

Оценка миграции ^{137}Cs в звене почва–растение пойменного луга реки Сож после катастрофы на ЧАЭС

Н.М. ДАЙНЕКО, С.Ф. ТИМОФЕЕВ

Основная часть запаса ^{137}Cs в почве находится в горизонтах 0–10 см. Происходит миграция радионуклида по профилю почвы. Растительный покров представлен малопоедаемыми видами разнотравья и осоками. Злаковая группа немногочисленная, бобовая группа встречается редко. По содержанию радиоцезия более 80 % проб травостоя соответствовали нормативным значениям.

Ключевые слова: луговые растения, радионуклиды, коэффициент накопления, удельная активность ^{137}Cs , пойменный луг, почва.

The main part of the radionuclide reserve in the soil is located in the 0–10 cm horizons. The migration of the radionuclide takes place along the soil profile. The vegetation cover is represented by poorly eaten species of herbs and sedges. The cereal group is not numerous, the legume group is rare. In terms of radiocesium content, more than 80 % of grass samples corresponded to standard values.

Keywords: meadow plants, radionuclides, accumulation coefficient, specific activity of ^{137}Cs , floodplain meadow, soil.

Введение. Пойменные луга являются наиболее ценными естественными кормовыми угодьями. Существенное влияние на продуктивность и качество травяных кормов в условиях поймы оказывает ботанический состав луговых ассоциаций, тип почвы, хозяйственный режим использования, а также изменение климата.

В последнее время отмечается существенная динамичность луговых сообществ. Происходят колебания обилия отдельных видов луговых трав, а также смена субассоциаций и ассоциаций [1]–[2]. Развитие экосистем в ряде случаев характеризуется процессами сукцессий и флуктуаций. По мнению О.А. Аненхонова, необходимо разграничивать понятия «флуктуация» и «сукцессия» для оценки последствий климатогенных изменений растительности [3]. А.С. Комаров считает, что динамика растительности и почвы взаимосвязаны, и она определяется особенностями биологического круговорота элементов питания [4]. Ф. Клементс [5] был первым, кто рассмотрел динамику растительности с позиций возникновения обратных связей с ее абиотическим окружением, в первую очередь с почвой. Концепция Клементса означает «что бы происходило, если бы ничто не мешало». Все это означает, что в зависимости от происходящих процессов будет существенно изменяться и радиоэкологическая ситуация на пойменных лугах.

Для оценки динамики радиоэкологической ситуации на пойменных лугах необходимо формирование соответствующих баз данных для последующего моделирования. Это позволит выполнять долгосрочный прогноз изменения радиоэкологической ситуации. В связи с этим соответствующие работы проводят как на территории Российской Федерации, так и на территории Республики Беларусь [6]–[10].

Целью исследования являлась оценка миграции ^{137}Cs в звене почва–растение в отдаленный период ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС.

Объекты и методика исследования. Объектом исследований служили почвенные пробы и растительные образцы наземной фитомассы луговых растений, отобранные в вегетационные периоды 2022–2023 гг. в фазу колошения видов доминантов в пойме р. Сож на луговых ассоциациях вблизи населенного пункта Отор Чечерского района Гомельской области.

Радиологический анализ почвенных проб и растительных образцов выполнялся радиометрическим методом с использованием бета-гамма-спектрометра «МКС АТ1315».

Пойменный луг расположен вдоль правого берега р. Сож между н.п. Красный Дворец и Ипполитовка Чечерского района. Длина около 4000 м. Ширина в наиболее узкой части 130 м, наиболее широкой части около 1800 м. Поперечный профиль пойменного луга нахо-

дится в следующих пределах. Координаты начала профиля $52^{\circ}57'28.19$ северной широты и $30^{\circ}55'49.07$ восточной долготы. Окончание профиля $52^{\circ}57'11.01$ северной широты и $30^{\circ}55'49.47$ восточной долготы. Высота надпойменной террасы 125 м. Самое низкое место 119 м. Перепад высот около 6 м. Максимальный уклон не превышает 3 %. Территория н.п. Отор находится в зоне радиоактивного загрязнения 5–15 Ки/км². Ландшафтно-экологический профиль был заложен на отметках 121–119 м, то есть на наиболее низких элементах рельефа. Объекты обследования формировали, начиная от русла р. Сож по направлению к н.п. Отор. Количество объектов исследований составляло от 16 в 2022 г. до 9 в 2023 г. Отбор проб почвы производили специальным пробоотборником диаметром 83 мм по горизонтам через 5 см до глубины 20 см.

