

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННУЮ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

А.В. Щур, В.П. Валько

Аннотация. Рассматриваются аспекты, касающиеся перехода радионуклидов в кормовые травы и растительность естественных экосистем в различных почвенно-климатических условиях загрязненных радионуклидами территорий Могилевской области.

Ключевые слова: уровень радиоактивного загрязнения, радионуклиды, защитные мероприятия, пахотный слой, сельскохозяйственные культуры, регулятор роста растений.

Актуальность предлагаемых исследований обусловлена тем, что на территории Могилевской области Республики Беларусь в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС ^{137}Cs загрязнено 1313,2 тыс. га земель, из них на лесные экосистемы приходится 437,2 тыс. га, причем с уровнем радиоактивного загрязнения более 1480 кБк/м² свыше 5,1 тыс. га. Одной из задач реабилитации радиоактивно загрязненных территорий является вовлечение в хозяйственную деятельность земель с высокими уровнями радиоактивного загрязнения почв, для чего необходимо разрабатывать комплексы мероприятий, направленных на производство нормативно-чистой продукции.

В условиях Республики Беларусь многолетние бобовые травы (донник белый и эспарцет) имеют большое значение в повышении плодородия почвы и укреплении кормовой базы для животноводства. За счет высокобелковости их зеленой массы, больших возможностей повышения урожайности и всестороннего использования в качестве основной, сидеральной, поукосной культуры донник белый и эспарцет являются значительным резервом в решении проблемы увеличения производства растительного белка. На современном этапе в Беларуси созданы высокоурожайные кормовые сорта донника белого (Коптевский, Эней) и эспарцета (Ковпацкий), обладающие высокой устойчивостью к комплексу неблагоприятных факторов окружающей среды. Данные сорта способны расти на почвах бедных по основным элементам питания, с неустойчивым водным режимом, где возделывание других культур невозможно или нерентабельно. По данным РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» они отличаются хорошей поедаемостью самою. Сорта эспарцета обладают высокой степенью самообеспечения минеральным питанием, держатся в травостое 2–3 года, за вегетационный период формируют 2–3 укоса. Урожайность зеленой массы может достигать 250–300 ц/га, сена 50–60 ц/га. Бобовые травы являются кальциефильными культурами, что позволяет их выращивать на переизвесткованных почвах [1, 2]. В то же время не изучены радиэкологические особенности указанных культур, не адаптированы технологии их выращивания на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС. В связи с этим, для увеличения производства растительного белка необходимо изучить особенности возделывания высокоурожайных кормовых сортов донника белого и эспарцета на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению.

Для радиоактивно загрязненных почв установлены оптимальные дозы различных видов минеральных удобрений и известковых материалов, позволяющие снизить содержание ^{137}Cs в травостое [3]. Вместе с тем, многие вопросы использования защитных методов, приемов и средств до настоящего времени остаются невыясненными.

Изучение методов использования биологически активных препаратов в природных экосистемах необходимо, чтобы выявить их влияние на иммобилизацию ^{137}Cs в почве природных экосистем Могилевской области, что позволит оценить возможность разработки мероприятий, направленных на получение минимально радиоактивно загрязненной продукции природных экосистем.

Цель наших исследований – выполнить оценку перехода радионуклидов в кормовые травы и растительность естественных экосистем в различных почвенно-климатических условиях загрязненных радионуклидами территорий Могилевской области.

Географическое положение Могилевского региона обуславливает величину прихода солнечной радиации и характер циркуляции атмосферы. Сумма радиационного баланса за год – 1500-1600 МДж/м². Годовая сумма суммарной солнечной радиации – 3600-38000 МДж/м². Число дней с осадками достигает в среднем 90-110 дней. Наибольшее количество осадков выпадает в виде дождя и приходится на летний период. В зимний период средняя скорость ветра составляет 4,0 м/с, атмосферное давление 1018,0-1018,5 гПа, в июле средняя скорость ветра 3,0 м/с, атмосферное давление 1012,5-1013,0 гПа. Важное практическое значение имеет оценка степени насыщения воздуха водяным паром. Для Беларуси характерна повышенная влажность воздуха в течение всего года. Максимальных значений относительная влажность воздуха достигает в холодное время года, а минимальных – в весенний период. Снежный покров снижает температуру воздуха и повышает его влажность и влажность почвы. Средняя максимальная высота снежного покрова за зиму составляет 36 см, в отдельные годы до 50 см. Образование устойчивого снежного покрова в среднем происходит в первой неделе декабря, а разрушение – в конце марта. Число дней со снежным покровом достигает 135. Вероятность зим без устойчивого снежного покрова около 2%.

