

УДК [574.4+630+504.53.064]:574.3

Экологическая структура сообщества почвенных беспозвоночных животных леса в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь

Щур А.В.¹, Валько В.П.², Виноградов Д.В.³, Гогмачадзе Г.Д.⁴

¹ *Белорусско-Российский университет*

² *Белорусский государственный аграрный технический университет*

³ *РГАТУ (Рязань)*

⁴ *«ВНИИ Агроэкоинформ»*

Аннотация

Объектами работы являются почвенные беспозвоночные животные интактных лесных экосистем, находящихся на территории радиоактивного загрязнения.

Изучено влияние биологически активных препаратов «Гидрогумат», «Экосил» и «Байкал ЭМ-1» на численность, биомассу, структуру сообщества почвенных беспозвоночных. Установлены основные характеристики сообщества почвенных беспозвоночных лесных экосистем.

В результате проведенных исследований показано отсутствие негативных воздействий изученных препаратов на почвенную фауну.

Ключевые слова: ПОЧВЕННЫЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ, БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ, ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Введение

Биологически активные препараты постепенно становятся частью повседневной практики в сельском и лесном хозяйстве. Мировая практика их использования продемонстрировала, что препараты весьма эффективны для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, снижения уровня их заболеваемости и, в некоторой степени, повышения качественных характеристик получаемой продукции. Исследования по их использованию в сельском хозяйстве показывают эффективность в снижении накопления радионуклидов в продукции растениеводства за счет эффекта «биологического разбавления». Изучена эффективность использования биологически активных препаратов в природных сообществах с целью снижения перехода радионуклида в их продуцентную составляющую за

счет иммобилизации ^{137}Cs в почве [1-13].

В настоящее время получили широкое распространение ряд современных биологически активных препаратов: микробиологическое удобрение «Байкал ЭМ-1», препарат на основе торфа «Гидрогумат» и регулятор роста растений «Экосил».

В состав микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» входят симбиотические, анабиотические микроорганизмы, продукты их жизнедеятельности и комплекс биологически активных веществ, повышающие почвенное плодородие за счет интенсификации процессов гумификации, нитрификации и накопления органического вещества почвы и выделяющие соединения, которые стимулируют рост и развитие растений.

Регулятор роста растений «Гидрогумат» – препарат из торфа, состоящий из гуминовых и гуминоподобных кислот (70-80 %), биологически активных низкомолекулярных карбоновых кислот (15-20 %), аминокислот (4-5 %).

Регулятор роста растений «Экосил» содержит биологически активные тритерпеновые кислоты, выделенные из хвои пихты сибирской.

Воздействие указанных препаратов на почвенную фауну достаточно хорошо изучено только в агроэкосистемах. Процессы, протекающие в интактных сообществах, находящихся в условиях радиоактивного загрязнения, в целом недостаточно изучены. Нельзя исключать, что использование в подобных экосистемах биологически активных препаратов может привести к индуцированным сукцессиям в различных ценозах (зооценозе, микоценозе, микробоценозе). Как правило, наиболее отзывчивыми на антропогенные воздействия являются консументные и редуцентные сообщества, принимающие активное участие в биотрансформации органического вещества биогеоценоза [14]. Поэтому целью исследований являлось изучение влияния биологически активных препаратов на почвенных беспозвоночных в природных лесных экосистемах, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись сообщества почвенных беспозвоночных естественных лесных биогеоценозов Чериковского района Могилевской области Республики Беларусь, расположенных на загрязненных радионуклидами территориях. Чериковский район Могилевской области – один из наиболее радиоактивно загрязненных районов Беларуси, где остро стоит проблема радиоактивного загрязнения продукции леса.

Исследования проводились в 2008-2014 г.г. параллельно с экспериментом по изучению влияния биологически активных препаратов на иммобилизацию ^{137}Cs в почве и его переход в различные виды растений лесных экосистем.

Для выполнения исследований использованы следующие методы: полевых экспериментов, лабораторных анализов, а также сравнительно-аналитический метод.

Сделан подбор репрезентативных фитоценозов, расположенных на территориях при плотностях 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 экспериментальные площадки. Эксперимент проводился в березняке брусничном на свежей (В₂) дерново-подзолистой супесчаной автоморфной почве на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м.