Результаты исследований. В условиях 2022 г. наибольшее содержание радионуклида было выявлено в слое 0–10 см. Амплитуда варьирования параметра составляла от 266 до 5145 Бк/кг. Для слоя 10–20 см эти параметры составили соответственно 39 и 2502 Бк/кг. Среднее содержание радионуклида в почве варьировало от 423 Бк/кг до 3823 Бк/кг. В пересчете на плотность радиоактивного загрязнения эти величины составили 3 и 26 Ки/км².

Установлено, что в большинстве проб основное количество радионуклида, более 80 %, находилось в слое 0–10 см. В слое 10–20 см выявлено от 3 до 30 % радионуклида.

В условиях 2023 г. содержание радионуклида в почве составляло от 416 до 4066 Бк/кг, то есть различия достигали одного порядка. Исследованиями не установлено какой-либо закономерности по изменению удельной активности ^{137}Cs в почве по маршруту профиля за исключением почвы объекта, расположенного на наиболее низкой и заболоченной части луга, где была выявлена максимальная удельная активность радионуклида.

В ходе исследований оценивали распределение радионуклида по профилю почвы. В горизонтах почвы 0–5 см сосредоточено от 25 до 44 % общего запаса радионуклида при среднем значении около 35 %. Для горизонта 5–10 см эти значения составили соответственно 38–59 и 50 %. Для слоя 10–15 см показатели были 2,5–34,6 и 13,5 %. В четвертом слое были минимальные значения радионуклида. В среднем около 2 % (рисунок 1).

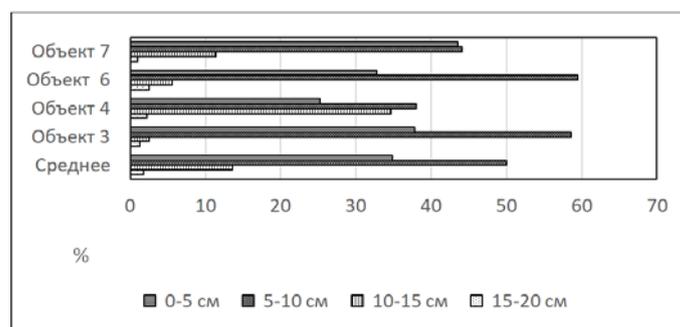


Рисунок 1 – Распределение радионуклида по горизонтам почвы объектов окрестностей н.п. Отор Чечерского района, 2023 г.

Таким образом, на пойменных лугах продолжается миграция радионуклида по почвенному профилю. В слоях 0–5 и 5–10 см сосредоточено примерно одинаковое количество радионуклида. На заливном луге в окрестностях н.п. Отор основное количество радионуклида продолжает находиться в слое 0–10 см. В немалой степени это связано не только с фиксацией и старением радионуклида, но и отсутствием отвальной обработки почвы.

Основой травостоя пойменных лугов является видовое разнообразие луговых трав. Сроки формирования травостоя, его качество зависят от режима затопления. Подразумевается не только продолжительность затопления, но и рельеф речной долины. Установлено, что более продолжительное затопление пойменного луга было в 2023 г. Речная долина имеет достаточно ровную поверхность с уступами, параллельными течению реки Сож.

Изучение флористического состава показало, что исследуемые виды растений относятся к 15 видам, 11 родам и 8 семействам.

Выявлена существенная деградация травостоя пойменного луга. Количество видов трав на объектах варьировали от 2 до 5. Подтверждением этого являются и результаты анализа агроботанического состава травостоя. Так в 2023 г. из 26 отобранных проб 12 – это разнотравье, 9 – осоки, 5 видов – злаки. Бобовый компонент отсутствует. Виды разнотравья характеризуются низким кормовым достоинством.

На большинстве объектов основой является разнотравье. На объекте 2 зафиксировано пять видов разнотравья, на объекте 3 доминируют злаки, на объекте 4 зафиксированы два вида разнотравья и один вид осоки. Наиболее частым сочетанием является разнотравье и осоки.

В условиях 2022 г. содержание радиоцезия в травостое варьировало от 40 до 986 Бк/кг при среднем значении 457 Бк/кг. Превышения нормативов (1300 Бк/кг) по данному параметру не установлено.

В условиях 2023 г. выявлены более значительные различия по количеству радиоцезия в травостое. Содержание радиоцезия в травостое составляло от 146 до 3485 Бк/кг (рисунок 2). Это может быть связано с более продолжительным затоплением луга.