На данной территории встречаются неблагоприятные метеорологические явления: среднее количество суток с метелицей за год – 25, максимальное – 52, количество дней с туманом в среднем за год колеблется от 30 до 40 дней, с грозой – от 25 до 30, максимальное количество дней с градом – 5. За год в среднем бывает 15-20 суток с гололедно-инеевыми явлениями. В целом климатические и агроклиматические условия благоприятны для ведения сельскохозяйственной деятельности.

Одним из главных агроклиматических показателей является влагообеспеченность, которая оценивается условным показателем увлажнения – гидротермическим коэффициентом (ГТК). Коэффициент со значением более 1,3 показывает на территорию избыточного увлажнения; 1,3-1,0 – зона достаточного увлажнения; 1,0-0,7 – зона недостаточного увлажнения; 0,7-0,5 – засушливая зона, меньше 0,5 – сухая зона.

Сумма осадков за вегетационный период составляла 343,7 мм. Сумма активных температур за вегетационный период составляла 2690 °С. По значению ГТК (1,3) метеорологические условия вегетационного периода Славгородского района Могилевской области, где проводились эксперименты с бобовыми травами, можно охарактеризовать как сложные для возделывания изучаемых культур.

Объектами исследований являются дикорастущая растительность естественных экосистем и сельскохозяйственные культуры (донник белый (Коптевский) и эспарцет (Ковпацкий)) в беспокровном посеве на дер-

ново-подзолистых почвах Могилевской области разной степени увлажнения, загрязненные радионуклидами.

Почвы опытных участков расположены на территории землепользования СПК «Зарянский» Славгородского района Могилевской области Республики Беларусь: 1) дерново-подзолистая супесчаная автоморфная почва на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м и моренными суглинками с глубины 0,7 м; рН – 5,9; P₂O₅ – 218, K₂O – 173 мг/кг почвы, содержание гумуса 2,1%; 2) дерново-подзолистая полугидроморфная глееватая супесчаная почва на водноледниковых рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины 0,3 м; рН – 6,3; P₂O₅ – 117, K₂O – 210 мг/кг почвы, содержание гумуса 2,3%. Плотность загрязнения пахотного слоя почвы ¹³⁷Cs на опытных делянках составляет около 555 кБк/м² (15 Ки/км²).

Для изучения перехода радионуклидов в лесную растительность сделан подбор репрезентативных сообществ, расположенных на территориях с различной плотностью радиоактивного загрязнения по одному при уровне загрязнения 74-185 кБк/м² (3-й выдел 64-го лесного квартала Вепринского лесничества) и 185-555 кБк/м² (9-й выдел 65-го лесного квартала Вепринского лесничества) в Чериковском районе Могилевской области, на территории которых заложены экспериментальные площадки. В среднем по кварталу №64 плотность загрязнения составляет 85,1 кБк/м², по кварталу №65 – 392,2 кБк/м². Схема проведения экспериментов включает контрольный фон – без обработки биопрепаратами, и двукратное за вегетационный период опрыскивание растений на экспериментальных площадках биопрепаратами – «Байкал ЭМ-1», «Гидрогумат» и «Экосил» при двух уровнях радиоактивного загрязнения. В эксперименте была трехкратная повторность. Площадь делянки 25 м² (5 м x 5 м), площадь варианта 75 м², повторность трехкратная. Перед и после второй обработки биопрепаратами на указанных участках проведен отбор сопряженных проб растительности (травянистой и кустарничковой) и почвы с каждого участка для проведения анализов удельной активности ¹³⁷Cs.