Схема проведения экспериментов включала контрольный вариант – без обработки биопрепаратами, а также двукратное за вегетационный период опрыскивание растений на экспериментальных площадках биопрепаратами «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил». Дозы внесения препаратов: «Байкал ЭМ-1» – 0,5 мл/л, «Гидрогумат» – 0,6 мл/л, «Экосил» – 0,15 мл/л воды. Расход рабочей жидкости – 20 см³/м² (200 л/га).

Пробы лесной подстилки и гумусового горизонта отбирались монолитом трижды в год (в мае, июле, октябре) за вегетационный период в трехкратной повторности.

Для учета фауны пробы лесной подстилки и гумусового горизонта разбирали вручную под бинокулярной лупой при 16-кратном увеличении. Для выделения скрытой мезо- и микрофауны их прогревали в течение суток по методу термоградиентной экстракции [15]. Определение живой массы беспозвоночных проводилось после обездвиживания их парами эфира путем взвешивания на аналитических весах. Сравнение структуры сообществ беспозвоночных животных в контрольной и обработанной биопрепаратами почве проводилось по экологическим индексам [16]. Беспозвоночных идентифицировали по определителям Н.В.Бондаренко и А.Ф.Глущенко [17], А.И.Ильинского [18] и «Определителю вредных и полезных насекомых и клещей однолетних и многолетних трав и зернобобовых культур в СССР» [19].

Проведенные исследования показали возможность применения биологически активных препаратов для снижения содержания радионуклидов в продукции леса [9, 11, 12].

В связи с отсутствием существенных различий между сообществами беспозвоночных при различных плотностях радиоактивного загрязнения, данные представлены в усредненном

виде.

Рассчитывался коэффициент вариации численности и биомассы почвенных беспозвоночных, достоверность полученных данных оценивалась по критерию Стьюдента [20] с использованием стандартного программного обеспечения.

В процессе исследований использовались нормативные материалы, результаты ранее проведенных научных исследований.

Результаты исследований и их обсуждение

Таксономическое разнообразие почвенной фауны

Нами были изучены две размерно-функциональные группы беспозвоночных животных, населяющих естественные лесные подзолы региона: микро- и мезофауна. Микрофауна представлена микроартроподами – ногохвостками (*Collembola*), клещами орибатидами и гамазидами (*Acari: Oribatei, Gamasoidea*). В составе мезофауны выделено 20 таксонов беспозвоночных: малощетинковые черви (*Oligocheta: Lumbricidae, Enchytraeidae*), моллюски (*Gastropoda: Stylommatophora*), паукообразные (*Arachnida: Araneae, Opiliones*), многоножки (*Myriapoda: Lithobiidae*), насекомые (*Insecta*): равнокрылые (*Homoptera: Cicadellidae, Psyllidae, Aphididae*), клопы (*Hemiptera*), жесткокрылые (*Coleoptera: Cantharidae larvae, Carabidae, Curculionidae, Elateridae larvae, Staphylinidae*), перепончатокрылые (*Formicigae, Hymenoptera*), двукрылые (*Diptera*), чешуекрылые (*Lepidoptera larvae*), трипсы (*Thysanoptera*). Не были обнаружены представители диплопод (*Diplopoda*) и изопод (*Isopoda*), обычно типичных для лесных почв Беларуси. Это может быть связано с динамическими процессами в популяциях и миграцией.

Таксономический состав фауны беспозвоночных животных не постоянен. В разные сезоны и годы в почве отсутствовали представители тех или иных таксонов. В частности, разнообразие мезофауны возрастало с 7–8 групп в мае до 18–20 в августе и снижалось до 10–11 групп к концу октября. Увеличение разнообразия в более теплые месяцы вегетационного периода связано с появлением фитотрофов: клопов, листоблошек, тлей, трипсов, цикадок, перепончатокрылых, чешуекрылых. В более холодные месяцы они частично или полностью отсутствовали.

Численность почвенной фауны

В изученных сообществах основу почвенной фауны формировали микроартроподы, на

долю которых приходится до 98% общей плотности беспозвоночных, доля мезофауны не превышала 2%. Клещи преобладали над коллемболами, в некоторых вариантах превышая 91% общего количества микроартропод (табл. 1).

