

1

Наукові праці

Видається з грудня 2001 року

Науково-методичний журнал

*З редакції журналу
Рева*



Серія

“ЕКОЛОГІЯ” Спецвипуск

Випуск 89, 2008

Том 102

ЗМІСТ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
Гродзинский Д.М. МОДИФИКАЦИЯ ОТДАЛЕННЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ.....	7
Михеев А.Н., Шилина Ю.В., Овсянникова Л.Г. МОЖЕТ ЛИ ХРОНИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БЫТЬ РАДИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИМ ДЛЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ, ПОДВЕРГШИХСЯ ИНГИБИРУЮЩЕМУ ДЕЙСТВИЮ ОСТРОГО ГАММА-ОБЛУЧЕНИЯ? (К ВОПРОСУ О НИЗКОДОЗОВОЙ РАДИОТЕРАПИИ).....	18
Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A., Chizhenkov V.Yu. DYNAMICS OF CHANGES OF INTERSPIKE INTERVALS IN POPULATIONS OF CORTICAL NEURONS UNDER LOW-INTENSITY MICROWAVE IRRADIATION.....	23
Демина Э.А., Демченко Е.Н. РАДИОПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ТИМАЛИНА И РИБОКСИНА НА ХРОМОСОМНОМ УРОВНЕ ЛИМФОЦИТОВ ЧЕЛОВЕКА.....	27
Дерев'янюк Л.П., Назаров В.П. ВИКОРИСТАННЯ КОНЦЕНТРАТУ ЕЛАМІНУ З МОРСЬКОЇ ВОДОРСТІ ЛАМІНАРІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ ДІЇ МАЛИХ ДОЗ РАДІАЦІЇ.....	30
Кутлахмедов Ю.А., Саливон А.Г., Матвеева И.В., Петрусенко В.П., Криворотько В.М., Родина В.В. УПРАВЛЕНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ДОЗОВЫХ ЗАГРУЗОК НА БИОТУ ЭКОСИСТЕМ.....	35
Сенюк О.Ф., Горовой Л.Ф., Ковалев В.А., Курченко В.П., Рытик П.Г., Кучеров И.И. АНТИИНФЕКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕЛАНИН-ГЛЮКАНОВОГО КОМПЛЕКСА ИЗ ВЫСШИХ ГРИБОВ.....	40
Рябченко Н.М., Дьоміна Е.А. ЗНАЧЕННЯ ЦИТОГЕНЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ВЕЛИЧИНИ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РАДІАЦІЙНОЇ ЧУТЛИВОСТІ ЛЮДИНИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРВИННОЇ ПРОФІЛАКТИКИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ.....	45
Саливон А.Г., Пчеловська С.А., Леньшина А.М., Кутлахмедов Ю.О., Міхеев О.М. ВИВЧЕННЯ ЕФЕКТУ КОМБІНОВАНОЇ ДІЇ ГАМА-ОПРОМІНЕННЯ ТА ХЛОРИДУ КАДМІЮ МЕТОДОМ ЗАЛИШКОВОЇ РАДІОАКТИВНОСТІ.....	48
Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. “ЖИТТЄВА” ДОЗА ВІД ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ ОПРОМІНЕННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ.....	53
Бешко В.Г., Бруслова Е.М., Матасар И.Т., Лизогуб В.А., Равинский В.И. ПРОДУКТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ЛАМИНАРИЕВЫХ ВОДОРосЛЕЙ КАК СПОСОБ КОРРЕКЦИИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ.....	59
Ганжа О.Б., Моїсєєв А.Ю., Родіонова Н.К., Дружина М.О. РАДІОЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНОЇ МІНЕРАЛЬНОЇ ВОДИ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЗАЛІЗА.....	65
Гудков И.Н. КОНТРПРИЕМЫ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ КАК ОСНОВА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ.....	70

4/10 1

УПРАВЛЕНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ ДОЗОВЫХ ЗАГРУЗОК НА БИОТУ ЭКОСИСТЕМ

Кутлахмедов Ю.А., Саливон А.Г., Матвеева И.В.,
Петрусенко В.П., Криворотько В.М., Родина В.В.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины, г. Киев;
Национальный авиационный университет, г. Киев