«Байкал ЭМ-1» – микробиологический препарат нового поколения, сочетающий в себе симбиотические, антагонистические микроорганизмы, продукты их жизнедеятельности и комплекс биологически активных веществ, стимулирующих рост и развитие растений. Как показала мировая практика его использования, данный препарат весьма эффективен для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, снижения уровня их заболеваемости, и, в некоторой степени, для повышения качественных характеристик получаемой продукции.

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 с фунгицидными свойствами, индуктор иммунитета растений «Экосил» препарат тритерпеновых кислот древесной зелени пихты сибирской.

Проведены две обработки в год биопрепаратами «Гидрогумат», «Байкал - ЭМ1» и «Экосил» выбранных экспериментальных участков лесных экосистем методом равномерного мелкодисперсного опрыскивания растительности ручным помповым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости 20 см³/м² (200 л/га).

Дозы внесения препаратов определены в соответствии с рекомендациями разработчиков и результатами научных исследований по применению используемых препаратов для культурных ягодников: «Байкал - ЭМ1» – 0,5 мл/л, «Гидрогумат» - 0,6 мл/л, «Экосил» - 0,15 мл/л воды.

Исследования бобовых трав проводились в беспокровных посевах донника белого и эспарцета на супесчаных почвах с различным режимом увлажнения.

Посевной материал приобретен в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». В соответствии с отраслевыми регламентами возделывания донника белого и эспарцета [4], семена указанных культур инокулированы гетерогенными штаммами азотфиксирующей микрофлоры, переданной ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси» согласно их рекомендациям с добавлением молибденовокислого аммония.

На дерново-подзолистых супесчаных почвах Могилевской области предшественником выступала пайза. Система обработки почвы перед посевом включала в себя следующие технологические операции – вспашка, ранневесенняя культивация для закрытия влаги и предпосевная обработка почвы АКШ-7,2. Посев произведен ручной овощной сеялкой. Способ посева культур широкорядный, ширина междурядий 50 см. Норма высева семян трав: донник белый – 16 кг/га, эспарцет – 80 кг/га. Глубина заделки семян в почву для донника белого составляла 3 см, а для эспарцета 5 см. После посева проводилось прикатывание почвы. Фосфорные удобрения – аммофос, калийные – калий хлористый, азотные – мочевины в год закладки опыта внесены в полной дозе. В последующие годы азотные, фосфорные и калийные удобрения будут внесены в полной дозе под первый укос. Перед закладкой опыта с каждой делянки методом конверта пробоотборником диаметром 35 мм отбиралась смешанная проба пахотного (0-20 см) горизонта почвы. При посеве донника и эспарцета был применен почвенный гербицид «Ливот» в соответствии с рекомендациями производителя для посевов бобовых многолетних трав. Проведены уходные работы на опытных посевах – прополки, рыхление междурядий, прополка и рыхление дорожек. Укос проведен в период стеблевания растения. Отобраны сопряженные пробы почвы и зеленой массы растений.

Проведенные анализы показали, что почва опытных участков имеет незначительную пестроту по плотности загрязнения почвы ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Площадь делянок 10 м². Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок рендомизированное. Возделывание культур проводится в соответствии с действующими отраслевыми регламентами [4].

Удельная активность ¹³⁷Cs в почвенных и растительных образцах определена на гамма-бета спектрометре МКС-АТ1315 по методике МВИ. МН 1181-2007 [5]. Радиохимическое выделение ⁹⁰Sr проведено по МВИ. МН 1932-2003 с погрешностью не более 20 %. Определение удельной активности ⁹⁰Sr (Бк/кг) почвы и растений выполнено на гамма-спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard» с погрешностью не более 30 %. Подготовка проб почвы и растительных образцов к анализу производилась по общепринятым методикам [6, 7].

Математическая и статистическая обработка результатов исследования, построение графиков осуществлялась на персональном компьютере с помощью пакетов прикладных программ.

