены в Мировом океане повсеместно, от поверхности до дна, от льдов Арктики до вод Антарктики. Их свойства отличаются от свойств естественных частиц и при этом заметно изменяются со временем пребывания в окружающей среде, поэтому описание переноса микропластика в океане и закономерностей его накопления требуют дополнительных, целенаправленных и глубоко междисциплинарных усилий.

В книге приводятся современные сведения об уровне загрязнения Мирового океана пластиком и наблюдаемых свойствах частиц морского микропластика, о простых аналитических моделях их описания и разработке параметризаций на базе лабораторных экспериментов. Обобщены результаты натурных исследований загрязнения микропластиком водной толщи, донных и пляжевых отложений Балтийского моря, приведено детальное описание используемых методов отбора и обработки проб, экстракции и идентификации частиц микропластика.

Издание рассчитано на ученых океанологов, а также студентов и аспирантов соответствующих специальностей, но будет полезно и самому широкому кругу читателей, показывая невероятную уязвимость природной среды нашей маленькой планеты.

УДК 550.4.08
ББК 20.171

ISBN 978-5-91522-513-7

© Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И.,
Лобчук О.И., Исаченко И.А., Буканова Т.В., 2021
© Оформление. Издательство «Научный мир», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение.....	11
Часть I. Мировой океан пластика	15
Глава 1. Пластик и микропластик в морской среде	17
§ 1.1. Общая картина загрязнения Мирового океана пластиком	17
§ 1.2. Размерные классы пластикового мусора и источники морского микропластика	25
§ 1.3. Потенциальные угрозы окружающей среде и человеку	30
§ 1.4. Пластик как материал: структура молекул и общие физические свойства синтетических полимеров	37
Глава 2. Наблюдаемые свойства частиц морского микропластика	50
§ 2.1. Размеры частиц МП и их распределение	52
§ 2.2. Распределение видов полимеров в морской среде	61
§ 2.3. Форма и текстура поверхности частиц МП.....	65
§ 2.4. Цвет.....	71
Глава 3. Изменение свойств частиц микропластика со временем	74
§ 3.1. Деградация: старение материала, фрагментация, минерализация	74
§ 3.2. Биообрастание	80
§ 3.3. Агрегация	83
§ 3.4. Интегральная плотность частиц МП в окружающей среде	87
Часть II. Упрощённые теоретические модели описания свойств частиц микропластика	89
Глава 4. Простые балансовые и геометрические модели отдельной частицы	91
§ 4.1. Парусность, горизонтальный перенос ветром	91
§ 4.2. Биообрастание частиц разной формы	95
§ 4.3. Оседание частицы в неподвижной жидкости	96

Глава 5. Упрощённые модели распределений форм, плотностей и размеров частиц микропластика	99
§ 5.1. Модель распределения размеров частиц МП.....	99
§ 5.2. Модель распределения форм частиц МП	100
§ 5.3. Модель распределения плотностей частиц МП	101
Глава 6. Моделирование вероятностного распределения терминальной скорости оседания частиц микропластика	103
§ 6.1. Постановка задачи и исходные посылки.....	103
§ 6.2. Учёт распределений частиц МП по размеру, плотности и форме	105
§ 6.3. Распределение терминальных скоростей оседания и всплытия	105
Часть III. Лабораторный эксперимент и разработка параметризаций	109
Глава 7. Оседание частиц микропластика в морской среде	111
§ 7.1. Предельная скорость оседания (гидравлическая крупность) частицы: теоретические предпосылки.....	112
§ 7.2. Измерение вертикальных скоростей оседания и всплытия частиц МП	119
§ 7.3. Характер движения частиц МП и полуэмпирические зависимости	125
§ 7.4. Процессы, влияющие на оседание частиц МП в условиях реальной морской среды.....	133
Глава 8. Подходы к исследованию взмучивания и переноса частиц МП в придонном слое	142
§ 8.1. Общие положения.....	142
§ 8.2. Перенос микропластикового загрязнения в каньоне Назарé	144
§ 8.3. Эрозия частиц МП по сравнению с естественным осадком	146
§ 8.4. Перенос и захоронение МП в глубоководных отложениях мутьевыми потоками.....	149
§ 8.5. Наблюдение особенностей движения частиц МП различных форм на дне с различной шероховатостью	150
§ 8.6. Заключительные замечания	152
Глава 9. Фрагментация пластика в прибойной зоне моря	154
§ 9.1. Механическая фрагментация пластика в условиях окружающей среды: состояние исследований.....	155
§ 9.2. Постановка задачи и методика проведения экспериментов	157
§ 9.3. Генерация МП в прибойной зоне с различными типами пляжевых отложений.....	164
§ 9.4. Фрагментация различных видов пластика в прибойной зоне с грубым осадком: развитие процесса во времени	170
§ 9.5. От лабораторного эксперимента – к приложениям.....	186

