

УДК [574.24+539.12.047](476.4)

Радиоэкологические особенности миграции Cs-137 в растительность лесных экосистем Могилевской области Беларуси, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС

Щур А.В.*, Виноградов Д.В.**, Валько В.П.***, Фадькин Г.Н.***, Гогмачадзе Г.Д.****

*Белорусско-Российский университет

**РГАТУ (Рязань)

***Белорусский государственный аграрный технический университет

****«ВНИИ Агроэкоинформ»

Аннотация

Объектами работы являются лесные экосистемы с различной плотностью радиоактивного загрязнения Чериковского района Могилевской области. Выявлено неоднозначное влияние эдафотона на переход Cs-137 в лесную растительность нижнего яруса. Установлено, что более значительное накопление радиоцезия отмечается у травянистой растительности.

Ключевые слова: ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, Cs-137, ТРАВЯНИСТАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, КУСТАРНИЧКОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ, ЭДАФОТОПЫ, ФОРМАЦИИ ЛЕСА

Введение

Чернобыльская катастрофа, произошедшая 26 апреля 1986 г., по настоящее время оказывает негативное воздействие на пострадавшие от выпадения радиоактивных осадков территории Беларуси. К примеру, в Могилевской области в результате аварии на Чернобыльской АЭС 1313,2 тыс. га земель было загрязнено ^{137}Cs с плотностью от 37 кБк/м² и более, из них на лесные экосистемы приходится 437,2 тыс. га.

В лесных биогеоценозах распределение радионуклидов во многом связано со строением древостоя, ярусностью и видовым составом нижних ярусов растительности, а последующее вторичное перераспределение – с процессами подстилкообразования, водной и биогенной миграцией в почве [1].

До настоящего времени значительный интерес представляет изучение влияния типов эдафотопов и формаций лесов на иммобилизацию ^{137}Cs в почве и переход его в растительность нижнего яруса в связи с ее активной эксплуатацией населением путем сбора лекарственного сырья, грибов, ягод и другой лесной продукции [2-7].

Объекты и методы исследований

Исследования проводились в 2008-2014 г.г. Объектом исследований являлась растительность нижнего яруса естественных лесных биогеоценозов Чериковского района Могилевской области, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях. Чериковский район Могилевской области – один из наиболее радиоактивно загрязненных районов Беларуси, где остро стоит проблема радиоактивного загрязнения продукции леса.

Для выполнения исследований использованы следующие методы: метод стационарных участков (пробных площадей), лабораторных анализов, а также сравнительно-аналитический метод.

Сделан подбор репрезентативных сообществ, расположенных на территориях с плотностью загрязнения земель ^{137}Cs – 74-185 кБк/м² (в среднем 85,1 кБк/м²) и 370-555 кБк/м² (в среднем 392,2 кБк/м²), где заложены стационарные участки. На указанных участках проведен отбор сопряженных проб растительности (травянистой и кустарничковой) и почвы для определения удельной активности ^{137}Cs .

В качестве средства измерений удельной активности ^{137}Cs использовались гамма-бета спектрометры МКС-АТ1315 (производства НПУП «Атомтех», Республика Беларусь). Измерение удельной активности проводилось в соответствии с методикой выполнения измерений МВИ. МН 1181-2007 [8].

Тип эдафотопов определялся по П.С.Погребняку, формации леса структурировались по И.Д.Юркевичу.

Для установления размеров перехода ^{137}Cs в лесную продукцию использовались

коэффициенты перехода (K_p) и коэффициенты накопления (K_n).

K_p ^{137}Cs в системе почва-растение рассчитывается по формуле [9]:

$$K_p = \frac{\text{Удельная активность } ^{137}\text{Cs в растении, Бк/кг}}{\text{Плотность загрязнения почвы } ^{137}\text{Cs, Ки/км}^2} \quad (1)$$

Расчет коэффициентов накопления производился по формуле [9]:

$$K_n = \frac{\text{Удельная активность растительного образца, Бк/кг}}{\text{Удельная активность почвы, Бк/кг}} \quad (2)$$

Определение содержания доступных и недоступных растениям форм ^{137}Cs , выделенных из почвы, проводилось согласно методу последовательной экстракции Ф.И.Павлоцкой [10].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа с использованием стандартного программного обеспечения [11].

