

УДК 539.16.04

UDC 539.16.04

**ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ НАЗЕМНЫМИ МХАМИ В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, НА ПРИМЕРЕ ПИЛЕЗИИ МНОГОЦВЕТКОВОЙ**

**THE FEATURES OF RADIONUCLIDES ACCUMULATION BY PYLAISIELLA MOSS IN THE ZONE OF LONG-TERM TECHNOGENIC PRESSURE, ON THE EXAMPLE OF PYLAISIA POLYANTHA**

Вардуни Татьяна Викторовна  
д.б.н., вед.н.с.

Varduni Tatiana Viktorovna  
Doctor of Biology, Leading Scientist

Минкина Татьяна Михайловна  
д.б.н., профессор

Minkina Tatiana Mikhailovna  
Doctor of Biology, Professor

Бураева Елена Анатольевна  
к.х.н., доцент, зав.лаб.

Buraeva Elena Anatoljevna  
Doctor of Chemistry, Head of Laboratory

Горбов Сергей Николаевич  
к.б.н., зав. лаб.

Gorbov Sergei Nikolaevich  
Doctor of Biology, Head of Laboratory

Манджиева Саглар Сергеевна  
к.б.н., с.н.с.  
*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Mandzhieva Saglara Sergeevna  
Doctor of Biology, senior researcher  
*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Омельченко Галина Валентиновна  
к.б.н., ст. преп.  
*Ростовский государственный медицинский университет, Ростов-на-Дону*

Omelchenko Galina Valentinovna  
Doctor of Biology, Leading Lecturer  
*Rostov State Medical University, Rostov-on-Don, Russia*

Шиманская Елена Игоревна  
к.б.н., с.н.с.

Shimanskaya Elena Igorevna  
Doctor of Biology, Leading Scientist

Вьюхина Алена Александровна  
аспирант

Vjukhina Alena Aleksandrovna  
postgraduate student

Сушкова Светлана Николаевна  
к.б.н., н.с.  
*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Sushkova Svetlana Nikolaevna  
Doctor of Biology, Scientist  
*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Рассмотрены особенности накопления радионуклидов в наземных мхах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) на территории города Ростова-на-Дону. Было проведено сравнение показателей удельной активности радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  в образцах мхов, почв и атмосферного воздуха. Была оценена способность пилезии многоцветковой накапливать радионуклиды для четырех радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$ ) в сравнении с фоновым уровнем. По результатам радионуклидного анализа выявлены зоны в г. Ростове-на-Дону, в которых коэффициенты накопления К<sub>мп</sub> и К<sub>нв</sub>  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  были максимальными. К их числу относят зону, сочетающую промышленную и автотранспортную нагрузку и автотранспортная зона

The accumulation features of radionuclides in the epiphytic pylaisiella moss (*Pylaisia polyantha*) in the territory of the city of Rostov-on-Don have been considered. The specific activities of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ , and  $^{232}\text{Th}$  in the samples of moss, soils, and aerosol air have been compared. The capacity of *Pylaisia polyantha* to accumulate radionuclides has been estimated for four radionuclides ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , and  $^{40}\text{K}$ ) with consideration for the background level. On the basis of radionuclide analysis, zones in the city of Rostov-on-Don with the highest accumulation coefficients of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ , and  $^{232}\text{Th}$  were revealed. These were primarily the zones with both industrial and traffic loads and the motor transport zones

Ключевые слова: ПИЛЕЗИЯ

Keywords: PYLAISIELLA MOSS,

МНОГОЦВЕТКОВАЯ, РАДИОНУКЛИДЫ, RADIONUCLIDES, SPECIFIC ACTIVITY,  
УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ, ACCUMULATION FACTORS  
ФАКТОР НАКОПЛЕНИЯ

### Введение

В окружающей нас природной среде насчитывается около 300 радионуклидов, как естественных, так и искусственных, т.е. получаемых человеком. В биосфере Земли содержится более 60 естественных радионуклидов. При работе реакторов образуется около 80, при ядерных взрывах около 200, промышленностью России выпускается более 140 радионуклидов [9, 12]. В результате ядерных взрывов, загрязнения окружающей среды радиоактивными отходами, разработки месторождений различных полезных ископаемых, в том числе и ураноториевых, при авариях и инцидентах на предприятиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) и т.д. происходит радиоактивное загрязнение биосферы, попадание радиоактивных веществ в живые организмы и среду их обитания (атмосферу, гидросферу, почву).

Радионуклиды в приземный слой воздуха поступают в результате различных процессов: генерация в атмосфере и стратосфере и воздушный перенос (для  $^7\text{Be}$ ) с ветровым подъемом пыли с подстилающей поверхности (радионуклиды земного происхождения, искусственные радионуклиды), выбросы тепловых предприятий и ГРЭС, работающих на углеводородном топливе ( $^{210}\text{Pb}$ ), прямые поступления в результате аварий на предприятиях ядерного топливного цикла (искусственные радионуклиды) и др. [1, 9].

Мхи прекрасно зарекомендовали себя в качестве биологических индикаторов – аккумуляторов атмосферных выпадений. Формирование мохового покрова происходит в течение 2–5 лет, поэтому анализ биомассы может дать оценку уровня загрязнения атмосферы на различных участках изучаемой территории за этот период [15, 22, 23, 24, 26].

