

10

# Наукові праці

Видається з грудня 2001 року

Науково-методичний журнал

*з української мови*  
*Глиба*



на безпека»

Постановою Президії ВАК України від 10.03.2010 року № 1-05/2 цей журнал включено до переліку № 112 наукових фахових видань з технічних наук, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

(Бюлетень ВАК України. – 2010. – № 4)

**РЕДАКЦІЙНО-ВИДАВНИЧА РАДА:**

<b>Клименко Леонід Павлович</b>	голова редакційно-видавничої ради, головний редактор, доктор технічних наук, професор, ректор ЧДУ імені Петра Могили
<b>Мешакінов Олександр Павлович</b>	заступник голови редакційно-видавничої ради, заступник головного редактора, доктор педагогічних наук, професор, проректор з наукової роботи ЧДУ імені Петра Могили
<b>Михальченко Микола Іванович</b>	голова редакційної колегії видання «Сучасна українська політика: політики і політологи про неї», член-кореспондент НАН України, доктор філософських наук, професор, президент Академії політичних наук України, провідний науковий співробітник Інституту політичних та етнонаціональних досліджень НАН України
<b>Бажет Михайло Олександрович</b>	голова редколегії серії «Політологія», доктор історичних наук, професор
<b>Мещанинов Олександр Павлович</b>	голова редколегії серії «Педагогіка», доктор педагогічних наук, професор
<b>Горлачук Валерій Васильович</b>	голова редколегії серії «Економіка», доктор економічних наук, професор
<b>Грабак Наум Харитонович</b>	голова редколегії серії «Екологія», доктор сільськогосподарських наук, професор, старший науковий співробітник
<b>Матвєєва Наталя Петрівна</b>	голова редколегії серії «Філологія. Мовознавство», доктор філологічних наук, професор
<b>Клименко Леонід Павлович</b>	голова редколегії серії «Техногенна безпека», доктор технічних наук, професор
<b>Пронкевич Олександр Вікторович</b>	голова редколегії серії «Філологія. Літературознавство», доктор філологічних наук, професор
<b>Науменко Анатолій Максимович</b>	голова редколегії серії «Новітня філологія», доктор філологічних наук, професор
<b>Тригуб Петро Микитович</b>	голова редколегії серії «Історія», доктор історичних наук, професор, академік УАІН
<b>Фісун Микола Тихонович</b>	голова редколегії серії «Комп'ютерні технології», доктор технічних наук, професор, старший науковий співробітник, дійсний член УАІН
<b>Адресні Вячеслав Івакович</b>	відповідальний секретар, кандидат технічних наук, в. о. доцента

Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – Вип. 173. Т. 185. Техногенна безпека. – 120 с.

Журнал містить наукові статті, у яких висвітлено результати досліджень актуальних питань радіаційної та техногенно-екологічної безпеки, сучасних питань радіобіології людини, питань радіаційної медицини науковців України, Білорусії та Росії. Матеріали розраховані на студентів, аспірантів, науковців, зацікавлених проблемами техногенно-екологічної безпеки України.

**КАТЕГОРІЯ СЕРІЙ:**

- Леонід Павлович** – доктор технічних наук, професор, ректор Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *голова редакційної колегії серії «Техногенна безпека»;*
- Наталя Петрівна** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету імені Петра Могили, заступник керівника НМЦ екобезпеки (м. Миколаїв);
- Михайло Олександрович** – доктор технічних наук, професор кафедри прикладної та вищої математики Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Олександр Олександрович** – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри здоров'я людини та фізичної реабілітації Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Анатолій Якович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри економічної теорії та міжнародної економіки Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Валентин Якович** – доктор технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій і програмних систем Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Григорівна** – кандидат педагогічних наук, доцент, декан факультету еколого-медичних наук Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв);
- Іванович** – доктор технічних наук, професор кафедри кондиціонування та рефріжерації Національного університету імені адмірала Макарова (м. Миколаїв);
- Сергійович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології, ректор Національного університету імені адмірала Макарова (м. Миколаїв);
- Арушаківна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв) – *відповідальний секретар редакційної колегії серії «Техногенна безпека»;*
- Вікторівна** – доктор біологічних наук, професор кафедри біології та екологічної безпеки Чорноморського державного університету імені Петра Могили, керівник НМЦ екобезпеки (м. Миколаїв);
- Тихонович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інтелектуальних інформаційних систем Чорноморського державного університету імені Петра Могили (м. Миколаїв).