В процессе исследований использовались нормативные материалы, результаты ранее проведенных научных исследований [12-20].

Результаты и обсуждение

Были проведены радиоэкологические обследования нескольких типов естественных лесных биогеоценозов Чериковского района Могилевской области для подбора наиболее репрезентативных сообществ с наибольшей дифференциацией по накоплению радионуклидов в высшей растительности нижнего яруса.

В таблицах 1 и 2 представлены результаты проведенных измерений (в среднем за 2008-2014 г.г.) в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности, а также почвы и кустарничковой растительности, с учетом типов условий местообитания (эдафотопов).

Полученные результаты свидетельствуют о значительном варьировании уровня радиоактивного загрязнения почвы и растительности в изучаемых сообществах.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Содержание ¹³⁷Cs в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности

Формации леса (по И.Д. Юркевичу)	Эдафотопы (по П.С.Погребняку)											
	В ₂		В ₃		В ₄		В ₂		В ₃		В ₄	
	Активность проб почвы						Активность растительных проб					
	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %
Плотность загрязнения территории 74-185 кБк/м ²												
Сосняки	344,0± 19,9	6,96	775,4± 23,8	6,58	832,8± 27,5	6,73	926,7± 27,7	7,03	1318,0± 26,5	7,14	1416,5± 28,9	7,25
Березняки	484,4± 26,3	6,87	648,7± 24,7	6,46	953,5± 28,3	6,52	935,9± 23,8	7,08	1266,6± 30,1	7,81	1722,7± 30,3	7,86
Ельники	588,7± 25,7	6,39	646,8± 25,5	6,81	878,5± 27,8	6,78	946,7± 20,7	7,71	1037,9± 22,2	7,44	1506,3± 31,1	7,35
Осинники	653,5± 24,4	6,51	750,8± 28,4	6,62	972,5± 26,9	6,77	1018,4± 24,1	7,64	1373,3± 29,4	7,56	1755,1± 32,9	7,47
Плотность загрязнения территории 370-555 кБк/м ²												
Сосняки	1051,6± 65,3	8,59	1927,5± 68,1	8,68	1951,0± 71,3	8,32	2014,9± 71,5	8,89	2054,7± 82,2	8,41	2538,3± 69,9	8,56
Березняки	1026,6± 57,8	8,27	1573,1± 73,4	8,66	2265,7± 67,3	8,57	1655,8± 80,4	8,42	2405,5± 87,4	8,86	2409,9± 71,7	8,34
Ельники	1135,6± 64,4	8,34	1518,8± 52,9	8,91	2533,3± 64,6	8,49	1609,5± 81,1	8,69	2214,3± 85,1	8,55	2546,3± 87,7	8,19
Осинники	1260,3± 62,9	8,27	1296,5± 59,5	8,18	2233,9± 75,1	8,25	1707,5± 79,9	8,53	2211,3± 84,9	8,65	2917,8± 84,9	8,72

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Таблица 2. Содержание ^{137}Cs в сопряженных пробах почвы и кустарничковой растительности