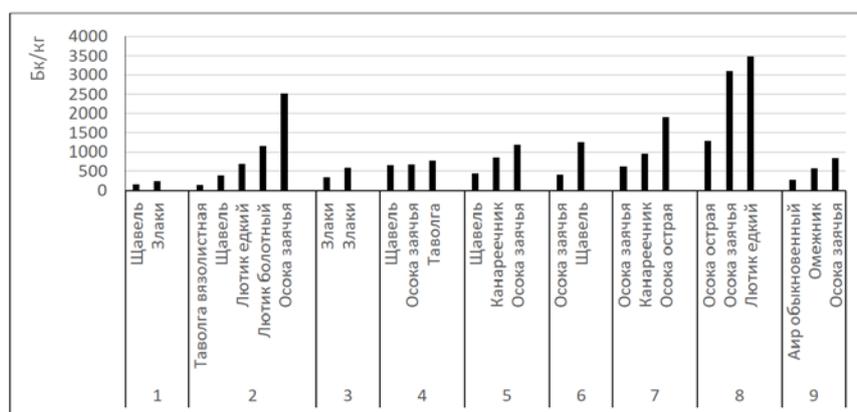


Рисунок 2 – Содержание радиоцезия в травостое пойменного луга по объектам

Установлено, что по мере удаления от русла реки и понижения рельефа происходит увеличение средних значений содержания радиоцезия в травостое объектов (рисунок 3). Для более корректной оценки полученных результатов количественные показатели отсортировали в порядке увеличения значений (рисунок 4).

В результате ранжирования по данному параметру получены следующие результаты. По содержанию в растениях радионуклида до 500 Бк/кг выделены 8 видов. Из них 5 видов это разнотравье, 2 вида злаки и 1 вид осока.

В группе от 500 до 1000 Бк/кг выделены 10 видов. Это 4 вида разнотравья и по 3 вида злаков и осок.

В группе 1000–1300 Бк/кг выделены два вида разнотравья и два вида осоковых. От 1300 до 2000 Бк/кг выделен один вид осоки.

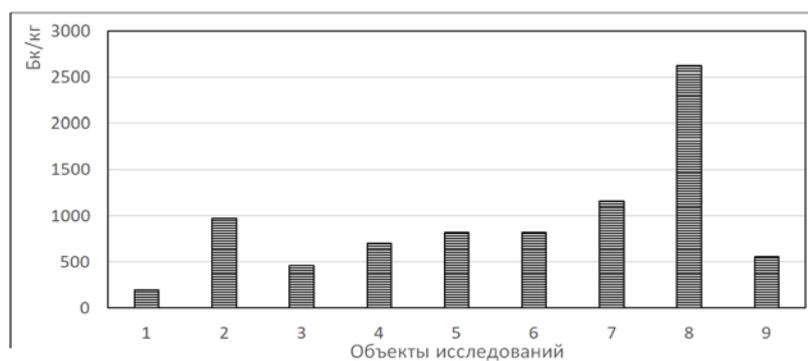


Рисунок 3 – Среднее содержание радиоцезия в травостое объектов

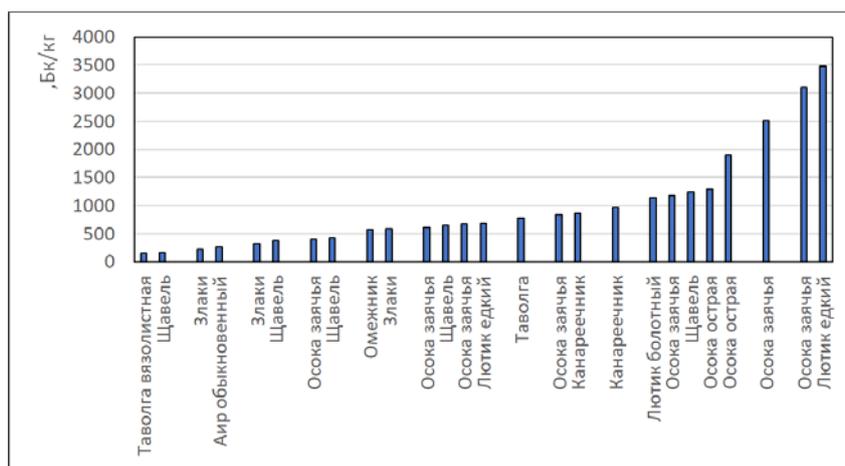


Рисунок 4 – Содержание радиоцезия в травостое пойменного луга

В группе более 2000 Бк/кг выделены 3 вида – это осоковые и разнотравье.

Более информативным показателем является коэффициент накопления (КН), связывающий содержание радионуклида в почве и растениях. В условиях 2022 г. КН составлял от 0,02 до 2,33. Средняя величина составляла 0,81 Бк/кг:Бк/кг. В 2023 г. амплитуда колебаний КН составляла от 0,1 до 3,5 Бк/кг:Бк/кг при средних значениях по объектам 0,31–2,71 Бк/кг:Бк/кг (рисунок 5).



Рисунок 5 – Коэффициенты накопления радиоцезия для травостоя пойменного луга

Для более корректной оценки полученных результатов произвели ранжирование полученных КН (рисунок 6).