Заявки на публікацію надсилаються в авторській редакції

Чорноморський державний університет імені Петра Могили, 2012

**АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:**  
 54003, м. Миколаїв,  
 вул. 68 Десантників, 10  
 Тел.: (0512) 76-55-99, 76-55-81,  
 факс: 50-00-69, 50-03-33,  
 E-mail: avi@chdu.edu.ua

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ РАДИОЕМКОСТИ И НАДЕЖНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ РАДИОЭКОЛОГИИ

Основная цель исследования состоит в необходимости создания подходов для объективной оценки состояния биоты экосистем при различных факторах воздействия физической и химической природы. Эту роль может выполнить развиваемая нами теория радиоемкости и надежности экосистем. Предложен новый подход к оценке состояния биоты экосистемы – по поведению параметра радиоемкости по которому радиоемкость определяется как предельное количество радионуклидов, при своем дозовом воздействии еще не способно нарушить основные функции биоты: способность сохранять биомассу и кондиционировать среду обитания. Построены модели радиоемкости экосистем и предложены параметры, способные адекватно реагировать на воздействие разных факторов ( $\gamma$ -облучение, тяжелые металлы). По результатам проведенных экспериментов предложенные параметры способны четко отображать влияние факторов на биоту и опережать по своим биологическим показателям. Показано, что реакция параметров радиоемкости может служить в качестве экологического градусника, измеряющего состояние биоты, и быть мерой для эквидозиметрической оценки влияния физического и химического факторов и экологического риска.

**Ключевые слова:** теория и модели радиоемкости и надежности биоты в экосистемах, тяжелые металлы, гамма-облучение, экологические и радиационные

Основна мета дослідження полягає в необхідності створення підходів для об'єктивної оцінки стану біоти екосистем при різних факторах впливу фізичної і хімічної природи. Цю роль може виконувати теорія та моделі радіоемкості і надійності екосистем, яку розвивається нами. Запропоновано новий підхід до оцінки стану біоти екосистем – за поведінкою параметру радіоемкості по  $^{137}\text{Cs}$ . Тут радіоемність визначається як гранична кількість радіонуклідів, котра за своїм дозовим впливом ще не порушує основні функції біоти: здатність утримати біомасу та кондиціювати середовище. Побудовані моделі радіоемності екосистем та запропоновані параметри, які адекватно реагують на вплив різних факторів ( $\gamma$ -опромінення, важкі метали). Результатами проведених експериментів запропоновані параметри виявились здатними відображати вплив факторів на біоту та випереджувати за своїми біологічними показниками. Показано, що реакція параметрів радіоемності може слугувати в якості екологічного градусника, що вимірює стан та благополуччя біоти, і бути мірою для еквидозиметричної оцінки впливу радіаційного та хімічного факторів і екологічного ризику.

**Ключові слова:** теорія та моделі радіоемності і надійності біоти в екосистемах, важкі метали, гамма-опромінення, екологічні та радіаційні ризику.

The agency of research consists in necessity of creation of the approaches for an objective estimation of a condition action at the various factors of influence of a physical and chemical nature. This role can be executed by the theory, developed by us, both model of radiocapacity and reliability ecosystems. The new approach to an estimation of a condition biota ecosystems – on behaviour of parameter of radiocapacity on  $^{137}\text{Cs}$  is offered. Here radiocapacity is defined as limiting quantity radionuclides, which on influence is not yet capable to disrupt the basic functions biota: ability to keep bioweight and to condition environment. The models of radiocapacity ecosystems are constructed and the parameters capable adequately to react to influence of the different factors (gamma-irradiation, heavy metals). By the results carried out experiments the offered parameters have appeared capable precisely to reflect the influence of the factors on biotat and to outstrip on the reactions biological indicators. It is shown, that the reaction of parameters of radiocapacity can serve as an

