

# РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ

## ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ГОРОДСКИХ И ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ\*

**В.С. Воскресенский**

Биолого-химический факультет  
Марийский государственный университет  
*ул. Осипенко, 60, Йошкар-Ола, Россия, 424002*

В работе рассказывается о накоплении естественных ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенных ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов в почвах природных и городских территорий республик Марий Эл и Татарстан.

Исследования миграции естественных и техногенных радионуклидов в настоящее время являются актуальными в самых разных аспектах. Начиная с середины сороковых годов XX века сверхдержавами мира было произведено около 1900 ядерных взрывов в атмосфере, гидросфере и литосфере, которые привели к значительным всплескам глобального радиационного фона. К этому надо добавить десятки аварий на реакторах атомных электростанций, хранилищах радиоактивных отходов, на предприятиях, производящих обогащение ядерного материала. На первом месте по практической значимости стоят экологические аспекты, интерес к которым в настоящее время снова возрос в связи с увеличивающейся ролью ядерной энергетики в мире и, как следствие этого, усилением деятельности по переработке и хранению радиоактивных отходов [1].

При работе радиохимических заводов и захоронении высокоактивных отходов, кроме естественных ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ), в окружающую среду поступают долгоживущие техногенные радионуклиды ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и др.), не обладающие высокой мобильностью в пищевых цепочках, однако относящиеся к высокотоксичным ве-

\* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 07-04-96619 «Эколого-физиологические адаптации растений в условиях городской среды» и № 07-04-00952 «Оценка роли экологического и морфо-физиологического разнообразия в устойчивости популяций и сообществ».

ществам. Включаясь в биологические миграционные цепочки, они попадают в организм животных и человека, что определяет необходимость исследования миграции радионуклидов в биосфере, их форм нахождения в почвах, поступления в растения, животных и человека.

Огромный вклад в радиационную ситуацию в целом внесла авария на Чернобыльской АЭС в апреле 1986 г. В результате этой аварии радиоактивному загрязнению подверглись обширные территории, покрытые лесами. Загрязнение почвенного покрова  $^{137}\text{Cs}$  после аварии с активностью 37 кБк/кг и выше охватывает 1,6% от Европейской территории России. Хотя республики Татарстан и Марий Эл не стали непосредственными жертвами этой катастрофы, но, однако, являются загрязненными территориями, относящиеся к Поволжью, где были зафиксированы локальные выпадения, которые в радиэкологическом отношении мало учтены [2]. Поэтому на современном этапе ликвидации последствий аварии на ЧАЭС в России особую актуальность приобретает сбор радиэкологической информации и ее систематизация.

Целью данной работы было изучить содержание естественных и искусственных радионуклидов в почвах природных и антропогенных экосистем республик Марий Эл и Татарстан.

В задачи исследования входило определить концентрации естественных ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) и техногенных ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) радионуклидов в почвенных образцах урбоэкосистем городов Нижнекамска и Йошкар-Олы, а также природных экосистем: национального парка «Марий Чодра», государственного природного заповедника «Большая Кокшага» и ООПТ «Корабельная роща».

Отбор проб осуществлялся по методу конверта, при этом было взято по 5 проб исследуемого материала каждого выбранного района исследования. Определение содержания радионуклидов в почвенных образцах осуществлялось при помощи гамма-спектрометра, при этом был использован компьютеризированный  $\gamma$ -,  $\beta$ -спектрометрический комплекс (сцинтилляционный детектор NaI, активированный Tl) с программным обеспечением «Прогресс-2000» [3; 4]. Результаты обработаны статистически.

Нами проводилось изучение содержания радионуклидов в почвах, взятых в различных районах республики Марий Эл, а также республики Татарстан, на протяжении нескольких лет.

Известно, что мощность экспозиционной дозы (МЭД) является показателем общего радиационного фона выбранного района исследования. Государственный природный заповедник «Большая Кокшага», расположенный на северо-востоке Республики Марий Эл, имел самый низкий радиационный фон, который составил 3—3,5 мкР/ч (табл. 1). На территории других ООПТ («Марий Чодра» и «Корабельная роща») мощность экспозиционной дозы была незначительно выше и составила 4—5 мкР/ч. Самый высокий уровень радиационного фона был обнаружен в урбоэкосистемах (г. Нижнекамск, г. Йошкар-Ола), который равнялся 9—10 мкР/ч.

Содержание в почве естественных радионуклидов ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) вносит определенный вклад в общий радиационный фон. Нами было отмечено (табл. 1),

что концентрация естественных радионуклидов в почвах городских и природных территорий статистически отличается друг от друга.

