

Кутлахмедов Ю. А.,  
д-р биол. наук, профессор, заведующий лабораторией радиоэкологической  
надёжности биосистем Институту клеточной биологии  
и генетической инженерии НАНУ, г. Киев, Украина

Матвеева И. В.,  
Институт экологической безопасности  
Национального авиационного университета, г. Киев, Украина

## ОПТИМАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК НА НАСЕЛЕНИЕ И БИОТУ ЭКОСИСТЕМ

*В статье представлена возможная схема универсального алгоритма деконтаминации радионуклид – загрязненных почв, пригодных для использования на территории Украины в зоне влияния аварии на ЧАЭС, и при других авариях на ядерных производствах.*

*На основе сделанных нами оценок была разработана возможная схема универсального алгоритма деконтаминации радионуклид-загрязненных почв, пригодного для использования на территории Украины в зоне влияния аварии на ЧАЭС, и при других авариях на ядерных производствах. Предложены два варианта оптимального алгоритма дезактивации почв.*

**Ключевые слова:** дезактивация деконтаминация; радиоемкость экосистем; дозовые нагрузки.

**Введение. Постановка проблемы.** Первый вариант оптимального алгоритма дезактивации почв касается, прежде всего, территорий, которые не пахались после аварии и загрязнения почв радионуклидами. Если эти земли хорошо задернованы, то здесь оптимально использовать машину типа TURF CUTTER для снятия верхнего самого загрязненного слоя почвы (2–5 см.). Известно, что практически 90–97 % радионуклидного загрязнения даже спустя 20–30 лет после аварии, сосредоточены в верхнем 5-см слое почвы. При этом может быть достигнут высокий Кд – коэффициент дезактивации до 20–60 единиц. Если почвы, требующие дезактивации, песчаные и плохо задернованы, то здесь возможно специальное задернение. Наши эксперименты на полигоне «Буряковка» показали, что использование специальных водоудерживающих экранов и эффективной травосмеси, позволяет за 2–3 года сформировать достаточно прочную дернину даже на песчаной почве. Такая искусственно задернованная площадь почвы может быть, потом успешно дезактивирована механическим средством с помощью TURF CUTTER.

Таким образом, с помощью такой машины можно достичь высоких значений Кд – 20–60 единиц, практически для всех открытых территорий, которые загрязнены радионуклидами и не пахались после выпадений.

Второй вариант – эффективного алгоритма деконтаминации почв был разработан нами для почв, которые пахались после аварии. В этом случае радионуклидное загрязнение может быть после вспашки равномерно распределено в слое до 20 см почвы и больше. В этом случае наиболее эффективным может

быть использование метода фитодезактивации. Этот метод детально описан нами выше. Показано, что оптимальная система севооборотов растений с высокими значениями Кн – коэффициентов накопления (Кн – 2–10 единиц) и значительными урожаями биомассы (4–8 кг/м<sup>2</sup>) позволяет за 4–5 лет значительно снизить уровень радионуклидного загрязнения почв (до 5 раз по <sup>137</sup>Cs).

Для реализации предлагаемой схемы универсального алгоритма дезактивации почв на Украине будет необходимо разработать специальную многомодульную машину на базе TURF CUTTER. Для этого необходимо создать быстро действующую и продуктивную машину. Эту машину предлагается сконструировать на базе 3–5 модулей TURF CUTTER, которая сумеет подрезать дернину на больших площадях, паковать и грузить срезанную дернину для вывозки. Для экономии объема снятого грунта, важно создать систему предварительного скрининга – мониторинга поверхности поля, предназначенного для дезактивации. Такой координатный мониторинг позволит сканировать площадь радионуклидного загрязнения и определить заранее места и глубину снятия грунта. Наши эксперименты на территории Беларуси показали, что такое частичное (до 40 %) снятие дерна на выбранных участках поля может давать Кд – 3 единицы, тогда как полное снятие дерна на этом поле дает Кд – 4,6 единиц. Такая важная и эффективная система дезактивации с помощью TURF CUTTER, позволяет резко снизить объем вывозимого и/или захораниваемого грунта (Объем захоронения может достигать 150 т/га). Таким образом, на базе двух основных методов – применение TURF CUTTER и метода фитодезактивации, может быть построена оп-

тимальная стратегия дезактивации загрязненных грунтов на Украине и в других странах.