Благодаря высокоразвитой поверхности (мхи имеют удельную поверхность площади в 10 раз больше, чем у травянистых растений) моховой покров является хорошим сорбентом, а низкий уровень метаболизма способствует накоплению в биомассе многих мутагенных веществ, в том числе радионуклидов, тяжелых металлов и т.д.

Было показано, что бриофиты накапливают более высокие количества металлов и радионуклидов по сравнению с сосудистыми растениями [14, 25, 18]. По единичным данным относительная эффективность накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  живыми мхами в десятки раз превосходит соответствующие показатели продуктов метаболизма (опавшая листва) и плодов древесных растений (белой акации и липы) [5]. Мхи, выполняя функции сорбирующей поверхности и живого поглотителя, накапливают  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , преимущественно, из атмосферных выпадений [10, 11, 16] и, в меньшей степени, из почвы [11,20]. По перехвату глобального  $^{137}\text{Cs}$  мхи находятся на первом месте в ряду: мхи – лишайники – высшие растения.

Оценке радиоактивности объектов бриофлоры посвящен ряд работ, в которых определяются изотопные отношения, исследуются сезонные вариации концентрации радионуклидов и др. [15, 20].

Так, при изучении радиоактивного загрязнения районов в окрестностях Мраморного моря (Турция) в период с 2001 по 2008 г. в качестве биоиндикаторов использовались наиболее распространенные на приморской территории мох *Hypnumcupressiforme*. Аккумуляционная способность *Hypnumcupressiforme* сравнивалась с аккумуляционной способностью лишайника *Cladoniarangiformis* [15]. Было отмечено, что содержание естественных радионуклидов во мхах и лишайниках находятся примерно в одном диапазоне как для территории Турции, так и для территорий Норвегии [24], Греции [24], Сербии [21]. Концентрации радиоактивных элементов, содержащихся во мхах, находятся в диапазоне

17.1-181.1 ( $^{40}\text{K}$ ), 1.51-6.17 ( $^{232}\text{Th}$ ), 0.87-6.73 ( $^{238}\text{U}$ ) Бк/кг при их средних значениях  $114.4 \pm 41.4$ ,  $3.79 \pm 1.34$  и  $3.04 \pm 1.46$  Бк/кг соответственно.

Содержание  $^{40}\text{K}$  в образцах мха значительно выше, чем  $^{232}\text{Th}$  и  $^{238}\text{U}$ . Это объясняется тем, что калий является макроэлементом, необходимым живым организмам при обменных процессах, в отличие от тория и урана, которые не участвуют в жизнедеятельности мхов и лишайников. В почве содержание изотопа калия также превосходит содержание тория и урана, что является нормой, исходя из данных о средней концентрации активности  $^{40}\text{K}$  (300-400 Бк/кг),  $^{232}\text{Th}$  (25-35 Бк/кг) и  $^{238}\text{U}$  (25-30 Бк/кг) в почвах по всему миру [13]. Важно учесть, что адсорбция данных радионуклидов у мхов происходит в основном двумя способами: во-первых, при поглощении взвешенных в воздухе частиц почвы, и, во-вторых, при поглощении жидких атмосферных выпадений (дождь, роса, снег и др.).

Наземные мхи часто используются для детекции  $^7\text{Be}$ ,  $^{214}\text{Bi}$  и  $^{210}\text{Pb}$  в атмосферном воздухе и анализе пространственного распределения  $^7\text{Be}$  в осадках [19]. Гипнум кипарисовый (*Hypnum cupressiforme*) используют для оценки удельной активности  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$ . Показано, что концентрация  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{U}$  и  $^{238}\text{U}$  в гипнуме кипарисовом выше, чем в лишайниках (*C. rangiformis*) на анализируемой территории [15].

Наземные мхи используются для оценки содержания естественных радионуклидов  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  и искусственного  $^{137}\text{Cs}$  в почвах, в том числе их сезонного поведения [17]. Наземные мхи были проанализированы для сравнительной оценки содержания  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  в почве и объектах бриофлоры. Образцы эпифитного и наземного мха были выбраны для радиоаналитического мониторинга с целью измерения возможного загрязнения территорий изотопами  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Pu}$ , определения их происхождения и оценки опасности для пищевой цепи.

Таким образом, мхи являются «биоиндикаторами радиоактивного загрязнения», так как накапливают радиоактивные вещества в особенно высоких концентрациях. Показана перспективность использования методов биомониторинга в оценке загрязнения экосистем радионуклидами [2, 3, 4, 6, 7, 8, 18].

### Объекты и методы исследований

Для оценки содержания радионуклидов в приземном слое воздуха наиболее эффективно использование эпифитных мхов. В нашем исследовании для биомониторинга урбосистем был использован эпифитный мох (*Pylaisia polyantha*), произрастающий в различных зонах г. Ростова-на-Дону (рис. 1). Пробы *Pylaisia polyantha* были отобраны с коры тополей на высоте 1,5–2,0 метра на исследуемых площадках города Ростова-на-Дону. Всего было проанализировано 350 проб *Pylaisia polyantha* для радионуклидного анализа.

