

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ^{137}Cs И ^{90}Sr В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

К.С. Дрозд, А.В. Бардюков

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии
Национальной академии наук Беларуси»*

Аннотация. Представлены данные о формах нахождения радионуклидов в дерново-подзолистой почве на современном этапе и динамика их изменения после катастрофы на Чернобыльской АЭС. Формы нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr в дерново-подзолистой супесчаной почве определены методом последовательной экстракции. Установлено, что наибольшая доля ^{137}Cs в почве находится в прочнофиксированном состоянии, ^{90}Sr – в обменной форме. Количество доступных форм ^{137}Cs снижается, ^{90}Sr – существенно не изменяется.

Ключевые слова: ^{137}Cs , ^{90}Sr , формы нахождения радионуклидов, дерново-подзолистая почва, метод последовательной экстракции.

Одной из наиболее серьезных экологических проблем, вызванных катастрофой на Чернобыльской АЭС, является радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель, что остается одним из главных источников радиационного воздействия на население, проживающее на загрязненных территориях. Наибольшую опасность представляют ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые, являясь биологически подвижными, могут легко включаться в трофическую цепочку и накапливаться в избыточных концентрациях в животноводческой продукции, используемой в качестве продуктов питания человека. В конечном итоге, это может представить угрозу для человеческого организма.

Одним из основных дозообразующих радионуклидов является ^{137}Cs , важной особенностью которого является способность к необменной сорбции твердой фазой почв. Прочно фиксированные ионы Cs^+ в меньшей степени переходят в почвенный раствор, что делает данный радионуклид менее доступным для растений. Основным механизмом поглощения ^{90}Sr твердой фазой почвы является ионный обмен. Сорбция

радиоактивного стронция твердой фазой почвы зависит от присутствия макроконцентраций других катионов и анионов в почвенном растворе [1].

На территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению, проведены полевые исследования [2] с целью определения параметров перехода радионуклидов в продукцию растениеводства, зависящих от многих факторов, в том числе форм нахождения ^{90}Sr и ^{137}Cs в дерново-подзолистой почве.

Для определения удельной активности и форм нахождения радионуклидов в почве выполнен отбор почвенных образцов [3].

Для оценки удельной активности ^{90}Sr в пахотном горизонте почвы применялся радиохимический метод выделения радионуклида, основанный на стандартной методике ЦИНАО [4].

Почвенные вытяжки для определения форм нахождения радионуклидов в почве получены методом последовательной экстракции по Павлоцкой [5].

Удельная активность и формы нахождения ^{137}Cs и ^{90}Sr в исследуемых почвенных образцах определялись на γ -спектрометрическом комплексе фирмы Canberra, а также на низкофоновом альфа-бета-счетчике Canberra S5E, соответственно.

За послеаварийный период произошло изменение агроклиматических условий. При сравнении средних значений температуры и осадков юго-восточной части Беларуси за несколько десятилетий можно заметить последовательное увеличение температуры воздуха и снижение количества осадков в последний период (рис.1).

