

УДК 581.5+581.524.3+632.118.3

Растительность агроэкосистем в зоне отселения после аварии на ЧАЭС

Л. М. САПЕГИН, Н. М. ДАЙНЕКО, С. Ф. ТИМОФЕЕВ, А. С. ТИМОФЕЕВ

В результате катастрофы на ЧАЭС выведены из сельскохозяйственного оборота более 265 тысяч гектар с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 40 Ки/км² и ^{90}Sr более 3 Ки/км². Реабилитация этих земель является весьма актуальной проблемой.

Цель нашей работы – изучение видового и синтаксономического состава растительности агроэкосистем сельхозугодий, определение возможности сельскохозяйственного использования этих земель с учетом радиоактивного загрязнения почвы и аккумуляции радионуклидов растительным компонентом агроэкосистем.

Объекты и методы исследования. Объектами наших исследований в 2002 г., который отличался сухим и жарким летом, были сельхозугодья (агроэкосистемы) бывшего совхоза “Савичи” Брагинского района Гомельской области расположенные в зоне отселения.

Изучение видового состава растительности агроэкосистем проведено одновременно с геоботаническим описанием и изучением почвы. Определение видов растений выполнено по определителю [3]. Геоботаническое описание растительности агроэкосистем проводили общепринятыми в геоботанике методами [1, 2, 4, 5] путем типического заложения учетных площадок размером 100 м² (10x10 м) и 4 м² (2x2 м). При этом учитывали географическое положение агроэкосистем, мезорельеф и нанорельеф, аспект растительности, высоту травостоя, общие проективное покрытие в процентах и проективное покрытие отдельных видов растений в баллах: + – до 1%, 1 – до 5%, 2 – 6-15%, 3 – 16-25%, 4 – 26-50%, 5 – свыше 50% [1-2]. Классы постоянства видов в агроэкосистемах определяли по шкале: I – до 20%, II – 21-40%, III – 41-60%, IV – 61-80%, V – 81-100% [9].

Синтаксономию растительности агроэкосистем выполняли с использованием флористических критериев Браун-Бланке индуктивно – дедуктивным методом [9-12]. В полевых условиях учитывали зоогенный фактор – роющее влияние диких свиней на нанорельеф и растительность агроэкосистем. Для изучения радиоактивного загрязнения почвы и растительности отбирали образцы по существующим методикам [6]. Определение содержания ^{137}Cs в почвенных и растительных пробах проводили на гамма-спектрометре Canberra, ^{90}Sr радиохимическим методом с радиометрическим окончанием на альфа-бета-счетчике Canberra.

Определение возможности сельскохозяйственного использования земель бывшего совхоза “Савичи” устанавливали по соответствию показателей содержания радионуклидов в почве и аккумуляции их растительностью агроэкосистем нормативным показателям РДУ – 99 [7].

Природные условия объектов исследований нами охарактеризованы ранее [8].

Результаты исследований и их обсуждение. Геоботаническое описание луговых экосистем (свыше 50) послужили основой для синтаксономического анализа растительности агроэкосистем. Синтаксономический диагноз ассоциаций агроэкосистем приведен в табл. 1.

Из таблицы 1 видно, что выделенные нами ассоциации не имеют четкого синтаксономического адреса. Поэтому, 1-ю, 2-ю, 4-ю и 5-ю ассоциации с доминированием в травостое типичных луговых видов мы отнесли к классу Molinio – Arrhenatheretea. Третья ассоциация с доминированием в составе травостоя видов рудеральных сообществ многолетних злаков, представляющих продвинутую стадию восстановительных сукцессий, мы отнесли к классу Agropyretea repentis с участием содоминантных видов порядка, союза Onopordetalia acanthii, Onopordion acanthii класса Artemisietea vulgaris.

Таблица 1.