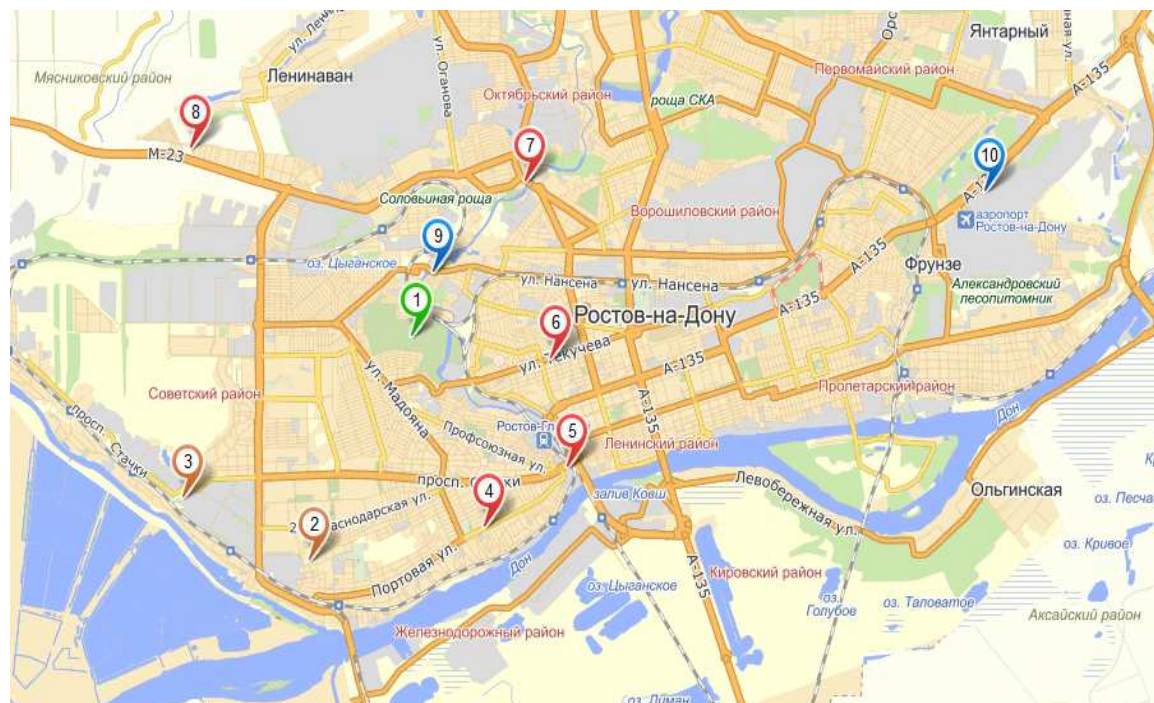


Рисунок 1 – Картосхема расположения площадок биомониторинга

**Автотранспортная зона:** (пл. 9 – Змиевский проезд, пл. 10 – пр. Шолохова); **Промышленная зона:** (пл. 2 – ТЭЦ; пл. 3 – ТЭЦ 2, ОАО ГПЗ – 10); **Зоны, сочетающие промышленную и автотранспортную нагрузки** (пл. 4 – ул. Портовая, пл. 5 – ул. Сиверса; пл. 6 – пр. Буденовский, пер. Долломановский / ул.

Текучева и Мечникова; пл. 7 - ул. Вавилова; пл. 8 - ул. Таганрогское шоссе); **Парково-рекреационная зона** (пл. 1 относительный контроль - Ботанический сад).

Фоновая площадка располагалась в относительно чистой зоне Каменского района Ростовской области с природно-климатическими условиями, одинаковыми с исследуемой в ходе биомониторинга территорией и удаленной на расстояние более 100 км от промышленных центров.

Дополнительно определяли: радионуклидный состав более 100 образцов почвы (слой 0–2 см), удельную загрязненность и радиоактивность приземного слоя воздуха (более 300 образцов).

Для определения радионуклидного состава пробы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105–110 °С до постоянной массы в течение суток, затем пробу измельчали. Содержание радионуклидов в отобранных образцах определяли инструментальным гамма-спектрометрическим методом радионуклидного анализа с использованием низкофоновой специализированной установки РЭУС-II-15 на основе полупроводникового GeHP детектора, счетных геометрии Дента 0.02 л и 0.04 л. и применением стандартных методик анализа. Рассчитывали коэффициент концентрирования  $K_k$  радионуклидов как:  $K_k = K_{\text{э}}/K_{\text{ф}}$ , где  $K_{\text{э}}$  – удельная активность радионуклидов в пробе;  $K_{\text{ф}}$  – удельная активность радионуклидов в фоновых пробах. Также вычисляли коэффициенты накопления радионуклидов по отношению к аэрозольной пыли ( $K_{\text{нв}}$ ) и почве ( $K_{\text{нп}}$ ) по следующим соотношениям:

Способность пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*) накапливать радионуклиды была оценена по отношению к 4 радионуклидам:  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  с учетом фона. Выбор в качестве объекта исследования указанных радионуклидов обусловлен тем, что экорадиационная обстановка г. Ростова-на-Дону и области определяется, в основном, наличием этих загрязнителей. Удельную активность

радионуклидов в пробах пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону сравнивали с удельной активностью в «фоновых» мхах, в приземном воздухе и почве. Степень аккумуляции радионуклидов в пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*) определяли по коэффициенту концентрирования (Кк).

### Результаты и их обсуждение

Результаты определения удельной активности радионуклидов и коэффициента концентрирования (Кк) в образцах пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*) представлены на рисунках 2, 3.