Формации леса (по И.Д. Юркевичу)	Эдафотопы (по П.С.Погребняку)											
	В ₂		В ₃		В ₄		В ₂		В ₃		В ₄	
	Активность проб почвы						Активность растительных проб					
	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %	Бк/кг	Sx, %
Плотность загрязнения территории 74-185 кБк/м ²												
Сосняки	891,6± 21,8	6,54	632,1± 25,5	6,63	667,6± 26,6	6,81	627,7± 28,1	6,95	576,6± 29,0	6,49	487,0± 24,9	6,62
Березняки	987,3± 24,4	6,71	1026,6± 27,3	6,82	467,8± 29,8	6,73	949,7± 27,2	6,83	948,3± 28,5	6,98	829,5± 28,3	6,87
Ельники	1037,6± 27,1	6,47	1162,2± 29,1	6,79	1007,8± 24,2	6,69	794,8± 29,0	6,90	1082,5± 27,8	6,75	532,9± 29,1	6,70
Осинники	610,9± 26,9	6,82	519,9± 26,0	6,37	912,6± 25,9	6,84	868,5± 25,8	6,68	485,7± 23,7	6,77	925,0± 30,9	6,89
Плотность загрязнения территории 370-555 кБк/м ²												
Сосняки	1416,6± 67,1	8,75	1158,2± 71,0	8,44	1513,6± 74,3	8,78	2203,6± 91,1	8,67	1829,7± 85,7	8,53	3266,8± 89,6	8,99
Березняки	1279,6± 62,5	8,64	1261,0± 68,8	8,51	1780,6± 68,2	8,91	1869,7± 88,7	8,55	2065,6± 92,0	8,92	4211,4± 91,7	8,87
Ельники	1517,9± 59,7	8,91	1736,6± 64,9	8,88	1392,4± 65,3	8,57	2532,0± 89,5	8,81	2123,1± 95,6	8,88	2536,1± 86,8	8,89
Осинники	1262,0± 62,3	8,83	1424,9± 66,4	8,64	1470,6± 69,3	8,49	2001,4± 99,3	8,78	2104,5± 94,7	8,97	3211,0± 94,5	8,76

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Наблюдается тенденция более сильного накопления ^{137}Cs в растительных образцах, произраставших на более влажных почвах (B_3 – влажные почвы, B_4 – сырые почвы). В травянистой растительности на свежих (B_2) почвах при плотности радиоактивного загрязнения 74-185 кБк/м², наблюдалось большее, по сравнению с кустарничковой растительностью, накопление ^{137}Cs .

Как видно из таблиц 1 и 2, значительное загрязнение ^{137}Cs травянистой и кустарничковой лесной растительности наблюдается даже при относительно низких плотностях радиоактивного загрязнения.

Результаты расчетов коэффициентов накопления ^{137}Cs , сделанных на основании проведенных измерений удельной активности в сопряженных пробах почвы и травянистой растительности, а также почвы и кустарничковой растительности, соответственно, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициенты накопления ^{137}Cs в лесной растительности

Ранги формаций	Формации леса (по И.Д. Юркевичу)	Эдафотопы (по П.С.Погребняку)					
		B_2	B_3	B_4	B_2	B_3	B_4
		Коэффициенты накопления в травянистой растительности			Коэффициенты накопления в кустарничковой растительности		
Плотность загрязнения территорий 74-185 кБк/м ²							
1.	Березняки	1,9321	1,9525	1,8067	0,9619	0,9237	1,7732
2.	Осинники	1,5584	1,8291	1,8047	1,4217	0,9342	1,0136
3.	Сосняки	2,6939	1,6998	1,7009	0,7040	0,9122	0,7295
4.	Ельники	1,6081	1,6047	1,7146	0,7660	0,9314	0,5288
	Среднее	1,9481	1,7715	1,7567	0,9634	0,9254	1,0113
Плотность загрязнения территорий 370-555 кБк/м ²							
1.	Сосняки	1,5987	1,5848	1,1363	1,5556	1,5798	2,1583
2.	Березняки	1,5746	1,2480	1,2352	1,4612	1,6381	2,3652
3.	Осинники	1,5036	1,4560	1,1518	1,5859	1,4769	2,1835
4.	Ельники	1,5678	1,4076	1,1238	1,6681	1,2226	1,8214
	Среднее	1,5612	1,4241	1,1618	1,5677	1,4794	2,1321

Анализируя ранги формаций леса по переходу ^{137}Cs из почвы в растительность нижнего яруса, оцениваемые по средним по формации значениям коэффициентов накопления в растительности, следует отметить, что у ельников наблюдались

минимальные средние по формации значения коэффициентов накопления, при этом отмечалось сильное их варьирование в зависимости от эдафотопа.