Таблица 1. Плотность популяций почвенных беспозвоночных в эксперименте, экз./м²

№ п/п	Группы беспозвоночных	Варианты применения препаратов				С _v ± m, %
		контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил	
1	Gastropoda	9,7	10,1	10,3	10,2	50,1±14,7
2	Lumbricidae	50,3	53,1	57,7	51,4	14,8±4,1
3	Enchytraeidae	61,3	64,1	61,2	62,9	35,1±8,1
4	Lithobiidae	53,1	49,9	58,3	57,5	27,1±7,3
5	Araneae	88,3	92,1	91,5	93,3	44,1±13,8
6	Opiliones	2,3	2,1	2,4	2,3	13,1±2,3
7	Cicadellidae	1,8	1,9	1,7	2,1	11,3±3,1
8	Psyllidae	2,1	1,9	2,3	2,1	10,9±3,3
9	Aphididae	0,91	1,1	0,87	0,94	8,1±2,7
10	Formicigae	3,7	4,1	3,9	3,6	14,7±3,9
11	Hymenoptera	2,3	2,5	2,4	2,5	6,5±1,8
12	Thysanoptera	102,4	89,7	114,1	109,1	67,3±16,3
13	Lepidoptera larvae	1,3	1,2	1,8	1,5	35,4±9,4
14	Diptera	55,6	60,4	58,0	57,1	39,1±13,3
15	Cantharidae larvae	26,3	22,1	24,6	23,4	28,6±8,1
16	Carabidae	12,1	14,3	13,5	14,2	31,1±12,5
17	Curculionidae	6,3	6,1	6,4	6,2	8,9±1,7
18	Elateridae larvae	5,8	5,3	6,1	5,9	12,3±4,1
19	Staphylinidae	23,8	21,9	26,6	22,7	27,3±7,6
20	Collembola	1,9·10 ³	2,1·10 ³	2,0·10 ³	1,9·10 ³	6,7±1,1
21	Acari	20,1·10 ³	22,2·10 ³	21,1·10 ³	22,1·10 ³	21,3±7,8
Критерий Стьюдента, <i>t_f</i>		1,85				–

Примечание: критерий Стьюдента, $t_{теор(0,05)}=2,01$

Для оценки плотности популяций, составлявших сообщество беспозвоночных животных, использовался показатель «динамическая плотность», характеризующий медианное количество особей (экземпляров) на единицу площади за определенный период. Суммарная динамическая плотность микро- и мезофауны составляла около $23 \cdot 10^3$ экз./м², динамическая плотность популяций клещей – $21 \cdot 10^3$, ногохвосток – $2 \cdot 10^3$ экз./м²; мезофауны – 522 экз./м².

Варьирование общей численности беспозвоночных не превышало 100%, что свидетельствует об устойчивости сообщества в естественных лесных почвах региона.

Для кислых дерново-подзолистых лесных почв характерно преобладание мелких форм и

невысокая плотность крупных беспозвоночных. Это связано с относительно невысокой производительной способностью почв.

Выявлено, что плотность радиоактивного загрязнения в изученных пределах не влияла на динамические процессы и численность популяций беспозвоночных. Полученные нами результаты по видовому составу и численности беспозвоночных и соотношений их размерно-функциональных групп сопоставимы с данными других исследователей по почвенной фауне лесов [21-26].

Среди представителей мезофауны в лесных почвах наиболее многочисленны почвенно-подстилочные влаголюбивые формы: трипсы, пауки, двукрылые, люмбрициды, энхитреиды, многоножки-литобициды, мягкотелки, стафилиниды. Они образовали доминантный комплекс мезофауны, на который приходилось до 95% общей численности ее представителей, и определяли уровень общей численности мезофауны на протяжении всего вегетационного периода. Остальные таксоны малочисленны, их общая доля не превышала 10% плотности мезофауны.

Представленные в таблице 1 данные демонстрируют отсутствие значимых влияний биологически активных препаратов на численность беспозвоночных, что подтверждается значением критерия Стьюдента.

Биомасса почвенной фауны

Величина биомассы мезофауны составляла в среднем 18,32 г/м². Эти данные сопоставимы с результатами других исследователей [21-26].

Доминирующей по массе группой являлись моллюски и олигохеты, а также связанные с ними трофические литобииды: на указанные группы приходилось 90% всей биомассы мезофауны (табл. 2).

Общая биомасса представителей остальных таксонов не превышала 10%, из них лишь 3% приходилось на долю насекомых. Высокий уровень численности и биомассы дождевых червей в естественных лесных почвах при низких значениях этих показателей для мезофауны в целом свидетельствовал о благоприятном для червей гидротермическом и трофическом режиме этих почв.

Оценивая изменения биомассы беспозвоночных по вариантам применения биологически активных препаратов, следует отметить отсутствие значимых различий: отклонения от средних по вариантам не превышают 5%, Статистический анализ подтвердил отсутствие достоверных

различий. Плотность радиоактивного загрязнения не оказывала значимого влияния на описываемый показатель.

