



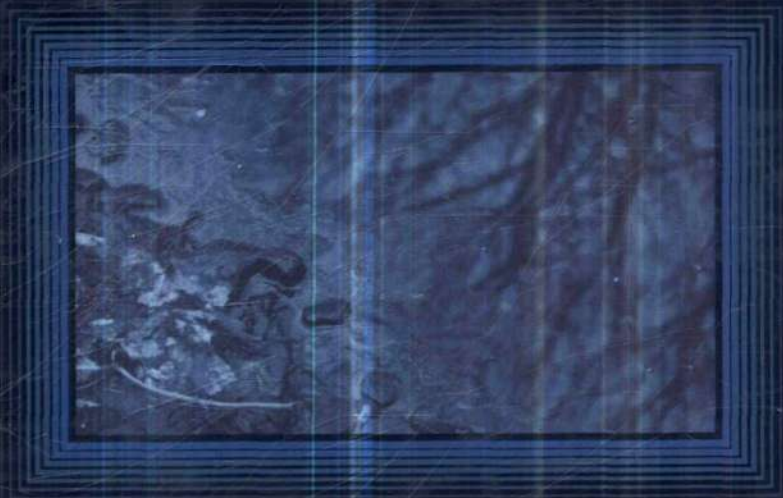
ИБРАЭ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Институт проблем безопасного развития  
атомной энергетики

1541478

С.В. Казаков, С.С. Уткин

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ



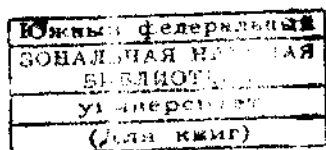
2018

**С.В. Казаков, С.С. Уткин**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДНЫХ  
ЭКОСИСТЕМ**

ООО «САМ Полиграфист»  
2018

УДК 621.039  
ББК 31.4  
К14



15.11.2018

**Исследование проблем обеспечения радиационной безопасности водных экосистем / С.В. Казаков, С.С. Уткин ; под ред. И. И. Линге ; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : ООО «САМ Полиграфист», 2018. — 270 с., илл.**

**ISBN 978-5-00077-798-5**

Основная цель монографии — продемонстрировать и проанализировать проблемы водной радиэкологии, которые являются интересными, важными и актуальными для прогноза и оценки радиологического и радиэкологического состояния водных экосистем широкого генезиса (включая поверхностные водоемы-хранилища жидких радиоактивных отходов). Авторы стремились продемонстрировать идеи, методы и способы решения задач в объеме данной проблематики, которые представляют научно-практический интерес с точки зрения регулирования состояния водных экосистем с использованием как радиологических, так и радиэкологических подходов. Отдельно рассмотрены задачи по исследованию основных параметров (это, главным образом, коэффициент распределения радионуклидов в системе «раствор-взвесь» и коэффициент накопления радионуклидов в гидробионтах, а также динамические параметры), которые используются при решении задач прогностического моделирования поведения радиоактивных веществ в морских и пресных водных объектах.



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту № 18-18-00028\18, не подлежит продаже.

## Содержание

Предисловие научного редактора .....	7
Введение.....	12
Раздел 1. Классификация водных систем, подверженных радиационному воздействию ...	18
1.1. Классификация водных систем по генезису наличия радиоактивных веществ.....	18
1.1.1. Водоемы – хранилища жидких радиоактивных отходов.....	18
1.1.2. Водные объекты, загрязненные в результате радиационных аварий.....	27
1.1.3. Загрязненные водные объекты – объекты «ядерного наследия» .....	30
1.1.4. Водоемы-охладители АЭС.....	34
1.1.5. Водные объекты общего использования .....	37
1.2. Классификация водных систем по экологическим признакам и характеристикам...38	
1.2.1. Классификация морских экосистем .....	39
1.2.1.1. Типовая гидрогеоморфология морской среды .....	39
1.2.1.2. Прибрежная (береговая) зона.....	40
1.2.1.3. Шельф.....	43
1.2.1.4. Морские эстуарии .....	45
1.2.1.5. Открытая морская (океаническая) область.....	47
1.2.2. Классификация пресноводных экосистем.....	49
1.2.2.1. Водотоки .....	49
1.2.2.2. Водоемы .....	50
Литература к Разделу 1 .....	54
Раздел 2. Оценка радиационного состояния водных экосистем .....	59
2.1. Действующие регламенты радиационной безопасности водных экосистем.....	59
2.2. Сравнительная классификация качества вод по факторам радиационного и химического загрязнения.....	68
2.3. Ранжирование природно-техногенных водных систем по уровню их опасности .....	72
2.4. Альтернативные подходы к обеспечению радиационной безопасности водных экосистем.....	77
Литература к Разделу 2 .....	79
Раздел 3. Радиологическое регламентирование состояния водных экосистем.....	83
3.1. Схема расчета дозы для населения, формируемой за счет водопользования .....	83
3.1.1. Расчет дозы внешнего облучения для населения при водопользовании .....	86
3.1.2. Расчет дозы внутреннего облучения для населения при водопользовании.....	87
3.2. Особенности моделирования дозы, формируемой за счет использования пресноводных или морских экосистем.....	90