Синтаксономический диагноз ассоциаций агроэкосистем

Диагностическая группа	Представленность, %					
	ассоциация					
	1	2	3	4	5	6
Диагноз класса						
Molinio – Arrhenatheretea (17)	17.6	5.9	11.8	11.8	17.6	–
Sedo – Scleranthetea (17)	5.9	5.9	11.8	11.8	5.9	–
Epilobieteae angustifolii (7)	14.3	–	14.3	28.6	28.6	–
Agropyreteae repentis (6)	16.7	16.7	16.7	–	33.3	–
Festuco – Brometea	–	–	–	4.0	2.0	–
Artemisieteae vulgaris (9)	–	–	–	–	11.0	–
Nardo – Callunetea (9)	–	–	11.0	–	–	–
Trifolio – Geranieteae sanguinei (17)	–	–	11.8	–	–	–
Диагноз порядка						
Onopordetalia (15)	13.3	6.7	33.3	20.0	6.7	–
Quercetalia pubescentis (15)	6.7	6.7	6.7	–	13.3	–
Festuco – Sedetalia (50)	–	2.0	4.0	6.0	2.0	–
Festucetalia valesiacaе (37)	–	2.7	5.4	8.1	2.7	–
Arrhenatheretalia (17)	5.9	–	11.8	23.5	17.6	–
Magnocaricetalia, Magnocaricion elatae (II)	–	–	–	–	–	27.3
Caricetalia fuscae, Caricion fuscae (II)	–	–	–	–	–	9.1
Диагноз союза						
Onopordion accanthii (9)	33.3	22.2	33.3	44.4	66.7	–
Sisymbrium officinalis (5)	–	–	20.0	60.0	20.0	–
Filipendulo – Petasition (8)	–	–	12.5	12.5	12.5	–
Agropyro – Rumicion crispis (6)	–	–	16.7	–	16.7	–
Arrhenatherion elatioris (5)	20.0	–	–	40.0	–	–
Trifolion medii (5)	–	20.0	–	–	–	–
Eu – Polygo – Chenopodion (5)	–	–	20.0	–	–	–
Cirsio – Brachypodion pinnatis (18)	–	–	–	–	5.5	–
Molinion (15)	–	–	–	–	–	13.3

Примечание. В скобках указано число диагностических видов.

Участие видов класса Sedo – Scleranthetea характеризует агроэкосистемы как формирующиеся на слаборазвитых рыхлых песчаных почвах. В составе агроэкосистем представлены также виды класса Epilobieteae angustifolii, характерные для вырубок и гарей, а также виды сообществ сухих местообитаний, пустырей и залежей (виды союза Sisymbrium officinalis, порядка Sisymbrietalia, класса Chenopolieteae). Шестая ассоциация представляет крупноосоковые сообщества торфяных почв.

Ниже приводим продромус синтаксонов растительности агроэкосистем.

I. Класс Molinio-Arrhenatheretea R. Tx. 1937 em R. Tx. 1970

1. Порядок Arrhenatheretalia Pawl. 1928

1. Союз Agrostion vinealis Sipajlova et al. 1985

1. Acc. Calamagrostietum epigeii Sapegin 1986

2. Союз Festucion pratensis Sipajlova et al. 1985

1. Acc. Phleetum pratensis Stepanovic 1999

2. Acc. Dactylido gromerafae – Festucetum pratensis ass. nova

3. Acc. Agrostio tenuis-Poetum pratensis ass. nova

II. Класс Agropyreteae repentis Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967

1. Порядок Agropyretalia repentis Oberd., Th. Muller et Gors in Oberd. et al. 1967

1. Союз Convolvulo-Agropyron Gors 1966

1. Acc. *Oenothera biennis*-*Elytrigietum repentis* ass. nova
 III.Класс *Phragmiti-Magnocaricetea Klika* in *Klika et Novak* 1941
 1. Порядок *Magnocaricetalia Pignatti* 1953
 1. Союз *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926
 1. Acc. *Caricetum gracilis* Almqvist 1929
 R. Тх. 1937

Из проведенного продромуса видно, что растительность бывших сельхозугодий (агроэкосистем) входит в состав трех классов, трех порядков, четырех союзов и шести ассоциаций системы синтаксонов Браун – Бланке. Более представительным оказался класс *Molinio – Arrhenatheretea*, объединяющий луговые сообщества с преобладанием многолетних злаков. В его состав входит четыре ассоциации, отражающие постепенное повышение влажности и трофности почвы. Класс *Agropyretea repentis* объединяет рудеральные сообщества с преобладанием многолетних злаков, представляющих продвинутую стадию восстановительных сукцессий. В его состав входит одна ассоциация, отражающая постепенную стабилизацию процесса вторичной восстановительной сукцессии агроэкосистемы. Класс *Phragmiti – Magnocaricetea* включает одну ассоциацию, сообщества которой характерны для травяных болот.