Таблица 2. Биомасса почвенных беспозвоночных в эксперименте, мг/м²

№ п/п	Группы беспозвоночных	Варианты применения препаратов				Cv ± m, %
		контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил	
1	Gastropoda	98,57	102,64	103,67	103,65	34,1±13,2
2	Lumbricidae	6,77	7,15	7,77	6,92	41,3±17,1
3	Enchytraeidae	95,78	100,15	95,62	98,28	13,5±6,3
4	Lithobiidae	151,03	141,93	165,82	163,55	28,1±12,3
5	Araneae	77,21	80,54	80,01	81,59	16,3±7,5
6	Opiliones	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	—
7	Cicadellidae	1,27	1,34	1,20	1,48	85,7±32,1
8	Psyllidae	0,51	0,46	0,56	0,51	88,3±33,7
9	Aphididae	0,18	0,22	0,18	0,19	85,4±39,3
10	Formicigae	1,53	1,69	1,61	1,49	13,1±6,4
11	Hymenoptera	0,49	0,54	0,52	0,54	92,7±43,7
12	Thysanoptera	2,58	2,26	2,87	2,75	29,1±14,7
13	Lepidoptera larvae	10,04	9,27	13,90	11,58	89,3±43,1
14	Diptera	22,55	24,50	23,53	23,16	63,2±32,7
15	Cantharidae larvae	19,02	15,98	17,79	16,92	57,8±24,5
16	Carabidae	17,92	21,18	20,00	21,03	20,1±11,3
17	Curculionidae	7,44	7,21	7,56	7,32	15,7±8,7
18	Elateridae larvae	83,01	75,86	87,31	84,44	89,7±45,1
19	Staphylinidae	20,56	18,92	22,98	19,61	4,8±0,7
20	Collembola	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	—
21	Acari	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	—
Критерий Стьюдента, t_f		1,34				-

Примечание:

«не опр.» – не определялась;

«←» – значение не рассчитывалось;

критерий Стьюдента, $t_{теор(0,05)}=2,01$

Структура сообщества почвенной фауны

При описании структуры доминирования в качестве доминантов рассматривали таксоны с долей численности и биомассы особей, составляющей 10% и более от общей величины этих показателей, в качестве субдоминантов – таксоны с долей от 5 до 10 %.

Полученные результаты показывают, что представители примерно половины выявленных таксонов мезофауны доминируют и субдоминируют по численности, причем доля каждого таксона не превышает 20% (табл. 3). Это позволяет рассматривать структуру

доминирования по численности как полидоминантную, состоящую из 9 преобладающих групп, 7 малочисленных групп (от 1 до 5 %) и 5 таксонов, представленных единичными экземплярами (менее 1%). Полидоминирование подтверждается низкой степенью доминирования по Симпсону и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ($H' = 3,11 - 3,17$ бит/экз.) и выровненности по Пиелу ($e = 0,69 - 0,81$), значения индексов Менхиника, Маргалефа и Бергера-Паркера подтверждают отсутствие монодоминирования видов.

Таблица 3. Показатели доминирования почвенных беспозвоночных по численности

№ п/п	Показатель	Варианты применения препаратов			
		Контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил
1	Количество групп мезофауны	21	21	21	21
2	Число доминирующих групп	9	9	9	9
3	Количество доминирующих групп, %	87,8	88,1	86,7	87,9
4	Количество малочисленных групп	7	7	7	7
5	Доля малочисленных групп, %	10,1	10,3	10,9	9,8
6	Количество редких групп	5	5	5	5
7	Доля редких групп, %	2,1	1,6	2,4	2,3
8	Индекс Шеннона-Уивера, бит/экз	3,17	3,15	3,11	3,16
9	Индекс Симпсона	0,19	0,18	0,17	0,18
10	Индекс Пиелу	0,77	0,81	0,69	0,78
11	Индекс Менхиника	0,842	0,846	0,815	0,826
12	Индекс Маргалефа	2,002	2,004	1,98	1,989
13	Индекс Бергера-Паркера	0,201	0,183	0,21	0,206

Стабильность доминантного комплекса в годичной динамике по количеству групп, их доле и таксономическому составу, а также величине индексов доминирования подтверждает наш вывод об устойчивости сообщества мезофауны в естественных лесных почвах и отсутствии значительных влияний биологически активных препаратов на численность животных и доминантную структуру в ценозе.