упление  
ретическа  
ом моде:  
к и расче  
о типа эн  
бильская  
ия именнс  
и. Домини  
нуклидные  
одимы, но  
ого круга  
заметных  
я обилия  
казано, ч  
экосисте  
ический  
тан. К  
ра радиоел  
ический р  
ами разрабо  
етров ради  
ных, вод  
ских экоси  
какой унив  
емкости  
ывать сами  
ивать их  
даемых экол  
Теоретическ

Эксперимент

ваниями нами у  
радиоёмкости би  
благополучия  
экосистеме [1].  
радиоёмкости б  
воздействию хи  
облучения. Рас  
благополучия и  
исследования –  
способны выст  
каждого элемен  
Чем выше фак  
удержания трасс  
тем выше надеж  
рассматриваемо  
нуклидов от опр

**Возможности  
емкости биоты  
надежности би**

Для оценки  
используют до 3  
от разнообрази  
Важная особен  
что практически  
изменяется то

*ecological thermometer, reaction on condition and well-being biota, and to be a measure for eguidosimetric estimation of influence of the radiating and chemical factors and ecological risk.*

**Key words:** *the theory both models of radiocapacity and reliability biota in ecosystems, radioecology, heavy metals, gamma-irradiation, ecological and radiation risks.*

### Вступлення

Теоретическая радиоэкология не обладала заметным набором моделей и параметров пригодных для выводов и расчетов радиоэкологических процессов в разном типе экосистемах. Кыштымская и особенно Челябинская аварии показали четкую необходимость именно теоретических исследований в данной области. Доминирующие исследования по мониторингу радионуклидных загрязнений в экосистемах, конечно, необходимы, но не достаточны, и без использования широкого круга теоретических моделей не позволяют делать заметных обобщений для продуктивного использования обилия имеющихся данных по мониторингу.

Показано, что чем выше фактор радиоемкости экосистемы, тем выше устойчивость и ниже экологический риск для нее. В условиях действия радионуклидов, когда наблюдается заметное падение фактора радиоемкости биоты, может резко возрастать экологический риск для нее.

Нами разработаны и построены модели для оценки факторов радиоемкости разных типов экосистем – наземных, водных, лесных, горных, луговых и степных экосистем и целых ландшафтов. Полагаем, такой универсальный подход к моделированию радиоемкости разного типа экосистем позволяет охватывать самые разные экосистемы, а значит, и оценивать их по этим показателям и по степени связанных экологических рисков.

### Теоретическая и экспериментальная часть

Экспериментальными и теоретическим исследованием нами установлено, что чем выше параметр радиоемкости биоты в экосистеме, тем выше уровень благополучия и надежности биоты в данной экосистеме [1]. Установлено, что снижение показателя радиоемкости биоты в растительной экосистеме, при действии химических поллютантов и при гамма-облучении растений, четко отображает снижение благополучия и надежности биоты.

### Цель и задача исследования

Цель исследования – показать, что параметры радиоемкости биоты способны выступать в качестве меры надежности и устойчивости элемента экосистемы и экосистемы в целом. Чем выше фактор радиоемкости и/или вероятность благополучия трассера в каждом из элементов экосистемы, тем выше надежность составных элементов экосистемы, рассматриваемой как система транспорта радионуклидов от окружающей среды к человеку.

### Возможность использования фактора радиоемкости биоты по трассеру $^{137}\text{Cs}$ как показателя надежности биоты экосистемы

Для оценки состояния и благополучия экосистем используют до 30 различных показателей и параметров – разнообразия видов до биомассы и численности. Особенность этих показателей состоит в том, что практически все они начинают существенно снижаться только тогда, когда биота претерпевает

значительные изменения. Практически очень важно иметь показатели и параметры, которые позволяли бы опережающим образом оценивать состояние биоты экосистем и особенности распределения, а также и перераспределения поллютантов в реальных экосистемах и ландшафтах. 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 биомассы и кондиционирование среды обитания). Фактор радиоемкости определяется как доля поллютантов, которые накапливаются в том или ином компоненте экосистемы [2, 3]. Нами было предложено для оценки благополучия и надежности биоты в экосистеме использовать в качестве определяющих два параметра – биомассу видов в экосистеме и их способность очищать (кондиционировать) среду от отходов жизнедеятельности и поллютантов, попадающих в экосистему.