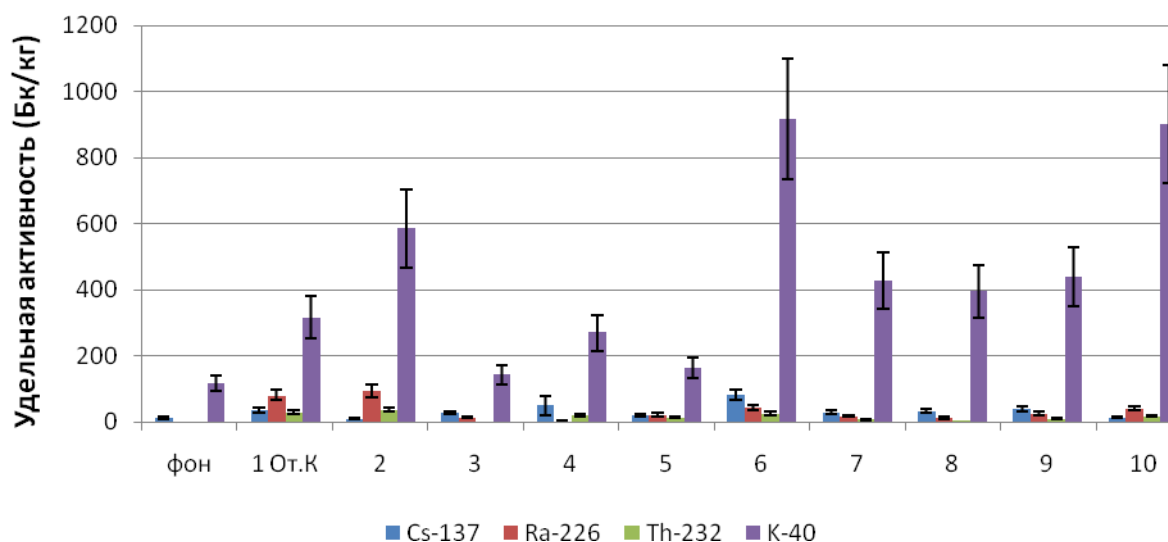


Рисунок 2 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  в пробах пилезии многоцветковой (*Pyralisiapolyantha*) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону

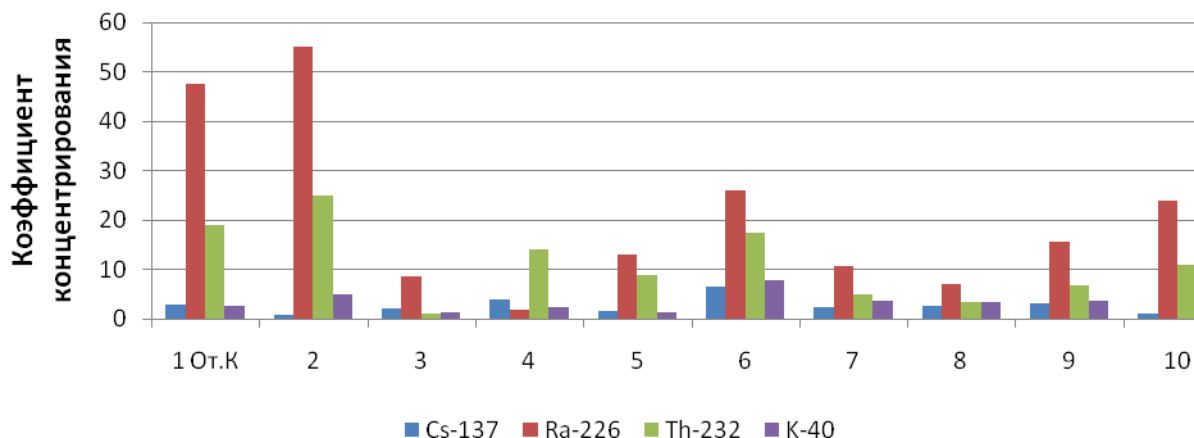


Рисунок 3 – Коэффициент концентрирования (Кк)  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  пробах пилезии многоцветковой (*Polaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростов-на-Дону

Коэффициенты накопления радионуклидов по отношению к атмосферному воздуху (Кнв) и почве (Кнп) представлены на рисунках 4–7.

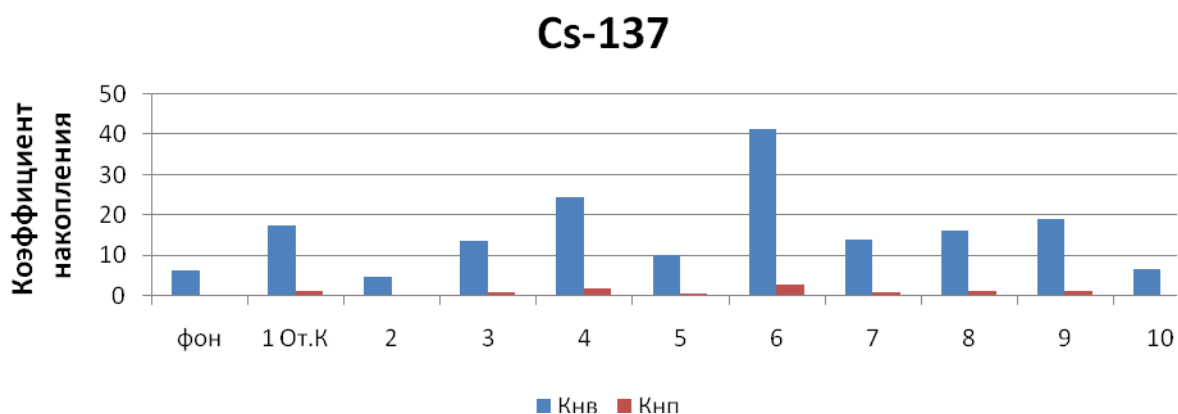


Рисунок 4 – Коэффициенты накопления Кнв и Кнп  $^{137}\text{Cs}$ , в пробах пилезии многоцветковой (*Polaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростов-на-Дону