Структура доминирования мезофауны по биомассе также характеризуется наличием полидоминирования (табл. 4).

Полидоминирование в структуре сообщества почвенной мезофауны обеспечивается меньшим, по сравнению с численностью, количеством таксонов – 5. Основу доминирующей группы составляют малощетинковые черви, моллюски и многоножки. В то же время возрастает до 7 количество редких групп беспозвоночных, что связано с их низкой биомассой.

Присутствие полидоминантного сообщества подтверждается значениями индекса

доминирования Симпсона ($C=0,11-0,13$) и высокими значениями индексов разнообразия Шеннона-Уивера ($H'=3,21-3,29$ бит/г) и выровненности по Пиелу ($e=0,67-0,71$).

Таблица 4. Показатели доминирования почвенных беспозвоночных по биомассе

№ п/п	Показатель	Варианты применения препаратов			
		Контроль	Байкал ЭМ-1	Гидрогумат	Экосил
1	Количество групп мезофауны	18	18	18	18
2	Число доминирующих групп	5	5	5	5
3	Количество доминирующих групп, %	85,4	86,1	84,7	85,8
4	Количество малочисленных групп	6	6	6	6
5	Доля малочисленных групп, %	12,9	11,3	13,2	12,7
6	Количество редких групп	7	7	7	7
7	Доля редких групп, %	1,7	2,6	2,1	1,5
8	Индекс Шеннона-Уивера, бит/г	3,29	3,21	3,23	3,27
9	Индекс Симпсона	0,12	0,13	0,11	0,12
10	Индекс Пиелу	0,71	0,67	0,68	0,69
11	Индекс Менхиника	0,765	0,768	0,744	0,748
12	Индекс Маргалефа	1,94	1,94	1,92	1,93
13	Индекс Бергера-Паркера	0,245	0,232	0,254	0,254

Оценивая воздействие биологически активных препаратов на изучаемые показатели, следует отметить отсутствие значимых различий по рассчитанным индексам, что демонстрирует отсутствие влияний на структуру доминирования по биомассе изучаемых сообществ.

Заключение

Проведенные исследования влияния биологически активных препаратов «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил» на фауну почвенных беспозвоночных показали отсутствие сколько-либо значимых воздействий указанных препаратов на численность, биомассу и структуру сообщества беспозвоночных в интактных лесных экосистемах в условиях радиоактивного загрязнения почв. Применение биологически активных препаратов «Байкал ЭМ-1» и «Экосил» позволяет снижать содержание радионуклидов в растительности нижнего яруса лесных экосистем.

Следовательно, можно сделать вывод о возможности безопасного использования исследованных препаратов в условиях лесных экосистем для снижения перехода

радионуклидов в продукцию.

Список использованных источников

1. Чернуха Г.А., Щур А.В., Линьков В.В., Чернуха Н.С. О целесообразности применения микробиологического препарата «Байкал ЭМ-1» для снижения накопления радионуклидов зерновыми культурами // Проблемы сельскохозяйственной радиологии и пути их решения: Сб. науч. тр. «Агроэкология» / УО «Белорусская сельскохозяйственная академия». – Горки. – 2004, вып. 1. – С. 204-207.
2. Щур А.В., Чернуха Г.А., Щур А.В., Чернуха Н.С., Валько О.В. Изменение состава микробоценоза почвы под действием препарата «Байкал ЭМ-1» // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В; Промышленность. Прикладные науки. – 2006, №9. – С. 154-157.
3. Щур А.В., Валько В.П., Валько О.В., Чернуха Г.А. Влияние биологически активных препаратов на урожайность и накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами в условиях радиоактивного загрязнения // Земляробства и ахова раслін. – 2009, №4. – С. 23-26.
4. 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.
5. Щур А.В., Валько О.В., Агеева Т.Н., Валько В.П., Куницкий И.И., Бедуленко М.А., Шкабров О.В. Сообщество почвенных беспозвоночных животных лесных экосистем на фоне применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивного загрязнения территорий // Экологический вестник. – 2010, № 4 (14). – С. 14-20.
6. Валько В.П., Щур А.В. Особенности биотехнологического земледелия // – Минск: БГАТУ. – 2011. – 192 с.
7. Валько В.П., Щур А.В. Биотехнологическое земледелие – основа эффективного сельскохозяйственного производства // Исследования, результаты (научный журнал) // Казахский национальный аграрный университет. – Алматы. – 2013, №2 (058). – С. 84-89.
8. Щур А.В., Валько В.П., Валько О.В. Агроэкологические особенности применения биологически активных препаратов в условиях радиоактивно загрязненных территорий Республики Беларусь // Исследования, результаты (научный журнал) // Казахский национальный аграрный университет. – Алматы. – 2014, №1. – С. 205-212.
9. Щур А.В., Валько В.П. Особенности перехода радионуклидов в хозяйственно-ценную растительность // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии (Теоретический и научно-практический журнал). – ФГПОУ ВПО «Курская ГСХА». – Курск. – 2014, №2. – С. 37-42.
10. Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В. Некоторые направления фиторемедиации техногенно поврежденных территорий в Республике Беларусь // Вестник Рязанского гос. агротехнологического ун-та им. П.А.Костычева. – 2015, №2 (26). – С. 14-20.
11. Щур А.В., Виноградов Д.В., Агеева Т.Н., Шапшеева Т.П., Фадькин Г.Н., Гогмачадзе Г.Д. Радиоэкологические риски и направления их снижения в агропромышленном комплексе Могилевской области Республики Беларусь // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5.