Для оценки видовой специфики накопления радионуклидов лесной флорой нижнего яруса были отобраны пробы грибов, вегетирующих травянистых и кустарничковых растений. Результаты спектрометрических анализов аккумуляции ¹³⁷Cs в различных представителях грибов и растительности нижнего яруса лесных экосистем представлены на рисунке 1.

Полученные результаты свидетельствуют о наличии видовой специфики накопления ¹³⁷Cs в растительности и существенном влиянии на данный показатель жизненных форм растений. Наименьшая аккумуляция

при различных плотностях радиоактивного загрязнения наблюдалась у лапчатки серебристой (*Potentilla argentea L.*), максимальный аккумулянт среди кустарничковой растительности – вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris L.*), среди травянистой – ландыш майский (*Convallaria majalis L.*).

Данные показывают, что плотность радиоактивного загрязнения территории в значительной степени детерминирует накопление радионуклидов в различных растительных формах. В тоже время на накопление ^{137}Cs в ягодах земляники указанный параметр не оказал значительного воздействия. Считаем, что значительное влияние на накопление ^{137}Cs в растительности и грибах оказывают особенности строения корневой системы растений, но данный вопрос требует дополнительных исследований [8].

На рисунке 2 приведены коэффициенты накопления радионуклидов в растительности.

В таблице 1 представлены результаты расчета коэффициентов перехода ^{137}Cs растительности естественных экосистем.

Вариант применения препарата	Формы растительности	
	травянистая	кустарничковая
плотность загрязнения 74-185 кБк/м ²		
Контроль (без обработки)	0,0218	0,0438
Байкал ЭМ-1	0,0143	0,0114
Гидрогумат	0,0221	0,0397
Экосил	0,0083	0,0306
плотность загрязнения 370-555 кБк/м ²		
Контроль (без обработки)	0,0072	0,0093
Байкал ЭМ-1	0,0196	0,0051
Гидрогумат	0,0249	0,0143
Экосил	0,0187	0,0126
НСР ₀₅	0,0011	0,0009

Оценивая коэффициенты перехода, следует отметить их значительное варьирование: от 0,0011 до 0,0438, в то же время меньшие их значения характерны для кустарничковой растительности на фоне 370-555 кБк/м². При этом они достоверно ниже, чем на фоне 74-185 кБк/м² [9,10].

Таблица 1 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в растительность лесных экосистем.