### 2. Оценка радиационной емкости биосистем по величинам предельно-допустимых дозовых нагрузок

Исследованиями Г. Г. Поликарпова и В. Г. Цыцугиной [4] установлены диапазоны дозовых нагрузок на биоту, при которых проявляются радиационные эффекты. Из табл. 1 видно, что по-настоящему существенными являются дозы в зоне явных экологических эффектов. Это соответствует дозам 0,4 Гр/год для животных и 4 Гр/год для наземных растений и гидробионтов. После достижения таких доз могут проявляться процессы угнетения и подавления роста биоты в экосистемах. Поэтому на данном этапе развития представлений об экологических нормативах для допустимых дозовых нагрузок на биоту предлагается установить, как приемлимую величину, для растений и гидробионтов в качестве предела дозы 4 Гр/год и 0,4 Гр/год для животных.

Определив предельно-допустимую дозу для биоты, мы можем оценить величину радиоемкости через предельные уровни нахождения радионуклидов в ареале обитания биоты и их поступления в биомассу. Для этого нами предлагается использовать модель оценки дозовых нагрузок на биоту от радионуклидов, предложенную Б. Амиро [5] (табл. 2). Модель систематизирована в виде таблицы значений дозовых коэффициентов. Для радионуклидов, находящихся в разных абиотических средах и биомассе, рассчитаны коэффициенты, которые позволяют оценить вклад от каждого Бк радионуклида в окружении биологического объекта (в воде, биомассе, грунте, воздухе и от рядом расположенной вегетирующей биомассы).

Шкала дозовых нагрузок и зон в экосистемах [4]

Предела	Зона	Мощность дозы, Гр/год
	Зона радиационного благополучия	< 0,001-0,005
	Зона физиологической маскировки	0,005-0,05
	Зона экологической маскировки наземные животные	0,05-0,4
	гидробионты и наземные растения	0,05-4
	Зона явных экологических эффектов	
	а) драматических для наземных животных	> 0,4
	б) драматических для гидробионтов и наземных растений	> 4
	в) катастрофических для животных и растений	100

Таблица 2

Величины значений дозовых коэффициентов для биоты экосистем по некоторым радионуклидам (В. Амиго) [5]

Внутреннее облучение Гр/год/Бк/кг	Внешнее облучение			
	Вода Гр/год/Бк/м <sup>3</sup>	Воздух Гр/год/Бк/м <sup>3</sup>	Почва Гр/год/Бк/кг	Вегетация Гр/год/Бк/кг
4,1 · 10 <sup>-6</sup>	2,7 · 10 <sup>-9</sup>	1,72 · 10 <sup>-6</sup>	4,02 · 10 <sup>-6</sup>	1,72 · 10 <sup>-6</sup>
2,88 · 10 <sup>-8</sup>	0	0	0	0
3,44 · 10 <sup>-6</sup>	1,76 · 10 <sup>-9</sup>	1,43 · 10 <sup>-6</sup>	2,64 · 10 <sup>-6</sup>	1,43 · 10 <sup>-6</sup>
3,52 · 10 <sup>-6</sup>	1,57 · 10 <sup>-9</sup>	1,43 · 10 <sup>-6</sup>	2,36 · 10 <sup>-6</sup>	1,43 · 10 <sup>-6</sup>
2,86 · 10 <sup>-5</sup>	1,48 · 10 <sup>-10</sup>	7,73 · 10 <sup>-8</sup>	2,22 · 10 <sup>-7</sup>	7,73 · 10 <sup>-8</sup>
2,64 · 10 <sup>-5</sup>	3,72 · 10 <sup>-12</sup>	2,35 · 10 <sup>-9</sup>	5,58 · 10 <sup>-9</sup>	2,35 · 10 <sup>-9</sup>
9,92 · 10 <sup>-7</sup>	3,07 · 10 <sup>-10</sup>	2,83 · 10 <sup>-7</sup>	4,61 · 10 <sup>-7</sup>	2,83 · 10 <sup>-7</sup>
1,12 · 10 <sup>-4</sup>	8,91 · 10 <sup>-9</sup>	6 · 10 <sup>-5</sup>	1,43 · 10 <sup>-5</sup>	6 · 10 <sup>-6</sup>

