

Всеукраинский научно-исследовательский институт гражданской защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера МНС Украины

*Рецензент – член редколлегии “Вісник ЖНАЕУ”, д.с.-г.н. Славов В.П.*

## **РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЛУГОВ УКРАИНЫ**

*На результатах исследований, проведенных в 1986–2005 годах на радиоактивно загрязненных лугах Украины, обобщениях и систематизации материалов подобных исследований, проведенных многими учеными, основывается радиоэкологическая классификация лугов Украины, разработанная автором. В классификации использована бальная оценка относительной опасности использования травостоя лугов в качестве кормовой базы для производства молока и мяса в пределах действующих гигиенических нормативов (ДР-2006). Также в статье приводится система их рационального использования.*

### **Постановка проблемы**

В результате Чернобыльской катастрофы радиоактивному загрязнению подверглись огромные территории Украины. Около 1,24 млн га сельскохозяйственных угодий были загрязнены  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью выпадения на почве от 1 до 15 Ки/км<sup>2</sup> (37–555 кБк/м<sup>2</sup>), из них почти 131 тыс. га имеют плотность выпадения от 5 до 15 Ки/км<sup>2</sup> (185–555 кБк/м<sup>2</sup>) [2]. Из всей площади этих загрязненных угодий, по состоянию на 01.01.1998 г., около 305 тыс. га составляли луга [11]. При этом наибольшие их площади сосредоточены в Житомирской (более 134 тыс. га), Киевской (около 77 тыс. га), Ровенской (около 60 тыс. га), и Черниговской (более 31 тыс. га) областях.

Поскольку, с позиции формирования коллективной дозы облучения населения, радиоактивно загрязненные луга Украины и до настоящего времени остаются критическими угодьями, разработка их радиоэкологической классификации имеет исключительное значение для оптимального использования в сельскохозяйственном производстве страны.

### **Анализ последних исследований и постановка задачи**

В условиях пропашного земледелия плотность радиоактивного загрязнения почвы, невыведенной из землепользования угодий, позволяет сегодня получать растениеводческую продукцию в пределах действующих нормативов. На естественных сенокосах и пастбищах для получения кормов, которые обеспечили бы производство животноводческой продукции в пределах действующих нормативов, зачастую плотность радиоактивного загрязнения почвы должна быть существенно ниже, поскольку миграция радионуклидов в луговых биогеоценозах отличается повышенной интенсивностью и имеет ряд особенностей.

Во-первых, в период аэральных выпадений радионуклиды, попавшие в растворимых формах в дернину, удерживаются в ней длительное время, являясь источником доступных для усвоения растениями форм.

Во-вторых, луговые растения интенсивно поглощают элементы питания, в том числе и доступные формы радионуклидов, базальной частью растений (прикорневыми шейками стеблей) и поверхностными корешками (которые они выпускают в зоны нижней границы минерализующейся части дернины и верхней границы почвы).

Загрязнение травостоя лугов зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: наличие загрязненной радионуклидами дернины; плотность загрязнения территории; гидрогеологические условия и водный режим луга; тип почвы луга и её физико-химические характеристики; биологические особенности луговых растений; метеорологические условия вегетационного периода; хозяйственное использование лугов. Однако основное влияние на переход радионуклидов из почвы в луговые растения оказывают фитотопологические особенности [1, 4] естественных лугов (свойства почвы, водный режим, биологические особенности растений), которые обуславливают широкий диапазон значений накопления радионуклидов в растениях [3, 7, 8, 12, 13, 16, 18–20]. Основной задачей данной работы было классифицировать луга Украины по степени влияния указанных факторов на величину радиоактивного загрязнения травостоя.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проводили в полевых условиях на естественных радиоактивно загрязненных лугах Украины, что позволило получить корректную информацию о количественных параметрах миграции радионуклидов в луговых биогеоценозах для различных почвенно-климатических условий. Полевые исследования на естественных лугах проводились в 30-километровой зоне Чернобыльской АЭС (луговые стационары "Копачи", "Новошепеличи" и "Чистоголовка") в западном направлении по радиоактивному следу (до 300 км от Чернобыльской АЭС) вплоть до Дубровицкого района Ровенской области (луговые стационары "Владимировка", "Христиновка", "Милячи", "Милячи-1", "Милячи-2", "Велюнь", "Загребля") и на юге Киевской области (стационары "Ставище", "Семеновка"). Использовали общепринятые методы радиоэкологических исследований.