http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_19.doc.

12. Щур А.В., Виноградов Д.В., Валько В.П., Валько О.В., Фадькин Г.Н., Гогмачадзе Г.Д. Радиоэкологическая эффективность биологически активных препаратов в условиях Беларуси // АгроЭкоИнфо. – 2015, №5. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2015/5/st_20.doc.

13. 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.

14. Евдокимова Г.А., Зенкова И.В., Переверзев В.Н. Биодинамика процессов трансформации органического вещества в почвах северной фенноскандии – Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН. – 2002. – 154 с.

15. Гиляров М.С., Стриганова Б.Р. Учет крупных беспозвоночных (мезофауна) // Количественные методы в почвенной зоологии – М.: Наука. – 1987. – С. 9–26.

16. Сорокина Г.А., Задереев Е.С., Пахарькова Н.В., Крючкова О.Е. и др. Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды: учеб. пособие / под общ. ред. Г.А. Сорокиной. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т. – 2012. – С. 70–71.

17. Бондаренко Н.В., Глущенко А.Ф. Систематика и классификация насекомых (определятельные таблицы) // практикум по общей энтомологии. – Ленинград: Агропромиздат. – 1985. – 352 с.

18. Ильинский А.И. Определитель вредителей леса – М.: Сельхозиздат. – 1962. – 392 с.

19. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей однолетних и многолетних трав и зернобобовых культур в СССР / Сост. Л.М.Копанева. – Ленинград: Колос. – 1983. – 272 с.

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

21. Гиляров М.С., Чернов Ю.И. Почвенные беспозвоночные в составе сообществ умеренного пояса // Ресурсы биосферы. Вып. I. – Ленинград: Наука. – 1975, – С. 218–240.

22. Козловская Л.С. Почвенные беспозвоночные как фактор формирования почвенного биогеоценоза // Проблемы почвенной зоологии: Тез. докл. VII Всесоюз. совещ. – Киев, 1981. – С. 101–102.

23. Ласкова Л.М. Структура, биомасса почвенной фауны и масса мицелия грибов в хвойных и березовых лесах заповедника «Кивач» // Структурно-функциональная организация лесных почв среднетаежной подзоны Карелии. – Петрозаводск: Изд-во Кар. НЦ РАН. – 1994. – С. 116–127.

24. Максимова С.Л. Видовой состав беспозвоночных в Полесском радиационно-экологическом заповеднике // Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody. – 17.1 – 1998. – р. 61–71.

25. Панфилов Д.В. Географическое распространение функционально-биоценологических групп насекомых на территории СССР // Зональные особенности населения наземных позвоночных животных. – М. – 1966. – С. 39–51.

26. Степанов А.М., Черненькова Т.В., Верещагина Т.Н., Безукладова Ю.О. Оценка влияния техногенных выбросов на почвенных беспозвоночных и растительный покров // Журн.

Общ. Биологии. – 1991. –Т.52, №5. – С. 699–706.

Цитирование:

Щур А.В., Валько В.П., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Экологическая структура сообщества почвенных беспозвоночных животных леса в условиях радиоактивного загрязнения территорий Республики Беларусь // АгроЭкоИнфо. – 2016, №3. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2016/3/st_323.doc.

Электронная библиотека
Белорусско-Российского университета