3.2.1. Модели расчета дозы для населения при радиоактивном загрязнении поверхностных пресных вод.....	90
3.2.2. Модели расчета дозы для населения при радиоактивном загрязнении морской среды.....	91
3.3. Процедура регламентирования радиологического состояния водных экосистем.....	93
Литература к Разделу 3.....	106
Раздел 4. Радиоэкологические подходы к обеспечению радиационной безопасности водных экосистем.....	108
4.1. Антропоцентрический подход радиационной защиты биоты.....	108
4.2. Обоснование радиоэкологических подходов: аргументация эгоцентризма.....	112
4.3. Радиоэкологические подходы в структуре отечественной системы обеспечения радиационной безопасности.....	117
4.4. Процедуры и порядок расчета дозы на гидробионты.....	123
4.5. О взаимоотношении радиологических и радиоэкологических критериев радиационной безопасности водных экосистем.....	130
Литература к Разделу 4.....	133
Раздел 5. Моделирование процессов миграции и накопления радионуклидов в компонентах водных экосистем.....	140
5.1. Обзор основных типов моделей прогноза и оценки радиационного состояния водных экосистем.....	141
5.2. Процессы, определяющие перенос радионуклидов в водных экосистемах.....	144
5.3. Модели с сосредоточенными параметрами (камерные модели).....	146
5.4. Модели с распределенными параметрами.....	153
5.5. Модели, используемые для оценки радиоэкологических последствий аварии на АЭС «Фукусима» для морской среды.....	155
5.6. Программные комплексы «Кассандра-Сибилла».....	159
Литература к Разделу 5.....	160
Раздел 6. Анализ и определение значений коэффициентов распределения радионуклидов в системе «взвесь-раствор».....	165
6.1. $K_d$ - общие сведения.....	165
6.2. Распределение радионуклидов в системе «раствор-взвесь».....	168
6.3. Накопление радионуклидов в донных осадках.....	176
6.3.1. Общие сведения об осадконакоплении.....	176
6.3.2. Эстуарии [17].....	179
6.3.3. Прибрежные районы и шельф [17].....	179
6.3.4. Открытый океан [15, 17].....	180

6.3.5. Особенности содержания и распределения естественных радионуклидов в морских средах .....	181
6.4. Определение референтных значений $K_d$ .....	182
6.4.1. Значения $K_d$ для пресных вод .....	183
6.4.2. Значения $K_d$ для морских экосистем .....	185
6.4.3. $K_d$ для открытых океанических областей .....	186
6.4.4. $K_d$ для для прибрежных районов и эстуариев .....	189
6.4.5. Определение референтных уровней $K_d$ .....	192
6.4.6. Возможности физико-химического моделирования $K_d$ .....	194
6.4.7. Особенности использования параметра $K_d$ .....	196
6.5. Динамические характеристики распределения радионуклидов в системе «вода-взвесь» .....	202
6.5.1. Динамика коэффициента распределения $K_d$ .....	202
6.5.2. Параметры самоочищения морской воды .....	206
Литература к Разделу 6 .....	216
<b>Раздел 7. Анализ и определение коэффициентов накопления радионуклидов в гидробионтах .....</b>	<b>220</b>
7.1. Сведения и источники данных о накоплении радионуклидов в гидробионтах .....	220
7.1.1. Накопление в фитопланктоне .....	221
7.1.2. Накопление в зоопланктоне .....	222
7.1.3. Накопление в рыбе .....	223
7.1.4. Накопление в моллюсках .....	224
7.1.5. Накопление в ракообразных .....	224
7.1.6. Накопление в млекопитающих .....	224
7.1.7. Накопление в водорослях .....	224
7.2. Значения коэффициентов накопления радионуклидов в пресноводных гидробионтах .....	225
7.3. Значения коэффициентов накопления радионуклидов в гидробионтах, обитающих в морской среде .....	228
7.4. Значения коэффициентов накопления радионуклидов для референтных видов гидробионтов .....	241
7.5. Динамические характеристики накопления радионуклидов в гидробионтах .....	243
7.5.1. Динамические характеристики параметров накопления радионуклидов в фитопланктоне .....	243
7.5.2. Динамические характеристики параметров накопления радионуклидов в зоопланктоне .....	246
7.5.3. Динамические характеристики накопления радионуклидов в рыбах .....	248

7.5.4. Динамические характеристики параметров накопления радионуклидов в моллюсках .....	255
7.5.5. Динамические характеристики накопления радионуклидов для морских млекопитающих .....	258
7.5.6. <i>Параметры накопления и выведения радионуклидов в макрофитах</i> .....	260
Литература к Разделу 7 .....	262
Заключение .....	266