

Российская Академия Наук
Уральское отделение
Институт экологии растений и животных
Российская Академия сельскохозяйственных наук
Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт

А.В. Трапезников И.В. Молчанова
Е.Н. Караваева В.Н. Трапезникова

МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПРЕСНОВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Том I

Екатеринбург
2007

Российская Академия Наук
Уральское Отделение
Институт экологии растений и животных
Российская Академия сельскохозяйственных наук
Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт

А.В.Трапезников И.В.Молчанова
Е.Н.Караваева В.Н.Трапезникова

**МИГРАЦИЯ РАДИОНУКЛИДОВ
В ПРЕСНОВОДНЫХ И НАЗЕМНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ**

Том I

ЕКАТЕРИНБУРГ
Издательство Уральского университета
2007

УДК 574.2.043

ББК 28.08

T 576

Ответственный редактор: член-корреспондент РАСХН
доктор биологических наук, профессор **И.М. Донник**

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор **Б.В. Тестов**,
доктор физико-математических наук, профессор **П.В. Волобуев**

А.В. Трапезников, И.В. Молчанова,

Е.Н. Караваева, В.Н. Трапезникова

T 576 Миграция радионуклидов в пресноводных и наземных экосистемах. Том I. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. – 480 с. Илл. 16 с.

ISBN 978-5-7525-1861-1

Обобщен опыт многолетних радиэкологических исследований, основу которых составляют классические положения факториальной радиэкологии. Изучены закономерности миграции, накопления и перераспределения широкого спектра радионуклидов в компонентах пресноводных и наземных экосистем различных природно-климатических зон. Особое внимание уделено исследованию природных экосистем, подверженных воздействию предприятий ядерного топливного цикла. Показана специфичность поведения радионуклидов в сопряженных по стоку наземных и пресноводных экосистемах, расположенных на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа. Детально исследованы р. Теча и её пойма, загрязнённые радиоактивными веществами в результате деятельности ПО «Маяк» на Южном Урале. Впервые оценён трансконтинентальный перенос радионуклидов крупнейшей в Западной Сибири Обь-Иртышской речной системой (рр. Теча, Исеть, Тура, Иртыш и Обь). Рассмотрены особенности барьерной роли различных пресноводных и наземных экосистем на пути рассеяния радионуклидов во внешней среде. Оценена радиэкологическая ситуация в тридцатикилометровой зоне Белооярской АЭС на Среднем Урале.

Книга представляет интерес для широкого круга специалистов в области радиэкологии, общей экологии, гидробиологии, почвоведения, радиационной гигиены и охраны природы.

Таблиц – 191, рисунков – 130, библиография: 725 наименований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 07-05-00171 и № 07-05-00070), интеграционного гранта с Сибирским отделением РАН № 89, а также программы Президиума РАН № 12 «Научные основы сохранения биоразнообразия России».

УДК 574.2.043

ББК 28.08

- © А.В. Трапезников, И.В. Молчанова,
Е.Н. Караваева, В.Н. Трапезникова, 2007
- © Институт экологии растений и животных
УрО РАН, 2007
- © Уральский научно-исследовательский
ветеринарный институт, 2007
- © Издательство Уральского
университета, 2007

ISBN 978-5-7525-1861-1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА I. РАДИОЭКОЛОГИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ КАК НАУЧНАЯ ДИСЦИПЛИНА	7
1.1. Теоретический фундамент радиоэкологии	7
1.2. Место радиоэкологии пресноводных экосистем в ряду других научных дисциплин	8
1.3. Барьерная роль пресноводных экосистем по отношению к миграции радиоактивных веществ	10
1.3.1. <i>Распределение радионуклидов по основным компонентам пресноводных экосистем</i>	10
1.3.2. <i>Радиационная емкость пресноводных экосистем</i>	11
1.4. Превращение пресноводной экосистемы в источник радиоактивного загрязнения окружающей среды	12
1.4.1. <i>Транспортная функция водных экосистем – вынос радионуклидов из проточных водохранилищ и перенос их речными экосистемами</i> ...	12
1.4.2. <i>Вторичное загрязнение речных систем радионуклидами через пойменные участки в период паводков</i>	16
1.4.3. <i>Поступление радионуклидов из пресноводной экосистемы в пищевые цепочки представителей других экосистем</i>	17