### 1. Перспективы применения методов деконтаминации после аварии на ЧАЭС.

Очевидно, что наиболее интересными, с нашей точки зрения, по широте применения и возможностями уменьшения не только индивидуальных, но и коллективных доз отличаются, как мы уже говорили выше: метод механического снятия дерна (Turf cutter) (0–5 см слоя почвы) для грунтов, которые не пахались после аварии, и метод фитодезактивации для вспаханных почв в комбинации с другими приемами и методами. В зависимости от конкретной ситуации, возможно, сформировать оптимальный алгоритм и стратегию применения разнообразных методов деконтаминации радионуклид-загрязненных участков территории 30-км зоны ЧАЭС. Оптимально использовать эту систему, именно на местах концентрирования радионуклидов в биоландшафтах 30-км зоны ЧАЭС. Проведенные нами оценки и теоретические расчеты радиоемкости, позволяют определять зоны и территории концентрирования радионуклидов, на которых можно оптимально применять контрмеры по деконтаминации почв и решать стратегические задачи управления радиоемкостью большой экосистемы 30-км зоны ЧАЭС.

Стратегия применения реальных контрмер в ландшафтах может включать два основных пути. Первый путь – определение зон аккумуляции радионуклидов в ландшафте и применение контрмер именно в этих зонах, где отмечены высокие значения факторов радиоемкости. Второй возможный путь, формирование ландшафтов с помощью ландшафтно-строительных мероприятий, таким образом, чтобы повысить радиоемкость, в удобных частях ландшафта, где можно надолго захоронить радионуклиды, либо эффективно использовать контрмеры. Такими элементами ландшафта могут быть овраги, болота и т. п. Речь снова идет об управлении и повышении радиоемкости экосистем.

Общий вывод, который может быть сделан – контрмеры эффективны в местах с наибольшей радиоемкостью экосистем, и/или те, которые могут повышать значения факторов радиоемкости экосистем или их элементов.

#### 1.1. Оценка эффективности технологии дезактивации почвы «Turf-Cutter».

Исследования, начатые нами в рамках СЕС проекта ЕСР-4 «Технологии и стратегии дезактивации» [9], позволили разработать и испытать новую технологию дезактивации загрязненных почв при помощи срезки тонкого слоя дернины (2–5 см) вибрирующим ножом специальной машины Turf-Cutter, способной повторять неровности микрорельефа. Наши опыты проводились на радиоактивно-загрязненных почвах в 10-км зоне ЧАЭС и на других территориях Украины и Беларуси в течение 1992–1998 гг. В экспериментах применялась промышленная установка «TURF CUTTER». Первое испытание метода было проведено на хорошо задернованной территории радиэкологического полигона «Буряковка» в 4 км от ЧАЭС при уровне загрязнения 100 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs, 80 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr, 7 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>239</sup>Pu. Предварительные исследования показали, что до 95 % радиоемкости на непаханом

участке полигона были сосредоточены в это время в верхнем слое дернины. В результате испытаний на выбранном участке был достигнут эффект дезактивации почвы с коэффициентом дезактивации (Кд) 25–40.

Второе испытание метода было проведено на полигоне «Чистоголовка» в 3 км от ЧАЭС. Полигон характеризовался высоким уровнем радионуклидного загрязнения (150 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs), слабой дерниной на легкой песчаной почве и неровной поверхностью. Снятие дернины на этом полигоне позволило провести достаточно эффективную дезактивацию почвы (Кд = 10 – 15).

Еще одно испытание, проведенное нами в Белорусской части Зоны, продемонстрировало возможность выборочного снятия дернины в условиях пятнистого радионуклидного загрязнения. Оперативная оценка пятнистости загрязнения была проведена с помощью, полевого гамма-спектрометра «Корад» (созданного в Институте им. Курчатова, Россия). По данным оценки было произведено выборочное снятие дернины на этом участке, что позволило уменьшить объем снятой дернины на 70 %. При этом Кд для участка в целом по <sup>137</sup>Cs составил 5–7 единиц.

