

Накопление ^{137}Cs экологическими группами прибрежно-водной растительности пойменных лугов реки Сож

Н.М. Дайнеко, С.Ф. Тимофеев

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины Министерства образования Республики Беларусь, Гомель, Республика Беларусь

Цель исследования — выявить различия в содержании ^{137}Cs в фитомассе прибрежно-водной растительности Ветковского и Чечерского районов Гомельской области за период 2012–2022 гг. Описание и выделение экологических групп прибрежно-водной растительности и отбор почвенно-растительных проб для определения содержания радиоцезия в вегетационные периоды 2012 г. и 2022 г. проводили по общепринятым методикам. Установлено, что содержание ^{137}Cs в пробах воды объектов Ветковского района не превышало нормативного значения для питьевой воды (10 Бк/кг). Средняя удельная активность радиоцезия в почвогрунте по изучаемым объектам составила в 2012 и в 2022 гг. 807 ± 125 и 586 ± 84 Бк/кг соответственно; а для почвы — 549 ± 85 и 395 ± 46 Бк/кг соответственно. С течением времени произошло снижение количества радиоцезия в почвогрунте и в почве в 1,3–1,4 раза. Среднее содержание изотопа в растениях объектов в 2012, 2022 гг. было 93–917 и 59–578 Бк/кг соответственно. Амплитуда варьирования средних значений КН в системе почва — растение составляли в 2012 и 2022 гг. 1,03 и 0,11 Бк/кг:Бк/кг соответственно, в системе почвогрунт — растение — 3,08 и 0,01 Бк/кг:Бк/кг соответственно. Удельная активность ^{137}Cs в воде объектов Чечерского района не превышала 3 Бк/л. Среднее содержание изотопа цезия-137 в почвогрунте составляло в 2012 г. и 2022 г. 316 и 231 Бк/кг соответственно. Эти же параметры для почвы были в пределах 471 и 340 Бк/кг соответственно. Среднее содержание ^{137}Cs в фитомассе в 2012 г. варьировало в пределах от 149 до 483 Бк/кг. Через 10 лет количество радионуклида составляло 115–288 Бк/кг. Средние значения КН в звене почва — растение в 2012 г. 1,44 и в 2022 г. 1,01 Бк/кг:Бк/кг, а в системе почвогрунт — растение — 1,70 и 1,10 Бк/кг:Бк/кг соответственно. В результате проведенных исследований не выявлены одинаковые доминирующие группы прибрежно-водных растений по накоплению радиоцезия по объектам Ветковского и Чечерского районов.

Ключевые слова: ^{137}Cs , радиоактивное загрязнение, удельная активность радионуклида, радиологический анализ, прибрежно-водные растения, экологические группы.

Введение

Одним из негативных последствий катастрофы на ЧАЭС продолжает оставаться радиоактивное загрязнение пойменных лугов. Величина накопления радионуклидов одними и теми же видами луговых растений в зависимости от почвенно-климатических условий может отличаться в 3–8 раз, а в отдельных случаях — до 30 раз [1, 2, 3].

Пойменные ландшафты представлены значительным количеством составляющих элементов, в том числе различными водоемами. Это могут быть старицы, озера, ручьи. Они могут использоваться для самых различных нужд живыми организмами. Все это подразумевает существование экосистем. В зависимости от типа питания формируются различные экологические условия [4].

Видовой состав прибрежно-водной растительности позволяет достаточно точно оценить экологическое состояние экосистемы. В различных физико-географических условиях одни и те же виды могут встречаться в во-

доемах различного трофического уровня и могут иметь разное индикаторное значение. Поэтому при разовых наблюдениях по присутствию или отсутствию какого-либо вида нельзя давать оценку качества среды [5–7].

Одним из экологических факторов является радиоактивное загрязнение биотопов. При поступлении радионуклидов в воду открытых водоемов сначала происходит разбавление исходного вещества, затем поглощение их почвогрунтом или донными отложениями. В результате бенталь становится хранилищем долгоживущих элементов.

Обычно для воды характерно уменьшение содержания ^{137}Cs со временем. Для донных отложений и водной растительности возможна концентрация радионуклида. Основное влияние на водную экосистему могут оказывать донные отложения. Содержание изотопов будет больше в органических отложениях, чем в песках [8].

Кроме того, на загрязнение донных отложений могут оказать влияние особенности глобальных выпадений

Дайнеко Николай Михайлович

Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

Адрес для переписки: 246028, Республика Беларусь, Гомель, ул. Советская, д. 104; E-mail Dajneko@gsu.by

радиоцезия в период испытаний ядерного оружия и катастрофы на Чернобыльской АЭС [9]. Степень накопления радиоактивных элементов донными отложениями зависит от физико-химического состава и дисперсности грунта [10].

Накопление радионуклидов в донных отложениях имеет высокую положительную статистически достоверную корреляцию с содержанием ^{137}Cs в почве водосбора [11].

В отличие от воды и донных отложений рек, где содержание радионуклидов подвержено временной динамике, накопление радиоактивных изотопов в растениях служит более надежным показателем радиоактивного загрязнения аквальных и субаквальных экосистем [12].

Одними из наиболее загрязненных радиоактивными веществами в результате катастрофы на ЧАЭС являются территории пойменных лугов Ветковского и Чечерского районов Гомельской области, граничащих с территорией Российской Федерации.

Таким образом, для оценки радиоэкологической ситуации на пойменных водоемах необходимо изучение накопления радионуклидов в почве, донных отложениях и прибрежно-водной растительности.

Цель исследования – выявить различия в содержании ^{137}Cs в фитомассе прибрежно-водной растительности Ветковского и Чечерского районов Гомельской области за период 2012–2022 гг.

Задачи исследования

1. Выявить доминирующие экологические ассоциации прибрежно-водных растений на объектах поймы р. Сож.
2. Выявить накопление радиоцезия в субстратах прибрежно-водных растений.
3. Определить содержание ^{137}Cs в фитомассе прибрежно-водной растительности в различных экологических группах.

Материалы и методы

Объектом исследований была прибрежно-водная растительность Ветковского и Чечерского районов, приграничных с территорией Брянской области (Российская Федерация). Расположение объектов исследований приведено далее.

Ветковский район. Объект № 1. Ручей Безымянный, правый приток р. Сож, вблизи населенного пункта (НП) Новоселки, в 0,5 км от р. Сож. Координаты: N 52°36'323'', E 31°5'034''. Объект № 2. Левобережная пойма р. Сож, перед мостом, вблизи города Ветка. Координаты: N 52°34'045'', E 31°9'652''. Объект № 3. Окраина НП Старое Село, берег озера Чечиль. Координаты: N 52°31'392'', E 31°8'492''.