Таблица 1

**Содержание естественных радионуклидов в почвах, Бк/кг**

Исследуемые территории	МЭД, мкР\ч	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th
<i>Республика Марий Эл</i>				
1) Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»	3—3,5	72,7 ± 9,9	6,1 ± 1,3	3,4 ± 1,1
2) Национальный парк «Марий Чодра»	4—5	145,3 ± 25,0	3,6 ± 1,9	5,0 ± 2,1
3) город Йошкар-Ола	9—9,5	439,1 ± 66,0	15,9 ± 1,3	25,6 ± 3,1
<i>Республика Татарстан</i>				
4) ООПТ «Корабельная роща»	4—5	351,4 ± 35,0	13,1 ± 0,1	2,6 ± 0,1
5) город Нижнекамск	9—10	476,2 ± 68,0	26,3 ± 2,8	6,6 ± 1,5

Известно, что основной вклад в содержание радионуклидов в почвах исследуемых территорий вносит <sup>40</sup>K. Как показали результаты нашей работы (табл. 1), самый высокий уровень содержания данного радиоизотопа был обнаружен в антропогенных экосистемах городов Йошкар-Олы и Нижнекамска и в среднем составил от 440 до 470 Бк/кг. Несколько ниже было содержание <sup>40</sup>K в ООПТ «Корабельная роща», и самый низкий уровень содержания радиоактивного калия был характерен для ООПТ «Большая Кокшага», который составил 72,7 Бк/кг.

Максимальное количество радионуклида <sup>226</sup>Ra обнаружено в городе Нижнекамске и составило 26,3 Бк/кг, что в 7 раз больше, чем в ООПТ «Марий Чодра». На территории остальных исследуемых районов содержание <sup>226</sup>Ra колебалось от 6 до 15 Бк/кг. Известно, что радий не входит в состав отдельных минералов, а широко распространен в виде включений во многих образованиях. Процессы миграции в почвах, поглощение и накопление растениями <sup>226</sup>Ra существенно зависят от путей поступления радионуклида в окружающую среду и прочности закрепления в сложной многокомпонентной системе, какой и является почва [5].

Значительное количество радиоактивного тория (<sup>232</sup>Th) обнаружено нами в почвенных образцах, взятых на территории города Йошкар-Ола (25,6 Бк/кг), а минимальное содержание — в ООПТ «Корабельная роща» и заповеднике «Большая Кокшага», которое соответственно составило 2,6 и 3,4 Бк/кг. Содержание данного радионуклида на двух других исследуемых территориях (г. Нижнекамск и ООПТ «Марий Чодра») незначительно отличалось друг от друга.

Известно, что загрязненность почвенно-растительного покрова определяется наличием техногенных изотопов. На территории Республики Марий Эл зафиксировано локальное загрязнение почвы техногенными радионуклидами, в некоторых районах республики имеются участки с плотностью загрязнения <sup>137</sup>Cs до 1,9 кБк/м<sup>2</sup>. Основными радионуклидами, определяющими характер загрязнения, являются <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, которые по-разному сортируются почвой. Стронций

поглощается почвой хуже, чем цезий, а, следовательно,  $^{137}\text{Cs}$  является более подвижным радионуклидом [6]. Эффект миграции радионуклидов зависит от метеорологических условий; так, установлено, что  $^{90}\text{Sr}$ , попавший на поверхность почвы, вымывается дождем в самые низшие слои. Следует заметить, что миграция радионуклидов протекает медленно и их основная часть находится в слое 0—5 см [7].

Вертикальное распределение  $^{90}\text{Sr}$  в профиле песчаных лесных почв по форме сходно с таковым для  $^{137}\text{Cs}$ . Для  $^{90}\text{Sr}$  также характерен выраженный максимум содержания в верхней органогенной части профиля с последующим резким падением в минеральной части. Следовательно, внутрипрофильное перераспределение этих радионуклидов по почвенному горизонту определяется одними и теми же ведущими процессами, а именно: диффузией, конвективным переносом и биогенной миграцией [8].

Рассматривая особенности вертикального перераспределения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в лесных почвах, следует отметить, что специфика почв состоит в их обедненности глинистыми минералами. Возможно, этим объясняется относительно высокая подвижность  $^{137}\text{Cs}$  [9].

Как показали результаты нашей работы (табл. 2), на территориях республик Марий Эл и Татарстана зафиксированы локальные загрязнения почвы техногенными радионуклидами. Уровень загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  колебался от 12,5 Бк/м<sup>2</sup> до 52,0 Бк/м<sup>2</sup>. При этом самое высокое содержание данного радионуклида было характерно для ООПТ «Марий Чодра».