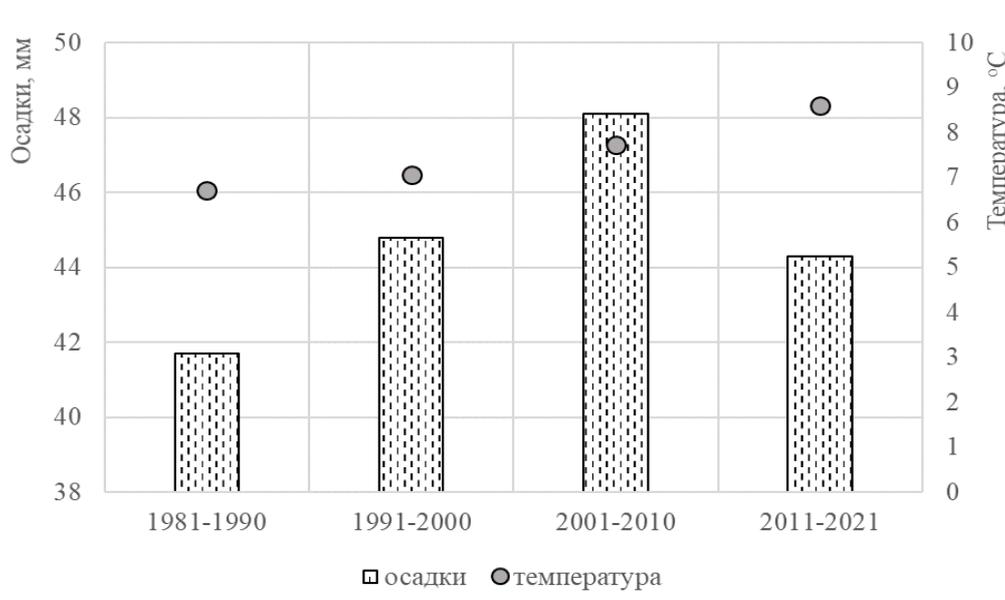


Рис. 1. Динамика изменения среднего многолетней температуры воздуха и количества осадков юго-восточной части Беларуси

Метеорологические условия, актуальные в настоящее время, отличались от среднемноголетних значений. В апреле было установлено снижение температуры на $1,2^{\circ}\text{C}$ и превышение суммы выпавших осадков в 2,4 раза по сравнению со среднемноголетним значением. Температура воздуха в мае месяце была ниже среднемноголетней нормы почти на 2°C . Май месяц характеризовался неравномерным выпадением атмосферных осадков, количество которых в сумме на 1,3 мм превысило среднемноголетний уровень. В июне также наблюдалось неравномерное выпадение атмосферных осадков в течение месяца. Общая сумма осадков на 23,4 мм превышала среднемноголетнюю норму, а температура воздуха была выше на $2,6^{\circ}\text{C}$. В июле месяце как температурные показатели, так и количество осадков были ниже среднемноголетних значений. Август в последние годы был жарким и засушливым месяцем с температурой воздуха выше многолетней нормы на $3,3^{\circ}\text{C}$ и суммой осадков в 2,5 раза меньше обычного. В сентябре температура воздуха снизилась на $1,7^{\circ}\text{C}$, а количество осадков превысило среднемноголетний показатель в 2,5 раза. Как показатели температуры (на $2,4^{\circ}\text{C}$), так и сумма осадков (в 2,1 раза) в октябре месяце были выше среднемноголетней нормы.

На рисунке 2 представлено актуальное в настоящее время распределение форм ^{137}Cs в дерново-подзолистой супесчаной почве, полученное в результате спектрометрического анализа почвенных вытяжек.