Чечерский район. Объект № 4. Обустроенное место отдыха жителей городского поселка Чечерск, восточный берег озера Вир. Координаты: N 52°57'30.7'', E 30°56'88.3''. Объект № 5. Левобережная пойма р. Покоть перед мостом в 1 км юго-восточнее НП Покоть Чечерского района. Координаты: N 52°52'16.4'', E 31°07'27.9''. Объект № 6. Левобережная пойма р. Сож против НП Вознесенский Чечерского района Гомельской области. Координаты: N 52°53'35.54'', E 30°58'14.1''. Объект № 7. Правобережная пойма перед мостом р. Сож напротив НП Вознесенский. Координаты: N 52°53'37.5'', E 30°57'51.4''.

Описание растительности и отбор почвенно-растительных проб для определения содержания ^{137}Cs в вегетационные периоды 2012 г. и 2022 г. проводили по общепринятым методикам [13–16].

Выделение экологических групп прибрежно-водной растительности осуществляли согласно [17].

При определении видового состава лекарственных растений использовали определитель растений [18].

Определение содержания ^{137}Cs в почвенных пробах и растительных образцах производили на гамма-спектрометрическом комплексе Tennelec по МВИ. МН 3421-2010 «Методика выполнения измерений объемной и удельной активности гамма-излучающих радионуклидов на гамма-спектрометрах с полупроводниковыми детекторами» [«Technique for measuring the volumetric and specific activity of gamma-emitting radionuclides on gamma spectrometers with semiconductor detectors» (In Russ.)].

Оценку радиоактивного загрязнения растений и возможности их безопасного использования выявляли путем сопоставления полученных результатов с нормативным показателем Республиканского допустимого уровня содержания ^{137}Cs в лекарственно-техническом сырье (РДУ/ЛТС-2004) [Republican permissible level of cesium-137 content in medicinal and technical raw materials (In Russ.)], равным 370 Бк/кг.

Результаты и обсуждение

Результаты радиологического анализа проб воды, почвогрунта и почвы объектов Ветковского района представлены в таблице 1. Содержание радиоцезия в воде в годы исследований не превышало нормативного значения для питьевой воды (10 Бк/кг).

Удельная активность радиоцезия в почве составляла от 85 до 1251 Бк/кг. Максимальное количество радиоцезия в почве было выявлено на объекте 2, а минимальное – на объекте 1. Для почвогрунта эти значения составили от 180 до 1615 Бк/кг. Наибольшая активность радионуклида в 2012 г. была обнаружена в почвогрунте объекта 1, а минимальная – на объекте 2. К 2022 г. эта тенденция сохранилась. Установлено что с течением времени произошло снижение количества радиоцезия и в почве, и в почвогрунте в 1,3–1,4 раза.

Важнейшим параметром оценки радиоэкологической ситуации является плотность радиоактивного загрязнения. Плотность радиоактивного загрязнения на объектах в 2012 г. составляла от 111 кБк/м² (3 Ки/км²) до 740 кБк/м² (20 Ки/км²), в 2022 г. эти параметры уменьшились от 37 кБк/м² (1 Ки/км²) до 222 кБк/м² (6 Ки/км²) соответственно. Такие явления могут быть связаны не только с процессом радиоактивного распада, но и с затоплением территории и смывом радионуклидов в депрессии рельефа, а также в воду реки.

В наших исследованиях не выявлена взаимосвязь между количеством радионуклида в почве и его содержанием в почвогрунте. Здесь существенными факторами могут быть особенности рельефа, а также количество физической глины в почве и илистых фракций в почвогрунте, а также другие физико-химические свойства субстратов.

В изучаемых объектах на территории Ветковского района установлено 6 групп прибрежно-водной растительности. В состав гидрофитов, плейстогидрофитов укореняющихся входило по 1 виду, аэрогидрофитов

Содержание радиоцезия в пробах воды, почвогрунта и почвы на объектах Ветковского района

Таблица 1

[Table 1]

The content of radiocesium in samples of water, soil and soil at the objects of the Vetka district

| Номер объекта [Object number] | Объемная активность ^{137}Cs в воде, Бк/л [Volumetric activity of ^{137}Cs in water, Bq/l] | | Удельная активность ^{137}Cs в почвогрунте, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in bottom sediments, Bq/kg] | | Удельная активность ^{137}Cs в почве, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in soil, Bq/kg] | |
|-------------------------------|--|---------|--|----------|--|---------|
| | 2012 г. | 2022 г. | 2012 г. | 2022 г. | 2012 г. | 2022 г. |
| 1 | <3,0 | <3,0 | 1615±247 | 1180±177 | 111±19 | 85±7 |
| 2 | <3,0 | <3,0 | 251±41 | 180±27 | 1251±191 | 900±108 |
| 3 | <3,0 | <3,0 | 556±87 | 398±48 | 286±44 | 200±22 |

высокорослых и гигрогелофитов среднерослых – по 2 вида. По 5–6 видов растений выделено в группах аэрогидрофитов среднерослых и эуигрофитов среднерослых. На объектах 1 и 2 выделено по 5 видов растений, объекте 3 – 7 видов.

Содержание радиоцезия в прибрежно-водной растительности объектов Ветковского района варьировало в широких пределах. Пределы варьирования данного параметра для объекта 1 в условиях 2012 г. составляли от 11 до 179 Бк/кг, в 2022 г., то есть через 10 лет, – от 10 до 110 Бк/кг; для объекта 2 – 133–1928 и 78–1420 Бк/кг соответственно и для объекта 3 – 13–334 и 13–260 Бк/кг.

Таким образом, с течением времени, то есть через 10 лет, для всех видов растительности произошло заметное снижение содержания радионуклида.

Ввиду многообразия условий по специфике объектов целесообразно рассмотреть радиоэкологическую ситуацию на каждом объекте отдельно.

Для растительности объекта 1 выявлено снижение содержания радиоцезия в биомассе 4 видов из 5 (табл. 2).

Уменьшение содержания радионуклида составляло до 58–68% от исходного количества. Не выявлено снижения содержания радионуклида лишь для 1 вида – камыша

озерного. Установлено, что среднее содержание радиоцезия в прибрежно-водной растительности объекта 1 составляло в 2012 г. 93 Бк/кг, а в 2022 г. – 59 Бк/кг.

Одним из параметров оценки радиоэкологической ситуации является коэффициент накопления – КН. Исследуемые виды растений произрастали на 2 различных субстратах – почве и почвогрунте. Средние значения КН для системы почва – растение составляли для 2012 г. и 2022 г. 1,03 и 0,83 Бк/кг:Бк/кг соответственно. Для системы почвогрунт – растение соответственно 0,01 и 0,01 Бк/кг:Бк/кг. Это означает большие переходы радионуклида из почвы в растения.