1.5. Экологические факторы, влияющие на аккумуляцию радионуклидов компонентами пресноводных экосистем	19
1.5.1. Макро- и микроконцентрации химических элементов в водной среде	19
1.5.2. Концентрация в водной среде изотопных и неизотопных носителей	20
1.5.3. Физико-химическое состояние радионуклидов в воде и рН водной среды	20
1.5.4. Температура водной среды	23
1.5.5. Световой фактор	26
1.5.6. Сезонная динамика накопления радионуклидов гидробионтами	27
1.5.7. Трофность водоема как экологический фактор...	28
1.5.8. Накопление радионуклидов макрофитами в зависимости от экологической группы растений....	29
1.6. Биоиндикация радиоактивного загрязнения	30
1.7. Исследование изотопных отношений радионуклидов как метод идентификации источников радиоактивного загрязнения водных экосистем	30
1.8. Специфичность радиоэкологической ситуации в Уральском регионе	31
ГЛАВА II. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	37
2.1. Материал и методика исследований	39

2.1.1. Наземные экосистемы	39
2.1.2. Материал исследования пресноводных экосистем ..	94
2.1.3. Методика отбора природного материала в пресноводных экосистемах и предваритель- ная подготовки его для анализов	101
2.1.4. Методика проведения лабораторных опытов с гидробионтами и донными отложениями	103
2.2. Методы определения содержания радионуклидов в компонентах пресноводных и наземных экосистем	105
2.2.1. Методика гамма-спектрометрического анализа	107
2.2.2. Радиохимические методы	107
2.3. Методика нейтронно-активационного анализа	114
2.4. Статистическая обработка результатов	116
ГЛАВА III. НАКОПЛЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СЛАБОПРОТОЧНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОХРАНИЛИЩАХ (на примере Белоярского водохранилища)	118
3.1. Общая характеристика Белоярского водохрани- лища – водоема-охладителя Белоярской атомной станции	118
3.2. Содержание ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде Белоярского водохранилища	125
3.2.1. Динамика концентрации ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде в разные годы	126

3.2.2. Динамика концентрации ^{60}Co и ^{137}Cs в воде по сезонам года.....	133
3.2.3. Распределение ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в водной фазе по центральной части акватории водохранилища.....	135
3.2.4. Вертикальное распределение ^{60}Co и ^{137}Cs в воде водохранилища.....	138
3.2.5. Расчет выноса ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs за пределы водохранилища.....	140
3.2.6. Распределение ^{60}Co и ^{137}Cs в экспериментальной системе вода-лед.....	141
3.3. Накопление и распределение ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в грунтах Белоярского водохранилища.....	144
3.3.1. Распределение ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в грунтах различных зон водоема-охладителя Белоярской АЭС.....	145
3.3.2. Накопление ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в грунтах пресноводного водохранилища.....	149
3.3.3. Влияние температуры водной среды на накопление ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs донными отложениями в природных и экспериментальных условиях.....	151
3.3.4. Сравнительная характеристика накопления ^{60}Co и стабильного изотопа ^{59}Co затопленной почвой пресноводного водохранилища.....	155
3.4. Уровни содержания и накопление ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в гидробионтах Белоярского водохранилища.....	157

3.4.1.Накопление ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs макрофитами пресноводного водохранилища	159
3.4.2.Сезонная динамика накопления ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs пресноводными растениями.....	167
3.4.3.Влияние температуры водной среды на накопление ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs пресноводными растениями.....	171
3.4.4.Содержание ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs в водных растениях различных зон водоема-охладителя Белоярской АЭС	177
3.4.5.Исследование путей поступления кобальта в пресноводные растения.....	
3.4.6.Накопление ^{60}Co и ^{137}Cs в ихтиофауне Белоярского водохранилища.....	184
3.4.7.Накопление стабильного изотопа ^{59}Co в рыбе	192
3.4.8.Влияние температуры водной среды на накопление ^{60}Co и ^{137}Cs рыбой.....	194
3.5. Расчет запасов ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в основных компонентах Белоярского водохранилища	195
3.5.1.Расчет запасов ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в воде водохранилища	197
3.5.2.Расчет запасов ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в донных отложениях водохранилища	198
3.5.3.Расчет запасов ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в макрофитах водохранилища	206

