



УДК 504.054

Г.В. Омельченко^{1,2}, Т.В. Вардуни¹, Е.А. Бураева¹, А.К. Шерстнев¹,
И.Е. Никанорова²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БРИОФЛОРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕНОТОКСИЧНОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. РОСТОВА-НА-ДОНУ

1 - ,
2 - ,

Цель: оценить генотоксичность приземного слоя воздуха г.Ростова-на-Дону с использованием мха пилезии многоцветковой.

Материалы и методы: Анализировали уровень aberrаций хромосом в корневой меристеме гороха посевного (*Pisum sativum* L), пророщенного на экстракте пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), отобранной на исследуемых площадках города Ростова-на-Дону анафазным методом. Содержание радионуклидов определяли инструментальным гамма-спектрометрическим методом с использованием низкофоновой специализированной установки РЭУС-II-15. Химический анализ проб мха проводили с помощью «Спектроскан МАКС-GV».

Результаты: Зафиксировано достоверное превышение уровня aberrаций хромосом по сравнению с контролем. Рассчитаны коэффициенты концентрирования радионуклидов и тяжелых металлов и суммарный показатель загрязнения площадок г. Ростова-на-Дону.

Заключение: Выявлены районы максимальной мутагенной активности атмосферного воздуха г. Ростова-на-Дону.

Ключевые слова: радионуклиды, aberrации хромосом, генотоксичность, мутаген, бриофлора.

G.V. Omelchenko^{1,2}, T.V. Varduni¹, E.A. Buraeva¹, A.K. Sherstnev¹, I.E. Nikanorova²

USAGE OF BRYOFLORE FOR GENOTOXICITY ESTIMATION OF ATMOSPHERIC AIR OF ROSTOV -ON-DON

¹*Research institute of biology of Southern federal university*

²*Rostov State Medical University, Chemistry Department*

Purpose: To estimate genotoxicity of a ground layer of air of Rostov-on-Don with use of a moss *Pylaisiella polyantha*.

Materials and methods: Analyzed a level of chromosomes' aberrations in root meristem peas sowing (*Pisum sativum* L), grown on an extract *Pylaisiella polyantha* (*Pylaisia polyantha*), selected on investigated areas of city of Rostov-on-Don by method pertaining to anaphase. The maintenance of radionuclides defined by tool scale-spectrometer method with usage of a specialized low background installation РЭУС-II-15. The chemical analysis of tests of a moss was fulfilled by means of «Spectroscan MAX-GV».

Results: authentic excess of a level of aberrations of chromosomes in comparison with the control was fixed. Factors of radionuclides concentration of heavy metals and a total parameter of pollution of areas in Rostov-on-Don are calculated.

Summary: areas of the maximal mutagen activity of atmospheric air of Rostov-on-Don are revealed.

Keywords: radionuclides, aberrations of chromosomes, genotoxicity, mutagen, bryoflora.

Введение

Урбанизированные экосистемы испытывают на себе негативные последствия антропогенной активности, включающие загрязнение окружающей среды токсическими веществами. Эффективность биомониторинга определяется возможностью прогнозирования и моделирования экологической опасности в урбанизированных экосистемах по данным биоиндикации и биотестирования, информативностью используемых показателей.

Растительные организмы традиционно используют в качестве тест-систем для биологической индикации качества окружающей среды, мониторинга мутагенов в окружающей среде [1-4]. Растительные тест-объекты отличаются чувствительностью к поллютантам, несложным культивированием и имеют реакцию, сопоставимую с таковой у других тест-объектов. При проверке факторов окружающей среды на генотоксичность, растительные тест-системы незаменимы в силу целого ряда преимуществ, среди которых необходимо назвать возможность проведения многолетних мониторинговых исследований в природной среде, оценки генотоксичности недифференцированных факторов, действующих на исследуемых природных и урбанизированных территориях.

Известно, что бриофиты эффективно используются в качестве объектов биоиндикации. При этом учитывается изменение биохимических и физиологических процессов, а также отклонение от контроля таких параметров, как содержание пигментов, уровень флуоресценции хлорофилла, концентрация малонового диальдегида.