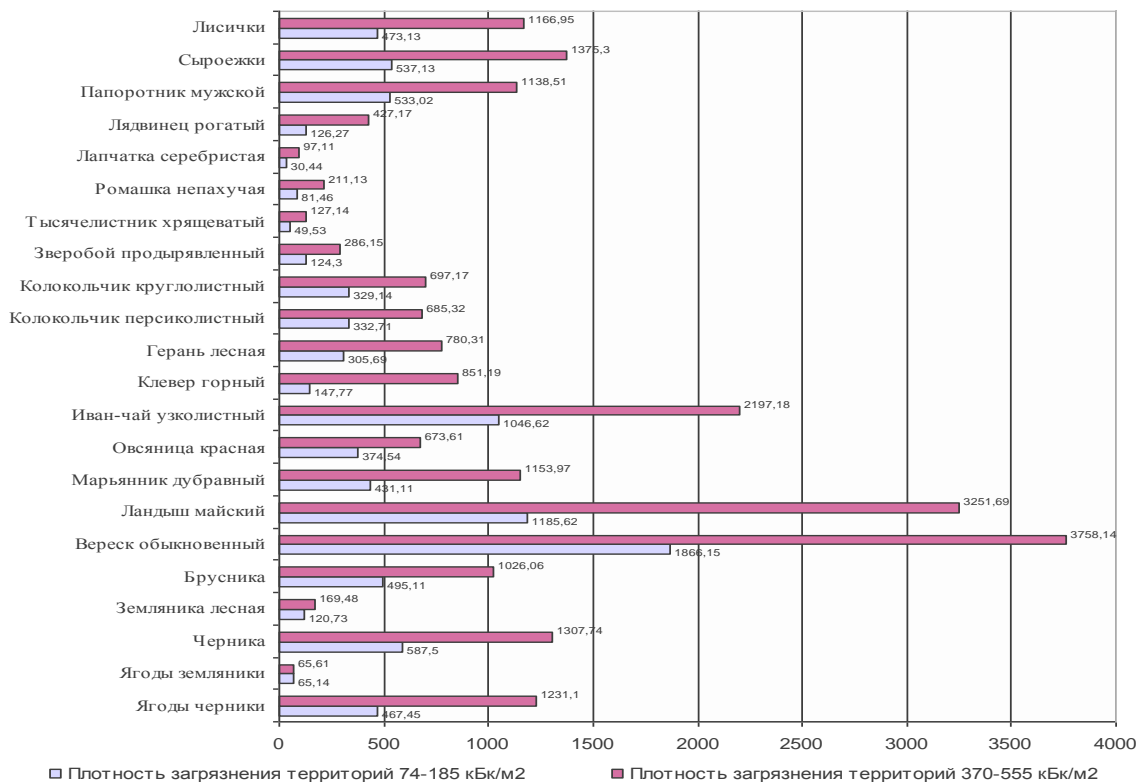


Рисунок 1 – Видовая специфика накопления ^{137}Cs в лесной флоре нижнего яруса

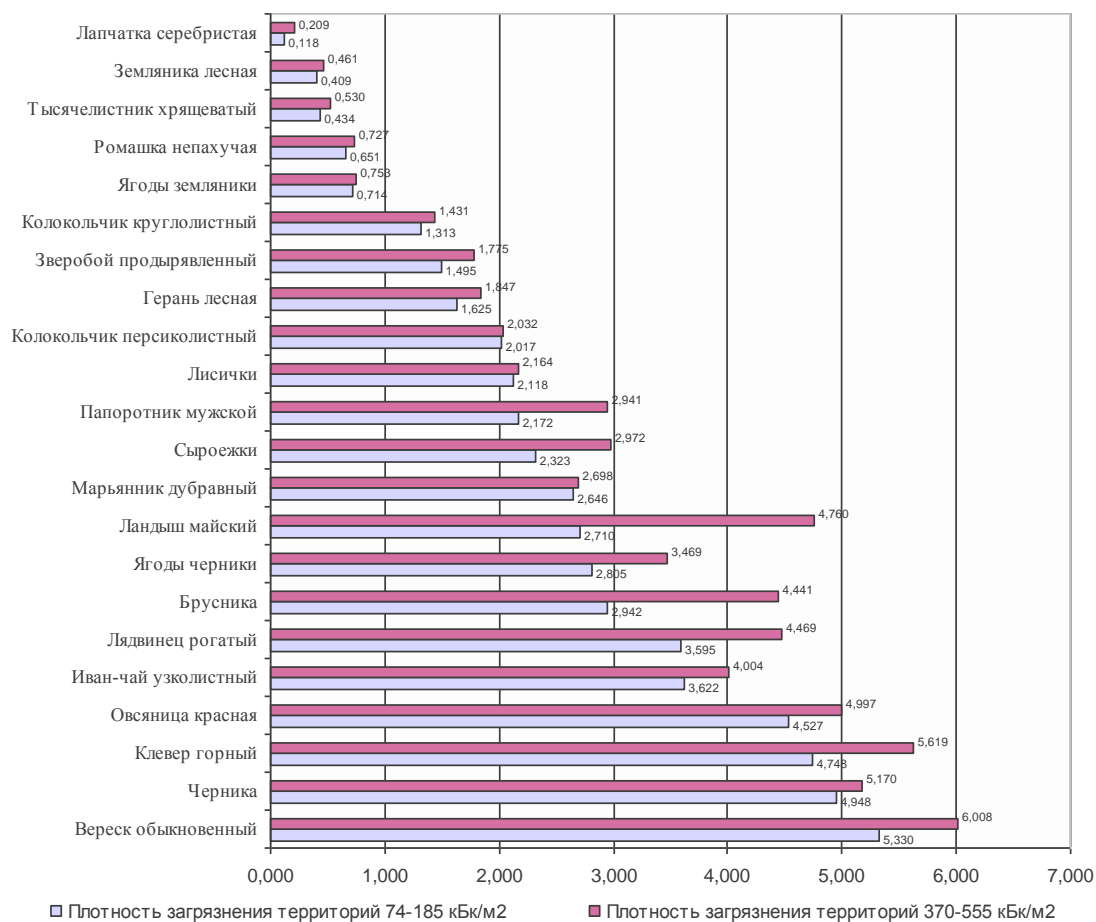


Рисунок 2 – Коэффициенты накопления ^{137}Cs растительностью естественных экосистем

Оценивая представленные в таблице 2 результаты, можно отметить, что зависимость между активностью растительных образцов и содержанием доступных форм ^{137}Cs в почве находится на низком уровне.

Таблица 2 – Корреляционный анализ показателей содержания ^{137}Cs в почве и растительных образцах при различных плотностях загрязнения

№ п/п	Наименования признаков	Коэффициент корреляции	
		74-185 кБк/м ²	370-555 кБк/м ²
1	Активность растительных образцов – содержание доступных форм ^{137}Cs в почве	0,18	0,27
2	Удельная активность почвы до и после обработки биопрепаратами	0,02	0,04
3	Удельная активность почвы и травянистых растений до обработки биопрепаратами	0,94	0,50
4	Удельная активность почвы и травянистых растений после обработки биопрепаратами	0,59	0,21
5	Удельная активность почвы и кустарничковых растений до обработки биопрепаратами	0,81	0,72
6	Удельная активность почвы и кустарничковых растений после обработки биопрепаратами	0,48	0,32

В тоже время наблюдается тенденция снижения уровня сопряженного варьирования признаков содержания ^{137}Cs в почве и растительных образцах после применения биологически активных препаратов, что подтверждает гипотезу об их влиянии на переход ^{137}Cs из почвы в растение.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии слабой зависимости между активностью растительных образцов и содержанием доступных форм ^{137}Cs в почве, а также значительного уменьшения уровня сопряженного варьирования между удельной активностью почвы и растительных образцов после обработки биологически активными препаратами [9].