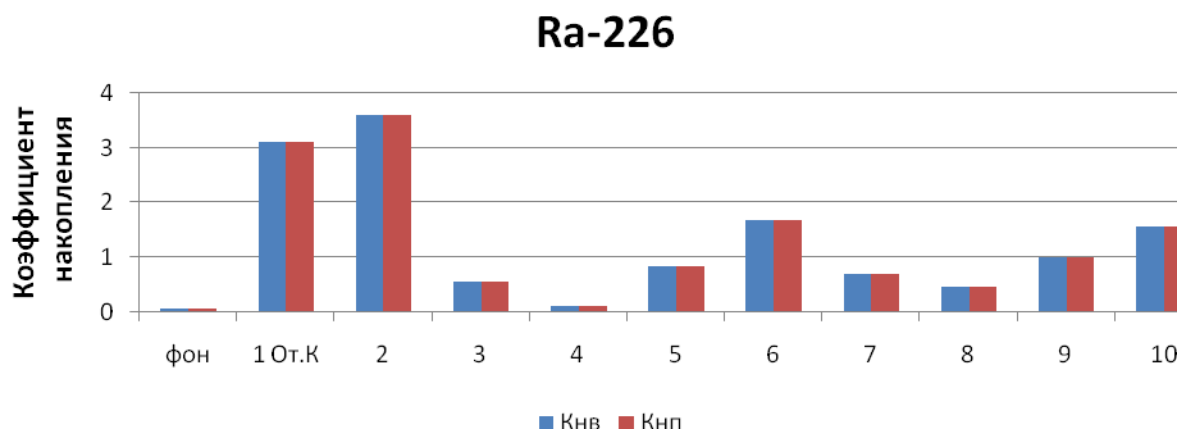


Рисунок 5 – Коэффициенты накопления K<sub>нв</sub> и K<sub>нп</sub><sup>226</sup>Ra, в пробах пилезии многоцветковой (*Polaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростов-на-Дону

Удельная активность радионуклидов в аэрозольной пыли приземного слоя воздуха  $A_{ап}$  (Бк/кг) определена из объемной активности его в аэрозолях  $A_{оа}$  (Бк/м<sup>3</sup>) с учетом запыленности атмосферы ( $m$ , г/м<sup>3</sup>). Средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs, <sup>224</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K<sub>нв</sub> пробах мха, почвах и аэрозольной пыли совпадают в пределах погрешности определения (20 %). K<sub>к</sub> для <sup>137</sup>Cs в точках, где удельная активность <sup>137</sup>Cs превышает фоновые значения, колеблется в пределах от 1,05 до 6,6 (рисунок 4).

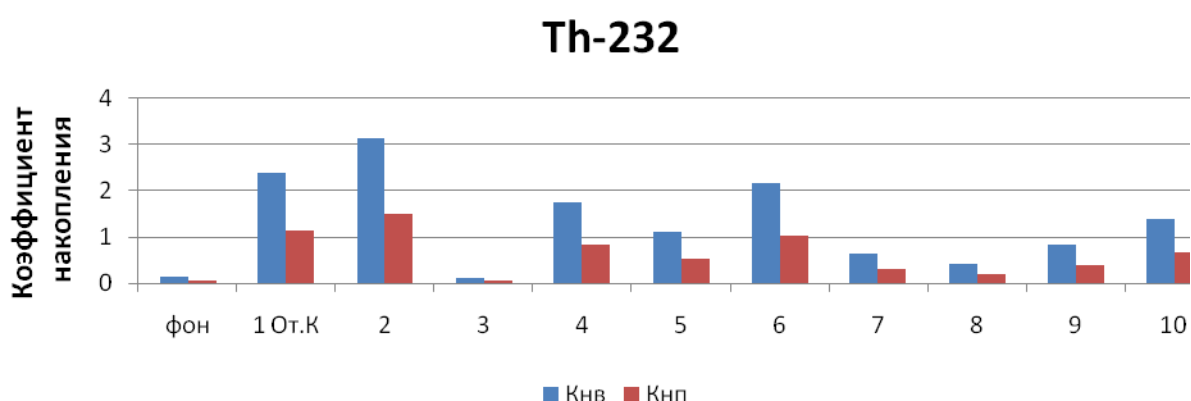


Рисунок 6 – Коэффициенты накопления K<sub>нв</sub> и K<sub>нп</sub><sup>232</sup>Th, в пробах пилезии многоцветковой (*Polaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростов-на-Дону