Синтаксономическая характеристика выделенных ассоциаций представлена в таблице 2.

Таблица 2.

Синтаксономическая характеристика агроэкосистем бывшего совхоза “Савичи”
 Брагинского района

Диагностический вид (Д.в.)	Ассоциация					
	1	2	3	4	5	6
1	2	3	4	5	6	7
<i>Calamagrostis epigeios</i> *	V.4			I	I	
<i>Phleum pratense</i> *	1.	V.4		I	I	
<i>Elytrigia repens</i> *		2	V.4		II.1-2	
<i>Oenothera biennis</i> *	11.1	11.1	V.1-3	II.1-2	1.1	
<i>Festuca pratensis</i> *				V.3-4		
<i>Dactylis glomerata</i> *		1.1	1.1	V.2	1	
<i>Poa pratensis</i> *	I.2		I. + -1		V.3-4	
<i>Agrortis tenuis</i>	I.	I.	I.		V.1-2	
<i>Carex acuta</i> *						V.5
Д. в. <i>Arrhenathetion elatioris</i>						
<i>Campanula patula</i>	I.+1			I.		
Д. в. <i>Arrhenatheretalia</i>						
<i>Daucus carota</i>	I	1.1	1.1	1.1	II.1-2	
<i>Dactylis glometata</i>		1.1	1.1	V.2	I	
Д. в. <i>Molinion</i>						
<i>Lysimachia vulgaris</i>						I
Д. в. <i>Molinio – Arrhenatheretea</i>						
<i>Phleum pratense</i>	1	V.4		1	1	
<i>Festuca pratensis</i>				V.3-4		
<i>Poa pratensis</i>	1.2		1.+ -1		V.3-4	
<i>Achillea millefolium</i>	I.		I		I	
Д. в. <i>Agropyretea repentis</i>						
<i>Calamagrostis epigeios</i>	V.4			I	I	
<i>Elytrigia repens</i>		2	V.4		II.1-2	
Д. в. <i>Sedo – Scleranthetea, Festuco – Sedetalia</i>						
<i>Helichrisum arenarium</i>		I	I	I	I	

Диагностический вид (Д.в.)	Ассоциация					
	1	2	3	4	5	6
Trifolium arvense Jasione montana Hieracium pilosella		I	I	I	I	
Д. в. Festuco Brometea						
Veronica spicata Artemisia campestris			I	I	I	
Д.в. Nardo – Callunetea						
Antennaria dioica			I			
Д. в. Epilobietea angustifolii						
Chamaenerion angustifolium Centaureum umbellatum			I		I	
Д. в. Onopordetalia acanthii, Onopordion acanthii						
Oenothera biennis	II.1	II.1	V.1-3	III.1-2	I.1	
Artemisia absinthium	II.1	II.1	I.1	II.1	I	
Berteroa incana	I.1	I.1	I.1	I.	I.	
Melandrium album	I		I	I.1	I.	
Д. в. Quercetalia pubescens						
Hypericum montanum	I	I	I		I	
Д. в. Sisymbrium officinalis						
Conyza canadensis			I	I	I	
Д. в. Trifolion medii						
Galium mollugo		I				
Д. в. Cirsio – Brachypodion pinnati						
Senecio vulgaris					I	
Д. в. Eu – Poligono – Chenopodion						
Lamium purpureum					I	
Д. в. Trifolio – Geranietea sanganei						
Verbascum lichnitis					I	
Д. в. Agropyro – Rumition crispi						
Potentilla anserina			I		I	I
Д. в. Filipendulo – Petasition						
Epilobium hirsutum			I		I	
Д. в. Magnocaricetalia, Magnocaricion elatae						
Carex acuta						V.5
Phalaroides arundinacea						II.1
Poa palustris						II
Д. в. Caricetalia fuscae, Caricion fuscae						
Stellaria palustris						I
Прочие виды						
Agrostis tenuis			I		V.1-2	
Rumex thyrsiflorus	I		I		+1	
Melilotus albus	I		I		I	
Consolida regalis		I	I		I	
Convolvulus arvensis		I	I		I	
Linaria vulgaris			I	I	I	
Equisetum arvense		I	I	I	I	
Phalacrolooma annuum	I			I	I	
Cichorium inthybus		I			I	