Содержание цезия 137 в растительности объекта 2 было значительно выше, чем на других объектах (табл. 3). Так, среднее содержание радионуклида в растительности в условиях 2012 г. составляло 917 Бк/кг, а в 2022 г. – 578 Бк/кг. Снижение содержания радиоцезия составляло в среднем от первоначального определения от 53 до 73%. Кроме того, максимальная концентрация радиоцезия выявлена для группы аэрогидрофитов среднерослых и была в пределах 1384–1928 Бк/кг. Минимальное значение параметра зафиксировано для группы гигрогелофитов среднерослых – 133 Бк/кг.

Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водной растительностью объекта 1 пойменного луга р. Сож на территории Ветковского района

Таблица 2

[Table 2]

Accumulation of ^{137}Cs by coastal aquatic vegetation of object 1 of the floodplain meadow of the river Sozh on the territory of the Vetka district

| Вид растения [plant type] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg: Bq/kg] | |
|---|--|--------|--|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Плейстогидрофиты укореняющиеся [Pleistohydrophytes rooting] | | | | |
| Горец земноводный [<i>Persicaria amphibia</i>] | 179±19 | 110±14 | 1,61 | 1,30 |
| Аэрогидрофиты высокорослые [Aerohydrophytes tall] | | | | |
| Камыш озерный [<i>Schoenoplectus lacustris</i>] | 11±3 | 10±1 | 0,01 | 0,01 |
| Эуигрофиты среднерослые [Euhygrophytes medium tall] | | | | |
| Мята полевая [<i>Mentha arvensis</i>] | 61±15 | 42±3 | 0,55 | 0,49 |
| Поручейник широколистный [<i>Sium latifolium</i>] | 94±20 | 55±10 | 0,85 | 0,65 |
| Черда трехраздельная [<i>Bidens tripartita</i>] | 122±29 | 76±6 | 1,10 | 0,89 |

Средние значения КН для системы почва – растение составляли для 2012 г. и 2022 г. 0,90 и 0,68 Бк/кг:Бк/кг соответственно; для системы почвогрунт – растение – 3,08 и 3,02 Бк/кг:Бк/кг соответственно. Таким образом, на объекте 2 переходы радиоцезия в растения значительно выше на почвогрунте, чем на почве.

Для прибрежно-водной растительности объекта 3 амплитуда варьирования содержания радионуклида была в пределах в 2012 г. 13 – 334 Бк/кг, а в 2022 г. – 13–260 Бк/кг (табл. 4). Максимальной аккумуляцией элемента характеризовался один из видов группы аэрогидрофитов среднерослых, а именно ситняг болотный.

Таблица 3

Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водной растительностью объекта 2 пойменного луга р. Сож на территории Ветковского района

[Table 3]

Accumulation of ^{137}Cs by coastal-aquatic vegetation of object 2 of the floodplain meadow of the Sozh river on the territory of the Vetkovsky district]

| Вид растения [plant type] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg: Bq/kg] | |
|---|--|----------|--|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Аэрогидрофиты высокорослые [Aerohydrophytes are tall] | | | | |
| Рогоз широколистный [<i>Typha latifolia</i>] | 259±47 | 152±14 | 1,03 | 0,84 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Хвощ полевой [<i>Equisetum arvense</i>] | 1384±208 | 780±205 | 1,10 | 0,86 |
| Сабельник болотный [<i>Comarum palustre</i>] | 1928±289 | 1420±255 | 7,70 | 7,88 |
| Эуигрофиты среднерослые [Eugigrophytes are medium – sized] | | | | |
| Вербейник обыкновенный [<i>Lysimachia vulgaris</i>] | 870±136 | 460±99 | 0,70 | 0,51 |
| Гигрогелофиты среднерослые [Hyrogelophytes are medium – sized] | | | | |
| Аир обыкновенный [<i>Acorus calamus</i>] | 133±29 | 78±12 | 0,53 | 0,43 |

Таблица 4

Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водной растительностью объекта 3 пойменного луга р. Сож на территории Ветковского района

[Table 4]

Accumulation of ^{137}Cs by coastal-aquatic vegetation of object 3 of the floodplain meadow of the Sozh river on the territory of the Vetkovsky district]

| Вид растения [plant type] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg: Bq/kg] | |
|---|--|--------|--|-------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Гидрофиты [Hydrophytes] | | | | |
| Роголистник погруженный [<i>Ceratophyllum demersum</i>] | 260±49 | 50±27 | 86,70 | 16,70 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Частуха подорожниковая [<i>Alisma plantago-aquatica</i>] | 15±4 | 15±1 | 0,03 | 0,04 |
| Осока острая [<i>Carex acuta</i>] | 48±12 | 34±3 | 0,09 | 0,08 |
| Ситняг болотный [<i>Eleocharis palustris</i>] | 334±60 | 260±47 | 0,60 | 0,65 |
| Эуигрофиты среднерослые [Eugigrophytes are medium – sized] | | | | |
| Вербейник обыкновенный [<i>Lysimachia vulgaris</i>] | 13±4 | 13±1 | 0,05 | 0,06 |
| Поручейник широколистный [<i>Sium latifolium</i>] | 56±13 | 34±2 | 0,20 | 0,17 |
| Гигрогелофиты среднерослые [Hyrogelophytes are medium – sized] | | | | |
| Полевица побегообразующая [<i>Agrostis stolonifera</i>] | 22±6 | 14±1 | 0,07 | 0,07 |

Среднее содержание радиоцезия в растительности объекта 3 для условий 2012 г. составляло 107 Бк/кг, а для 2022 г. – 60 Бк/кг.

В группе гидрофитов по количеству радионуклида выделяется роголистник погруженный. Этот вид характеризовался максимальными значениями КН. Они составили 86,7 в 2012 г. и 16,7 Бк/кг:Бк/кг в 2022 г. Это возможно, связано с особенностями воды как среды обитания.

Средние значения КН объекта 3 для системы почва – растение составляли для 2012 г. и 2022. г 0,11 и 0,10 Бк/кг: Бк/кг соответственно; для системы почвогрунт – растение – 0,24 и 0,26 Бк/кг:Бк/кг соответственно. Таким образом, на объекте 3 также переходы радиоцезия в растения значительно выше на почвогрунте, чем на почве.

Результаты анализа показали различия по накоплению изотопа в растительности изучаемых объектов. Так, среднее содержание радиоцезия в течение 2012–2022 гг. на объекте 1 составляло 93–59 Бк/кг, на объекте 2 – 917–578 Бк/кг и на объекте 3 – 107–60 Бк/кг.