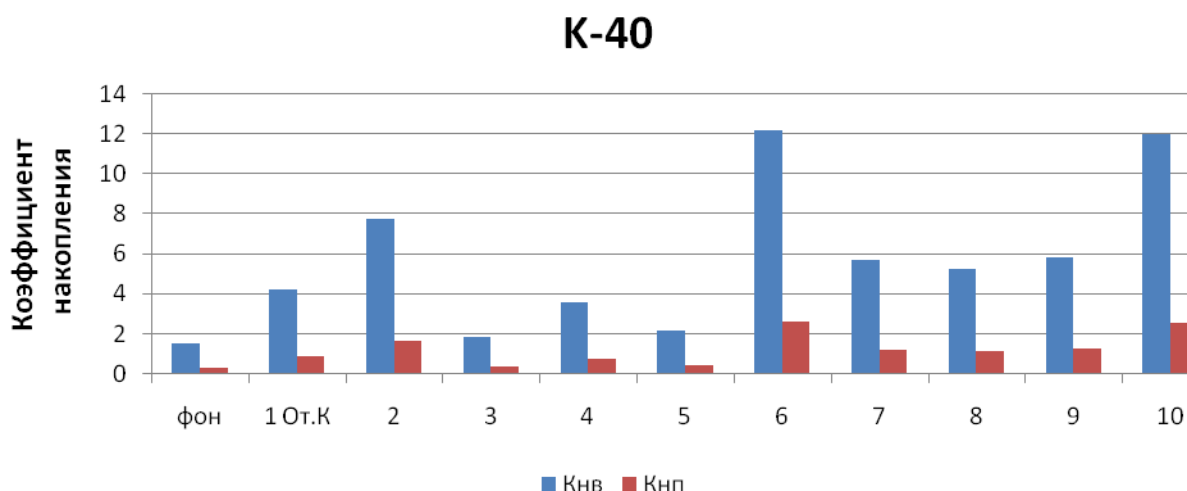


Рисунок 7 – Коэффициенты накопления Кнв и Кнп  $^{40}\text{K}$ , в пробах пилезии многоцветковой (*Polaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростов-на-Дону

Максимальные значения Кк зафиксированы в Ленинском, Железнодорожном и Октябрьском районах. Максимальные значения Кнв и Кнп зарегистрированы по  $^{137}\text{Cs}$  в Ленинском районе. Максимальный коэффициент накопления (Кнв), характерный для  $^{137}\text{Cs}$ , равен 41,5 (превышение фонового значения 17,6 раз), Кнп для  $^{137}\text{Cs}$  колеблется в пределах от 0,34 до 2,96 (рисунок 4).

Кк для  $^{226}\text{Ra}$  колеблется в пределах от 1,8 до 55. Максимальные значения Кк зафиксированы в Советском и Первомайском районах (рис. 3), Кнв и Кнп (3,6) – в Советском районе (рисунок 5).

Кк для  $^{232}\text{Th}$  колеблется в пределах от 1,06 до 25, наиболее высокие значения Кк зафиксированы в Советском и Ленинском районах (рисунок 3), максимальный Кнв для  $^{232}\text{Th}$  равен 3,13, Кнп колеблется в пределах от 0,06 до 1,5 (рис. 6).

Кк для  $^{40}\text{K}$  в колеблется в пределах от 1,2 до 7,8. Максимальные значения Кк зафиксированы в Ленинском районе, Кнв и Кнп – в

Ленинском, Первомайском и Советском районах (рисунок 7). Кнв по отношению к аэрозольной пыли, характерный для  $^{40}\text{K}$ , равен 12,21, диапазон значений Кнп находится в пределах от 0,4 до 2,62 (рисунок 7).

Одной из причин превышения удельной активности  $^{226}\text{Ra}$  в образцах *Pyralisia polyantha* может быть близость ТЭЦ, работающие на угле. Как известно, среднемировая удельная активность  $^{226}\text{Ra}$  в летучей золе ТЭЦ составляет 240 Бк/кг (Кравеци др., 2010). Основным фактором, оказывающим непосредственное влияние на удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в приземном слое воздуха, является удельная загрязнённость приземной атмосферы. Удельная активность искусственного радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в пробах пилезии многоцветковой, вероятно, обусловлена атмосферными выпадениями и ветровым подъемом пыли с подстилающей поверхности.

Удельная активность  $^{40}\text{K}$  в образцах значительно выше, чем  $^{137}\text{Cs}$  (в 14,6 раз),  $^{226}\text{Ra}$  (в 14,3 раз) и  $^{232}\text{Th}$  (в 30,4 раз). Это объясняется тем, что калий является макроэлементом, необходимым живым организмам при обменных процессах. В почве и воздухе удельная активность изотопа калия также превосходит содержание  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ .

### Заключение

В целом, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  в образцах пилезии многоцветковой оказалась выше, чем в почвах и аэрозольном воздухе. По результатам радионуклидного анализа выявлены зоны в г. Ростове-на-Дону, в которых коэффициенты накопления Кнп и Кнв  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  и  $^{232}\text{Th}$  были максимальными. К их числу относят зону, сочетающую промышленную и автотранспортную нагрузку и автотранспортная зона.

Это позволяет использовать пилезию многоцветковую для определения радиоактивности приземного воздуха, оценки результатов накопления радионуклидов за длительный период времени и изучения

вклада радионуклидов в общий спектр генотоксических веществ, воздействующих на генетический аппарат пилезии многоцветковой.

### Благодарности

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» Южного федерального университета. Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, проект № 1894.