Диагностический вид (Д.в.)	Ассоциация					
	1	2	3	4	5	6
<i>Crepis tenctorium</i>			I		I	
<i>Genista tinctoria</i>	I					
<i>Trifolium medinm</i>		I				
<i>Veronica officinalis</i>				I		
<i>Centaurea scabiosa</i>				I		
<i>Erodium cicutarium</i>					I	
<i>Cirsium arvense</i>					I	
<i>Cerastium holosteoides</i>					I	

Примечание. Ассоциации: 1 – *Calamagrostietum epigeii*; 2 – *Phleetum pratensis*; 3 – *Oenothero biennis* – *Elutrigietum repentis*; 4 – *Dactylido glomeratae* – *Festucetum pratensis*; 5 – *Agrostio tenuis* – *Poetum pratensis*; 6 – *Caricetum gracilis*.

Сноской отмечены диагностические виды, диагноз которых использован в синтаксонах высших рангов.

Из таблицы 2 видно, что выделенные по доминантам ассоциации не имеют диагностических видов своих союзов, порядков, кроме последней. Также рыхлыми оказались видовые комбинации ранга класса. Все это, а также участие в составе агроэкосистем видовых комбинаций синтаксонов рудеральных сообществ, сообществ на слабозрелых песчаных почвах, сообществ вырубков и гарей и других, свидетельствует об отсутствии стабилизации процессов вторичных восстановительных сукцессий растительности агроэкосистем в зоне отселения после аварии на ЧАЭС.

Вторичные восстановительные сукцессии растительности агроэкосистем прерываются постоянным влиянием на агроэкосистемы зоогенного фактора – диких свиней, которые систематически нарушают целостность растительного покрова в поисках корма. В то же время выделенные ассоциации растительности агроэкосистем дают возможность охарактеризовать их по радиационному загрязнению, проследить аккумуляцию радионуклидов их растительным компонентом, оценить возможность реабилитации этих угодий. Агроэкосистемы первого класса относятся к суходольным лугам, второго – к пропашным сельхозугодьям с синантропной растительностью, третьего – к болотистым лугам (травяным болотам).

В условиях отселения бросовые сельхозугодья находятся в стадии их зацеливания. Процессы вторичных восстановительных сукцессий растительности агроэкосистем находятся под сильным влиянием зоогенного фактора – диких свиней, деятельность которых нарушает демулационные процессы, создает своеобразный нанорельеф и микрокомплексность растительного покрова. Это способствует восстановлению лесной растительности на бросовых землях.

Ниже приводим краткую геоботаническую характеристику растительного покрова выделенных ассоциаций агроэкосистем.

Асс. *Calamagrostietum epigeii*. Ее сообщества занимают плоские равнинные участки с дерновой слабозрелой супесчаной почвой. Травостой образован доминантным видом вейником наземным – *Calamagrostis epigeios* (30%) с незначительным участием таких видов, как мятлик луговой – *Poa pratensis* (1%), тимофеевка луговая – *Phleum pratense* (<1%), полевица тонкая – *Agrostis tenuis* (<1%), ослинник двулетний – *Oenothera biennis* (2%), щавель пирамидальный – *Rumex thyrsoiflorus* (<1%) и др. Флористическая насыщенность агроэкосистем – 17 видов сосудистых растений. Мертвый покров в травостое агроэкосистемы достигает 40% проективного покрытия. Продуктивность травостоя низкая – 9 ц/га сена низкого качества.

Асс. *Phleetum pratensis*. Занимает плоские, слегка пониженные делянки с дерново-подзолистой супесчаной почвой. Общее проективное покрытие травостоя составляет 60-65%. Основу травостоя составляют доминант тимофеевка луговая – (30-40%) с участием пырея ползучего-*Elytrigia repens* (15%), полевицы тонкой (1%), клевера среднего, клевера пашенного-*Trifolium arvense*, икотника серо-зеленого-*Verteroa incana*, ослинника двулетнего, полыни горькой –

Artemisia absinthium и других с проективным покрытием от <1 до 5% каждого. Видовая насыщенность агроэкосистемы – 17 видов. Урожайность травостоя составляет 20 ц/га сена. Качество сена снижается присутствием в травостое сеgetальных и рудеральных видов растений.