Способность мохообразных к первичному перехвату элементов в связи с возрастом и ростом, экологией видов и особенностями распространения изучены довольно хорошо [5]. Особый интерес представляет бриофлора урбанизированных территорий, являющаяся важным элементом городской растительности и часто использовавшаяся для индикаторов атмосферного загрязнения, биоиндикационного картирования территорий города. С помощью бриоиндикации определялись наличие в атмосфере сернистого газа, тяжелых металлов, токсических органических соединений, было оценено влияние на городскую среду выбросов ряда промышленных предприятий. Многие исследователи отмечают удобство мхов в качестве объекта мониторинговых исследований, так как они успешно произрастают в условиях сильного атмосферного загрязнения [6]. Ряд исследований посвящен оценке способности отдельных видов мхов накапливать тяжелые металлы (ТМ) [7]. При этом авторы указывают на различия в сорбции у различных видов мхов. По данным относительная эффективность накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr живыми мхами в десятки раз превосходит соответствующие показатели продуктов метаболизма (опавшая листва) и плодов древесных растений (белой акации и липы).

Основная цель исследования - оценка генотоксичности приземного слоя воздуха г. Ростова-на-Дону с использованием мха пилезии много-

цветковой. Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи: оценить способность экстракта пилезии многоцветковой, индуцировать аберрации хромосом в корневой меристеме гороха посевного; оценить радионуклидный и химический состав исследуемых образцов мха; выявить районы максимальной мутагенной активности атмосферного воздуха:

Материалы и методы

Оценка генотоксичности приземного слоя воздуха проводилась в 2010-2012 гг. Были определены площадки мониторинга в различных зонах г. Ростова-на-Дону, характеризующихся экологической специфичностью и разной степенью антропологической нагрузки, а также с учетом расположения функциональных зон г. Ростова-на-Дону. Под функциональными зонами понимали жилые; промышленные; парки, скверы, дачи. Расположение площадок в различных зонах г. Ростова-на-Дону.

Автотранспортная зона - охватывает территории с автомобильным движением различной интенсивности, транспортными развязками;

Промышленная зона - территории ТЭЦ, ТЭЦ-2, заводов;

Зоны, сочетающие промышленную и автотранспортную нагрузки - территории, характеризующиеся наличием промышленных предприятий и автомагистралей с интенсивным потоком автотранспорта;

Парковая зона (точка относительного контроля) характеризующаяся отсутствием промышленных предприятий и интенсивного движения автотранспорта.

Фоновая зона (удаленная более чем на 100 км от урбанизированной экосистемы (г. Ростова-на-Дону), со сходными природно-климатическими условиями

Для оценки генотоксичности приземного слоя воздуха был использован мох пилезия многоцветковая (*Pyralisia polyantha*), обнаруженная на всех растениях тополя исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону

Оценивали уровень аберраций хромосом в корневой меристеме гороха посевного (*Pisum sativum* L), пророщенного на экстракте пилезии многоцветковой (*Pyralisia polyantha*).

Для исследования были отобраны пробы мха с коры растений тополя на исследуемых площадках города Ростова-на-Дону. Видовое определение мхов проводили по общепринятым методикам в лабораторных условиях, для каждой исследуемой площадки используя руководство Игнатовой [8]. Эпифитные мхи, произрастающие на коре тестируемых растений тополя (*Populus deltoides*) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону, были идентифицированы как *Hypnum blystegiumvarium* (Hedw.); *Ceratodon purpureus* Brid; *Pyralisia polyantha* (Hedw.); *Hypnum pressiforme* Hedw.; *Bryum argenteum* Hedw.; *Leskeapolycarpa* Hedw. Вид пилезия многоцветковая (*Pyralisia polyantha*), доминирующий эпифитный мох, встречается на



всех исследуемых площадках, имеет продолжительный жизненный цикл, высокие аккумуляционные способности.

Готовили экстракт мха пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), который использовали для проращивания семян гороха посевного (*Pisum sativum*). Уровень aberrаций хромосом в корневой меристеме гороха анализировали анафазным методом.

Параллельно с оценкой генотоксичности недифференцированных факторов среды с помощью указанных тест-объектов осуществляли анализ содержания радионуклидов и химико-аналитические исследования в пробах мха.

Для определения радионуклидного состава пробы высушивали в сушильном шкафу при температуре 105–110°C 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-П-15 на основе полупроводникового GeHP детектора, счетных геометрии Дента 0.02 л и 0.04 л. и применением стандартных методов анализа [9]. Рассчитывали коэффициент концентрирования K_k радионуклидов как: $K_k = K_э / K_ф$, где $K_э$ – удельная активность радионуклидов в пробе; $K_ф$ – удельная активность радионуклидов в фоновых пробах.