3.5.4. Соотношение запасов ^{60}Co , ^{90}Sr и ^{137}Cs , содержащихся в основных компонентах водохранилища	208
3.6. Специфика накопления радионуклидов в водохранилищах	214
ГЛАВА IV. НАКОПЛЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ (на примере озер, расположенных на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа)	215
4.1. Общая характеристика озер Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное, расположенных на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа..	215
4.2. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде озер Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное	226
4.2.1. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде озера Тыгиш....	226
4.2.2. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде озера Большой Сунгуль	230
4.2.3. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде озера Червяное	233
4.3. Уровни содержания и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях озер Тыгиш, Большой Сунгуль, Червяное и Щучье	236
4.3.1. Уровни содержания и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях озера Тыгиш	237
4.3.2. Уровни содержания и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях озера Большой Сунгуль.....	246

4.3.3. Уровни содержания и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях озера Червяное	251
4.3.4. Уровни содержания и распределение ^{90}Sr и ^{137}Cs в донных отложениях озера Щучье	256
4.4. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs в гидробионтах озер Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное	259
4.4.1. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs в макрофитах озер Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное	259
4.4.2. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs в ихтиофауне озер Тыгиш и Большой Сунгуль	261
4.5. Расчет запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в озерах Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное	270
4.5.1. Расчет запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в озере Тыгиш	270
4.5.2. Расчет запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в озере Большой Сунгуль	282
4.5.3. Расчет запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в озере Червяное ...	286
4.6. Специфика накопления радионуклидов в озерных экосистемах	295
ГЛАВА V. НАКОПЛЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И МИГРАЦИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ВКЛЮЧАЯ ИХ ПОЙМУ (на примере рек Обь-Иртышской речной системы)	297
5.1. Общая характеристика рек Течи и Исети, подверженных воздействию ядерного предприятия «Маяк»	297

5.2. Содержание ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ в воде рек Теча и Исеть	308
5.2.1. Содержание ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ в воде реки Течи	308
5.2.2. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде реки Исеть	319
5.3. Накопление и распределение ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в донных отложениях рек Теча, Исеть и в их пойме	323
5.3.1. Содержание и распределение ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am и ^{99}Tc в донных отложениях реки Течи и в ее затопленной пойме	323
5.3.2. Содержание и распределение ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в донных отложениях реки Исети и в ее затопленной пойме	339
5.4. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в гидробионтах рек Течи и Исети	355
5.4.1. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в гидробионтах реки Течи	355
5.4.2. Уровни содержания и накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs в водных растениях рек Исети, Миасса и Тобола	359
5.5. Расчет запасов ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в реках Тече и Исети и их пойме	362
5.5.1. Расчет запасов ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в реке Тече и ее пойме	362
5.5.2. Расчет запасов ^{90}Sr , ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$ в реке Исети и ее пойме	364

5.6. Определение возраста донных отложений.....	371
5.7. Идентификация радиоактивного загрязнения рек Течи и Исети с помощью анализа изотопных отношений в донных отложениях пойменных водоемов	373
5.8. Накопление, распределение и миграция ^{137}Cs в реке Туре и в ее пойменных водоемах	378
5.8.1. <i>Общая характеристика реки Туры</i>	378
5.8.2. <i>Вертикальное распределение ^{137}Cs в донных отложениях пойменных водоемов реки Туры</i>	382
5.8.3. <i>Расчет запасов ^{137}Cs в пойме реки Туры в границах Тюменской области</i>	383
5.8.4. <i>Расчет годового поступления и выноса ^{137}Cs с водой реки Туры в границах Тюменской области</i>	392
5.9. Накопление, распределение и миграция ^{90}Sr , ^{137}Cs и тяжелых металлов в реках Иртыш, Обь и в их пойме	399
5.9.1. <i>Общая характеристика рек Иртыш и Обь</i>	399
5.9.2. <i>Оценка уровней содержания и запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде рек Иртыш и Обь в границах Ханты-Мансийского автономного округа</i>	404
5.9.3. <i>Оценка уровней содержания и запасов ^{90}Sr и ^{137}Cs в пойменных грунтах рек Иртыш и Обь в границах Ханты-Мансийского автономного округа</i>	414

5.9.4. Оценка уровней содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs ихтиофауной рек Иртыш и Обь	422
5.9.5. Содержание тяжелых металлов и органических токсикантов в воде рек Иртыш и Обь в границах Ханты-Мансийского автономного округа	424
5.9.6. Содержание тяжелых металлов и органических токсикантов в донных отложениях рек Иртыш и Обь в границах Ханты-Мансийского автономного округа	443
5.10. Специфика накопления радионуклидов в речных экосистемах	444
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	447