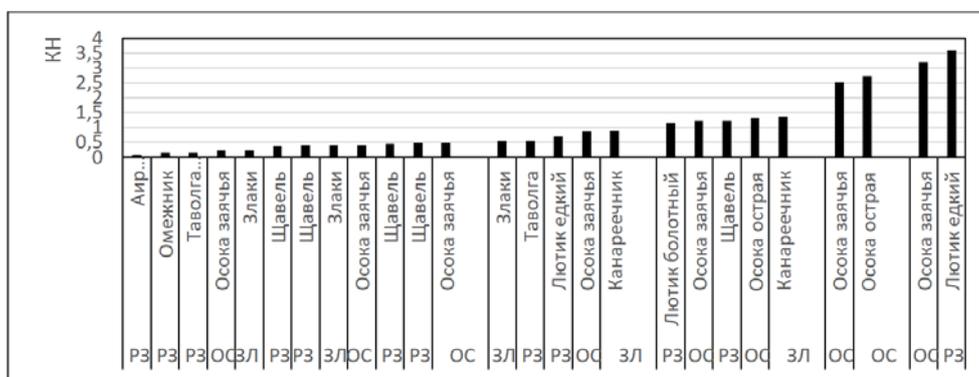


Рисунок 6 – Ранжирование КН по абсолютной величине

Для формирования групп использовали следующие параметры: 0,1–0,5; 0,6–1,0; 1,1–1,5; 2–3, более 3 Бк/кг:Бк/кг. Всего было выделено 5 групп.

Самой многочисленной была первая группа. В нее вошло 12 видов растений. Преобладали растения группы разнотравья – 7 проб, осоки – 3 пробы, злаки – 2 пробы. Вторая и третья группа содержали по 5 проб. Во второй группе преобладало разнотравье. Виды растений со значениями КН более 2 были немногочисленные. Наибольшие значения КН выявлены для осоковых и разнотравья. Было выделено 5 групп. 0,1–0,5; 0,6–1,0; 1,1–1,5; 2–3, более 3 Бк/кг:Бк/кг.

Заключение. Таким образом, почвенный покров полигона характеризуется относительно равномерным содержанием радионуклида за исключением одного объекта. Это может быть связано с нахождением в наиболее низкой, болотистой части профиля. Основная часть запаса радионуклида находится в горизонтах 0–10 см. Имеет место миграция радионуклида по профилю почвы.

Растительный покров пойменного луга характеризуется деградированным состоянием, связанным с интенсивной нагрузкой и отсутствием в течение ряда лет затопления. Растительный покров представлен в основном малопоедаемыми видами разнотравья и осоками. Злаковая группа немногочисленная, бобовая группа встречается редко.

По содержанию радиоцезия более 80 % проб травостоя соответствовали нормативным значениям. Около 50 % проб травостоя имели значения КН до 1,00 Бк/кг:Бк/кг.

Литература

1. География почв / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. – М. : Колос, 2004. – 460 с.
2. Дайнеко, Н. М. Состав и структура пойменных лугов бассейна р. Сож : монография / Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев. – Чернигов : Десна Полиграф, 2020. – 208 с.
3. Аненхонов, О. А. Климатогенные изменения растительных сообществ : флуктуации или сукцессии? / О. А. Аненхонов // Растительный мир азиатской России. – 2010. – № 2 (6). – С. 1–6.
4. Комаров, А. С. Модели сукцессии растительности и динамики почв при климатических изменениях / А. С. Комаров // Компьютерные исследования и моделирование – 2009. – Т. 1, № 4. – С. 405–413.
5. Clements, F. E. Plant succession : an analysis of the development of vegetation / F. E. Clements. – Washington : Carnegie Institution of Washington, 1916. – 664 p.
6. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий Беларуси : методические указания / Науч. ред. академик ААНРБ И. М. Богдевич. – Минск : Бел. изд. Тов-во «Хата», 2001. – 60 с.
7. Сотникова, Н. А. База данных по технологиям ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях, составленная по результатам научных исследований / Н. А. Сотникова, А. В. Панов, Д. Н. Курбаков // Агрохимический вестник. – 2015. – № 2. – С. 15–18.
8. Прудников, П. В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области / П. В. Прудников, С. В. Карпеченко, А. А. Новиков [и др.]. – Брянск : Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. – 608 с.
9. Панов, А. В. Оценка факторов, влияющих на изменение плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий / А. В. Панов, Е. Г. Иванова, В. М. Соломатин [и др.] // Доклады РАСХН. – 2011. – № 2. – С. 28–31.
10. Дайнеко, Н. М. Накопление ^{137}Cs экологическими группами прибрежно-водной растительности пойменных лугов реки Сож / Н. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев // Радиационная гигиена. – 2023. – № 16 (4). – С. 44–54.