Таблица 2

Содержание техногенных радионуклидов в почвах, Бк/кг

Исследуемые территории	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
<i>Республика Марий Эл</i>		
1) Государственный природный заповедник «Большая Кокшага»	17,6 ± 1,1	23,9 ± 1,1
2) Национальный парк «Марий Чодра»	52,0 ± 4,5	58,1 ± 0,5
3) город Йошкар-Ола	12,5 ± 1,7	99,4 ± 1,1
<i>Республика Татарстан</i>		
4) ООПТ «Корабельная роща»	10,9 ± 0,6	50,3 ± 2,3
5) город Нижнекамск	13,6 ± 2,1	553,0 ± 72,0

В ходе наших исследований (табл. 2) было установлено, что максимальное количество  $^{90}\text{Sr}$  было обнаружено в городе Нижнекамске и составило 553,0 Бк/кг, что в 5—20 раз больше по сравнению с другими исследуемыми территориями.

Известно, что в разных типах почв с различным гранулометрическим составом процессы миграции радионуклидов будут различаться. Ученые отмечают, что большое влияние на миграцию радионуклидов оказывает содержание в почве илистой фракции. Содержание техногенных и природных радионуклидов в поч-

вах исследуемых районов было обусловлено, по-видимому, их составом [10]. Известно, что почвы с преобладанием глинистых фракций по своим показателям являются более благоприятной средой для накопления техногенных радионуклидов, чем песчаные [11].

При этом следует учитывать, что радиостронций по своей экологической значимости не уступает радиоцезию, поскольку является долгоживущим радионуклидом и химическим аналогом кальция — одного из важнейших биогенных элементов [12].

Таким образом, результаты работы показали, что содержание радионуклидов в гумусово-супесчаных почвах заповедника «Большая Кокшага», Национального парка «Марий Чодра» и ООПТ «Корабельная роща» можно классифицировать как низкое по сравнению с городами Йошкар-Ола и Нижнекамск. При этом содержание естественных радионуклидов ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) в почвах показало, что максимальное их количество обнаружено на территории города Нижнекамска, а минимальное — в государственном природном заповеднике «Большая Кокшага».

Содержание техногенного  $^{90}\text{Sr}$  было выше на территории города Нижнекамска, а максимальное значение  $^{137}\text{Cs}$  было обнаружено в почвах ООПТ «Марий Чодра».

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. — 1986. — Т. 61. — Вып. 5. — С. 301—320.
- [2] *Алексахин Р.М.* Радиологические аспекты влияния предприятий атомной энергетики на окружающую среду // Биология: РЖ / ВИНТИ. — 1992. — 7А4076.
- [3] Методика измерения активности бета-излучающих радионуклидов. — М.: ГП «ВНИИФТРИ», 1996.
- [4] Методика измерения активности радионуклидов на специальном гамма-спектрометре. — М.: ГП «ВНИИФТРИ», 1996.
- [5] *Куликов Н.В., Молчанова И.В.* Радиоэкология почвенно-растительного покрова. — Свердловск, 1990.
- [6] *Ситников Г.А., Леухин А.В., Сазонов А.Р., Андреев А.М.* Радиоэкологическое изучение территории Республики Марий Эл // Вестник Марийского государственного университета. — 2007. — № 1(2). — С. 118—121.
- [7] ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы: почвы. Общие требования к отбору проб; Введ. 01.07.84. — М.: Изд-во Стандартов, 1984.
- [8] *Искра А.А., Бахуров В.Г.* Естественные радионуклиды в биосфере. — М.: Энергоиздат, 1981.
- [9] *Кузин А.М., Каушанский Д.А.* Прикладная радиобиология. — М.: Энергоиздат, 1981.
- [10] *Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г.* Сельскохозяйственная радиоэкология: Для научных работников и специалистов АПК. — М.: Экология, 1992.
- [11] *Гродзинский Д.М.* Естественная радиоактивность растений и почв. — Киев: Наукова Думка, 1965.
- [12] *Щеглов А.И.* Коэффициенты перехода радионуклидов в структурные части древесных лесов СНГ // Аграрная наука. — 1999. — № 11—12. — С. 26—27.

**STUDYING OF THE MAINTENANCE  
OF RADIOACTIVE SUBSTANCES IN SOILS  
OF CITY AND NATURAL TERRITORIES**

**V.S. Voskresenskiy**

Biologo-chemical faculty

Mari state university

*Osipenko str., 60, Yoshkar-Ola, Russia, 424002*

In work accumulation natural ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) and technogenic ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) radioactive elements in soils of natural and city territories of republics Mari El and Tatarstan was studied.