В таблице 3 представлены результаты радиологических исследований сопряженных проб почвы и зеленой массы донника белого в разрезе вариантов на экспериментальных участках Могилевской области [11]. Во всех изученных вариантах уровень загрязнения продукции ^{90}Sr был ниже действующих допустимых уровней. Выбранные участки имеют невысокую внутреннюю пестроту загрязнения ^{137}Cs пахотного горизонта, что подтверждается значениями НСР₀₅.

Таблица 3 – Удельная активность ^{137}Cs и параметры накопления радионуклидов в зеленой массе донника белого на дерново-подзолистых супесчаных почвах Могилевской области

Варианты	Удельная активность $^{137}\text{Cs} \pm dx^*$, Бк/кг		КП $\pm dx^*$, Бк/кг:кБк/м ²
	Почва	Зеленая масса	
Автоморфная почва			
Контроль	1761,0 \pm 390,1	331,1 \pm 79,7	0,67 \pm 0,21
P60K60	1681,6 \pm 337,2	153,3 \pm 53,3	0,33 \pm 0,12
P60K120	1621,1 \pm 341,3	91,6 \pm 30,1	0,20 \pm 0,11
Глееватая почва			
Контроль	1103,6 \pm 117,1	81,0 \pm 9,7	0,26 \pm 0,12
P60K60	1119,3 \pm 123,3	38,7 \pm 4,1	0,12 \pm 0,08
P60K120	1136,9 \pm 143,2	23,9 \pm 2,9	0,07 \pm 0,002
НСР ₀₅	378,3	51,9	0,06

Примечание: * существенно при $p = 0,05$

Анализ представленных данных демонстрирует значительное влияние на накопление нуклидов условий выращивания – степени увлажнения почвы, применения удобрений и проведения защитных мер. В целом, изучаемая культура имеет более высокую удельную активность зеленой массы по сравнению с эспарцетом, что демонстрирует необходимость вести радиологический контроль за ее размещением на радиоактивно загрязненных территориях и оценку качества зеленой массы культуры. Культура отзывчива на применение удобрений (разница в КП ^{137}Cs между контролем и внесением $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ на автоморфной почве составляет 3,35 раза, между контролем и внесением $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ на глееватой почве составляет 3,71 раза).