Радионуклиды определяли в полиэтиленовых 0,5-литровых сосудах Моринелли на высокоэффективном низкофоновом гамма-спектрометре "ADCAM-300" с полупроводниковым детектором из высокочистого германия "GEM-30185" производства EG&ORTEC, USA методом относительного счета с ошибкой, не превышающей 5 %. В некоторых случаях радионуклиды в растительных пробах определяли радиохимическим методом [5]. Рассчитывали коэффициенты пропорциональности (КП)  $^{137}\text{Cs}$  (отношение удельной концентрации в сене, Бк/кг, к площадному загрязнению, кБк/м<sup>2</sup>). Математическую обработку результатов проводили общепринятыми методами.

## Результаты исследований

Обобщение результатов многочисленных исследований, выполненных на лугах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, показало, что спустя год после аварии, именно луговые угодья являются критическими агросистемами, формирующими основную дозу облучения населения.

Поступление радионуклидов в растения природных и полуприродных загрязненных лугов происходит преимущественно из дернины и превосходит по интенсивности почвенное поступление в десятки раз. Из всех существующих факторов, определяющих переход радионуклидов из почвы в луговые растения, наиболее значимыми являются фитотопологические особенности естественных лугов (которые определяются свойствами почвы, водным режимом, биологическими особенностями растений).

Исследованиями установлено, что именно в зависимости от фитотопологических особенностей естественных лугов, значения коэффициентов пропорциональности варьировали от 0,3 до 189, что определялось типом луга и типом почвы, на котором располагался луг (табл. 1). Наименьшим усвоением  $^{137}\text{Cs}$  отличался травостой естественных суходольных лугов, представленных суглинистыми почвами, а наибольшим – избыточно увлажненных лугов с органо-генными почвами. Иными словами, режим влагообеспеченности лугов и минералогический состав почв оказывает определяющее влияние на биогенную миграцию  $^{137}\text{Cs}$ .

**Таблица 1. Влияние фитотопологических особенностей естественных лугов на величину коэффициентов пропорциональности (КП)  $^{137}\text{Cs}$  (1987–1989 гг.)**

Тип почвы	Тип луга	Диапазон значений КП
Лугово-черноземная суглинистая	пойменный влажный	0,3–0,6
Дерново-подзолистая суглинистая	суходол нормальный	1,0–4,0
Луговая супесчаная	суходол нормальный	2,0–3,0
	пойменный влажный	8,0–11
Дерново-подзолистая песчаная	суходол абсолютный	4,0–6,0
	суходол нормальный	5,0–9,0
	суходол избыточного увлажнения	13–22
	пойменный влажный	25–39
Торфяно-глеевая	осушенный суходольный	30–45
	заливной долгопойменный	58–82
	низинный болотистый	135–189

Результаты нашего многолетнего изучения влияния водообеспеченности луговых угодий на переход радионуклидов из почвы в травостой лугов

свидетельствуют о том, что КП  $^{137}\text{Cs}$  для травостоя, сформированного на переувлажненных пойменных лугах, были до 6 раз выше, чем на суходольных или осушенных лугах с аналогичным почвенным покровом (табл. 1).

Такая определенная взаимосвязь между КП  $^{137}\text{Cs}$  у растений с водообеспечением лугов связана, прежде всего, с тем, что в переувлажненных почвах естественных лугов содержание биологически доступных форм  $^{137}\text{Cs}$  существенно выше, чем в почвах сухих лугов [6, 9, 15]. Кроме того, травостой формируется в соответствии с условиями произрастания: на сухих лугах доминирующими являются засухоустойчивые виды растений, а на переувлажненных лугах – влаголюбивые, для которых характерны более высокие КП.

