

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
КАЛУЖСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

ОБНИНСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)



# ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

X РЕГИОНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

Посвящается 60-летию ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Тезисы докладов  
Обнинск, 11-12 апреля 2013 г.

Обнинск 2013

*З. Г. Шендерович*  
*Г. И. Шендерович*  
*Г. И. Шендерович*

УДК 621.039:502/504

Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов  
X Региональной научной конференции / Под общ. ред. А.А. Удаловой.  
– Обнинск: ИАТЭ, 2013. – 154 с.

Материалы конференции освещают проблемы безопасности функционирования производств, утилизации отходов промышленного производства, экологической химии, современные методы прогноза, оценки и управления рисками, способы биоиндикации и биотестирования объектов среды, экологические аспекты действия ионизирующих и неионизирующих излучений.

Издание подготовлено для ученых, студентов и специалистов, в область интересов которых входят перечисленные проблемы.

© ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2013 г.

© Авторы, 2013 г.

Отпечатано в ЗАО «Бист», ИНН 4025048308  
Тираж 100 шт. Заказ №151

## МОДЕЛИ РАДИОЕМКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ В ЭКОСИСТЕМАХ

*Ю.А. Кутлахмедов, И.В. Матвеева, В.В. Родина, А.Г. Бевза*  
*Институт экологической безопасности, Национального авиационного университета, г. Киев, Украина*

В докладе будут представлены разработанные и построенные нами модели для оценки параметров радиоемкости разных типов экосистем (наземных, водных, лесных, горных, лугов и урбоэкосистем), в которых, показана возможность использовать этот подход, как универсальный метод для моделирования радиоемкости и надежности разного типа экосистем.

Теоретическая экология и радиозэкология не имела выбора моделей и параметров, пригодных для оценок и расчетов радиозэкологических процессов и рисков в экосистемах разного типа. Кыштымская (Россия, 1968), Чернобыльская (1986) и, особенно, авария на Фукусиме-1 (2011) показали четкую необходимость развития именно теоретических исследований в этой области. Эту роль может выполнить развиваемая нами теория и модели радиоемкости и надежности экосистем.

Разработанные и построенные нами модели для оценки параметров радиоемкости и надежности разных типов экосистем (наземных, водных, лесных, горных, лугов и урбоэкосистем) можно использовать как универсальный подход к моделированию радиоемкости разного типа экосистем, с использованием радиоактивного трассера  $^{137}\text{Cs}$ , описывать самые разные экосистемы, и сравнивать их по этим показателям.

Показано, что каждое существенное влияние на экосистему не может не отобразиться на распределении трассера и на параметрах радиоемкости по нему. Такой подход, который развивается в наших исследованиях, позволит использовать параметры радиоемкости для эквидозиметрической унифицированной оценки действия самых разных факторов на биоту экосистем. Фактор радиоемкости – определяет долю радионуклидов, которые удерживаются в биотических и абиотических компонентах экосистемы. На этой теоретической базе могут быть созданы эффективные методы оценок экологических рисков при влиянии на биоту физических, химических и других загрязнителей.

Фактор экологической емкости, радиоемкости и надежности конкретного элемента экосистемы и/или ландшафта ( $F_j$ ) определяется при использовании камерных моделей следующим образом (1):

$$F_j = \sum a_{ij} / (\sum a_{ij} + \sum a_{ji}) \quad (1)$$

где  $\sum a_{ij}$  – сумма скоростей перехода поллютантов и трассеров из разных составляющих экосистемы в конкретный элемент экосистемы –  $j$ , согласно камерных моделей, а  $\sum a_{ji}$  – сумма скоростей перехода поллютантов и трассеров из исследуемой камеры  $j$  – в другие составляющие экосистемы, которые сопряжены с ними.

*Оценка надежности на примере типовой склоновой экосистемы.* Для анализа перехода радионуклидов из камеры в камеру типовой склоновой экосистемы нами были выбраны средние значения коэффициентов. Перенос радионуклидов из одной камеры в другую происходит по законам кинетики первого порядка, его описывают системой простых дифференциальных уравнений. Структура склоновой экосистемы следующая: сверху – Лес, далее – Опушка, терраса, пойма и озеро со своей структурой – вода, биота и илы. Анализируется влияние разных контрмер по защите и снижению экологических рисков по доставке радионуклидов к человеку. Эффективность контрмер оценивается через  $K_d$  – коэффициент дезактивации.