Химический анализ проб мха проводили с помощью «Спектроскан МАКС-GV», предназначенного для качественного и количественного рентгенофлуоресцентного анализа твердых, порошковых и жидких проб. Рассчитывали коэффициент концентрирования (K_k) для ряда элементов тяжелых металлов как: $K_k = K_э / K_ф$, где $K_э$ – содержание элемента тяжелого металла в пробе; $K_ф$ – содержание элемента в фоновых пробах.

Рассчитывали суммарный показатель загрязнения (Z_c) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону как: $Z_c = \sum K_c - (n-1)$; где K_c – коэффициент концентрирования ряда элементов тяжелых металлов, для которых этот коэффициент >1 , n – число учитываемых элементов тяжелых металлов, для которых $K_c >1$.

Результаты исследования

В многолетнем мониторинге была оценена способность экстракта пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), произрастающей на растениях тополя исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону, индуцировать aberrации хромосом в корневой меристеме гороха посевного (*Pisum sativum*), используемого в качестве модельного объекта. Исследования проводились на протяжении 3-х лет (2010–2012 гг.) (рис.1).

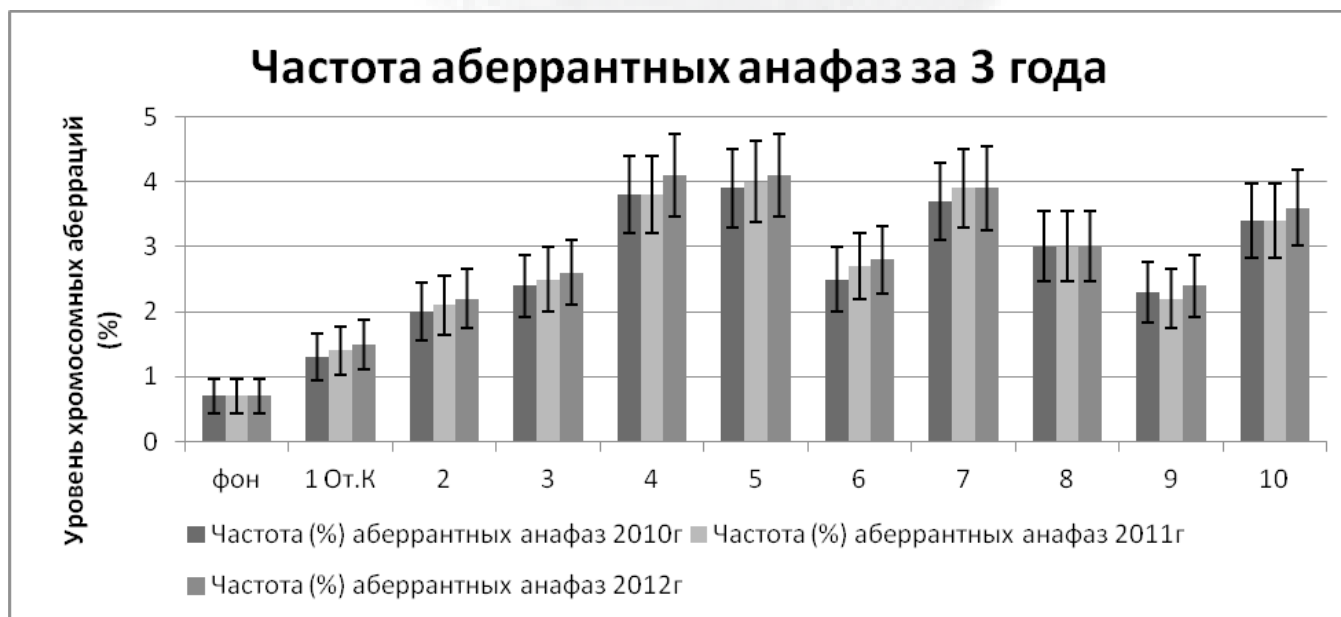
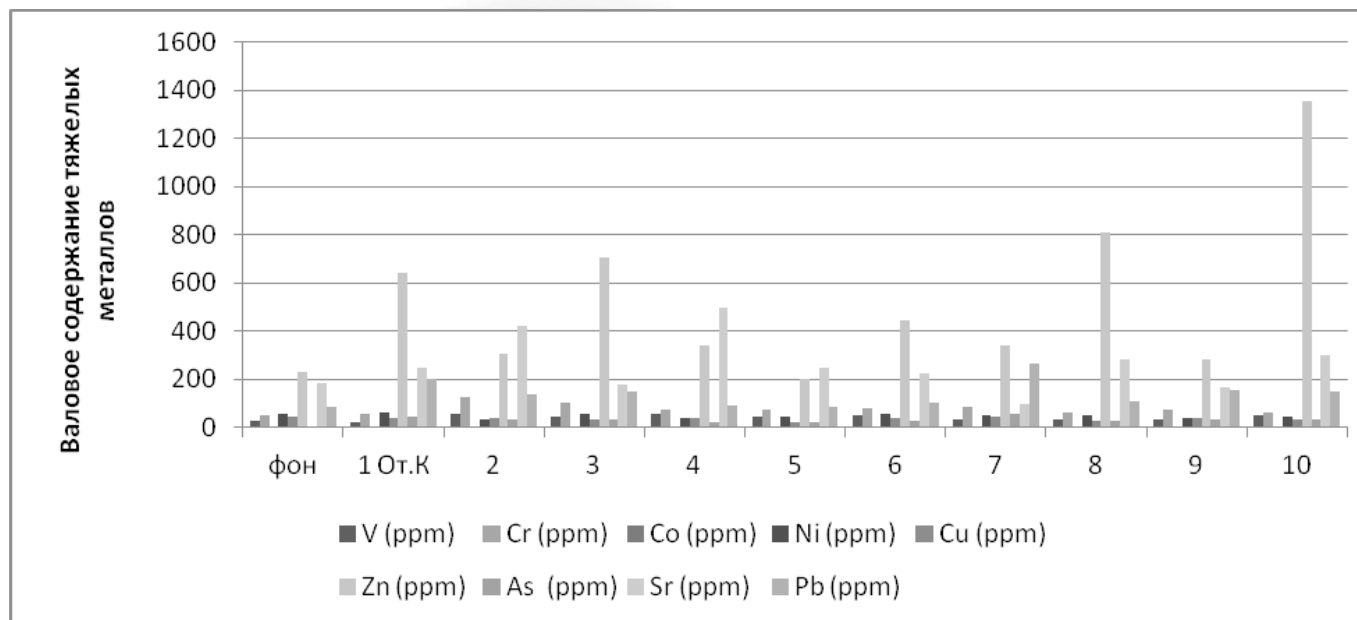