Пятилетние исследования, проведенные нами на естественном лугу с дерновыми связно-песчаными почвами, в травостое которого преобладала тимофеевка луговая, также позволили подтвердить зависимость интенсивности перехода  $^{137}\text{Cs}$  в травостой от влагообеспеченности почвы. Повышение влажности почвы за счет атмосферных осадков с 7 до 24 % способствовало увеличению значений КП для травостоя первого укоса от 1,2 до 4,3 единиц, а повышение влажности почвы с 12 до 35 % при втором укосе способствовало увеличению значений КП от 1,5 до 3,2 единиц (табл. 2). Корреляционная взаимосвязь между влажностью почвы и значения КП достаточно высокая, коэффициенты корреляции при первом и втором укосах составляли 0,89 и 0,79 соответственно.

**Таблица 2. Влияние влагообеспеченности дерновой связно-песчаной почвы естественного луга на переход  $^{137}\text{Cs}$  в травостой с преобладанием тимофеевки луговой**

Год	Показатель	Укос	
		первый	второй
1991	Влажность почвы, % от сухой массы КП	16	35
		2,4	3,2
1992	Влажность почвы, % от сухой массы КП	16	26
		3,1	2,6
1993	Влажность почвы, % от сухой массы КП	10	18
		1,9	1,9
1994	Влажность почвы, % от сухой массы КП	24	12
		4,3	1,5
1995	Влажность почвы, % от сухой массы КП	7	18
		1,2	1,7
Коэффициент корреляции, $r$		0,89	0,79

Необходимо отметить, что поступление радионуклидов будет зависеть и от погодно-климатических условий года, которые неодинаково влияют на различные биологические виды трав. Нами были проведены многочисленные исследо-

вания по изучению динамики поступления радионуклидов в луговые растения в течение одного вегетационного периода. Полученные результаты (табл. 3) показывают, что радиоактивное загрязнение луговых травостоев в течение вегетационного периода существенно изменяется, что обусловлено, в первую очередь, фенологическими, а также климатическими факторами; на это указывают и результаты аналогичных исследований [10, 14, 17].

**Таблица 3. Годовая динамика значений КП  $^{137}\text{Cs}$  для основных видов растений травостоя естественного осушенного луга с торфяно-глеевой почвой (1994 г.)**

Растение	Время отбора проб	
	30 мая	14 июля
Ежа сборная	2,0±0,3	4,7±1,6
Лапчатка гусиная	3,4±1,2	17,4±3,4
Мятлик луговой	3,5±1,1	6,5±1,8
Клевер луговой	8,4±2,2	7,2±2,1
Чина луговая	10,5±1,7	4,0±1,1
Горошек мышиный	11,4±2,5	8,6±2,3

Снижение радиоактивного загрязнения травостоя естественных угодий невозможно без их коренного улучшения. По нашим данным, проведение этих работ в конечном итоге снижает поступление  $^{137}\text{Cs}$  в травостой луга до 10 раз на дерново-подзолистой почве и до 16 – на торфяно-глеевой.

Обобщение результатов многочисленных исследований, выполненных автором на естественных лугах, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [3, 7, 8, 12, 13, 16, 18–20] позволило впервые установить в 1988 году, а в последующем и научно обосновать взаимосвязь между существующей фитотопологической классификацией лугов [1, 4] и параметрами накопления  $^{137}\text{Cs}$  в травостое.

С учетом установленных закономерностей луга были ранжированы по загрязнению травостоя. В зависимости от водного режима они были ранжированы следующим образом по степени уменьшения накопления  $^{137}\text{Cs}$  в травостое: болотные > пойменные (долгопойменные > среднепойменные > короткопойменные) > низинные > суходольные (чрезмерного увлажнения > нормального увлажнения > абсолютные суходолы). По степени влияния основных типов почв на накопление  $^{137}\text{Cs}$  в травостое луга были расположены в следующий ниспадающий ряд: торфяно-болотные > дерново-подзолистые > лугово-черноземные > серые лесные > черноземные. Почвы лугов по степени влияния механического состава на величину накопления  $^{137}\text{Cs}$  в травостое можно расположить следующим образом: органогенные (торфяные) > песчаные > супесчаные > суглинистые > глинистые > тяжело-глинистые.