Амплитуда варьирования средних значений КН по 3 объектам в системе почва – растение составляли в 2012 и 2022 гг. 1,03 и 0,11 Бк/кг:Бк/кг соответственно; в системе почвогрунт – растение – 3,08 и 0,01 Бк/кг:Бк/кг.

На основе изложенной информации можно произвести ранжирование групп прибрежно-водной растительности объектов Ветковского района в порядке возрастания содержания радиоцезия следующим образом.

Объект 1. Аэрогидрофиты высокорослые > Эугигрофиты среднерослые > Плейстогидрофиты укореняющиеся. Объект 2. Гигрогелофиты среднерослые > Аэрогидрофиты высокорослые > Эугигрофиты среднерослые > Аэрогидрофиты среднерослые. Объект 3. Гигрогелофиты среднерослые > Эугигрофиты среднерослые > Аэрогидрофиты среднерослые > Гидрофиты.

Изучение прибрежно-водной растительности Чечерского района осуществляли на 4 объектах.

Результаты радиологического анализа проб воды, почвогрунта и почвы представлены в таблице 5. Содержание радиоцезия в воде в 2012 г. и в 2022 г. было меньше 3 Бк/л при нормативном значении 10 Бк/л.

Содержание ^{137}Cs в почве экосистем в 2012 г. составляло от 227 до 778 Бк/кг или в среднем 471 Бк/кг. Для почвы 2022 г. эти параметры составили 180–520 и 340 Бк/кг соответственно. Таким образом, среднее содержание изотопа через 10 лет составляло около 63% от первоначального количества.

Содержание радионуклида в почвогрунте в 2012 г. составляло от 56 до 580 Бк/кг при среднем значении 316 Бк/кг.

Для 2022 г. эти параметры составили 49, 410 и 231 Бк/кг соответственно.

Минимальная активность радиоцезия в почвогрунте зафиксирована для объекта 7, хотя загрязнение почвы вокруг экосистемы максимальное.

В изученных объектах прибрежно-водной растительности выделено 8 экологических групп. Эти группы более многочисленны по количеству составляющих их видов по сравнению с Ветковским районом. В немалой степени это связано с более плодородным почвенным покровом. По нашим данным, на объекте 4 зафиксировано 11 видов, относящихся к 5 группам; для объекта 5 – 10 видов и 5 групп соответственно, для объекта 6 – 13 видов и 6 групп. Наименьшее разнообразие выявлено для объекта 7 – 7 видов и 4 группы.

Наиболее представительной группой видов среди изучаемых объектов являются эугигрофиты высокорослые, представленные 5 видами на объекте 4, и гигрогелофиты, включающие 6 видов на объекте 6. Третьей наиболее распространенной группой являются аэрогидрофиты среднерослые, представленные 4 видами на объекте 7. Исследованиями не выявлено одной доминирующей группы на всех 4 объектах.

Как уже отмечалось ранее, на объекте 4 выделено 11 видов в 5 группах (табл. 6).

Исследованиями установлено, что содержание ^{137}Cs в наземной фитомассе прибрежно-водной растительности объекта 4 составляло в условиях 2012 г. от 49 до 2811 Бк/кг. Среднее значение содержания радионуклида по группам составляло 103, 49, 199, 341 и 1723 Бк/кг соответственно. Максимальное количество элемента зафиксировано для гигрофитов среднерослых. Среднее количество радиоцезия в растительности объекта 4 составило 483 Бк/кг. В условиях 2022 г. удельная активность изотопа снизилась до 45–62% от первоначальных значений параметра.

На объекте 4 были изучены 3 субстрата – вода, почва и почвогрунт. Средние значения КН для системы вода – растение по годам составляли 34,3 и 15,7 Бк/кг:Бк/кг соответственно; в системах почва – растение и почвогрунт – растение – 1,41–1,04, и 0,46–0,21 Бк/кг:Бк/кг соответственно. Отсюда следует, что большие переходы выявлены для системы почва – растение.

Видовое разнообразие объекта 5 представлено 10 видами, входящими в состав 5 групп. Радиоактивное загрязнение растительности объекта 5 существенно меньше значений объекта 4 (табл. 7).

Наиболее загрязненной изотопом группой видов являются эугигрофиты среднерослые. Амплитуда варьирования параметра составляла в 2012 г. от 20 до 2883 Бк/кг. Среднее зна-

Таблица 5

Содержание радиоцезия в пробах воды, почвогрунта и почвы на объектах Чечерского района

[Table 5]

Radiocesium content in water, soil and soil samples at the facilities of the Chechersk district]

| Номер объекта [Object number] | Объемная активность ^{137}Cs в воде, Бк/л [Volume activity of ^{137}Cs in water, Bq/l] | | Удельная активность ^{137}Cs в почвогрунте, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in bottom sediments, Bq/kg] | | Удельная активность ^{137}Cs в почве, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in soil, Bq/kg] | |
|-------------------------------|--|------|--|--------|--|--------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| 4 | <3,0 | <3,0 | 580±90 | 410±52 | 533±81 | 390±54 |
| 5 | <3,0 | <3,0 | 337±52 | 256±41 | 227±35 | 180±21 |
| 6 | <3,0 | <3,0 | 290±43 | 210±22 | 346±51 | 270±34 |
| 7 | <3,0 | <3,0 | 56±9 | 49±6 | 778±118 | 520±78 |

Таблица 6
Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водными растениями пойменного луга р. Сож Чечерского района, объект 4

Table 6
Accumulation of ^{137}Cs by riparian-aquatic plants of the floodplain meadow of R. Sozh Chechersky district, object 4

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|---|---|----------|--|-------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Гидрофиты [Hydrophytes] | | | | |
| Телорез обыкновенный [<i>Stratiotes aloides</i>] | 103±14 | 47±15 | 34,3 | 15,70 |
| Плейстогидрофиты укореняющиеся [Pleistohydrophytes rooting] | | | | |
| Кубышка желтая [<i>Nuphar lutea</i>] | 49±14 | 29±8 | 0,08 | 0,07 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Осока острая [<i>Carex acuta</i>] | 225±65 | 140±27 | 0,39 | 0,34 |
| Стрелолист обыкновенный [<i>Sagittaria sagittifolia</i>] | 172±22 | 95±11 | 0,30 | 0,23 |
| Эуигрофиты высокорослые [Eugygrophytes are tall] | | | | |
| Вероника длиннолистная [<i>Veronica longifolia</i>] | 228±31 | 140±14 | 0,43 | 0,36 |
| Щавель водный [<i>Rumex aquaticus</i>] | 255±38 | 150±18 | 0,48 | 0,38 |
| Поручейник широколистный [<i>Broad – leaved porucheynik</i>] | 798±167 | 460±64 | 1,50 | 1, 18 |
| Птармика обыкновенная [<i>Achillea ptarmica</i>] | 125±17 | 72±6 | 0,23 | 0,18 |
| Крапива двудомная [<i>Urtica dioica</i>] | 298±53 | 165±20 | 0,56 | 0,42 |
| Гигрогелофиты среднерослые [Hygrogelophytes are medium – sized] | | | | |
| Аир обыкновенный [<i>Acorus calamus</i>] | 2811±421 | 1500±270 | 5,27 | 3,84 |
| Чистец болотный [<i>Stachys palustris</i>] | 635±99 | 368±67 | 1,09 | 0,94 |