### Список литературы

1. Адамович Т. А., Скугорева С. Г., Ашихмина Т. Я. Оценка радиационного состояния территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Всероссийская научно-практическая конференция «Экология в высшей школе: синтез науки и образования». - Челябинск, 2009.
2. Афанасьев Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин, В.В. Меньшиков. – М.: Изд-во МНЗПУ, 2001. – С. 334.
3. Ашихмина Т. Я. Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров, 2009. – С. 336.
4. Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я., Менялин С. А., Мамаева Ю. И., Новикова Е. А. Экологический контроль и мониторинг окружающей природной среды в районе объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» Кировской области // Теоретическая и прикладная экология, 2010. - С. 57-63.
5. Гудзенко В. В. Мхи как концентраторы некоторых техногенных и космогенных радионуклеидов. Экологическая химия 2007, 16(2): - С.85–90.
6. Иванов В. Б., Быстрова Е. И., Серегин И. В. Сравнение влияния металлов на рост корня в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 3. - С. 445-454.
7. Инсаров Г. Э., Инсарова И. Д. Лишайники в условиях фонового загрязнения атмосферы двуокисью серы // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Т. 9. Д., 1986.- С. 242-258.
8. Колупаев Ю. Е. Активные формы кислорода в растениях при действии стрессоров: образование и возможные функции // Вестник Харьковского национального аграрного университета. Сер. Биология. 2007. Вып. 3(12). -С. 6-26.
9. Махонько К. П. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1999г. /Росгидромет-Санкт-Петербург: Гидрометеиздат - 2000г.
10. Нифонтова М. Г. Накопление  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  некоторыми видами мхов в районе Белоярской атомной электростанции им. М.В. Курчатова. Поведение радиоизотопов в водоемах и почвах (научные доклады). // Свердловск. 1983г. – С. 41-48.
11. Рыжакова Н. К., Рогова Н. С., Борисенко А. Л., Меркулов В. Г. Способ оценки загрязнения атмосферного воздуха тяжелыми металлами и другими химическими элементами с помощью эпифитных мхов. Патент на изобретение № 2463584 от 2011 г.
12. Сивинцев и др., Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. Радиэкологические последствия удаления радиоактивных отходов в Арктические и Дальневосточные моря («Белая книга-2000»). 2005.

13. Шматова Л. М. Бриондикация состояния лесных экосистем района опасных техногенных объектов / автореферат, 2012. С. 23.
14. Clemens Reimann .The biosphere: A homogeniser of Pb-isotope signals *Applied Geochemistry* 23 .2008. –P.705–722.
15. Belivermis M, Kılıç Ö, Çotuk Y, Topcuoğlu S. The effects of physicochemical properties on gamma emitting natural radionuclide levels in the soil profile of Istanbul. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010;163:15–26. doi: 10.1007/s10661-009-0812-1.
16. Belivermis M., Çotuk Y. Radioactivity measurements in moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey *Journal of Environmental Radioactivity* 101 (2010). P. 945-951.
17. Celik, Natural and artificial radioactivity measurements in Eastern Black Sea region of Turkey *Journal of Hazardous Materials* 162 (2009). P. 146–153.
18. Dragovic, Mihailovic, Gajic. Quantification of transfer of <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K and <sup>137</sup>Cs in mosses of a semi-natural ecosystem// *Journal of Environmental Radioactivity* 101 (2010). P. 159–164.
19. Krmar, Radnovic, Rakic, Matavuly. Possible use of terrestrial mosses in detection of atmospheric deposition of <sup>7</sup>Be over large areas. 2007//*Journal of Environmental Radioactivity* 95. P. 53-61.
20. Popovic, Organic anion transporting polypeptides (OATP) in zebrafish (*Danio rerio*): Phylogenetic analysis and tissue distribution: 2010. *Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 155(3): P.327-335.
21. Popović et.al., «Trace elements and radionuclides in urban air monitored by moss and tree leaves» // *Air Quality*. 2010.
22. Rühling et.al., Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 monitored by moss analyses. *NORD* 1987. P –44.
23. Topcuoğlu, Monitoring of radionuclide concentrations in marine algae from the Turkish Black Sea Coast and Bosphorus during the period of 1984-2001. *J. Black Sea. Mediterranean Environment* 11: 195-204.
24. Topcuoğlu et.al., When to start G-CSF after mobilization regimen. Any impact on stem cell collection efficiency. XXX. World Congress of the International Society of Hematology. *Turkish Journal of Haematology*, 2005. 22(3).
25. Winfried Schro. Metal accumulation in mosses across national boundaries: Uncovering and ranking causes of spatial variation *Environmental Pollution* 151 (2008). P. 377-388.
26. Wojciech Dmuchowski, Andrzej Bytnerowicz. Long-term (1992–2004) record of lead, cadmium, and zinc air contamination in Warsaw, Poland: Determination by chemical analysis of moss bags and leaves of Crimean linden *Environmental Pollution* 157 2009. 3413–3421.

## References

1. Adamovich T. A., Skugoreva S. G., Ashikhmina T. Ya. Otsenka radiatsionnogo sostoyaniya territorii vblizi Kirovo-Chepetskogo khimicheskogo kombinata // *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Ekologiya v vysshey shkole: sintez nauki i obrazovaniya»*. - Chelyabinsk, 2009.
2. Afanasyev Yu. A. Monitoring i metody kontrolya okruzhayushchey sredy / Yu.A. Afanasyev, S.A. Fomin, V.V. Menshikov. – M.: Izd-vo MNZPU, 2001. – S. 334.
3. Ashikhmina T. Ya. Bioindikatory i biotestsistemy v otsenke okruzhayushchey sredy tekhnogennykh territoriy. Kirov, 2009. – S. 336.
4. Ashikhmina T. Ya., Kantor G. Ya., Menyalin S. A., Mamayeva Yu. I., Novikova Ye. A. Ekologicheskiy kontrol i monitoring okruzhayushchey prirodnoy sredy v rayone obyekt

unichtozheniya khimicheskogo oruzhiya «Maradykovskiy» Kirovskoy oblasti // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya, 2010. - С. 57-63.