Последующие обобщения и анализ результатов аналогичных исследований [9, 10, 14, 17] подтвердили установленные ранее автором взаимосвязи между существующей фитотопологической классификацией лугов и параметрами накопления  $^{137}\text{Cs}$  в травостое.

В конечном итоге проделанная автором работа позволила научно обоснованно классифицировать луга Украины, подвергшиеся загрязнению  $^{137}\text{Cs}$  в составе конденсационных выпадений от Чернобыльской аварии, по степени радиационной опасности возможного использования травостоя этих угодий в корм крупному рогатому скоту (табл. 4). При этом отсутствие ограничений подразумевает, что скармливание травостоя крупному рогатому скоту позволяет получать молоко и мясо с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  не выше действующих сегодня гигиенических нормативов (ДР-2006).

**Таблица 4. Радиоэкологическая классификация и условия использования естественных лугов Украины**

Тип почвы	Тип луга	Балл опасности	Условия использования (спустя 2–3 месяца после аэрального загрязнения) при плотности загрязнения почвы
1	2	3	4
Чернозем глинистый	суходол нормальный	1	без ограничений – до 750 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 1500 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	2	без ограничений – до 375 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 750 кБк/м <sup>2</sup>
Лугово-черноземная суглинистая	суходол нормальный	2	без ограничений – до 375 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 750 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	4	без ограничений – до 187 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 370 кБк/м <sup>2</sup>
Дерново-подзолистая суглинистая	суходол нормальный	3	без ограничений – до 250 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 500 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	6	без ограничений – до 125 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 250 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 1250 кБк/м <sup>2</sup>
Луговая суглинистая	суходол нормальный	3	без ограничений – до 250 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 500 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 2500 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	6	без ограничений – до 125 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 250 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 1250 кБк/м <sup>2</sup>
Луговая супесчаная	суходол нормальный	4	без ограничений – до 187 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 375 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 1870 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	8	без ограничений – до 94 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 188 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 940 кБк/м <sup>2</sup>

Окончание табл. 4

1	2	3	4
Дерново-подзолистая супесчаная	суходол нормальный	6	без ограничений – до 125 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 250 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 1250 кБк/м <sup>2</sup>
	суходол избыточного увлажнения	10	без ограничений – до 75 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 150 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 750 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	20	без ограничений – до 37 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 75 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 370 кБк/м <sup>2</sup>
Дерново-подзолистая песчаная	суходол нормальный	10	без ограничений – до 75 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 150 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 750 кБк/м <sup>2</sup>
	суходол избыточного увлажнения	20	без ограничений – до 37 кБк/м <sup>2</sup> ; после поверхностного улучшения – до 75 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 370 кБк/м <sup>2</sup>
	пойменный влажный	40	после поверхностного улучшения – до 37 кБк/м <sup>2</sup> ; после коренного улучшения – до 185 кБк/м <sup>2</sup>
Торфяно-глебовая	осушенный	45	после коренного улучшения – до 150 кБк/м <sup>2</sup>
	заливной	90	после коренного улучшения – до 75 кБк/м <sup>2</sup> ; для выращивания молодняка – до 500 кБк/м <sup>2</sup>
	низинный, болотный	225	после осушения и коренного улучшения для выращивания молодняка при плотности загрязнения почвы – до 500 кБк/м <sup>2</sup>

Основной таксиметрической единицей классификации лугов автором предложено *балл радиоэкологической опасности*, при этом наименьшей радиоэкологической опасности соответствуют луга с баллом, равным 1.

Определены оптимальные условия использования природных лугов с учетом их радиоэкологической классификации, которые можно будет применять при разработке рекомендаций рационального использования естественных лугов Украины, подвергшихся загрязнению растворимыми формами <sup>137</sup>Cs.