Дозы хронического облучения воздействуют не только на человека, но и на биоту экосистем, где произошло радионуклидное загрязнение. Современный этап становления радиоэкологии требует развития теоретической радиоэкологии с целью обобщения огромного опыта накопленного после Кыштымской и Чернобыльской аварии. Развиваемые нами теория и модели радиоемкости экосистем способны образовать полезный вклад в радиоэкологию [1-3]. На основе теоретического анализа и экспериментальных исследований нами предложено использовать такую меру – как радиоемкость и/или фактор радиоемкости экосистем и ее составляющих. Радиоемкость определяется как предельное количество поллютантов (радионуклидов) которое может аккумулироваться в биотических компонентах экосистемы, без нарушения их основных функций (воспроизводство и кондиционирование среды обитания). Фактор радиоемкости определяется как доля поллютантов, что накапливается в том или ином компоненте экосистемы (в ландшафте).

Для минимизации дозовых нагрузок на биоту экосистем необходимо решить целый ряд проблем. Необходимо прежде всего установить предельные уровни радионуклидного загрязнения (радиоемкость экосистем) при которых, можно ожидать угнетения или гибели биоты экосистем. Определить величину радиоемкости возможно на основе установления предельных доз облучения, которые составляют по оценкам зонирования экосистем (Г.Г. Поликарпов, В.Г. Цыцугина) (таблица 1) [4]. Из этой таблицы следует, что существенные биологические и экологические эффекты наблюдаются, как правило, в зоне очевидных экологических эффектов.

В соответствии с данными таблицы 1 эти дозы будут составлять около 0,4 (для животных) и 4 Гр/год (для растений и гидробионтов). Была разработана модель расчета дозовых нагрузок для биоты в зоне радионуклидного загрязнения разными радионуклидами (Б. Амиро) [5] (таблица 2).

Таблица 1

Шкала зонирования дозовых воздействий на экосистему
(указана величина мощностей доз облучения за год)

ЗОНА	Мощность поглощенной дозы (Гр /год)
Зона радиационного благополучия	< 0,001-0,005
Зона физиологической маскировки	0,005-0,05
Зона экологической маскировки: Для наземных животных Для гидробионтов и наземной растительности	0,05-0,4 0,05-4
Зона очевидных экологических эффектов: Драматических: Для наземных животных Для гидробионтов и наземной Катастрофических: Для животных и растений	>> 0,4 >> 4 >> 100

Таблиця 2

**Величины значений дозовых коэффициентов
для биоты экосистем по некоторым радионуклидам (В. Амиро)**

Радионуклид, внутреннее облучение, Гр/год/Бк/кг	Внешнее облучение				
	вода Гр/год/Бк/м ³	воздух Гр/год/Бк/м ³	почва Гр/год/Бк/кг	вегетация Гр/год/Бк/кг	
¹³⁷ Cs	4,10 10 ⁻⁶	2,70 10 ⁻⁹	1,72 10 ⁻⁶	4,02 10 ⁻⁶	1,72 10 ⁻⁶
³ H	2,88 10 ⁻⁸	0	0	0	0
⁴⁰ K	3,44 10 ⁻⁶	1,76 10 ⁻⁹	1,43 10 ⁻⁶	2,64 10 ⁻⁶	1,43 10 ⁻⁶
³² P	3,52 10 ⁻⁶	1,57 10 ⁻⁹	1,43 10 ⁻⁶	2,36 10 ⁻⁶	1,43 10 ⁻⁶
²⁴¹ Am	2,86 10 ⁻⁵	1,48 10 ⁻¹⁰	7,73 10 ⁻⁸	2,22 10 ⁻⁷	7,73 10 ⁻⁸
²³⁹ Pu	2,64 10 ⁻⁵	3,72 10 ⁻¹²	2,35 10 ⁻⁹	5,58 10 ⁻⁹	2,35 10 ⁻⁹
⁹⁰ Sr	9,92 10 ⁻⁷	3,07 10 ⁻¹⁰	2,83 10 ⁻⁷	4,61 10 ⁻⁷	2,83 10 ⁻⁷
²²² Rn	1,12 10 ⁻⁴	8,91 10 ⁻⁹	6,00 10 ⁻⁶	1,43 10 ⁻⁵	6,00 10 ⁻⁶
¹⁴ C	2,5 10 ⁻⁷	6,51 10 ⁻¹²	6,01 10 ⁻⁹	9,77 10 ⁻⁹	6,01 10 ⁻⁹

По моделям расчета доз (В. Амиро) это составляет величину радиоемкости по ¹³⁷Cs около 600 кБк/кг биомассы, что соответствует суммарной дозе облучения биоты около 4 Гр/год. Аналогично могут быть рассчитаны величины радиоемкости по другим радионуклидам и их комбинациям.