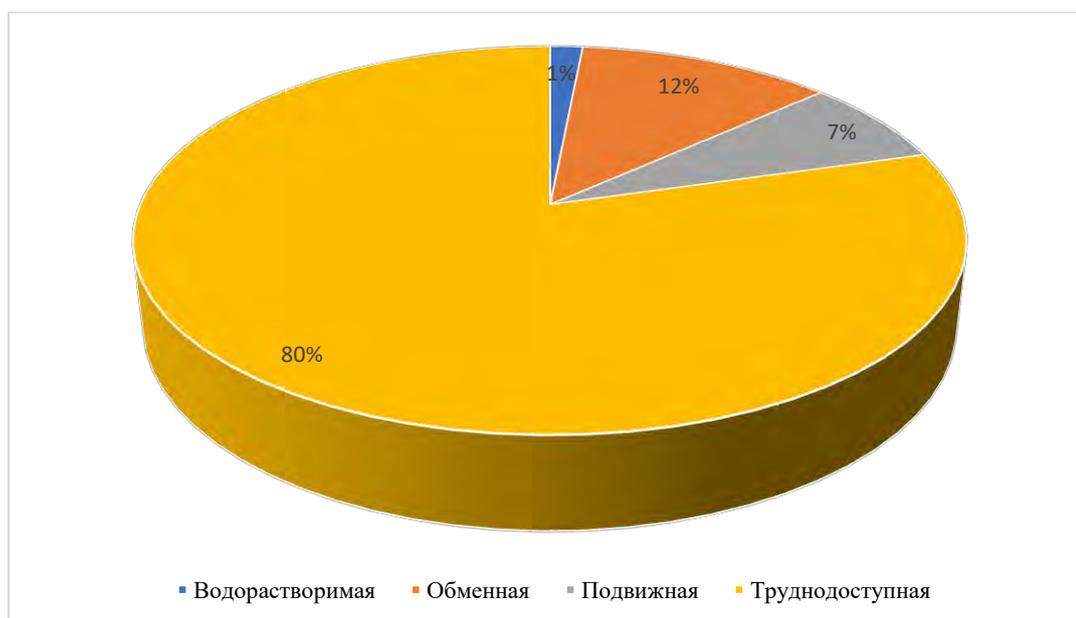


Рис. 2. Формы нахождения ^{137}Cs в почвенных вытяжках, %

Доступными для растений являются водорастворимая, обменная и подвижная формы. Наибольшая доля ^{137}Cs в настоящее время находится в

прочнотфиксированном состоянии – 80% и чуть более 20% радионуклида является доступным для растений.

Процентное содержание форм ^{90}Sr несколько отличается от распределения ^{137}Cs в почве (рис. 3).

Более 91% радионуклида находится в доступных для растений формах. Наибольшее количество ^{90}Sr находится в обменной форме, что составляет 49%. Наименьшее количество данного радионуклида находится в водорастворимой форме – около 5% и труднодоступная форма составляет 9%.

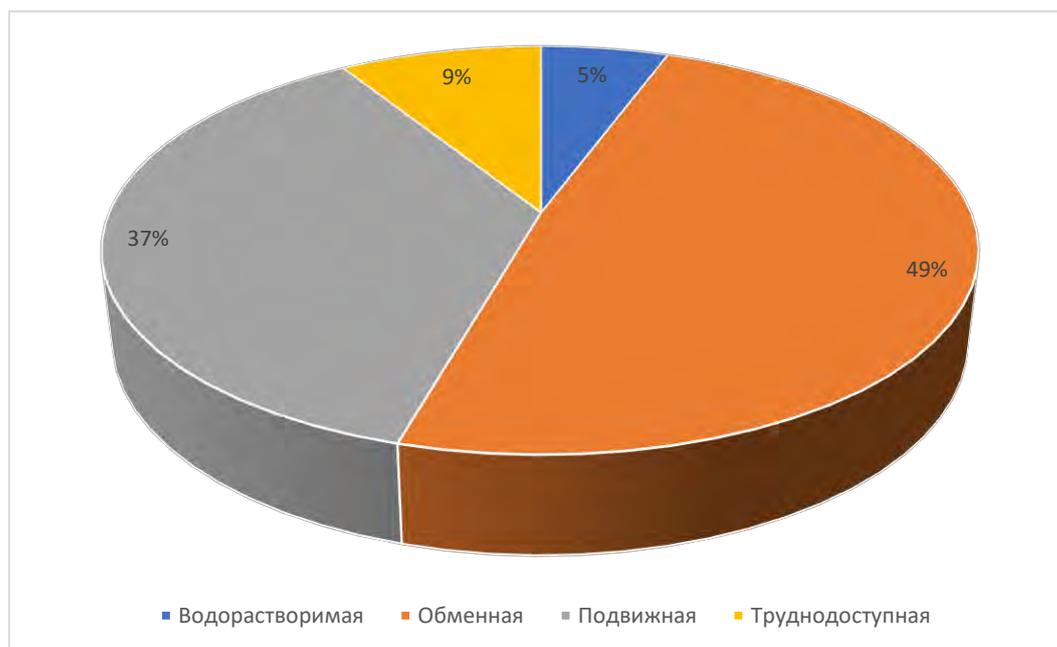


Рис. 3. Формы нахождения ^{90}Sr в почвенных вытяжках, %

Для сравнения и установления динамики изменения форм нахождения радионуклидов в первые годы после катастрофы и настоящий период (по прошествии более 35 лет) использованы данные, полученные в Институте радиологии [6]. Динамика распределения форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в различные периоды после катастрофы на Чернобыльской АЭС представлена в таблице 1.