Рис.1. Уровень aberrаций хромосом в корневой меристеме гороха посевного, пророщенного на экстракте пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) за три года (2010–2012 гг.)

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. Доломановский/ул. Текучева и Мечникова; пл. 7 - ул. Вавилова; пл. 8 - ул. Таганрогское шоссе); Парковая зона (пл. 1 относительный контроль - Ботанический сад)

Валовое содержание тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону сравнивали с валовым содержанием тяжелых металлов в «фоновых» мхах. В качестве фоновых значений приняли концентрации тяжелых металлов во мхах на территории, где содержание большинства из изученных металлов

(исключение V и Cu) во мхах было наименьшим. Степень аккумуляции элементов в пилезии многоцветковой определяли по коэффициенту концентрирования (Кк), рассчитанного для ряда элементов тяжелых металлов. Для каждой площадки рассчитан суммарный показатель загрязнения (Zс) (рис. 2).



Относительная ош(т)206и 4ая Е п Пс;(йС9т24я)-20бая 7% 4ч 67% ROR 6PEp 4MIIYncPmPmгP%8%

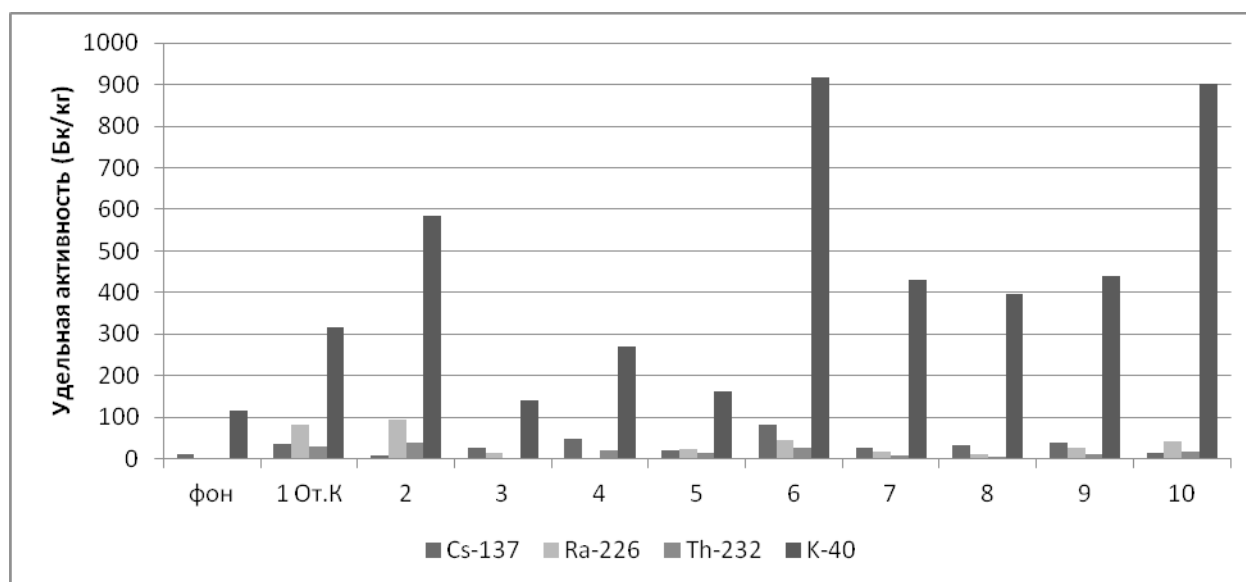


Рис. 3. Удельная активность ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) исследуемых площадок г. Ростова-на-Дону.

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. Доломановский/ул. Текучева и Мечникова; пл. 7 - ул. Вавилова; пл. 8 - ул. Таганрогское шоссе); Парковая зона (пл. 1 относительный контроль - Ботанический сад)

Определение валового содержания тяжелых металлов в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), произрастающей на растениях тополя (*Populus deltoides*), позволило оценить ее аккумуляционную способность в природных условиях и экологическое состояние районов исследования, используя методы инструментального контроля. Превышение фонового уровня отмечено для цинка от 1,2 до 5,9 раз, для стронция - от 1,2 до 2,7 раз, для свинца - от 1,2 до 3,1 раз. В остальных случаях превышение незначительны (V, Cr), либо зафиксированы значения ниже фоновых (Cu, Ni). В пробах из всех районов, кроме Советского (площадка 2) и Октябрьского (площадка 8), обнаружены