Очередное испытание метода было проведено нами в 1993 г. в с. Милячи (Ровенская область, Дубровицкий район, Украина) на пастбище «Став» с осушенными торфяно-болотными почвами и уровнем загрязнения по <sup>137</sup>Cs около 5 Ки/км<sup>2</sup>, которое не подвергалось воздействию иных контрмер. После снятия загрязненной дернины (Кд = 15 – 20), на полигоне были высеяны многолетние кормовые травы. Уровень радиоактивного загрязнения этих трав был в 20 раз ниже, чем на контрольных участках. Сравнение уровней загрязнения молока от опытных коров, которых кормили травой с дезактивированного участка, с молоком от контрольных коров, траву для откорма которых брали с соседних недезактивированных участков, показало, что Кд по молоку составил в 1993 г. около 20 единиц.

Полученные данные свидетельствуют о чрезвычайно высокой эффективности предложенной технологии дезактивации загрязненных почв с помощью снятия дернины специальной машиной, использующей принцип вибрирующего ножа. Кд составил от 7–15 на пылевато-песчаных и песчаных почвах с рыхлой дерниной до 20–40 на осушенных торфяно-болотных почвах с наиболее плотной дерниной. По данным полевых испытаний установлена зависимость эффективности данной технологии дезактивации от характера почв, растительного покрова и ландшафтных условий и показана высокая степень ее экологической безопасности. Это позволило, используя элементы ГИС-технологий, выполнить соответствующие оценки, выполнить зонирование загрязненной территории по эффективности применения Turf-Cutter для ее очистки и выделить участки, где ожидаемая эффективность будет наиболее высокой.

#### 1.2. Оценка эффективности механической дезактивации почвы с помощью специальной машины для снятия тонкого слоя дерны (turf cutter).

##### 1.2.1. Изучение возможных водного и микробиологического выщелачивания радионуклидов из загрязненной почвы.

Для исследований была выкопана яма  $2 \times 1 \times 1$  м, которую гидроизолировали плотной пленкой. В яму поместили около 100 кг радионуклида загрязненного грунта (дерны, снятого модулем). Затем яму залили водой (1500 л). Регулярно проводился отбор проб и измерение содержания радионуклидов.

В динамике выщелачивания радионуклидов из почвы в модельном пруде-отстойнике отмечен незначительный рост содержания  $^{137}\text{Cs}$  в воде. Общая доля радионуклидов, перешедших из почвы в раствор,

составила на 35-тые сутки 13 %, а на 75-тые сутки – 27 %. Полагаем, что данная модель может быть использована в системе дезактивации «снятого» грунта, и показывает возможность складирования дернины в оврагах и других понижениях рельефа.

### 1.3. Применение turf-cutter на территории с. Милячи (Дубровицкий район, Ровенская область).

Примером эффективного использования контрмер, являются результаты их реализации на примере с. Милячи, Дубровицкого района, Ровенской области.

Таблица 1

#### Общие характеристики реализованных контрмер(КМ) на примере с. Милячи, Дубровицкий район, Ровенская область, (1988–1993 гг.)

Название КМ	Площадь (га)	Количество голов	Внесение (тонн)	Кд	F
<i>В коллективных хозяйствах</i>					
Глубокая вспашка	990	–	–	1,5–2	1
Внесение высоких норм удобрений	720	–	360	2–2,5	1
Известкование почв	420	–	1260	1,5–2,5	1
Улучшение пастбищ	250	–	75	2,5–3	1
Внесение навоза и сапропеля	440	–	13200	1,7–1,9	1
<i>В частных хозяйствах</i>					
Использование болюсов		80	240 штук	2,2–2,8	1
Внесение в корм хумолита	–	150	45	1,5–1,9	1
Внесение в корм феррацина	–	50	7 кг	2–3	1
Применение turf-cutter на пастбищах	0,5	3	–	18–20	0,9

Оценивая, представленные в таблице 1. контрмеры можно видеть, что их эффективность различна. Некоторые из них (закрепление поверхности, снятие верхнего слоя почвы)- влияют на снижение индивидуальной дозы. При этом не отмечено существенного снижения коллективной дозы. Лишь некоторые из контрмер

оказывают влияние на величину коллективной дозы – применение turf cutter, фитодезактивация. Остальные (внесение удобрений, глубокая вспашка) приводят к разбавлению радионуклидов в урожае, снижают величину индивидуальной дозы, практически не влияя на величину коллективной дозы.