Acc. Dactylido glomeratae- Fastucetum pratensis. Сообщества ассоциации занимают ровные с некоторым уклоном территории. Почвы дерново-подзолистые супесчаные. Общее проективное покрытие травостоя 60%. Доминирует в травостое овсяница луговая - *Festuca pratensis* (30%), содоминант- ежа сборная- *Dactylis glomerata* (10-15%). С небольшим проективным покрытием в травостое присутствуют вейник наземный (5%), ослинник двулетний (10%), тонколучник однолетний – *Phalacrolooma annuum*, мелкопестничек канадский- *Coryza canadensis*, полынь равнинная – *Artemisia campestris* и другие с проективным покрытием от <1 до 5%. Всего присутствует 22 вида сосудистых растений. Продуктивность травостоя агроэкосистем составляет до 25 ц/га сена. Высокое качество сена снижают рудеральные и сеgetальные виды растений агроэкосистем.

Acc. Agrostio tenuis – Poetum pratensis. Занимает повышенные участки пашни. Почва дерново-подзолистая супесчаная. Общее покрытие травостоя составляет 60%. Доминантом травостоя является мятлик луговой (40%), содоминантом – пырей ползучий (15%). В травостое присутствуют полевица тонкая (5%), ослинник двулетний (5%), иван-чай узколистный – *Chamaenerion angustifolium* (1%), крестовник обыкновенный – *Senecio vulgaris* (1%) и другие. Всего отмечено 35 видов сосудистых растений. Поверхность агроэкосистем, как и всех изученных, изрыта дикими свиньями. Урожай травостоя достигает 18 ц/га сена, качество его снижено значительным присутствием в травостое сеgetальных и рудеральных видов растений.

Acc. Ocnothero biennis – Elytrigietum repentis. Травяной покров агроэкосистем формируется как вторичная восстановительная сукцессия на заброшенной пашне, разреженный. Его проективное покрытие составляет 40%. Покров мертвыми остатками растений равен 50%. Доминирует пырей ползучий – 30%, содоминант – ослинник двулетний 10%. С небольшим проективным покрытием в травостое участвуют дрема белая- *Melandrium album*, цмин песчаный – *Helichrysum arenareum*, букашник горный – *Jasione montana*, вероника колосистая – *Veronica spicata* и др. Всего зарегистрировано 27 видов высших споровых и цветковых растений. Продуктивность травостоя невысокая – 13 ц/га сена, качество которого снижено присутствием в нем сеgetальных и рудеральных видов растений.

Acc. Caticetum acutae включает сообщества на торфяно-болотной почве с доминированием осоки острой (90%) и с единичными представителями двукисточника тростниковидного – *Phalaroides arundinacea*, мятлики болотного – *Poa palustris*, звездчатки болотной – *Stellaris palustris*, лапчатки гусиной – *Potentilla anserine* и др. Продуктивность травостоя высокая – 25 ц/га сена низкого качества.

Оценку травостоя агроэкосистем давали по степени его радиоактивного загрязнения. Нормативами Республики Беларусь предусмотрены различные уровни содержания радионуклидов в травяных кормах в зависимости от вида конечной животноводческой продукции. Так, для получения нормативно чистого цельного молока содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в сене не должно превышать 1300 и 260 Бк/кг соответственно. При использовании молока на переработку предельно допустимое содержание радионуклидов увеличивается до 1850 и 1300 Бк/кг. Регламентом установлено, что сельскохозяйственные угодья выводятся из оборота при плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr свыше 1850 и 111 кБк/м² соответственно.

Результаты проведенных исследований показали, что плотность загрязнения обследуемых территорий ^{137}Cs составляла от 546 до 1646 кБк/м² (15-45 Км/км²), а ^{90}Sr от 38 до 153 кБк/м² (1-4 Км/км²). При такой пестроте радиоактивного загрязнения отмечается и высокая вариабельность по аккумуляции радионуклидов различными видами растений.

В зависимости от условий произрастания содержание радионуклидов в одних и тех же видах существенно различается. Амплитуда колебаний по содержанию ^{137}Cs в травостое составляла от 40 до 17575 Бк/кг, а ^{90}Sr – от 83 до 1404 Бк/кг (рис.1-2).