В табл. 1 представлены данные анализа надежности транспорта радионуклидов в склоновой экосистеме. На основе собственных исследований на склоновых экосистемах в 30-км зоне отчуждения ЧАЭС (на р. Уж), и литературных данных проведены оценки значений скоростей перехода радионуклидов цезия-137. Показано, что, как правило, функция динамики перераспределения радионуклидов между камерами имеет максимум. Показано, что наибольший запас формируется на опушке (12%) и на лугу (6%), а потом со временем до 22% от запаса переходит в зону пользования человеком этой склоновой экосистемой, но через длительный срок в 80 лет. То есть, в конце концов, практически большая часть радионуклидов, из запаса в склоновой экосистеме доходит до людей в виде накопленной дозы облучения, что может быть оценена через дозовые коэффициенты. Установлено, что (с учетом радиоактивного распада) при максимальных скоростях переходов между камерами склоновой экосистемы в популяции людей даже при малых уровнях запасов радионуклидов (1 Ки), коллективная доза может достигать 200 чел-Зв. Эти заметные величины, которые требуют учета и контрмер. Опираясь на формулу, 1 имеем возможность оценить надежность транспорта радионуклидов от леса до популяции людей. В этих камерах, где есть биота можно спрогнозировать поражение биоты при высоких уровнях плотности загрязнения леса. Поэтому общая надежность транспорта радионуклидов по дан-

ной склоновой экосистеме уменьшается от 0,89 (при 10 Ки/км<sup>2</sup>) до 0,17 (при плотности загрязнения 100 Ки/км<sup>2</sup>). С учетом влияния радионуклидов на биоту озера также проведена оценка путей и вероятности поступления радионуклидами для популяции людей.

Таблица 1  
Надежность типовой склоновой экосистемы как системы транспорта Cs-137 к озеру и к человеку (при участии выбранных контрмер (КМ))

| Камера  | Вероятность сброса (без КМ) $K_d=1$ | Контрмеры   |                                      |                                      |  |                                    |
|---|-------------------------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|--|------------------------------------|
|   |                                     | Пожарозащитная полоса между лесом и опушкой $K_d=1,5$ | Дорога между лесом и опушкой $K_d=2$ | Удаление дернины на террасе $K_d=10$ | Подпорная стенка в почве между террасой и поймой $K_d=2$ | Влияние всех контрмер одновременно |
| 1. Лес  | 0,029                               | 0,02  | 0,02                                 | 0,029                                | 0,029  | 0,02                               |
| 2. Опушка   | 0,83                                | 0,83  | 0,4                                  | 0,83                                 | 0,83   | 0,4                                |
| 3. Луг  | 0,6                                 | 0,6   | 0,6                                  | 0,6                                  | 0,6  | 0,6                                |
| 4. Терраса  | 0,57 (к человеку 0,4)               | 0,57 (к человеку 0,4)                                 | 0,57 (к человеку 0,4)                | 0,12                                 | 0,57 (к человеку)  | 0,12                               |
| 5. Пойма  | 0,2                                 | 0,2   | 0,2                                  | 0,2                                  | 0,1  | 0,1                                |
| 6. Биота озера  | 0,33                                | 0,33  | 0,33                                 | 0,33                                 | 0,33   | 0,33                               |
| 7. Донные отложения   | 0,1                                 | 0,1   | 0,1                                  | 0,1                                  | 0,1  | 0,1                                |
| 8. Вода озера   | 0,77                                | 0,77  | 0,77                                 | 0,77                                 | 0,77   | 0,72                               |
| 9. Люди   | 0,4 +0,1                            | 0,4 +0,1  | 0,4 +0,1                             | 0,4 +0,1                             | 0,4 +0,1   | 0,4 +0,1                           |
| Вероятность сброса $1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6$ | $1,5 \cdot 10^{-3}$ $K_d(2)=1$      | $1,1 \cdot 10^{-3}$ $K_d(2)=1,4$                      | $2,7 \cdot 10^{-4}$ $K_d(2)=5,6$     | $3,3 \cdot 10^{-4}$ $K_d(2)=4,5$     | $8,7 \cdot 10^{-4}$ $K_d(2)=1,7$                         | $5,8 \cdot 10^{-5}$ $K_d(2)=25,9$  |

Примечание. Параметры озера:  $S=1 \text{ км}^2$ ,  $H=5 \text{ м}$ ,  $V=5 \cdot 10^9 \text{ л}$ , донные отложения  $S=1 \text{ км}^2$ ;  $h=0, 1 \text{ м}$ ,  $K_H=1000$ ). Считается, что в лесу лежит запас радионуклидов в 1 Ки Cs-137.

Для разработки возможных методов защиты людей в склоновой экосистеме, рассмотрены некоторые потенциально эффективные контрмеры, и оценено их возможное влияние на систему транспорта радионуклидов к озеру и к человеку. Контрмеры влияют на величину скоростей переходов между камерами. Наибольшее влияние, как способ снижения дозы облучения людей (через коэффициент дезактивации) имеют дорога между лесом и опушкой ( $K_d=5,6$ ), и удаление дернины на террасе ( $K_d=4,5$ ). А самая лучшая ситуация, когда эти две контрмеры будут использованы вместе ( $K_d=25,2$ ) (табл. 1).