Таблица 2

#### Оценка эффективности контрмер реализованных на частных фермах территории с. Милячи (1988–1993 по молоку, Бк/л) (Анализ соотношения польза-вред)

Контрмера	Число голов	Число средств	Стоимость (Евро)	Содержание $^{137}\text{Cs}$ в молоке (Бк/л)		Кд	Экономия кол. дозы (человеко-бэр)	Чистая польза (Евро)
				до	после			
Болюсы	80	240 шт	600	500	220	2,2	28	424
Хумолит	250	45 т	225	500	280	1,8	314	1785
Ферроцин	50	7 кг	45	500	200	2,5	29	143
Turf-cutter	0,5 га	–	10	720	40	20	5	23
Всего							376	1527

Видно, что экономия коллективной дозы для населения сел составляет около 380 человеко-бэр. Ожидаемая коллективная доза для населения по диете питания составляет около 1800 человеко-бэр. Таким образом, экономия в 380 человеко-бэр, вследствие использования контрмер в частном секторе, не составляет значительного снижения индивидуальной и коллективной дозы для населения. Экономия коллективной дозы в коллективном секторе –1300 человеко-бэр

составляет значительную величину, но направлена она, в основном, на уменьшение экспортированной дозы.

Мы сделали анализ возможностей использования метода снятия верхнего слоя почвы (дернины) на территории с. Милячи. Данные этого анализа приведены в таблице 3. Территория, на которой возможно эффективно использовать turf cutter, оценивается в 340 га торфяных почв. Это пастбища, которые не пахались после аварии на ЧАЭС.

Таблица 3

#### Ожидаемая экономия коллективной дозы по молоку от использования на частных пастбищах метода снятия дернины (площадь -340 га; Кд = 20)

Тип почвы	Содержание $^{137}\text{Cs}$ Ки/км <sup>2</sup> (площадь, га)	Загрязнение молока (Бк/л)		Экономия коллективной дозы (человеко-бэр)
		до	после	
Подзолистые	2–5 (100)	150–200	10	242
	5–15 (60)	400–600	25	435
Торфяные	2–5 (110)	200–300	15	383
	5–15 (70)	600–900	40	751
Всего				1810

Следует подчеркнуть, что защитные мероприятия, широко применяемые в сельском хозяйстве, как правило, не изменяют (не ухудшают) качество агроэкосистемы, и тем самым не снижают значений фактора радиоемкости (таблица 1). Исключение составляет применение turf cutter (специальной машины для снятия дернины (1–5 см слоя). При этом теряется часть плодородного слоя, что и вызывает некоторое снижение фактора радиоемкости почвенного покрова ( $F = 0,9$ ). Особо опасно для экосистемы механическое снятие плодородного слоя (10–15 см), с помощью бульдозера и другой тяжелой техники. Для условий Полесья это означает обнажение песков, и почти полная утрата экосистемой биоты почвенного плодородного слоя ( $F = 0,05$ ). Более того, после обнажения песка на промплощадке ЧАЭС потребовались специальные

контрмеры по закреплению и по восстановлению растительности.

Разнообразие эффективных контрмер в конкретном селе Ровенской области (с. Милячи) представлено в таблице 2. и 3. Эти контрмеры, примененные как в коллективных хозяйствах, так и в частных, характеризуются экологичностью и отсутствием заметного снижения радиоемкости агроэкосистем.

Это означает, что используемые в сельскохозпроизводстве контрмеры, в основном, не разрушают экосистем и не ухудшают характеристики их радиоемкости.