Таблица 7
Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водными растениями пойменного луга р. Сож Чечерского района, объект 5

Table 7
Accumulation of ^{137}Cs by riparian-aquatic plants of the floodplain meadow of the .Sozh river, Chechersky district, object 5

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|---|---|---------|--|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Плейстогидрофиты укореняющиеся [Pleistohydrophytes rooting] | | | | |
| Кубышка желтая [<i>Nuphar lutea</i>] | 75±5 | 40±13 | 0,22 | 0,16 |
| Аэрогидрофиты высокорослые [Aerohydrophytes are tall] | | | | |
| Тростник обыкновенный [<i>Phragmites australis</i>] | 20±6 | 15±1 | 0,06 | 0,06 |
| Рогоз широколистный [<i>Typha latifolia</i>] | 47±15 | 30±3 | 0,14 | 0,11 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Осока острая [<i>Carex acuta</i>] | 70±11 | 40±6 | 0,21 | 0,16 |
| Осока пузырчатая [<i>Carex vesicaria</i>] | 228±31 | 160±24 | 0,68 | 0,62 |
| Эуигрофиты среднерослые [Eugigrophytes are medium – sized] | | | | |
| Вербейник обыкновенный [<i>Lysimachia vulgaris</i>] | 27±8 | 22±2 | 0,12 | 0,12 |
| Щавель густой [<i>Rumex confertus</i>] | 1441±182 | 750±112 | 4,28 | 2,93 |
| Крапива двудомная [<i>Urtica dioica</i>] | 300±51 | 170±18 | 1,32 | 0,94 |

Окончание таблицы 7

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|--|--|---------|---|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Ситник развесистый [<i>Juncus effusus</i>] | 2883±375 | 1500±27 | 12,7 | 8,3 |
| Гигрогелофиты среднерослые [Hydrogeloiphytes are medium – sized] | | | | |
| Таволга вязолистная [<i>Filipendula ulmaria</i>] | 137±22 | 79±9 | 0,60 | 0,44 |

чение содержания радиоцезия в 2012 г. было около 312 Бк/кг. Видами, наиболее сильно аккумулирующими изотоп цезия, являлись ситник развесистый и щавель густой. Значения КН для этих видов составляли 12,7 и 4,28 Бк/кг:Бк/кг.

Средние значения КН для системы почва – растение по годам исследований составляли 3,68 и 2,45 Бк/кг : Бк/кг, а для системы почвогрунт – растение – 0,93 и 0,77 Бк/кг : Бк/кг. На объекте выявлены большие переходы радионуклида в системе почва – растение.

В условиях 2022 г. выявлено меньшее содержание радиоцезия в травостое. Оно составляло от 52 до 82% от первоначального содержания.

Прибрежно-водная растительность объекта 6 представлена 13 видами входящих в состав 6 групп. Наиболее многочисленной группой являются гигрогелофиты среднерослые, а также эуигрофиты среднерослые.

Содержание радиоцезия в растительности объекта 6 в 2012 г. находилось в пределах от 56 до 471 Бк/кг (табл. 8). Различия по изучаемому параметру между группами растений достаточно велики. При среднем значении содержания радиоцезия в растительности объекта в 2012 г.

198 Бк/кг средние значения для гигрогелофитов среднерослых составили 186 Бк/кг, для эуигрофитов среднерослых – 100 Бк/кг. Наиболее высокое содержание радиоцезия (471 Бк/кг) выявлено для фитомассы осоки острой.

За период с 2012 по 2022 г. содержание радиоцезия в прибрежно-водной растительности снизилось до 55–70% от исходных значений.

Субстраты объекта 6 представлены почвой и почвогрунтом. Средние значения КН за 2012 г. и 2022 г. для системы почва – растение составляли 0,52 и 0,46 Бк/кг : Бк/кг соответственно, а для системы почвогрунт – растение – 0,80 и 0,28 Бк/кг:Бк/кг. Значения КН были более высокими для почвогрунта. Значения КН для растительности объекта 3 были достаточно схожими и были в пределах 0,18–1,63 Бк/кг : Бк/кг.

Прибрежно-водная растительность объекта 7 характеризуется небольшим количеством видов. Несколько большим количеством видов выделяется группа аэрогидрофитов среднерослых. Накопление радиоцезия фитомассой находится в пределах от 31 до 636 Бк/кг (табл. 9).

Таблица 8

Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водными растениями пойменного луга р. Сож Чечерского района, объект 6

[Table 8]

Accumulation of ^{137}Cs by riparian-aquatic plants of the floodplain meadow of the Sozh river, Chechersky district, object 6]

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|--|--|--------|---|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Плейстогидрофиты укореняющиеся [Pleistohydrophytes rooting] | | | | |
| Кувшинка белая [<i>Nymphaea alba</i>] | 119±22 | 84±14 | 0,41 | 0,40 |
| Аэрогидрофиты высокорослые [Aerohydrophytes are tall] | | | | |
| Манник большой [<i>Glyceria maxima</i>] | 56±16 | 34±4 | 0,19 | 0,16 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Осока острая [<i>Carex acuta</i>] | 471±69 | 260±46 | 1,63 | 0,96 |
| Эуигрофиты среднерослые [Eugigrophytes are medium – sized] | | | | |
| Мята полевая [<i>Mentha arvensis</i>] | 138±22 | 82±10 | 0,40 | 0,30 |
| Щавель густой [<i>Rumex confertus</i>] | 97±26 | 56±4 | 0,28 | 0,21 |
| Вербейник обыкновенный [<i>Lysimachia vulgaris</i>] | 65±13 | 38±3 | 0,19 | 0,14 |
| Гигрогелофиты высокорослые [Hydrogeloiphytes are tall] | | | | |
| Камыш лесной [<i>Scirpus sylvaticus</i>] | 259±34 | 140±19 | 0,75 | 0,51 |
| Гигрогелофиты среднерослые [Hydrogeloiphytes are medium – sized] | | | | |
| Аир обыкновенный [<i>Acorus calamus</i>] | 296±48 | 160±24 | 0,86 | 0,59 |
| Чистец болотный [<i>Stachys palustris</i>] | | 120±13 | 0,59 | 0,44 |