Наблюдается влияние степени увлажнения почвы на переход радионуклидов в зеленую массу донника белого (разница между контролями на автоморфной и глееватой почвах составила 2,58 раза).

В таблице 4 представлены результаты радиологических исследований сопряженных проб почвы и зеленой массы эспарцета в разрезе вариантов и повторений на экспериментальных участках Могилевской области.

Таблица 4 – Удельная активность ^{137}Cs и параметры накопления радионуклидов в зеленой массе эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных почвах Могилевской области

Варианты	Удельная активность $^{137}\text{Cs} \pm dx^*$, Бк/кг		КП $\pm dx^*$, Бк/кг:кБк/м ²
	Почва	Зеленая масса	
Автоморфная почва			
Контроль	1588,2 ± 332,4	34,2 ± 9,08	0,07 ± 0,041
P80K140	1409,7 ± 254,5	17,0 ± 5,07	0,04 ± 0,021
P80K180	1364,5 ± 176,9	8,1 ± 4,41	0,04 ± 0,023
Глееватая почва			
Контроль	1394,9 ± 207,0	22,8 ± 7,84	0,06 ± 0,029
P80K140	1606,8 ± 357,0	13,8 ± 4,09	0,03 ± 0,019
P80K180	1832,5 ± 403,3	6,6 ± 2,02	0,01 ± 0,004
НСР _{0,05}	138,1	4,1	0,011

Примечание: * существенно при $p = 0,05$

Представленные данные демонстрируют значительное влияние на переход ^{137}Cs в зеленую массу эспарцета условий выращивания, в том числе и применения удобрений и проведение защитных мер – повышенные дозы калия приводят к уменьшению в 1,8-6 раз накопления ^{137}Cs в продукцию по сравнению с контролем. На изученных почвах наиболее эффективно внесение $\text{P}_{80}\text{K}_{180}$.

Отмечено значительное влияние на переход в культуру ^{137}Cs водного режима почв – на автоморфных почвах переход радионуклидов из почвы в растение выше (в контроле в 1,3 раза).

Заключение

1. Полученные данные демонстрируют значительное радиоактивное загрязнение травянистой и кустарничковой лесной растительности даже при относительно низких плотностях радиоактивного загрязнения, что свидетельствует о непригодности указанной растительности для использования в качестве сырья в народном хозяйстве, необходимости вести постоянный мониторинг продукции леса и продолжить изучение аккумуляции радионуклидов в лесной растительности.

2. Результаты свидетельствуют о наличии видовой специфики накопления ^{137}Cs в растительности и существенном влиянии на данный показатель жизненных форм растений. Наименьшая аккумуляция при различных плотностях радиоактивного загрязнения наблюдалась у лапчатки серебристой (*Potentilla argentea* L.), максимальная – среди кустарничковой растительности – у вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* L.), среди травянистой – у ландыша майского (*Convallaria majalis* L.).

3. Наблюдалось значительное варьирование содержания ^{137}Cs в растительности природных сообществ. Диапазон варьирования данного показателя травянистой растительности составил от 196,2 до 4807,4 Бк/кг, кустарничковой – от 393,7 до 8358,3. Загрязнение почвы было на уровне от 202,8 до 19329,2 Бк/кг.

4. Наибольшее, по сравнению с контролем, влияние на минимизацию перехода радионуклида в травянистую растительность на фоне 74-185 кБк/м² оказал регулятор роста растений «Экосил». Оценивая влияние биопрепаратов на кустарничковую растительность, необходимо отметить, что при изученных уровнях радиоактивного загрязнения, максимальный эффект по снижению поступления радионуклида в кустарничковые растительные формы, оказал микробиологический препарат «Байкал ЭМ-1».