расчета надежности транспорта в экосистемах

исследования показали, что лимитирующая доза - 4 Гр/год для биоты озерной экосистемы может быть достигнута при количестве радионуклидов, например, <sup>137</sup>Cs) около 600 кБк/кг в биомассе. Аналогичные расчеты для других экосистем могут дать другие результаты. Все основания предполагать, что в экосистеме биоты от 0 до 4 Гр/год надежность транспорта от 1 до 0. Таким образом, можно использовать качество оценки предельной надежности экологической компоненты экосистемы по содержанию радионуклидов в биоте экосистемы (≈ 600 кБк/кг). Доза при этом 4 Гр/год, а надежность может упасть до нуля. Основания предполагать, что параметр надежности может служить мерой надежности транспорта.

расчета для склоновой экосистемы. Для склоновой экосистемы с помощью расчетов были рассчитаны и построены зависимости радионуклидов в разных камерах. Для склоновой экосистеме свойственно свойственное распределение радионуклидов по камерам. Экосистема теряет свой запас радионуклидов. Радионуклиды перемещаются по склону и в результате природопользования человека, а в экосистеме концентрируются в донных камерах экосистемы. Используя данную модель, мы получили возможность смоделировать различные варианты конструирования экосистемных и возможных к применению конструированных перемещения радионуклидов по камерам. Конструированные вводят в модель экосистемы изменения скоростей перехода между камерами, что позволяет установить эффектив-

ность и полезность применения конструированных и их комбинаций в моделях, не прибегая сразу к их реализации [7].

Склоновая экосистема может быть рассмотрена в терминах теории надежности биосистем [6; 7] как последовательная система транспорта радионуклидов от леса вниз по склону. Считаем, что первоначально в данной экосистеме был загрязнен радионуклидами только верхний участок склона - лес. В данном подходе мерой надежности элемента-камеры в системе транспорта радионуклидов рассматривается удерживающая способность каждой из камер. Данные подобно расчету представлены в табл. 3. Здесь приведены оценки удерживающей способности каждой из камер по формуле (1). Сначала провели расчет вероятности удерживания радионуклидов для исходной склоновой экосистемы, а затем и для ситуации с применением различных конструированных.

Для характеристики поведения радионуклидов в склоновой экосистеме мы применили метод анализа надежности экосистемы по способности обеспечить надежность транспорта радионуклидов между камерами [8]. Для расчетов использовали формулу (1), при оценке радиоемкости каждой из камер (радиоемкость здесь определяется как способность к удержанию радионуклидов в каждой из исследуемых камер).

Фактор экологической емкости и радиоемкости (а также надежности как элемента транспорта радионуклидов) конкретного элемента экосистемы и/или ландшафта (F<sub>j</sub>) определяется нами с использованием параметров скоростей перехода между камерами модели:

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

где  $\sum a_{ij}$  - сумма скоростей перехода радионуклидов и трасиров из разных составляющих экосистемы в конкретный элемент - J экосистемы, согласно камерной модели, а  $\sum a_{ji}$  - сумма скоростей перехода

топливотантов и другие составные. Зная параметры камерами, мы построили радионуклидов. Конструированные и сформулировано, что каждая вероятность сборки системы описывается с помощью. Наиболее эффективное использование радионуклидов. Следует подходить к наиболее полному оцените и спрос конструированные и выдешевые для использования можно провести не ожидая ав других поллюто

Характер

Водохранилище
Киевское
Каневское
Кременчугское
Запорожское
Днепропольское
Каховское

Таковы основные факторы радиации Днепра по сравнению с попавшим в экосистему. Видно, что каждая радионуклидам радиоемкости ниши Днепр обменивающийся не просто общей радиацией фактор радиации F<sub>k</sub> = 0,9994. высокую степень намного выше радиоемкости (табл. 3) [3]. надежности и позволило рассмотреть удержания растущей в каскада адаптивных процессов. Полученная позволила в первую очередь точно спрогнозировать Cs по каскаду предсказать, что прочно захоронено. Эта модель и поступления длительного периода