#### 1.4. Перспективы применения turf-cutter на территории Украины.

В таблице 4 нами сделаны оценки ожидаемой пользы в результате использования машины типа turf cutter на радионуклид-загрязненных территориях Украины.

Таблица 4

Оценка ожидаемой пользы и экономии коллективных доз после использование машины типа turf cutter на радионуклид-загрязненных территориях Украины

Область	Площадь, тыс. га	Экономия колдозы, тыс. человеко-бэр	Стоимость работы turf-cutter, тыс. \$	Польза, тыс. \$	Польза – вред, тыс. \$
<i>Уровень загрязнения <sup>137</sup>Cs (1–5 Ки/км<sup>2</sup>)</i>					
Киевская	1	5	25	200	175
Житомирская	11	55	275	1760	1485
Ровенская	15	75	375	2400	2025
Всего	27	135	675	4360	3685
<i>Уровень загрязнения <sup>137</sup>Cs (5–15 Ки/км<sup>2</sup>)</i>					
Киевская	0,3	4	7,5	128	120
Житомирская	2,5	30	62,5	960	897
Ровенская	1,0	12	25,0	384	359
Всего	3,8	46	95	1472	1377

Стоимость одного человеко-бэра принята нами 40 \$ по законам Украины (самая низкая оценка по сравнению, с западными странами) [3]. Общая польза от широкого использования turf cutter на нераспаханных торфяных пастбищах и лугах Украины оценивается в 5062 тыс \$, что составляет достаточно значительную величину.

Можно сравнить использование дезактивации пастбища с помощью turf cutter с традиционными методами – окультуривания пастбища (высев трав, мелиорация и тому подобное). Приведенный анализ данных об использовании улучшения пастбищ на территории Украины, которые испытали загрязнение, показал, что оценка соотношения польза – составляет около 1668 тыс \$.

Сравнение соотношения польза-вред для этих двух методов показывает, что дезактивация грунтов с помощью turf cutter, после аварии практически вдвое более эффективна, чем традиционное улучшение

пастбищ и лугов. Далее с течением времени, эта разница будет расти, так как улучшение нужно повторять раз в 3 года, а дезактивацию с помощью turf cutter, достаточно сделать один раз. Эти данные еще раз подчеркивают высокую эффективность метода дезактивации грунтов на пастбищах и лугах с помощью turf cutter, а также необходимость развития этого метода и его использование на Украине.

#### 2. Сравнительный анализ эффективности некоторых контрмер, направленных на уменьшение негативных последствий действия загрязняющих веществ.

В таблице 5. приведены обобщенные данные министерства чрезвычайных ситуаций Украины, по объемам использования такой эффективной контрмеры как улучшение лугов и пастбищ на территории всей Украины по годам.

Таблица 5

Использование улучшения пастбищ и лугов на Украине (уровень загрязнения <sup>137</sup>Cs 5–15 Ки/км<sup>2</sup>)

Годы	Площадь тыс. га	Экономия кол. дозы тыс. чел.-бэр	Стоимость работы, тыс. долларов США	Польза, тыс. долларов США	Польза – вред, тыс. долларов США
1986	0	0	0	0	0
1987	2	16	52	640	588
1988	5,5	44	143	1760	1617
1989	11,3	90	294	3600	3306
1990	53,8	430	1399	17200	15800
1991	126,9	1015	3299	40600	37300
1992	177,2	1418	3299	56720	53420
1993	62,3	498	1620	19920	18300
Всего	439	3511	11414	28096	1273000

## 2.1. Реализация на территории Украины некоторых эффективных контрмер.

В таблице 6. представлены суммарные данные по оценке эффективности некоторых контрмер с расчетом территорий и соотношения польза-вред.