У остальных изученных формаций наблюдалась смена рангов на различных плотностях радиоактивного загрязнения. В частности, березняки сменили ранг с первого по уровню значений коэффициентов накопления ^{137}Cs на фоне 74-185 кБк/м² на второй на фоне 370-555 кБк/м², сосняки – с третьего на первый, осинники – со второго на третий, соответственно.

Влияние типа эдафотопа на значения коэффициентов накопления ^{137}Cs неоднозначно и зависит от формы растительности. Увеличение степени увлажнения от свежих (В₂) до сырых (В₄) почв незначительно повышает переход ^{137}Cs в травянистую растительность, вне зависимости от плотности радиоактивного загрязнения и сильно увеличивает переход в кустарничковую. При этом на более высоком уровне радиоактивного загрязнения переход ^{137}Cs в кустарничковую растительность повышается в зависимости от гидротопа в 1,6-2,1 раза.

Кроме того, следует отметить, что максимальные значения коэффициентов накопления ^{137}Cs наблюдаются у кустарничковой растительности на сырых почвах на фоне 370-555 кБк/м² в березняках, осинниках и сосняках, несколько ниже – в ельниках.

В травянистой растительности на свежих (В₂) по типу гидротопы почвах при плотности радиоактивного загрязнения 74-185 кБк/м² наблюдался больший, по сравнению с кустарничковой растительностью, переход ^{137}Cs в растения.

Резюмируя, следует отметить, что полученные данные демонстрируют значительное варьирование загрязнения ^{137}Cs травянистой и кустарничковой лесной растительности. Наименьшее значение коэффициентов накопления ^{137}Cs в растительности нижнего яруса в среднем по фонам радиоактивного загрязнения отмечено в еловых лесах.

При плотности радиоактивного загрязнения 370-555 кБк/м² переход ^{137}Cs в кустарничковую растительность повышается, в зависимости от гидротопы, в 1,6-2,1 раза по сравнению с плотностью загрязнения 74-185 кБк/м². В то же время при анализе перехода радиоцезия в травянистую растительность, можно наблюдать, что повышение увлажнения почвы не приводит к значительному повышению перехода радионуклида в растения.

Таким образом, следует отметить неоднозначное влияние эдафических условий на

переход ^{137}Cs в лесную растительность нижнего яруса. Считаем, что необходимо продолжить изучение представленной проблемы.

Заключение

В условиях полевых исследований было установлено значительное загрязнение ^{137}Cs травянистой и кустарничковой лесной растительности даже при относительно низких плотностях радиоактивного загрязнения.

Наблюдалась значительная пестрота загрязнения ^{137}Cs почвы и растительности стационарных участков.

Анализируя ранги формаций леса по переходу ^{137}Cs из почвы в растительность нижнего яруса, оцениваемые по средним по формации значениям коэффициентов накопления в растительности, следует отметить, что у ельников наблюдались минимальные средние по формации значения коэффициентов накопления, при этом отмечалось сильное их варьирование в зависимости от эдафотопа.

Влияние типа эдафотопа на значения коэффициентов накопления ^{137}Cs неоднозначно и зависит от формы растительности.