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|---|---|--------|--|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Репешок обыкновенный [<i>Agrimonia eupatoria</i>] | | 170±23 | 0,98 | 0,82 |
| Василистник желтый [<i>Thalictrum flavum</i>] | | 51±8 | 0,24 | 0,19 |
| Таволга вязолистная [<i>Filipendula ulmaria</i>] | | 35±3 | 0,18 | 0,13 |
| Горошек мышиный [<i>Vicia cracca</i>] | | 260±36 | 1,22 | 0,96 |

Таблица 9

Аккумуляция ^{137}Cs прибрежно-водными растениями пойменного луга р. Сож Чечерского района, объект 7

[Table 9]

Accumulation of ^{137}Cs by riparian-aquatic plants of the floodplain meadow of the Sozh river, Chechersky district, object 7

| Вид растения [Type of plant] | Удельная активность ^{137}Cs в растениях, Бк/кг [Specific activity of ^{137}Cs in plants, Bq/kg] | | Коэффициент накопления, Бк/кг:Бк/кг [Accumulation coefficient, Bq/kg:Bq/kg] | |
|---|---|--------|--|------|
| | 2012 | 2022 | 2012 | 2022 |
| Плейстогидрофиты укореняющиеся [Pleistohydrophytes rooting] | | | | |
| Горец земноводный [<i>Persicaria amphibia</i>] | 88±15 | 59±14 | 1,57 | 1,20 |
| Аэрогидрофиты среднерослые [Aerohydrophytes are medium – sized] | | | | |
| Осока острая [<i>Carex acuta</i>] | 440±60 | 250±50 | 7,86 | 5,10 |
| Осока лисья [<i>Carex vulpina</i>] | 636±80 | 390±81 | 11,36 | 7,96 |
| Сусак зонтичный [<i>Butomus umbellatus</i>] | 44±10 | 30±3 | 0,80 | 0,61 |
| Частуха подорожниковая [<i>Alisma plantago-aquatica</i>] | 78±13 | 42±5 | 1,40 | 0,86 |
| Эугигрофиты высокорослые [Eugygrophytes are tall] | | | | |
| Двукосточник тростниковидный [<i>Phalaris arundinacea</i>] | 176±35 | 95±10 | 0,23 | 0,18 |
| Эугигрофиты среднерослые [Eugigrophytes are medium – sized] | | | | |
| Поручейник широколистный [<i>Sium latifolium</i>] | 31±9 | 23±2 | 0,04 | 0,04 |

Среднее значение содержания ^{137}Cs в фитомассе в 2012 г. составляло около 149 Бк/кг. Для группы аэрогидрофитов среднерослых это значение составило 300 Бк/кг. Максимальным накоплением радионуклида на объекте 7 отличались осоки – 440–636 Бк/кг.

Через 10 лет после первоначального определения параметра выявлено закономерное снижение данного показателя. Удельная активность ^{137}Cs в фитомассе в 2022 г. составляла от 54 до 74% от первоначального определения.

Средние значения КН для системы почва – растение в 2012 и 2022 гг. составляли соответственно 0,14 и 0,11 Бк/кг : Бк/кг, а системы почвогрунт – растение – 4,60 и 3,15 Бк/кг: Бк/кг. Имеют место значительно большие значения параметра для почвогрунта.

По изученным объектам исследований Чечерского района за 2012–2022 гг. средние значения КН для системы вода – растение составляли 34,3–15,7; а максимальные и минимальные значения КН для систем почва – растение – 3,68–0,11; почвогрунт – растение – 4,60–0,21 Бк/кг:Бк/кг.

Средние значения КН для почвы в 2012 г. 1,44 и 2022 г. 1,01 Бк/кг:Бк/кг, а для почвогрунта 1,70 и 1,10 Бк/кг:Бк/кг соответственно.

На основе полученных данных можно ранжировать группы объектов Чечерского района в порядке возрастания содержания радиоцезия следующим образом.

Объект 4. Плейстогидрофиты укореняющиеся > Гидрофиты > Аэрогидрофиты среднерослые > Эугигрофиты высокорослые > Гигрогелофиты среднерослые. Объект 5. Аэрогидрофиты высокорослые > Плейстогидрофиты укореняющиеся > Гигрогелофиты среднерослые > Аэрогидрофиты среднерослые > Эугигрофиты среднерослые. Объект 6. Аэрогидрофиты высокорослые > Эугигрофиты среднерослые > Плейстогидрофиты укореняющиеся > Гигрогелофиты среднерослые > Гигрогелофиты высокорослые > Аэрогидрофиты среднерослые. Объект 7. Эугигрофиты среднерослые > Плейстогидрофиты укореняющиеся > Эугигрофиты высокорослые > Аэрогидрофиты среднерослые.

В результате проведенных исследований не выявлены одинаковые доминирующие группы прибрежно-водных растений по накоплению радиоцезия по объектам как Ветковского, так и Чечерского районов. Количество групп по объектам составляло от 3–4 по Ветковскому району до 4–6 по Чечерскому району.

Заключение

В изучаемых объектах на территории Ветковского района выявлены 6 групп прибрежно-водной растительности. В состав гидрофитов, плейстогидрофитов укореняющихся входило по 1 виду, аэрогидрофитов высокорослых и гигрогелофитов среднерослых – по 2 вида. По 5–6 видов растений выделено в группах аэрогидрофитов среднерослых и эуигрофитов среднерослых. На объектах 1 и 2 выделено по 5 видов растений, на объекте 3 – 7 видов.

В изученных объектах прибрежно-водной растительности на территории Чечерского района выделено 8 экологических групп. Эти группы более многочисленны по количеству составляющих их видов по сравнению с Ветковским районом. Малочисленными по количеству видов являются группы гидрофитов (1 вид), гигрогелофитов среднерослых (1 вид), аэрогидрофитов высокорослых (3 вида), эуигрофитов высокорослых (3 вида).

На объекте 4 зафиксировано 11 видов, относящихся к 5 группам, для объекта 5 – 10 видов и 5 групп соответственно, объекта 6 – 13 видов и 6 групп. Наименьшее разнообразие выявлено для объекта 7 – 7 видов и 4 группы.

Одной из задач исследований было выявление накопления радиоцезия в субстратах прибрежно-водных растений. В воде всех объектов содержание изотопа цезия было менее 3 Бк/кг.

Установлено, что с течением времени произошло снижение количества радиоцезия и в почве, и в почвогрунте.

В исследованиях не выявлены существенные различия по содержанию изотопа в почве и почвогрунте. Тем не менее, зафиксированы ситуации, когда при максимальном загрязнении почвы загрязнение почвогрунта невысокое.