### **Выводы и перспективы дальнейших исследований**

После прекращения выпадений радиоактивных веществ поступление радионуклидов в луговые растения происходит преимущественно из дернины. Оно по интенсивности превосходит почвенное в десятки раз. По мере миграции радионуклидов из дернины в почву лугов постепенно увеличивается и доля радионуклидов, поступающая почвенным путем через корни растений.

Основное влияние на переход радионуклидов из почвы в луговые растения оказывают фитотопологические особенности естественных лугов (свойства

почвы, водный режим, биологические особенности растений). При этом водный режим лугов и тип почв, на котором располагаются луга, являются определяющими факторами в загрязнении травостоя. Для основных типов почв загрязненных регионов Полесья Украины различия в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  варьировали до 100 раз, а в зависимости от влагообеспеченности – в 4–5 раз.

Согласно разработанной радиоэкологической классификации, луга, в зависимости от водного режима, по степени уменьшения накопления  $^{137}\text{Cs}$  в травостое располагаются в следующем порядке: болотные > пойменные (долгопойменные > среднепойменные > краткопойменные) > низинные > суходольные (чрезмерного увлажнения > нормального увлажнения > абсолютные суходолы). По степени влияния основных типов почв на накопление  $^{137}\text{Cs}$  в травостое луга можно расположить в следующий ниспадающий ряд: торфяно-болотные > дерново-подзолистые > лугово-черноземные > серые лесные > черноземные, а в зависимости от влияния механического состава почв они располагаются следующим образом: органогенные (торфяные) > песчаные > супесчаные > суглинистые > глинистые > тяжело-глинистые. Основной таксиметрической единицей классификации предложен балл радиоэкологической опасности, при этом наименьшей радиоэкологической опасности соответствуют луга с баллом, равным 1. Определены оптимальные условия использования природных лугов разного уровня загрязнения с учетом их радиоэкологической классификации.

Задачей дальнейших исследований является детализация параметров миграции  $^{137}\text{Cs}$  внутри различных типов лугов и разработка радиоэкологической классификации лугов по загрязнению  $^{90}\text{Sr}$ .

## Литература

1. Андреев Н.Г. Луговедение / Н.Г. Андреев. – М. : Агропромиздат, 1985. – 255 с.
2. Виконання у 1997 році Національної програми мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи : Річна доповідь МНС України. – К., 1998. – 55 с.
3. Перепелятников Г.П. Вплив меліорантів на надходження  $^{137}\text{Cs}$  із дернових зв'язно-піщаних ґрунтів в лучній травостій з домінуванням тимофіївки лучної (*Phleum pratense* L.) в умовах Західного Полісся України / Г.П. Перепелятников, М.Н. Бувальцев // Науковий вісник Національного аграрного університету. – Вип. 107. – Ч. 1. – К., 2007. – С. 107–112.
4. Кияк Г.С. Луговодство : учебник для с.-х. вузов / Г.С. Кияк. – К., 1986. – 352 с.
5. Марей А.Н. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / А.Н. Марей, А.С. Белицкий, Р.М. Бархударов и др. ; под общ. ред. А.Н. Марей и А.С. Зыковой – М. : Вторая типография МЗ СССР, 1980. – 336 с.