поллютантов и трасеров из исследуемой камеры – J – и другие составляющие экосистемы, сопряженные с ней. Зная параметры скоростей переходов между камерами, мы провели оценку надежности транспорта радионуклидов в склоновой экосистеме без применения контрмер и с их использованием. Расчетами установлено, что каждая из контрмер способна уменьшать вероятность сброса радионуклидов (снижать надежность системы транспорта) от 1,4 раз до 5,6 раз. (Это достигается с помощью коэффициента дезактивации Кд). Наиболее эффективным средством снижения сброса радионуклидов по склону является одновременное использование всех 4-х предлагаемых контрмер. Следует подчеркнуть, что рассмотренный надежный поход позволяет априорно до реализации контрмер и спрогнозировать эффективность возможных контрмер и выбрать среди них самые эффективные и дешевые для реализации. Важно, что такой анализ можно провести для любых типов экосистем, и, конечно, ожидая аварийных выбросов радионуклидов и других поллютантов [9].

**3.2. Оценка надежности транспорта радионуклидов по каскаду Днепровских водохранилищ**

После аварии на Чернобыльской АЭС произошло загрязнение огромных территорий Беларуси, Украины и России. Практически вся загрязненная территория лежит на водосборной площади Днепра и в результате поверхностного стока попадает в каскад Днепровских водохранилищ. По оценкам, примерно 40 % стока формирует 30-километровая зона ЧАЭС, 40 % дает территория загрязненных областей Беларуси, остальные 20 % стока – от загрязненных территорий Украины, где ведется хозяйственная деятельность. Днепр, в результате регулирования, представляет собой каскад из 6 больших водохранилищ и Днепро-Бугского лимана. Анализируя величину и скорость обмена воды между водохранилищами, можно видеть, что обмен составляет не более  $1/30$  объема в год. Это характеризует каскад как систему вяло обменивающихся водоемов. К такой системе вполне применимы методы оценки радиоемкости, предложенные выше для оценки радиоемкости каскадных систем водоемов [3]. Основные параметры и характеристики водохранилищ Днепра представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Характеристики и оценки параметров Днепровских водохранилищ для случая сброса Cs-137**

Водохранилище	Площадь (км <sup>2</sup> )	Объем (км <sup>3</sup> )	Средняя глубина (м)	Толщина ила (см)	Кп (вода – донные отложения)	Фактор радиоемкости
Киевское	920	3,7	4	10	100	0,7
Каховское	680	2,4	4	10	50	0,6
Днепропетровское	2250	13,5	6	10	800	0,8
Днепро-Бугское	570	2,4	4	10	100	0,7
Днепро-Бугское	410	3,3	8	10	230	0,7
Днепро-Бугское	2150	18,2	8	10	280	0,7

Такими основными исходными расчетными параметрами являются радиоемкости отдельных водохранилищ каскада по отношению к радионуклидам Cs-137, поступающим в каскад Днепровских водохранилищ. Видно, что каждое из водохранилищ по отношению к радионуклидам Cs-137 обладает не очень высокой радиоемкостью. Ввиду того, что каскад водохранилищ Днепра представляет собой систему вяло обменивающихся водоемов, мы вправе применить к такой системе формулу [3] (см. табл. 3) для расчета радиоемкости. Из этой формулы следует, что радиоемкость каскада водохранилищ равен сумме радиоемкостей отдельных водохранилищ. Эта величина отражает чрезвычайно высокую степень радиоемкости каскада, которая во много раз выше, чем радиоемкость максимального по радиоемкости Кременчугского водохранилища [3]. Применение данного метода расчета радиоемкости к каскаду Днепровских водохранилищ позволяет рассчитать надежность каскада как системы транспорта радионуклидов <sup>137</sup>Cs, с учетом роли радионуклидов в каскаде растительной биоты, и возможных процессов в ней.