Таблица 1. Динамика содержания форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в разный поставарийный период (% от общего содержания)

| Вытяжка | ^{137}Cs | | ^{90}Sr | |
|--------------------------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|
| | менее 10 лет | более 30 лет | менее 10 лет | более 30 лет |
| Водная | 0,3 | 1,5 | 1,3 | 5,6 |
| 1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ | 10,4 | 11,8 | 52,6 | 48,8 |
| 1М HCl | 18,8 | 7,2 | 41,3 | 36,7 |
| 6М HCl | 70,5 | 48,9 | 4,8 | 8,9 |

В результате исследований установлено, что значительных изменений в подвижности ^{90}Sr с течением времени не фиксируется. Наибольшее количество данного радионуклида поглощается растениями в основном по ионообменному типу. Количество ^{137}Cs , извлекаемого водой и ацетатом аммония, также практически не изменялось с годами, однако, наблюдалось уменьшение количества ^{137}Cs в 2,6 и 1,4 раза в почвенных вытяжках, извлекаемых 1М и 6М соляной кислотой, соответственно.

Динамика доступных для растения форм ^{137}Cs в почве с годами имеет тенденцию к уменьшению, что можно наглядно отражено на рисунке 4.

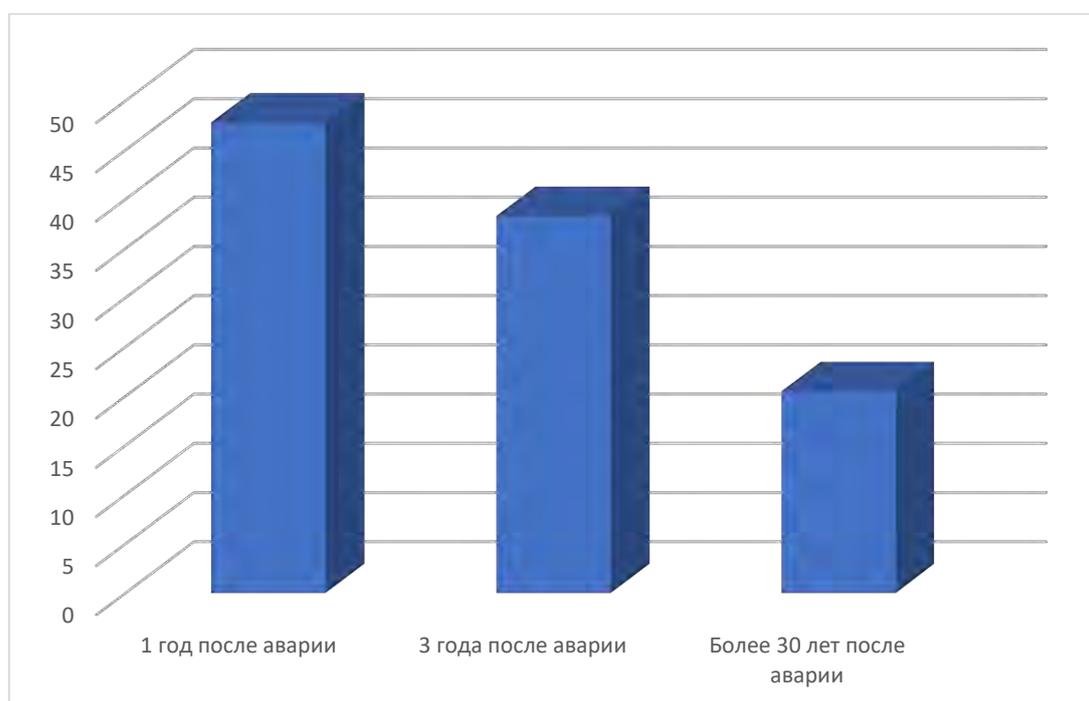


Рис.4. Динамика доступных форм ^{137}Cs в различные поставарийные периоды (% от общего содержания)

Доступность форм ^{137}Cs в настоящее время стала меньше на 57% в сравнении с первым годом после аварии на Чернобыльской АЭС.