Список использованных источников

1. Агеева Т.Н., Чегерова Т.И., Щур А.В., Шапшеева Т.П. Роль радиэкологических и социальных факторов в формировании доз внутреннего облучения сельских жителей территории радиоактивного загрязнения // Экологический вестник. – 2010, № 2 (12). – С. 40–49.
2. Агеева Т.Н., Чегерова Т.И., Щур А.В., Липницкий Л.В., Шапшеева Т.П. Результаты комплексного радиационно-гигиенического обследования реперных населенных пунктов Могилевской области // Экологический вестник. – 2011, № 2 (16). – С. 33-40.
3. Валько В.П., Щур А.В. Особенности биотехнологического земледелия. – Минск: БГАТУ. – 2011. – 196 с.
4. Виноградов Д.В., Захарова О.А. Экологическое использование сельскохозяйственных культур почвозащитного севооборота в зоне техногенного загрязнения // Международный технико-экономический журнал. – 2009, № 5. – С. 71-73.
5. Виноградов Д.В. Пути повышения ресурсосбережения в интенсивном

производстве ярового рапса // Международный технико-экономический журнал. – 2009, № 2. – С. 62-64.

6. Виноградов Д.В., Вавилова Н.В., Дуктова Н.А., Ванюшин П.Н. Практикум по растениеводству // – Рязань, РГАТУ. – 2014. – 320 с.

7. МВИ. МН 1181-2007 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{40}K на гамма-бета-спектрометре типа МКС-АТ1315, объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах питания, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды».

8. Анненков Б.Н., Аверин В.С. Ведение сельского хозяйства в районах радиоактивного загрязнения (радионуклиды в продуктах питания) – Минск: Пропилеи. – 2003. – 84 с.

9. Павлоцкая Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. – М.: Атомиздат. – 1974. – 215 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.

11. Щур А.В., Валько О.В., Агеева Т.Н., Валько В.П. Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям лесных экосистем Чериковского района Могилевской области // Экологический вестник. – 2009, № 3/4 (9/10). – С. 16-24.

12. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Роль агроメリоративных приемов в улучшении основных агрофизических свойств супесчаной дерново-подзолистой почвы // Агропанорама, № 6. – Республика Беларусь, Минск. – 2013. – С. 10–12.

13. Курчевский С.М., Виноградов Д.В. Изменение основных свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы под действием органо-минеральных удобрений и бактериального препарата «Байкал ЭМ-1» // Вестник УО БГСХА. – 2013, № 4. – С. 113-117.

14. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Головина Н.А. Физико-химический блок плодородия агросерой почвы // Агрехимический вестник. – 2013, №5. – С. 12-13.

15. Ушаков Р.Н., Виноградов Д.В., Гусев В.И., Зубец А.Н. Физико-химическая модель плодородия серой лесной почвы как информационной основы ее устойчивости к неблагоприятным воздействиям // Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология: матер. междуна. науч. конф. – Баку-Габала: НАН Азербайджана. – 2012. – С. 1013-1018.

16. Кузнецов Н.П., Виноградов Д.В., Фадькин Г.Н., Сальников С.В. Лесные и лесопарковые экосистемы Рязанской области. – Рязань. – 2014. – 287 с.

17. Курчевский С.М., Виноградов Д.В., Щур А.В. Влияние различных доз минерального грунта на агрохимические показатели и продуктивность торфяных почв. Вестник РГАТУ. – 2015, № 1. – С. 27-32.

18. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П. Некоторые направления фиторемедиации техногенно поврежденных территорий в Республике Беларусь // Вестник РГАТУ. – 2015, № 2. – С. 14-21.

19. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько А.П. Целлюлозолитическая активность почв при различных уровнях агротехнического воздействия. Вестник КрасГАУ. – 2015, № 7. – С. 38-45.

20. Щур А.В., Валько В.П. Особенности перехода радионуклидов в хозяйственно-ценную растительность // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии (Теоретический и научно-практический журнал). – ФГБОУ ВПО «Курская ГСХА». – Курск, № 2. – 2014. – С. 37-42.

Цитирование:

Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П., Фадькин Г.Н., Гогмачадзе Г.Д. Радиоэкологические особенности миграции Cs-137 в растительность лесных экосистем Могилевской области Беларуси, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС // АгроЭкоИнфо. – 2015, №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/4/st_17.doc.