следовые значения Co. Ряд Кк для тяжелых металлов, концентрация которых достоверно превышает фоновую, выглядит следующим образом: Ленинский район (Кк) $\text{V} > \text{Cr} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Pb}$; Советский район (Кк) $\text{Co} > \text{Zn} > \text{Sr} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{V}$; Железнодорожный район (зафиксированы высокие показатели по Sr (Кк 2,7), Cr (Кк 2,2), V (Кк 2,0), Zn (Кк 1,5), (Кк) $\text{Sr} > \text{Cr} > \text{V} > \text{Zn}$; Октябрьский район (Кк) $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{V} > \text{Co}$; Первомайский район (Кк) $\text{Zn} > \text{V} > \text{Pb} > \text{V} > \text{Sr} > \text{Cr}$. Таким образом, пилезия многоцветковая (*Pylaisia polyantha*) в наибольшем количестве накапливает следующие элементы группы тяжелых металлов: Zn (Кк от 1,2 до 5,9), Cr (Кк от 1,2 до 2,6), Pb (максимальный Кк - 3,1), Sr (максимальный Кк - 2,7), Ni (максимальный Кк - 1,07), Cu (максимальный Кк - 1,0). По величине Кк все аккумулируемые пилезией многоцветковой изученные элементы образуют ряд биологического поглощения (в соответствии с их способностью концентрироваться в пилезии многоцветковой) $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Sr} > \text{Cr} > \text{V} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Co}$. Максимальный

суммарный коэффициент загрязнения наблюдался в промышленной зоне (районы ТЭЦ и ТЭЦ 2 и ОАО ГПЗ-10).

Удельная активность радионуклидов в аэрозольной пыли приземного слоя воздуха $A_{\text{ан}}$ (Бк/кг) определена из объемной активности его в аэрозолях $A_{\text{в}}$ (Бк/м³) с учетом запыленности атмосферы ($m, \text{г}/\text{м}^3$). Средняя удельная активность ^{137}Cs , ^{224}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и в пробах мха, почвах и аэрозольной пыли совпадают в пределах погрешности определения (20%). Кк для ^{137}Cs в точках, где удельная активность ^{137}Cs превышает фоновые значения, колеблется в пределах от 1,05 до 6,6. Максимальные значения Кк зафиксированы в Ленинском, Железнодорожном и Октябрьском районах.