6. *Ветров В.А.* Мониторинг параметров миграции Чернобыльских радионуклидов в естественных экосистемах на территории СССР / *В.А. Ветров, Г.А. Андрианова, А.А. Косиновский, А.В. Толоконников* // Тез. докладов Всесоюзного радиологического съезда. – Пушино, 1989. – С. 421–422.
7. *Перепелятников Г.П.* Миграция радионуклидов в природных и полуприродных луговых экосистемах. Проблемы экологии лесов и лесопользования на Полесье Украины / *Г.П. Перепелятников* // Наукові праці Поліського філіалу УкрНДІЛГА. – Вип. 3 (9). – Житомир : Волинь, 2002. – С. 118–139.
8. *Перепелятников Г.П.* Миграция цезия-137 в системе почва–растение при улучшении естественных лугов на западном следе аварийного выброса ЧАЭС / *Г.П. Перепелятников, М.И. Ильин, Б.С. Пристер* // Проблемы сельскохозяйственной радиологии : сб. научн. тр. УкрНИИСХР. – К., 1991. – С. 122–129.
9. *Молчанова И.В.* Подвижность радионуклидов в почвенно-растительном покрове аварийной зоны Чернобыльской АЭС / *И.В. Молчанова, Л.Н. Михайловская, Е.Н. Караваева* // Экология. – 1991. – № 3. – С. 89–91.
10. *Пятнова Т.Т.* Поступление радионуклидов Cs в сельскохозяйственную продукцию из почв 30-км зоны ЧАЭС / *Т.Т. Пятнова, Н.В. Гребеницкова, И.А. Левков* // III Всесоюзная конференция по с.-х. радиологии : тез. докладов. – Т. 1. – Обнинск, 1990. – С. 37.
11. 15 років Чорнобильської катастрофи. Досвід подолання // Національна доповідь України. – К. : Чорнобильінтерінформ, 2001. – 144 с.
12. *Перепелятников Г.П.* Радиологические аспекты использования естественных кормовых угодий Украины / *Г.П. Перепелятников, М.И. Ильин* // Проблемы сельскохозяйственной радиологии : сб. научн. трудов УкрНИИСХР. – К., 1991. – С. 112–122.
13. *Перепелятников Г.П.* Радиоэкологическая классификация луговых экосистем Полесья Украины / *Г.П. Перепелятников, М.И. Ильин* // Пятая Международная научно-техническая конференция “Чернобыль-96” “Итоги 10 лет работы по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС” : сб. тез.. – Зеленый Мыс, 1996. – С. 292.
14. Радиоэкологические последствия Чернобыльской аварии / *Р.М. Алексахин, И.И. Крышев, Н.И. Санжарова и др.* ; под ред. И.И. Крышева // Ядерное общество СССР / сер. Радиоэкологические аспекты ядерной энергетики. – М., 1991. – 190 с.
15. Формы нахождения цезия-137 и стронция-90 в почвах, загрязненных в результате аварии на ЧАЭС / *Е.Л. Молоканова, Н.Я. Новикова, Р.Н. Сапунова, С.П. Химич* // Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере : тез. докладов 5-ой конференции. – М.–Пушино, 1991. – С. 64.

16. Behaviour of radionuclides in meadows including countermeasures application. Proceedings of the first inter-national conference / *B.S. Prister, M. Belli, N.I. Sanzharova et al.* // "The radiological consequences of the Chernobyl accident". – Published by the EUROPEAN COMMISSION, Brussels, Luxembourg, 1996. – P. 59–69.
17. *Alexakhin R.M.* Countermeasures in agricultural production as an effective means of mitigating the radiological consequences of the Chernobyl accident / *R.M. Alexakhin* // *Sci. of the Total Environ.*, 1993. – V. 137. – P. 9–20.
18. Radionuclides transfer factors from soil to meadow vegetation and their classification on the basis of ecological characteristics / *M. Belli, H. Velasco, B. Prister et al.* // International scientific collaboration on the consequences of the Chernobyl accident (1991–1995). – Experimental collaboration project № 5. Behaviour of Radionuclides in Natural and Semi-Natural Environments. Published by the EUROPEAN COMMISSION, Brussels, Luxembourg, 1996. – P. 105–120.
19. Radionuclide transfer to meadow plants / *N. Sanzharova, M. Belli, A. Arkhipov et al.* // Proceedings of the first inter-national conference, Minsk, Belarus, 18 to 22 March 1996, "The radiological consequences of the Chernobyl accident". Published by the EUROPEAN COMMISSION, Brussels, Luxembourg, 1996. – P. 507–511.
20. Radionuclides migration in natural and semi-natural ecosystems. The behaviour of radionuclides in natural – and semi-natural environments / *F. Tihomirov, M. Belli, H. Velasco et al.* – Report 1991–1992, ECP-5. Doc. ENEA-DISP 1992. – № 6. – 128 p.