Таким образом, проведенная оценка радиоемкости каскада Днепра позволяет в первый послеаварийный период достаточно точно спрогнозировать распределение радионуклидов в каскаде в его донных отложениях и воде и убедиться, что основная часть радионуклидов Cs будет задерживаться в илах Киевского водохранилища. Расчеты и оценка сделаны для случая разового поступления радионуклидов в каскад. Для ситуации постоянного поступления радионуклидов модель должна

быть модифицирована с использованием дифференциальных уравнений. Но, тем не менее, и 25 лет спустя после аварии различия в радиоактивности воды Киевского и Каховского водохранилищ составляют те же два-три порядка, что и вскоре после аварии. Установлено оценочно, что без биоты каскад пропускает – 0,008 часть радионуклидов, а с биотой и ее адаптацией только – 0,000007, то есть в 100 раз меньше.

**3.3. Надежность транспорта радионуклидов в локальной аграрной экосистеме**

Рассмотрим ситуацию в транспорте радионуклидов в типовой агроэкосистеме на примере с. Галузия Маневичского района Волынской области [10; 11]. На основе наработанной нами камерной модели данной экосистемы нами проведены оценки по формуле (1) параметров надежности компонент агроэкосистемы как поставщиков радионуклидов к человеку через продукты питания (молоко). Далее нами рассмотрена экосистема села как параллельно функционирующее множество пастбищ. Получив исходные оценки дозовых нагрузок, мы использовали этот подход и для ситуации применения различных контрмер, направленных на снижение поступления радионуклидов цезия-137 в молоко. Контрмеры мы ввели в расчет через оценку изменения параметров скоростей в камерной модели для учета влияния контрмер (табл. 4).

Таблиця 4

Оценка надежности локальной агроэкосистемы села Галузья, как системы транспорта радионуклидов от агроэкосистем к человеку, с учетом возможных контрмер

Рецензенти

© Кутлахмедов  
Родина В. В.,КУТЛАХМ  
Институту кліт  
Коло наук  
організації біоМАТВЄЄІ  
авіаційного ун  
Коло нау  
організації біоРОДИНА  
надійності біо  
Коло наук  
радіоемкість і  
людини і біотиБЕВЗА А.  
авіаційного ун  
Коло нау  
організації біо

Кл(1)	Паст №	Запас р/н Ки	Надежность общего транспорта р/н	Переход р/н (Ки)	Суммарный Переход р/н (Ки) по пастбищам н( колдоза)и Кд	Кд(2) по надежности
	1	0,0056	0,052	0,0008	0,0022 (1,6 чел-Зв) Кд = 1	1
	2	0,0169	0,044	0,0007		
	3	0,0003	0,056	0,0004		
	4	0,0011	0,074	0,0008		
	1	0,0056	0,026	0,00015	0,013 (0,96 чел-Зв) Кд = 1,7	0,0022/0,0013 = 1,74
	2	0,0169	0,022	0,00037		
	3	0,0003	0,041	0,00026		
	4	0,0011	0,044	0,00048		
	1	0,0056	0,0185	0,0001	0,008 (0,6 чел-Зв) Кд = 2,7	2,75
	2	0,0169	0,014	0,0002		
	3	0,0003	0,033	0,0002		
	4	0,0011	0,030	0,0003		
	1	0,0056	0,0057	0,00003	0,000032 (0,024 чел-Зв) Кд = 66,7	69
	2	0,0169	0,0051	0,00009		
	3	0,0003	0,0134	0,00008		
	4	0,0011	0,0108	0,00012		
	1	0,0056	0,027	0,0002	0,0012(0,88 чел-Зв) Кд = 1,8	1,8
	2	0,0169	0,025	0,0004		
	3	0,0003	0,0206	0,0001		
	4	0,0011	0,045	0,0005		
	1	0,0056	0,0497	0,0003	Кд = 3,7	4
	2	0,0169	0,0426	0,0007		
	3	0,0003	0,05	0,0003		
	4	0,0011	0,0709	0,0008		
	1	0,00056	0,025	0,000014	0,000024(0,016 чел-Зв) Кд = 100	91,7
	2	0,00169	0,0042	0,0000071		
	3	0,00003	0,019	0,00000057		
	4	0,00011	0,023	0,0000025		

с помощью расчетов может быть  
под влиянием реальных контрмер  
в 90 раз затормозит поступление  
пастбищ с молоком коров к человеку.  
возможность и перспективу исполь-

зования надежностного подхода к оценке потоков радионуклидов от агроэкосистемы к человеку и возможность теоретического расчета перспектив использования разного типа контрмер.