Таблица 6

### Суммарные данные по реализованным контрмерам в коллективном секторе Украины (1986–1994)

Контрмеры	Площадь тыс. га	Ущерб \$ США (затраты)	Экономия тыс. чел-бэр	Польза \$ США	Польза – вред \$ США
Известкование	578	7029	3467	139000	132000
Внесение в почву удобрений	803	10130	4819	193000	183000
Улучшение пастбищ	536	22032	4286	17100	149000
Всего	1917	30191	12572	503000	464000

Хорошо видно, сколь высока эффективность сельскохозяйственных контрмер, реализованных в коллективных хозяйствах Украины. Из общей суммы ожидаемой коллективной дозы для населения Украины в 19–20 млн. чел-бэр за 9 лет, около 12,6 млн. чел-бэр было «сэкономлено» благодаря реализованным контрмерам (63 %). Видно, что ожидаемое соотношение польза-ущерб составляет 464 000 тыс \$ США. (Цена одного чел-бэра для Украины принимается равной 40 \$ США).

**Заключение.** Ландшафты 30-км зоны ЧАЭС представляют собой систему водосборных площадей, лугов, малых рек, и в конечном итоге, большую часть водосборной площади Днепропетровска. Известно, что примерно 40 % стока радионуклидов в Днепровский каскад дает именно 30-км зона ЧАЭС.

Типовыми элементами экосистемы, формирующей сток радионуклидов в р. Днепр являются склоновые экосистемы последовательного типа, а также ландшафтные экосистемы параллельного типа. В экосистемах последовательного типа сброс радионуклидов происходит поэлементно из одного в другой элемент ландшафта. Пример последовательной склоновой экосистемы мы выше рассматривали (см. 6 и 7 разделы). Пример параллельной системы – это водоток (река или ручей) куда происходит сброс радионуклидов, независимым образом. В реальных ландшафтах реализуются и более сложные комбинированные варианты.

Анализ радиоемкости ландшафтов следует начинать с классификации территории, с выделения мест (зон) концентрирования радионуклидов, где наилучшим способом могут быть реализованы различные контрмеры. Оценка величин факторов радиоемкости для всех основных элементов может быть сделана, через вероятности удержания радионуклидов в этих элементах ландшафта.

Применение ГИС технологии, позволило, на примере зоны отчуждения, определить участки зоны, где происходит аккумуляция стока радионуклидов или их потеря. Такое исследование с дополнением теории радиоемкости экосистем, позволило выделить в зоне, экосистемы и их элементы, где могут быть перспек-

тивно и оптимально применены конкретные контрмеры по ремедиации. При этом удастся свести к минимуму объем применения контрмер (например, использование turf cutter) и экологические последствия. Показано, что на большей части территории зоны применение контрмер неэффективно и даже вредно.

Стратегия применения реальных контрмер в ландшафтах может включать два основных пути. Первый путь – определение зон аккумуляции радионуклидов в ландшафте и применение контрмер именно в этих зонах, где отмечены высокие значения факторов радиоемкости. Второй возможный путь, формирование ландшафтов с помощью ландшафтно-устроительных мероприятий, таким образом, чтобы повысить радиоемкость в удобных частях ландшафта, где можно надолго захоронить радионуклиды, либо эффективно использовать контрмеры. Такими элементами ландшафта могут быть овраги, болота и т. п. Речь снова идет об управлении и повышении радиоемкости экосистем.

Общий вывод, который может быть сделан – контрмеры эффективны в местах с наибольшей радиоемкостью экосистем, и/или те которые могут повышать значения факторов радиоемкости экосистем или их элементов.

Таким образом, гармонизация взаимоотношений Природы и Человека возможна лишь на пути четких реализаций положений экологической этики. Теоретический учет всех возможных последствий влияния загрязнителей на биосферу, теоретических и практических последствий реализации защитных контрмер, с опорой на экотические взаимоотношения Биосферы и Человечества, позволяют оптимально выстроить их гармонические связи.

Учитывая эти обстоятельства, возможно, предложить оптимальную систему реабилитации радионуклидзагрязненных территорий, и, прежде всего грунтов.