Требуется также построить модели радиоемкости разного типа экосистем для того, чтобы определить компоненты биоты, где возможны повышенные уровни депонирования радионуклидов, способные сформировать значительные дозы ее облучения. Для разного типа экосистем нами построены такие модели [6].

Таким образом наша оценка предельной дозы дает значение в 4 Гр/год, которое соответствует содержанию в биоте, примерно 600 кБк/кг, в соответствии расчетом по дозовой модели для биоты, созданной В. Амиро. Важным адекватным параметром оценки является величина фактора радиоемкости, которая определяет относительную долю запаса радионуклидов, сосредоточенную в разных компонентах экосистемы (в биоте, воде, грунте и т. д.). Для ряда экосистем: озеро, болото, река, каскад водохранилищ и т. д. нами разработаны математические модели для оценки параметров их радиоемкости.

1. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ФАКТОРА РАДИОЕМКОСТИ В ВОДОЕМАХ.

Агре и Корогодину [1] удалось открыть и вывести простую формулу оценки фактора

$$F = \frac{kh}{H + kh} \quad (1)$$

$$F_b = \frac{pNK_b}{pNK_b + kh + H} \quad (2)$$

$$F_c = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - F_i) \quad (3)$$

1. Для бентоса донных отложений пресноводного водоема предельно – допустимый

сброс радионуклидов в водоем (1). F – фактор радиоемкости водоема, k – коэффициент накопления – донные отложения – вода, h – толщина активного слоя ила озера, H – средняя глубина, p – плотность биоты в водоеме, Kb – коэффициент накопления – биота – вода) (формула 1, 2), Fi – факторы радиоемкости отдельных водоемов в системе каскада водоемов (формула 3). Это, прежде всего озерные, лесные, склоновые и горные экосистемы, а также целые ландшафты. Такие модели позволяют выявить критическую составляющую биоты, которая для озерных экосистем представляет биоту воды и донных отложения. В лесу это лесная подстилка. Для склоновых и горных экосистем, как правило, это также биота водных экосистем, где происходит депонирование радионуклидов попавших в экосистемы.

Определить экологические нормативы на уровни сброса и складирования радионуклидов в разного типа экосистемах. Это можно сделать на основе моделей радиоемкости данных конкретных экосистем. Конкретные расчеты позволили построить формулы для расчета допустимых уровней загрязнения биоты бентоса (4) и биоты водной толщи (5). В частности формулы для расчета представлены ниже.

сброс радионуклидов в водоем (Nk), не должен превышать:

$$N_k < \frac{LhS}{kF}$$

2. Для водного населения (планктон, нейстон) в толще воды предельно допустимый сброс радионуклидов не должен превышать (N_b): где L – предел концентрации радионуклидов в водной биоте – 1000 кБк/кг,

$$N_b < \frac{LHS}{K_b(1-F)}$$

К сожалению, такие экологические нормативы могут быть установлены только локально для каждой отдельной экосистемы и/или ландшафта в целом. Следует подчеркнуть, что возможные ситуации, когда экологические нормативы могут быть жестче, чем действующие гигиенические нормативы.

S – площадь водоема, остальные обозначения приведены выше.

Используя дозовые коэффициенты и формулы для радиоемкости озера можно определить предельные уровни поступления радионуклидов в данную экосистему, с тем чтобы не превысить рассчитанный предельный уровень по ^{137}Cs в 600 кБк/кг. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета дозовой нагрузки на биоту бентоса для озерной экосистемы загрязненной ^{137}Cs

Доза от радионуклидов (Гр/год)	Значения коэффициентов накопления K_b в системе: донные отложения – биота (бентос)					
	$K_b = 1$	$K_b = 10$	$K_b = 100$	$K_b = 1000$	$K_b = 10000$	$K_b = 100000$
Воды	5,4 E-9	5,4 E-9	5,4 E-9	5,4 E-9	5,4 E-9	5,4 E-9
От донных отложений	3,2 E-8	3,2 E-8	3,2 E-8	3,2 E-8	3,2 E-8	3,2 E-8
От вегетирующей биомассы	1,4 E-8	1,4 E-7	1,4 E-6	1,4 E-5	1,4 E-4	1,4 E-3
Доза внутренняя	3,3 E-8	3,3 E-7	3,3 E-6	3,3 E-5	3,3 E-4	3,3 E-3
Суммарная дозовая нагрузка	5,2 E-8	4,75 E-7	4,74 E-6	4,7 E-5	4,7 E-4	4,7 E-3
Допустимый сброс радионуклидов в озеро (Бк/год) (за первый год)	4,8 E+13	5,9 E+12	8,44 E+11	8,5 E+10	8,5 E+9	8,5 E+8