Korogodin V., Kutlakhmedova-Vyshnyakova V.Yu. Radiocapacity of Ecosystems // J. Radioecol. – 1997. – 5 (1). – P. 25–35.

Корогодін В. І. О распределении радиоактивных загрязнений в медленно обмениваемом водосеме / А. Л. Агре, М. Д. Радиология. – 1960. – № 1. – С. 67–73.

Основы радиоекологии / Ю. А. Кутлахмедов, В. И. Корогодін, В. К. Кольтовер. – Київ : Вища шк., 2003. – 319 с.

Микробиоты в зоне влияния аварии на Кызылуме и в Чернобыле / Г. Г. Поликарпов, В. Г. Цыцугина // Радиация и радиозология. – 1995. – Т. 35, № 4. – С. 536–548.

Radiological Dose Conversion Factors for Generic Non-human Biota. Used for Screening Potential Ecological Impacts, Vol.35, N1, 37.

Оцінка і прогноз розподілу радіонуклідів у типовій екосистемі схилів для ландшафтів України / В. П. Петрусенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2006. – № 2. – С. 134–136.

Оценки та оптимізація надійності систем транспорту радіонуклідів у локальній агроекосистемі / І. В. Матвєєва // Вісник Національного авіаційного університету, 2011, № 2 (47), с. 148–154.

Моделирование радиозоологических процессов методом камерных моделей на примере села в Волынской области / И. В. Матвєєва, В. Р. Зайтов // Вісник Національного авіаційного університету. – 2005. – № 3. – С. 173–176.

Теория и модели радиоемкости в современной радиозоологии / Ю. А. Кутлахмедов, В. И. Корогодін и др. // Материалы международной конференции «Радиозоология: итоги, современное состояние и перспективы». – Москва, 2008 г. – С. 177–180.

Радиоемкость экосистем / Д. М. Гродзинский, Ю. О. Кутлахмедов, О. М. Михеев, В. В. Родина ; [под редакцією акад. наук України]. – Київ : Фітосоціонер, 2006. – 172 с.

Рецензенти: *Міхеев О. М.*, д.б.н., професор; зав. лаб.;  
*Дружина Н. А.*, д.б.н., професор.

© Кутлахмедов Ю. О., Матвеева І. В.,  
Родина В. В., Бевза А. Г., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 15.02.2011 р.

**КУТЛАХМЕДОВ Юрій Олександрович** – д.б.н., проф., зав. лаб. радіоекологічної надійності біосистем Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАНУ, Київ, Україна.

*Коло наукових інтересів:* радіобіологія, радіоекологія, надійність біологічних систем на різних рівнях організації біоти, радіаційні та хімічні ризики для людини і біоти навколишнього середовища.

**МАТВЄЄВА Ірина Валеріївна** – к.т.н., заступник директора Інституту екологічної безпеки Національного радіаційного університету, доцент кафедри екології, Київ, Україна.

*Коло наукових інтересів:* екологія, радіоекологія, надійність біологічних систем на різних рівнях організації біоти, радіаційні та хімічні ризики для людини і біоти навколишнього середовища.

**РОДИНА Віктор Володимирович** – молодший науковий співробітник лабораторії радіоекологічної надійності біосистеми Інституту клітинної біології та генетичної інженерії НАНУ, Київ, Україна.

*Коло наукових інтересів:* застосування аналітичної геоінформаційної системи (ГІС) у сучасній екології, надійність і надійність біологічних систем на різних рівнях організації біоти, радіаційні та хімічні ризики для людини і біоти навколишнього середовища.

**БЕВЗА Алла Григорівна** – викладач кафедри екології Інституту екологічної безпеки Національного радіаційного університету, Київ, Україна.

*Коло наукових інтересів:* екологія, радіоекологія, надійність біологічних систем на різних рівнях організації біоти, радіаційні та хімічні ризики для людини і біоти навколишнього середовища.