Установлено, что в условиях 2012 г. на изучаемых объектах выявлено 10 видов растений с превышением нормативов РДУ/ЛТС-2004. Это хвощ полевой, сабельник болотный, вербейник обыкновенный (Ветковский район), осока острая, осока лисья, поручейник широколистный, щавель густой, ситник развесистый, чистец болотный, горошек мышиный (Чечерский район). В 2022 г. превышение допустимого уровня отмечено у 3 видов растений в Ветковском районе и у 4 в Чечерском. Различия по удельной активности ^{137}Cs в анализируемых видах растений могут достигать 148 раз.

Установлено, что даже в условиях одной экологической группы произрастают растения с существенными различиями по содержанию ^{137}Cs .

В результате проведенных исследований не выявлены одинаковые доминирующие группы прибрежно-водных растений по накоплению радиоцезия по объектам Ветковского и Чечерского районов.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Авторы осуществляли сбор, анализ материала, написание текста статьи, согласны нести ответственность за все аспекты статьи, обеспечивая надлежащие расследование и решение вопросов, связанных с точностью или целостностью любой частью работы.

Благодарности

Выражаем благодарность анонимным рецензентам за рецензирование статьи.

Информация о конфликте интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Выполнение финансируемого проекта «Прогноз развития фитоценоотических систем на основе моделирования пойменных лугов р. Сож, загрязненных радионуклидами, в условиях изменения гидрологического режима».

Литература

1. Рекомендации по улучшению суходольных и низинных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Под ред. И.М. Богдевича. Мн., 2004. 69 с.
2. Сапегин Л.М., Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Эколого-флористическая характеристика и продуктивность луговых экосистем поймы р. Сож и пригорода г. Гомеля / Пойменные луговые экосистемы как объекты с высоким фиторазнообразием, их изучение и картирование: Материалы Междунар. науч.-практ. семинара, г. Гомель, 11-12 июня 2009 г. Редкол.: Л.М. Сапегин (отв. ред.) и др. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. С. 13-25.
3. Подоляк А.Г., Богдевич И.М., Ивашкова И.И. Прогнозирование величины накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостоях основных типов лугов белорусского поля по агрохимическим свойствам почв // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. 2007. № 3. С. 54-62.
4. Демина М.И., Соловьев А.В., Четчина Н.В. Геоботаника с основами экологии и географии растений: учебное пособие. М.: ФГБОУ ВПОРГАЗУ, 2013. 148 с.
5. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). М.: Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.
6. Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Состав и структура пойменных лугов бассейна р. Сож. Монография. Чернигов, Десна Полиграф, 2020. 208 с.
7. Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Радиоактивное загрязнение лекарственных растений некоторых районов Гомельской области, приграничных с территорией Брянской области России // Радиационная гигиена. 2009. Т. 2, № 9. С. 57 – 63.
8. Шарипова О.А. Содержание радионуклидов в донных отложениях озера Балхаш // Гидрометеорология и экология. 2012. №4. С. 101 – 105.
9. Киселев Г.П., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В. и др. Естественная и техногенная радиоактивность донных отложений озер северо-запада России (на примере республики Карелия и Архангельской области) // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 152-157.
10. Борисенко Г.С. Содержание радионуклидов в прибрежных донных осадках Амурского залива (Японское море) // Фундаментальные исследования. 2006. № 8. С. 26-26.
11. Никитин А.Н. Зубарева А.В., Шуранкова Д.В., Сухарева О.А. Распределение долгоживущих радионуклидов замкнутых водоемов на этапе отдаленных последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. Сахаровские чтения 2018 года: экологические проблемы XXI века. Материалы 18-й международной научной конференции, 17–18 мая 2018 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 3 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та. Минск: ИВЦ Минфина, 2018. Ч. 2. С. 228-229.
12. Кайгородов Р.В. Распределение техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в компонентах водных экосистем Тюменской области // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 64-69.

13. Методика полевых геоботанических исследований. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. 215 с.
14. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1974. 404 с.
15. Радиоактивное загрязнение растительности Беларуси (в связи с аварией на Чернобыльской АЭС). Мн., 1995. 582 с.
16. Сапегин Л.М., Дайнеко Н.М. Хозяйственная типология пойменных лугов Белорусского Полесья. Изучение и сохранение пойменных лугов: материалы Международного совещания, Калуга, 26 – 28 июня 2013 года. Калуга: ООО «Ноосфера», 2013. С. 53–58.
17. Гигевич Г.С., Власов Б.П., Вынаев Г.В. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Минск: БГУ, 2001. 230 с.
18. Определитель высших растений Беларуси / под ред. В.И. Парфенова. Мн.: Дизайн ПРО, 1999. 472 с.

Поступила: 19.07.2023 г.

Дайнеко Николай Михайлович – кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой ботаники и физиологии растений, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины. **Адрес для переписки:** 246028, Республика Беларусь, Гомель, ул. Советская, д. 104; E-mail Dajneko@gsu.by

Тимофеев Сергей Федорович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры ботаники и физиологии растений, Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, Гомель, Республика Беларусь

Для цитирования: Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. Накопление ^{137}Cs экологическими группами прибрежно-водной растительности пойменных лугов реки Сож // Радиационная гигиена. 2023. Т. 16, № 4. С. 44-54. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-44-54

Accumulation of ^{137}Cs by ecological groups of coastal-aquatic vegetation of floodplain meadows of the Sozh river

Nikolay M. Daineko, Sergey F. Timofeev

Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus

The purpose of the study is to identify differences in the content of ^{137}Cs in the phytomass of coastal aquatic vegetation of the Vetka and Chechersk districts of the Gomel region for the period 2012–2022. The description and identification of ecological groups of coastal aquatic vegetation and the sampling of soil and plants to determine the content of radiocesium in the growing seasons of 2012 and 2022 were carried out according to generally accepted methods. It was found that the content of ^{137}Cs in water samples from the objects of Vetka district did not exceed the normative value for drinking water (10 Bq/kg). The average specific activity of radiocesium in the soil for the studied objects was 807 ± 125 and 586 ± 84 Bq/kg in 2012 and 2022, respectively; and for soil was 549 ± 85 and 395 ± 46 Bq/kg respectively. Over time, there was a decrease in the amount of radiocesium in soil and in ground by 1.3–1.4 times. The average content of the isotope in the plants in 2012 and 2022 was 93–917 and 59–578 Bq/kg, respectively. The amplitude of variation in the average values of accumulation coefficient in the soil-plant system was 1.03 and 0.11 Bq/kg:Bq/kg in 2012 and 2022, respectively. In the ground-plant system it was 3.08 and 0.01 Bq/kg:Bq/kg, respectively. The specific activity of ^{137}Cs in the water of objects in the Chechersk region did not exceed 3 Bq/l. The average content of ^{137}Cs in the ground was 316 and 231 Bq/kg in 2012 and 2022, respectively. The same parameters for the soil were within the limits of 471 and 340 Bq/kg, respectively. The average content of ^{137}Cs in phytomass varied from 149 to 483 Bq/kg in 2012. After 10 years, the amount of radionuclide was 115–288 Bq/kg. The average values of accumulation coefficient in the soil-plant system in 2012 and 2022 were 1.44 and 1.01 Bq/kg:Bq/kg, and in the soil-plant system were 1.70 and 1.10 Bq/kg:Bq/kg, respectively. As a result of the study, similar dominant groups of coastal aquatic plants were not identified in terms of the accumulation of radiocesium in the objects of the Vetka and Chechersk regions.