Часть IV. Натурные наблюдения в Балтийском море.....	197
Глава 10. Распределение пластикового мусора по поверхности и в теле пляжа	201
§ 10.1. Уровень загрязнения, происхождение и пространственное распределение морского мусора на пляжах и в прибрежной зоне Литвы	202
§ 10.2. Сравнение методов OSPAR, рамок (Frame-метод) и граблей (Rake-метод) на пляжах Германии и Литвы.....	204
§ 10.3. Программа мониторинга пляжей методом OSPAR на побережье Германии (остров Рюген)	212
§ 10.4. Сигаретные фильтры и окурки на пляжах Балтийского моря	216
§ 10.5. Оценка загрязнения морским мусором побережий Калининградской области (Россия) с использованием метода OSPAR.....	221
§ 10.6. Пластик и микропластик на песчаных пляжах Юго-Восточной Балтики (Калининградская область, Россия).....	225
§ 10.7. Трёхмерное распределение антропогенных микрочастиц в толще песчаных пляжей.....	230
§ 10.8. Национальный парк «Куршская коса».....	238
§ 10.9. Новый источник загрязнения морской среды пластиковым мусором: геосинтетические материалы	245
Глава 11. Микропластик в водной толще Балтийского моря.....	251
§ 11.1. Современное состояние исследований	251
§ 11.2. Микропластик и микромусор в водной толще собственно Балтийского моря	254
§ 11.3. Вариации содержания микропластика в водной толще стратифицированного Балтийского моря: исследования с использованием нового прибора PLEX для отбора проб	262
Глава 12. Микропластик в донных осадках Балтийского моря	279
§ 12.1. Современное состояние исследований	279
§ 12.2. Микропластик в донных отложениях Юго-Восточной Балтики: методика количественного определения МП и первые результаты.....	285
§ 12.3. Эффективность извлечения микропластика из донных отложений Балтийского моря с помощью мюнхенского сепаратора	299
§ 12.4. Данные о загрязнении микропластиком проб донных отложений Балтийского моря в 2015–2016 годах.....	313
Часть V. Методики: отбор проб, пробоподготовка, экстракция, идентификация	321
Глава 13. Методы отбора проб	323

§ 13.1. Водная толща	325
§ 13.2. Пляжевые отложения.....	331
§ 13.3. Донные отложения	337
Глава 14. Этапы и методики экстракции частиц МП из проб.....	339
§ 14.1. Консервация, хранение проб	339
§ 14.2. Контроль качества	341
§ 14.3. Пробоподготовка, основные этапы экстракции частиц МП.....	343
Глава 15. Методы анализа МП.....	353
§ 15.1. Идентификация МП.....	353
§ 15.2. Физико-химические характеристики	355
§ 15.3. Определение химического состава МП и вида полимера.....	358
§ 15.4. Выражение количественного содержания частиц МП в образцах пляжевых отложений, в водном столбе, в донных отложениях	360
Заключение: Одноразовая планета?	363
Библиографический список.....	365
Приложения.....	435
Предметный указатель	497