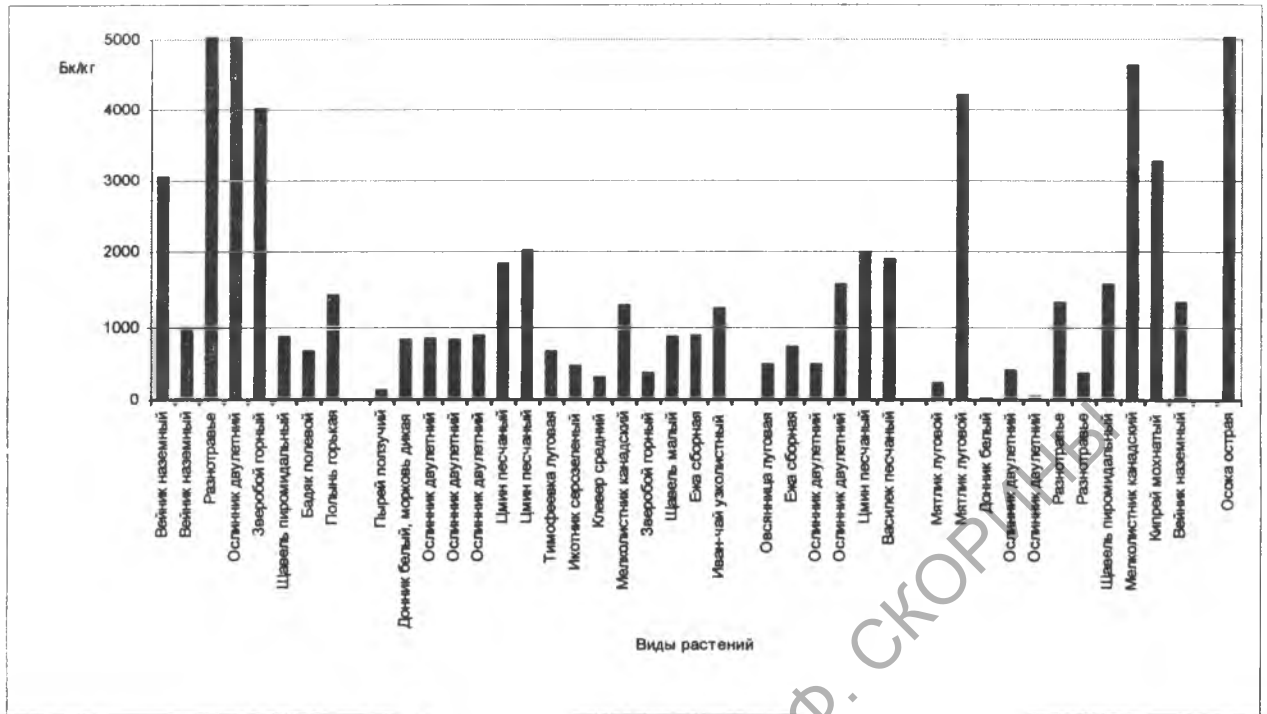


Рис. 1. Содержание ^{137}Cs в воздушно сухой массе растений агроэкосистем

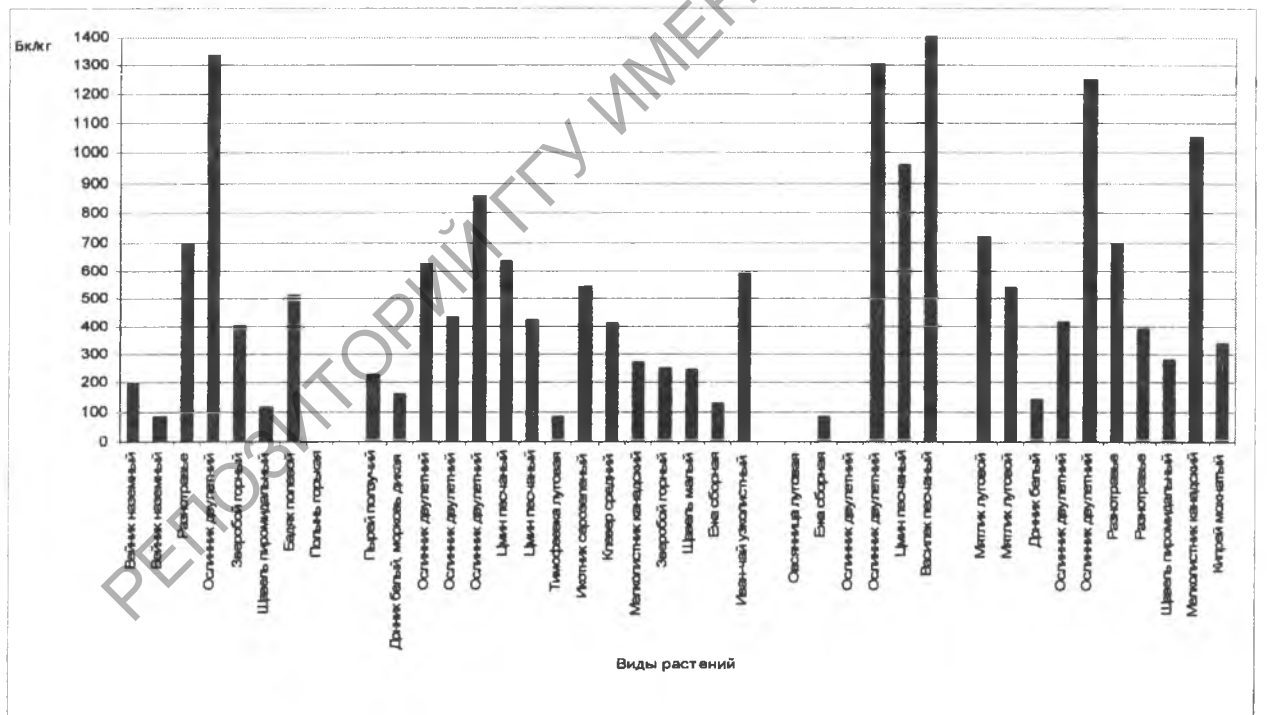


Рис. 2. Содержание ^{90}Sr в воздушно сухой массе растений агроэкосистем

Большинство обследованных видов растений накапливает ^{137}Cs до 2000 Бк/кг. По содержанию ^{90}Sr в изучаемых видах можно отметить, что лишь в отдельных случаях имеет место превышения уровня 1300 Бк/кг. Примечательно, что во многих растениях содержание стронция составляет до 260 Бк/кг.

Важное значение при оценке возможности использования растительного покрова на кормовые цели является определение вклада каждого вида в формирование общего уровня загрязнения травостоя. По нашим данным в зависимости от количества вида в травостое и его удельной активности, вклад в общую активность травостоя по ^{137}Cs составляет 0,3 до 100%, а по ^{90}Sr от 0,2 до 88%.

С учетом данных обстоятельств для более корректной оценки уровня радиоактивного загрязнения травостоя оценку проводили с учетом вклада каждого вида в конкретной экосистеме. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостое составляло в основном 24-1300 и 11-252 Бк/кг соответственно.

Таким образом, по совокупности радиологических показателей (аккумуляции ^{137}Cs и ^{90}Sr растительным покровом большинства изученных экосистем) можно использовать обследованные угодья для заготовки кормов и, следовательно, для производства цельного молока и другой животноводческой продукции, соответствующей установленным нормативам.

Abstract