5. Коэффициенты накопления при плотности загрязнения 74-185 кБк/м² варьировали от 0,9272 до 2,5321 у травянистой растительности и от 1,8688 до 5,8739 у кустарничковой.

При плотности загрязнения 370-555 кБк/м² коэффициенты накопления варьировали от 1,1003 до 3,7406 у травянистой растительности и от 1,3181 до 5,4899 у кустарничковой.

6. Коэффициенты перехода при плотности радиоактивного загрязнения 74-185 кБк/м² варьируют от 0,0031 до 0,0084 у травянистой растительности и от 0,0062 до 0,0196 у кустарничковой. При плотности радиоактивного загрязнения 370-555 кБк/м² данные параметры травянистой растительности находились в диапазоне от 0,0037 до 0,0125, кустарничковая растительность – от 0,0044 до 0,0183.

7. Наибольший радиологический эффект от применения защитных мероприятий при возделывании донника белого достигался при внесении дозы удобрений $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленой массе эспарцета отмечалось при внесении доз минеральных удобрений $\text{P}_{80}\text{K}_{180}$ и $\text{N}_{30}\text{P}_{80}\text{K}_{180}$.

Список использованных источников

- 1 Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – С. 58-66.
- 2 Каталог новых сортов и гибридов Института земледелия и селекции НАН Беларуси. – Минск: РУП «Издательский дом «Белорусская наука», 2006. – С. 24-25.
- 3 Алексахин Р.М., Моисеев И.Т., Тихомиров Ф.А. Поведение ^{137}Cs в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае // Агрохимия. – 1992. – №8. – С. 127-138.
- 4 Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разраб. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Бел. наука, 2005. – С. 391-404.
- 5 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».
- 6 Агрохимические методы исследования почв / Почвенный институт им. В.В. Докучаева; отв. ред. А.В. Соколов. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
- 7 Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси. Методические указания / Под ред. И.М. Богдевича. – Минск: Бел. Изд. Тов-во «Хата», 2001. – 60 с.
- 8 Изучение влияния биологически активных препаратов на доступность цезия-137 растениям лесных экосистем Чериковского района Могилевской области / А.В. Щур, О.В. Валь-

ко, Т.Н. Агеева, В.П. Валько // Экологический вестник. – 2009. - № 3/4 (9/10). - С. 16-24.

9 Щур А.В., Чижик А.О., Понятов А.А. Сопряженность варьирования содержания ^{137}Cs в почве и растительных образцах // Научный поиск молодежи XXI века: сборник научных статей по материалам XIII междунар. науч. конф. студентов и магистрантов (г. Горки, 27–29 ноября 2012 г.) редкол.: А. П. Курдеко (гл. ред.) [и др.]. - Горки: УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2013. - В 6 ч. Ч. 1. - С. 269-272.

10 Особенности аккумуляции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растительности нижнего яруса при применении биологически активных препаратов / А.В. Щур, А.О. Чижик, А.А. Понятов, О.В. Валько // Молодая наука – 2013: материалы региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов вузов Могилевской области, 25 апреля 2013 г., г. Могилев, МГУ имени А.А. Кулешова / под ред. А.В. Бирюкова. – Могилев: МГУ имени А.А. Кулешова, 2013. - С. 45-46.

11 Альтернатива клеверу для загрязненных почв / А.В. Щур, Т.Н. Агеева, В.В. Головешкин, А.М. Самусев // Белорусское сельское хозяйство. – 2012. - № 7 (123). - С. 38-41.

Информация об авторах

Щур А.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» ГУВПО «Белорусско-Российский университет», 212000 г. Могилев, пр. Мира, 43, e-mail: shchur@yandex.ru, тел. раб. (+375 222) 22 24 50, тел. моб. (+375 29) 612 37 94.

Валько В.П., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры экономики и организации предприятий в АПК, УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», 220023, г. Минск, пр. Ф.Скорины, 99, тел. раб. (+375 17) 2676 333, тел. моб. (+375 29) 612 41 07.