Из таблицы 3 следует, что допустимый уровень сброса радионуклидов в озерную экосистему, зависит прежде всего от коэффициентов накопления радионуклидов биотой донных отложения. Даже при реальных значениях K_b в 1000 единиц, этот сброс в озеро размера 1 км², сосавит всего несколько Ки. А ввиду уровней загрязнения

территории Украины после аварии на ЧАЭС, это реально и немного.

В случае загрязнения другим биологически важным радионуклидом ^{90}Sr эти значения экологических нормативов несколько больше чем в случае с ^{137}Cs (таблица 4).

Таблица 4

Результаты расчета дозовой нагрузки на биоту бентоса для озерной экосистемы загрязненной ^{90}Sr

Доза от радионуклидов (Гр/год)	Значения коэффициентов накопления K_b в системе: донные отложения – биота (бентос)					
	$K_b = 1$	$K_b = 10$	$K_b = 100$	$K_b = 1000$	$K_b = 10000$	$K_b = 100000$
Воды	1,23 E-11	1,23 E-11	1,23 E-11	1,23 E-11	1,23 E-11	1,23 E-11
От донных отложений	3,7 E-9	3,7 E-9	3,7 E-9	3,7 E-9	3,7 E-9	3,7 E-9
От вегетирующей биомассы	2,3 E-9	2,3 E-8	2,3 E-7	2,3 E-6	2,3 E-5	2,3 E-4
Доза внутренняя	7,9 E-9	7,9 E-8	7,9 E-7	7,9 E-6	7,9 E-5	7,9 E-4
Суммарная дозовая нагрузка	1,4 E-8	1,06 E-7	1,02 E-6	1,02 E-5	1,02 E-4	1,02 E-3
Допустимый сброс радионуклидов в озеро (Бк/год) (за первый год)	2,9 E+14	3,8 E+13	3,9 E+12	3,9 E+11	3,9 E+10	3,9 E+9

Аналогичные расчеты мы провели для биоты лесной экосистемы, а точнее для ее критической части биоты лесной подстилки (таблица 5 и 6).

Таблиця 5

Результаты расчета дозовой нагрузки на биоту подстилки а для лесной экосистемы загрязненной ¹³⁷Cs

Доза от радионуклидов (Гр/год)	Значения коэффициентов накопления Кб в системе "лесная подстилка – биота"		
	Кб = 1	Кб = 10	Кб = 100
Воздух	1,4 E-13	1,4 E-13	1,4 E-13
Почва	1 E-9	1 E-9	1 E-9
Подстилка	6,4 E-8	6,4 E-8	6,4 E-8
Древостой (Кб = 1)	4,3 E-10	4,3 E-10	4,3 E-10
Внутренняя доза для биоты подстилки	6,5 E-8	6,5 E-7	6,5 E-6
Суммарная доза для биоты подстилки	1,3 E-7	7,2 E-7	6,58 E-6
Допустимый сброс Бк/км ² на лес за первый год	1,3 E+13	5,6 E+12	6,1 E+11
Допустимый сброс Ки/км ² на лес за первый год	8,3 E+2	1,5 E+2	16,5

Таблиця 6

Результаты расчета дозовой нагрузки на биоту подстилки для лесной экосистемы загрязненной ⁹⁰Sr

Доза от Радионуклидов (Гр/год)	Значения коэффициентов накопления Кб в системе "лесная подстилка – биота"		
	Кб = 1	Кб = 10	Кб = 100
Воздух	1,6 E-14	1,6 E-14	1,6 E-14
Почва	1,2 E-10	1,2 E-10	1,2 E-10
Подстилка	7,4 E-9	7,4 E-9	7,4 E-9
Древостой (Кб = 1)	7,1 E-11	7,1 E-11	7,1 E-11
Внутренняя доза для биоты подстилки	1,6 E-8	1,6 E-7	1,6 E-6
Суммарная доза для биоты подстилки	2,4 E-8	1,7 E-7	1,61 E-6
Допустимый сброс Бк/км ² на лес за первый год	1,7 E+14	2,4 E+13	2,5 E+12

Таким образом, предложены методы и модели для оценки значений экологических нормативов на допустимые сбросы и выбросы в разные типы экосистем.