5. Gudzenko V. V. Mxhi kak kontsentratory nekotorykh tekhnogennykh i kosmogennykh radionukleidov. *Ekologicheskaya khimiya* 2007, 16(2): - S.85–90.

6. Ivanov V. B., Bystrova Ye. I., Seregin I. V. Sravneniye vliyaniya metallov na rost kornya v svyazi s problemoy spetsifichnosti i izbiratelnosti ikh deystviya // *Fiziologiya rasteniy*. 2003. T. 50. № 3. - S. 445-454.

7. Insarov G. E., Insarova I. D. Lishayniki v usloviyakh fonovogo zagryazneniya atmosfery dvoukisyu sery // *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. T. 9. D., 1986.- S. 242-258.

8. Kolupayev Yu. Ye. Aktivnyye formy kisloroda v rasteniyakh pri deystvii stressorov: obrazovaniye i vozmozhnyye funktsii // *Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo agrarnogo universiteta*. Ser. Biologiya. 2007. Vyp. 3(12). -S. 6-26.

9. Makhonko K. P. Radiatsionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredelnykh gosudarstv v 1999g. /Rosgidromet-Sankt-Peterburg: Gidrometeoizdat - 2000g.

10. Nifontova M. G. Nakopleniye 90Sr i 137Cs nekotorymi vidami mkhov v rayone Beloyarskoy atomnoy elektrostantsii im. M.V. Kurchatova. Povedeniye radioizotopov v vodoyemakh i pochvakh (nauchnyye doklady). // *Sverdlovsk*. 1983g. – S. 41-48.

11. Ryzhakova N. K., Rogova N. S., Borisenko A. L., Merkulov V. G. Sposob otsenki zagryazneniya atmosfernogo vozdukhа tyazhelymi metallami i drugimi khimicheskimi elementami s pomoshchyu epifitnykh mkhov. Patent na izobreteniya № 2463584 ot 2011 g.

12. Sivintsev i dr., Tekhnogennyye radionuklidy v moryakh, omyvayushchikh Rossiyu. Radioekologicheskkiye posledstviya udaleniya radioaktivnykh otkhodov v Arkticheskkiye i Dalnevostochnyye morya («Belaya kniga-2000»). 2005.

13. Shmatova L. M. Brioidikatsiya sostoyaniya lesnykh ekosistem rayona opasnykh tekhnogennykh obyektov / avtoreferat, 2012. S. 23.

14. Clemens Reimann .The biosphere: A homogeniser of Pb-isotope signals *Applied Geochemistry* 23 .2008. –P.705–722.

15. Belivermis M, Kılıç Ö, Çotuk Y, Topcuoğlu S. The effects of physicochemical properties on gamma emitting natural radionuclide levels in the soil profile of Istanbul. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2010;163:15–26. doi: 10.1007/s10661-009-0812-1.

16. Belivermis M., Çotuk Y. Radioactivity measurements in moss (*Hypnum cupressiforme*) and lichen (*Cladonia rangiformis*) samples collected from Marmara region of Turkey *Journal of Environmental Radioactivity* 101 (2010). P. 945-951.

17. Celik, Natural and artificial radioactivity measurements in Eastern Black Sea region of Turkey *Journal of Hazardous Materials* 162 (2009). P. 146–153.

18. Dragovic, Mihailovic, Gajic. Quantification of transfer of 238U, 226Ra, 232Th, 40K and 137Cs in mosses of a semi-natural ecosystem// *Journal of Environmental Radioactivity* 101 (2010). P. 159–164.

19. Krmar, Radnovic, Rakic, Matavuly. Possible use of terrestrial mosses in detection of atmospheric deposition of 7Be over large areas. 2007//*Journal of Environmental Radioactivity* 95. P. 53-61.

20. Popovic, Organic anion transporting polypeptides (OATP) in zebrafish (*Danio rerio*): Phylogenetic analysis and tissue distribution: 2010. *Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 155(3): P.327-335.

21. Popović et.al., «Trace elements and radionuclides in urban air monitored by moss and tree leaves» // *Air Quality*. 2010.

22. Ruhling et.al., Survey of atmospheric heavy metal deposition in the Nordic countries in 1985 monitored by moss analyses. *NORD* 1987. P –44.

23. Topçuoğlu, Monitoring of radionuclide concentrations in marine algae from the Turkish Black Sea Coast and Bosphorus during the period of 1984-2001. *J.Black Sea. 2005. /Mediterranean Environment* 11: 195-204.
24. Topçuoğlu et.al., When to start G-CSF after mobilization regimen. Any impact on stem cell collection efficiency. XXX. World Congress of the International Society of Hematology. *Turkish Journal of Haematology*, 2005. 22(3).
25. Winfried Schro. Metal accumulation in mosses across national boundaries: Uncovering and ranking causes of spatial variation *Environmental Pollution* 151 (2008). P. 377-388.
26. Wojciech Dmuchowski, Andrzej Bytnerowicz. Long-term (1992–2004) record of lead, cadmium, and zinc air contamination in Warsaw, Poland: Determination by chemical analysis of moss bags and leaves of Crimean linden *Environmental Pollution* 157 2009. 3413–3421.