Кк для ^{226}Ra колеблется в пределах от 1,8 до 55. Максимальные значения Кк зафиксированы в Советском и Первомайском районах. Кк для ^{232}Th колеблется в пределах от 1,06 до 25. Максимальные значения Кк зафиксированы в Советском и Ленинском районах Кк для ^{40}K в пилезии многоцветковой колеблется в пределах от 1,2 до 7,8. Максимальные значения Кк зафиксирован в Ленинском, Первомайском и Советском районах. Одной из причин превышения удельной активности ^{226}Ra в образцах пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*) может быть близость ТЭЦ, работающие на угле. Как известно, среднемировая удельная активность ^{226}Ra в летучей золе ТЭЦ, работающей на угле, составляет 240 Бк/кг (7). Основным фактором, оказывающим непосредственное влияние на удельную активность ^{137}Cs в приземном слое воздуха, является удельная загрязненность приземной атмосферы. Удельная активность искусственного радионуклида ^{137}Cs в пробах пилезии многоцветковой (*Pylaisia*

polyantha) вероятно обусловлено атмосферными выпадениями и ветровым подъемом пыли с подстилающей поверхности.

Удельная активность ^{40}K в образцах значительно выше, чем ^{137}Cs , ^{226}Ra и ^{232}Th . Это объясняется тем, что калий является макроэлементом, необходимым живым организмам при обменных процессах.

Выводы

1. По результатам оценки генотоксичности экстракта лишайницы многоцветковой были выявлены районы максимальной мутагенной активности атмосферного воздуха: Октябрьский, Ленинский и Железнодорожный районы (точки расположены в зоне, сочетающей промышленную и автотранспортную нагрузки).

2. Оценка аккумуляционной способности лишайницы многоцветковой по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам в условиях урбанизированной экосистемы показала, что по величине коэффициента концентрирования (Кк) все изученные тяжелые металлы образуют ряд: $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Sr} > \text{Cr} > \text{V} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Co}$. Максимальное превышение фонового уровня зарегистрировано для Zn – 5,9 раз, Pb – 3,1 раз, Sr – 2,7 раз. Максимальный суммарный коэффициент загрязнения наблюдался в промышленной зоне (районы ТЭЦ и ТЭЦ 2 и ОАО ГПЗ-10).

3. Содержание ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в пробах лишайницы многоцветковой превышало фоновые значения. Колебания коэффициента концентрирования (Кк) для ^{137}Cs фиксировали в пределах от 1,05 до 6,6; для ^{226}Ra – от 1,8 до 55; для ^{232}Th – от 1,06 до 25; для ^{40}K – от 1,2 до 7,8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: Дис. канд. биол. наук : 03.00.16 : Ставрополь, 2005 159 с. РГБ ОД, 61:05-3/1360
2. Вардуни Т.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук Перестройки хромосом в клетках высших растений как показатель мониторинга мутагенов окружающей среды-1997.154с.
3. Вардуни Т. В., Шкурят Т. П., Милютин Н. П., Мирзоян А. В. Свободно-радикальные процессы и уровень аберраций хромосом в листьях древесных растений как тест-система на генотоксичность городской среды.// Экология- 2000.- №4.- С.270-275.
4. Буторина А. К., Калаев В. Н., Вострикова Т. В. Цитогенетическая характеристика семенного потомства некоторых видов древесных растений в условиях антропогенного загрязнения г. Воронежа // Цитология. – 2000. – Т. 42. – № 2. – С. 196 – 201.
5. Серебрякова Н. Н. Эколого-биологические особенности лишайничных мхов и использование их в экологическом мониторинге: на примере Пензенской области, 2009.- Саратов.
6. Кравец Е. А., Михеев А. Н., Овсянникова Л. Г., Забара Е. П., Гродзинский Д. М. Оценка критического уровня радиационного повреждения апикальной меристемы, совместимого с выживанием и восстановительными процессами у гороха, 2010.
7. Adamo P. Trace element accumulation by moss and lichen exposed in bags in the city of Naples (Italy) //Environmental Pollution. 2003. Vol. 122. P. 91-103.
8. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части европейской России. Т. 2: Fontinalaceae – Amblystegiaceae. М., 2006. С. 609–944.
9. Методика радиометрического определения активности естественных и искусственных радионуклидов в объектах экосферы, продуктах и отходах производства. Утверждена Директором НИИ Физики РГУ Сахненко В.П. Директором Центра РЭТ Давыдовым М.Г. 15.09.1993 г. Согласована НПО «ВНИИФТРИ» 20.09.93 г.).