Key words: ^{137}Cs , radioactive contamination, radionuclide specific activity, radiological analysis, coastal aquatic plants, ecological groups.

Nikolay M. Daineko

Francisk Skorina Gomel State University

Address for correspondence: Sovetskaya str., 104, Gomel, 246028, Republic of Belarus; E-mail: dajneko@gsu.by

Information about the personal contribution of the authors to the work on the article

The authors collected, analyzed the material, wrote the text of the article, agree to be responsible for all aspects of the article, ensuring proper investigation and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.

Acknowledgements

We express our gratitude to anonymous reviewers for reviewing the article.

Information about the conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Information about the source of funding

Implementation of the funded project "Forecast of the development of phytocoenotic systems based on the modeling of floodplain meadows of the river. Sozh contaminated with radionuclides in the conditions of changes in the hydrological regime".

References

- Recommendations for the improvement of upland and low-land meadows exposed to radioactive contamination. Ed. IM Bogdevich. Minsk; 2004. 69 p. (In Russian).
- Sapegin LM, Daineko NM, Timofeev SF. Ecological and floristic characteristics and productivity of meadow ecosystems of the floodplain of the river. Sozh and the suburbs of the city of Gomel. Floodplain meadow ecosystems as objects with high phytodiversity, their study and mapping: Proceedings of the Intern. scientific-practical. seminar, Gomel, June 11-12, 2009 / ed.: LM Sapegin (responsible ed.) et al. Gomel: GSU im. F. Skorina; 2009. P. 13-25. (In Russian).
- Podolyak AG, Bogdevich IM, Ivashkova II. Forecasting the accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the grass stands of the main types of meadows of the Belarusian woodland according to the agrochemical properties of soils. *Vestsi natsyonal'ny akademii navuk Belarusi = Vests of the National Academy of Sciences of Belarus*. 2007;3: 54-62. (In Russian).
- Demina MI, Solovyov AV, Chechetkina NV. Geobotany with the basics of plant ecology and geography: a textbook. Moscow: FGBOU V PORGAZU; 2013. 148 p. (In Russian).
- Sadchikov AP, Kudryashov MA. Ecology of coastal aquatic vegetation (textbook for university students). Moscow: Publishing house NIA-Priroda, REFIA; 2004. 220 p. (In Russian).
- Daineko NM, Timofeev SF. Composition and structure of floodplain meadows of the river basin. Sozh. Monograph. Chernihiv: Desna Polygraph; 2020. 208 p. (In Russian).
- Daineko NM, Timofeev SF. Radioactive contamination of medicinal plants in some areas of the Gomel region, bordering with the territory of the Bryansk region of Russia. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2009;2(9): 57 – 63. (In Russian).
- Sharipova OA. The content of radionuclides in the bottom sediments of Lake Balkhash. *Gidrometeorologiya i ekologiya = Hydrometeorology and ecology*. 2012;4:101-105. (In Russian).
- Kiselev GP, Yakovlev EYu, Druzhinin SV, Kiseleva IM, Bazhenov AV, Bykov VM. Natural and technogenic radioactivity of bottom sediments of lakes in the north-west of Russia (on the example of the Republic of Karelia and the Arkhangelsk region). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of modern natural sciences*. 2017;12: 152-157. (In Russian).
- Borisenko GS. The content of radionuclides in coastal bottom sediments of the Amur Bay (Sea of Japan). *Fundamentalnye issledovaniya = Fundamental Research*. 2006;8: 26-26. (In Russian).
- Nikitin AN, Zubareva AV, Shurankova DV, Sukhareva OA. Distribution of long-lived radionuclides in closed water bodies at the stage of remote consequences of the catastrophe at the Chernobyl nuclear power plant. Sakharov Readings 2018: Environmental Problems of the 21st Century. Proceedings of the 18th International Scientific Conference, May 17–18, 2018, Minsk, Republic of Belarus: at 3 pm / International. state ecol. in-t im. A.D. Sakharova Bel. state university. Minsk: Information Center of the Ministry of Finance; 2018. Part 2. P. 228-229. (In Russian).
- Kaigorodov RV. Distribution of technogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the components of aquatic ecosystems of the Tyumen region. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Successes of modern natural sciences*. 2021;11: 64-69. (In Russian).
- Methods of field geobotanical research. Moscow, Leningrad: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR; 1938. 215 p. (In Russian).
- Program and methodology of biogeocenological research. Moscow: Nauka; 1974. 404 p. (In Russian).
- Radioactive contamination of vegetation in Belarus (due to the accident at the Chernobyl nuclear power plant). Minsk; 1995. 582 p. (In Russian).
- Sapegin LM, Daineko NM. Economic typology of floodplain meadows of Belarusian Polissya. Study and conservation of floodplain meadows: proceedings of the International meeting, Kaluga, June 26-28, 2013. Kaluga: LLC "Noosphere"; 2013. P. 53 – 58. (In Russian).
- Gigevich GS, Vlasov BP, Vynaev GV. Higher aquatic plants of Belarus: ecological and biological characteristics, use and protection. Minsk: BGU; 2001. 230 p. (In Russian).
- Determinant of higher plants of Belarus. Ed. VI Parfenov. Minsk: Design PRO; 1999. 472 p. (In Russian).

Received: July 19, 2023

For correspondence: Nikolay M. Daineko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Francisk Skorina Gomel State University (Sovetskaya str. 104, Gomel, Republic of Belarus, 246028; E-mail: dajneko@gsu.by)

Sergey F. Timofeev – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Botany and Physiology, Francisk Skorina Gomel State University, Gomel, Republic of Belarus

For citation: Daineko N.M., Timofeev S.F. Accumulation of ^{137}Cs by ecological groups of coastal-aquatic vegetation of floodplain meadows of the Sozh river. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023. Vol. 16, No. 4. P. 44-54. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-4-44-54