Удельный вес доступных форм ^{90}Sr на протяжении течения времени (рис. 5).

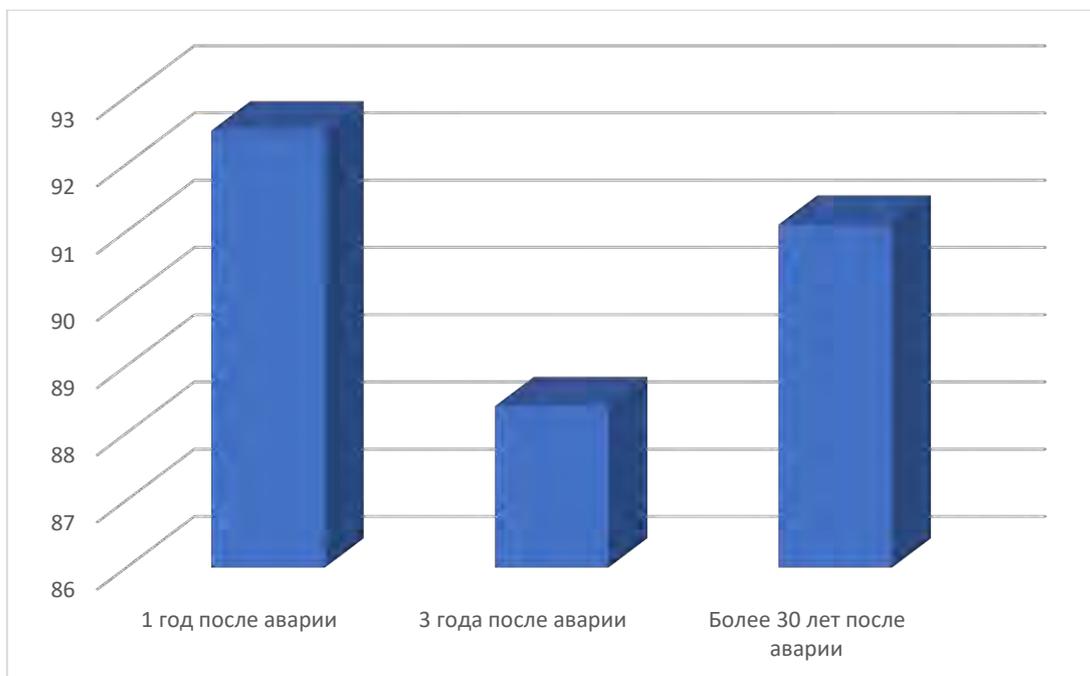


Рис.5. Динамика доступных форм ^{90}Sr в различные поставарийные периоды (% от общего содержания)

За прошедший послеаварийный срок ^{90}Sr продолжает находится в основном в доступной для растений форме, что в настоящее время составляет более 91%.

Изучение динамики изменения форм ^{137}Cs и ^{90}Sr имеет важное научное и практическое значение, так как именно биологическая доступность радионуклидов обуславливает интенсивность поступления их в растения и используется при составлении прогнозов накопления в растениях на длительные периоды.

Библиографический список

1. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях / А. Г. Подоляк, В. В. Валетов, А. Ф. Карпенко. Мозырь: МГПУ им. И. П. Шамякина, 2017. 242 с.
2. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
3. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990.04.01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 6 с.
4. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / А.В. Кузнецов, В.И. Силин, Ф.И. Павлоцкая и др. М.: ЦИНАО, 1985. 64 с.

5. Формы нахождения и миграция искусственных радионуклидов в почвах / Ф. И. Павлоцкая. М.: Атомиздат, 1979. 216 с.
6. Система радиозэкологических контрмер в агросфере Беларуси / В.Ю. Агеец. Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии». Мн., 2001. 250 с.