The authors study structure of vegetation of agroecosystems of agricultural lands and opportunities of agricultural use of the grounds of the zone polluted with radiation.

Литература

1. Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Фитоценология. Принципы и методы М.: Наука, 1978. – 212 с.
2. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
3. Определитель высших растений Беларуси. – Мн.: Дизайн ПРО, 1999. – 472 с.
4. Понятовская В.М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах// Полевая геоботаника. – Т. 3. – М.: Л.: Наука, 1964. С. – 209-299.
5. Программа и методика биогеоценологических исследований/ Под. ред. В.Н. Сукачева и Н.В. Дылиса. – М.: Наука, 1966 – 333 с.
6. Радиоактивные загрязнения растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС). – Мн.: 1995. – 582 с.
7. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь/ Под. ред. профессора И.М. Богдевича. – Мн.: 2003. – 72 с.
8. Сапегин Л.М., Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Состояние растительности в зоне отчуждения после аварии на ЧАЭС// Весці НАН Беларусі. 2002. – №4. – С. 11-18.
9. Braun – Blanguet d. Pflanzensociologie. – Wien; N.Y.: Springer-Verlag, 1964 – 865 s.
10. Kopesky K., Hejnys. A new approach to the classification of and ropogenic plant communities // Vegetatio, 1974. – V / 29 / – P. 17-30.
11. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczenia zbiorowisk roslinnych Polski. – Warszawa: PWN, 1984. – 298s.
12. Westhoff V., vander Maarel. The Braun – Blanguet a pproach// Handbooc of vegetetion science. 5. Ordination and classification of communities. – The Hague, 1973. – P. 617-726.