После определения критической биоты и возможности превышения экологических нормативов для нее, необходимо выбрать и/или разработать специальные контрмеры для защиты биоты экосистем. Такая защита, будет способствовать и защите пребывания и использования человеком данных экосистем. Прежде чем использовать контрмеры необходимо промоделировать использование разного типа защитных мер, на разработанных моделях радиоемкости. Это позволит оптимизировать выбор и использование возможных контрмер. Наши результаты моделирования контрмер на склоновых экосистемах, показали эвристичность такого подхода. В частности, использование на склоновых экосистемах, подпорных стенок, дорог и других контрмер, может заметно уменьшить скорости потока радионуклидов и снизить радиационные риски для биоты и для человека, использующего эти экосистемы.

В целом, решение указанных проблем, позволит оптимально управлять радиоэкологическими процессами для разных типов экосистем и минимизировать дозовые нагрузки на биоту и на человека.

Выводы

1. Развиваемая нами теория радиоемкости экосистем позволила адекватно описать закономерности миграции и распределения радионуклидов для разных типов экосистем водоемов и суши. Теория и модели радиоемкости позволяют строго определять критические элементы экосистемы, где следует ожидать временного или конечного депонирования радионуклидов.

2. На основе шкалы дозовых нагрузок на экосистемы и их элементы удалось оценить предельные концентрации радионуклидов, выше которых можно ожидать заметного влияния на структуру, биологические характеристики и параметры радиоемкости экосистем.

3. Закономерности перераспределения радионуклидов-трассеров в разных типах экосистем, описываемые моделями радиоемкости, позволили на основе экологического нормирования определить предельно-допустимые сбросы и выбросы радионуклидов в конкретные виды экосистем.

4. В конкретно выбранных экосистемах (пруд, водоем-охладитель, лес и т. д.) экологически обоснованный предельно допустимый сброс и выброс радионуклидов в экосистему, определяется не только и не столько исходным радионуклидным загрязнением экосистемы, сколько динамикой перераспределения радионуклидов и реальными параметрами радиоемкости экосистемы.

5. Предлагаемый метод определения экологически обоснованных предельно – допустимых радионуклидных загрязнений экосистем и их компонентов может служить теоретической основой для системы экологического нормирования сбросов и выбросов разных поллютантов в окружающую среду.

6. Подход на основе применения биогенных трасеров позволяет в рамках теории и моделей

радиоёмкости одновременно оценивать процессы миграции радионуклидов, определять дозовые нагрузки на биоту экосистем, и устанавливать фундаментальные параметры скоростей перераспределения радионуклидов и других поллютантов в любых типах экосистем вплоть до ландшафтов, на основе аналитической ГИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агре А.Л., Корогодин В.И.* О распределении радиоактивных загрязнений в медленнообмениваемом водоеме // *Мед. радиология.* – 1960. – № 1. – С. 67-73.
2. *Пчеловская С.А., Кольцова Е.Ю., Кутлахмедов Ю.А.* Исследование и моделирование радиоёмкости экосистем // *Збірник наук. праць Інституту ядерних досліджень.* – 2004. – № 2 (13). – С. 96-104.
3. *Кутлахмедов Ю.А., Корогодин В.И., Кольтовер В.К.* Основы радиоэкологии. – Киев: Вища шк. 2003. – 319 с.
4. *Поликарпов Г.Г., Цыцугина В.Г.* Гидробионты в зоне влияния Кыштымской и Чернобыльской аварии / *Радиационная биология. Радиоэкология.* – 1995. – Vol. 35. – № 4. – P. 536-548.
5. *Amiro B.D.* Radiological Dose Conversion Factors for Generic Non-human Biota. Used for Screening Potential Ecological Impacts, *J. Environ. Radioactivity.* – 1992. – Vol. 35. – № 1. – P. 37-51.
6. *Кутлахмедов Ю.А., Гродзинский Д.М., Михеев А.Н., Родина В.В.* Методы управления радиоёмкости: Методическое пособие. – Киев: КГУ, 2006. – 172 с.