Очевидно, что предложенные здесь принципы, методы и подходы годятся для самых разных экосистем – континентальных и водных и для различных типов загрязнителей (физической, химической и биологической природы).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гродзинский Д. М. Антропогенная радионуклидная аномалия и растения / Гродзинский Д. М., Кутлахмедов Ю. А., Михеев А. Н. и др. – К. : Лыбидь, 1991. – 160 с.
2. Кутлахмедов Ю. А. Основы радиоэкологии : [учебное пособие] / Кутлахмедов Ю. А., Корогодин В. И., Кольтовер В. К. – К. : Вища школа, 2003. – 320 с.
3. Кутлахмедов Ю. А. Надежность экологических систем. Теория, модели и практические результаты. *Palmarium academic publishing* / Кутлахмедов Ю. А., Матвеева И. В., Родина В. В., 2013. – 318 с.

4. Давыдчук В. С. Ландшафты Чернобыльской зоны и их оценка по условиям миграции радионуклидов / Давыдчук В. С., Зарудная Р. Ф., Михели С. В. и др. – Киев : Наукова думка, 1994. – 112 с.
5. Тюрюканов А. Н. Биосферные раздумья / Тюрюканов А. Н., Федоров В. М. Тимофеев-Ресовский Н. В. – Москва, 1996. – 368 с.
6. Гродзинский Д. М. Радиобиологические эффекты хронического облучения растений в зоне влияния Чернобыльской катастрофы / Гродзинский Д. М., Кутлахмедов Ю. А., Михеев А. Н. и др. – Киев : Наукова думка, 2008. – 374 с.
7. Кутлахмедов Ю. А. Принципы и методы оценки радиоемкости экосистем / Кутлахмедов Ю. А., Поликарпов Г. Г., Корогодин В. И. // Эвристичность радиобиологии. – Киев : Наукова думка, 1988. – С. 60–66.
8. Перепелятников Г. П. Основы общей радиоэкологии / Перепелятников Г. П. – Киев : Аттика, 2012. – 440 с.
9. Strategy of Desactivation. Final Report project ECP-4, Brussels. – 1996. – 320 p.
10. Fluxes of radionuclides in rural communities in Russia, Ukraine and Belarus. ECP-9. Annual report (1993–1994). – 280 p.

**Ю. А. Кутлахмедов,**

*Інститут клітинно біологічного і генетичної інженерії НАНУ, м. Київ, Україна*

**І. В. Матвеева,**

*Інститут екологічної безпеки Національно авіаційного університету, м. Київ, Україна*

### **ОПТИМАЛЬНА СИСТЕМА ПРОТИДІЇ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ДОЗИ НА НАСЕЛЕННЯ І БІОТИПУ ЕКОСИСТЕМИ**

*У статті представлена можлива схема універсального алгоритму знезараженні забруднених радіонуклідами ґрунту, які придатні для використання на території України в зоні впливу аварії на Чорнобильській АЕС та інших ядерних аварій на industries. Оп основі оцінок, зроблених нами можливо схема універсального алгоритму знезаражувальних забруднених радіонуклідами ґрунтів, придатних для використання на території України була розроблена в зоні впливу аварії на чорнобильській АЕС, а також інші аварії на атомній промисловості. Можливі два варіанти оптимального алгоритму очищення ґрунту.*

**Ключові слова:** знезараження дезактивації; екосистеми радіоемності; дози радіації.

**Yu. A. Kutlakhmedov,**

*Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of National Academy of Sciences, Kuiv, Ukraine*

**V. Matveeva,**

*Institute of Ecological Safety of the National Aviation University, Kuiv, Ukraine*

### **AN OPTIMAL SYSTEM OF COUNTERMEASURES TO REDUCE DOSES ON THE POPULATION AND BIOTA OF ECOSYSTEM**

*The article presents a possible scheme of universal algorithm decontaminating radionuclide-contaminated soils that are suitable for use on the territory of Ukraine in the zone of influence of the Chernobyl accident, and other accidents at nuclear industries. On the basis of assessments made by us possible scheme of universal algorithm decontaminating radionuclide-contaminated soils, suitable for use on the territory of Ukraine has been developed in the zone of influence of the accident at Chernobyl, and other accidents at nuclear industries. Two variants of the optimal algorithm of soil decontamination.*

**Key words:** desactivation decontamination; ecosystems radiocapacity; radiation doses.