

С. А. Ламоткин, ст. преподаватель; С. И. Шпак, аспирант;
А. И. Ламоткин, доцент; А. М. Брайкова, аспирант

ВЛИЯНИЕ ИЗОТОПА Cs^{137} НА СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА СОСНЫ

The contents of toxic elements and Cs^{137} in samples of wood greens of coniferous breeds is determined. Excretion of essential oil from the selected samples is lead. Its basic indexes are determined. It is lead quality and quantitative analysis of the allocated essential oil. Influence of toxic elements and radionuclide Cs^{137} on componental composition of essential oil is considered.

Во время аварии на ЧАЭС значительная часть территории Республики Беларусь была загрязнена радиоактивными выбросами; площадь загрязнений составила около 40 тыс. км², и примерно 50% пришлось на естественные фитоценозы (леса, болота, луга). Лесные экосистемы, преобладающие в напочвенном покрове, не только выполняют важные рекреационные и средообразующие функции, но и являются основной сырьевой базой для предприятий лесопромышленной отрасли. Хорошо известно, что хвойные леса, и в частности сосновые насаждения, достаточно быстро реагируют на различные антропогенные нагрузки и могут использоваться как индикаторы экологической обстановки региона [1, 2]. Существует значительное количество работ, посвященных изучению влияния различных техногенных факторов, в том числе и радиации, на изменение таких морфологических характеристик древесины, как рост, строение годичных колец и др. [3, 4].

В ряде работ рассмотрено изменение состава эфирного масла сосны, а также содержания отдельных компонентов под влиянием промышленных выбросов и показано, что эфирные масла могут использоваться в качестве биологических индикаторов экологической обстановки [5, 6].

В связи с этим целью данной работы было сравнить влияние техногенных факторов и изотопа Cs^{137} , как одного из основных радиоактивных загрязнителей окружающей среды, на состав эфирного масла сосны, произрастающей в различных регионах Республики Беларусь.

Образцы древесной зелени отбирали в сосняках естественного происхождения с 5 деревьев 20–40-летнего возраста в сентябре и октябре, в период максимального содержания эфирного масла в хвое [7]. Каждую пробу помещали в маркированную бумагу и полиэтиленовые пакеты с целью избежания потерь наиболее летучих компонентов. Как показано в работе [8], содержание радионуклидов в кроне сосны существенно различается по ярусам и снижается сверху вниз. Однако количественная фитоиндикация радионуклидов вполне обеспечивается отбором проб хвои с нижнего яруса кроны сосны.

Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции, а количественный выход определяли волюмометрически. С целью минимизации потерь компонентов при выделении эфирного масла данный процесс проводили не

позднее чем через четыре часа после отбора. Качественный и количественный анализ выделенных эфирных масел проводили методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Цвет-800.

Для разделения компонентов использовали кварцевые капиллярные колонки длиной 70 м с жидкими фазами ПЭГ-2000 и SE-70.

Идентификацию отдельных компонентов проводили с использованием эталонных соединений, а также на основании известных литературных данных по индексам удерживания отдельных соединений [9].

Определение содержания Pb, Cd, Zn, Cu в зольных остатках хвои осуществляли методом инверсионной вольтамперометрии. Подготовку образцов для определения в них валового содержания тяжелых металлов проводили традиционным методом [10].

Определение содержания S проводили методом нефелометрии по стандартной методике [11].

Степень загрязненности образцов радионуклидами определяли по величине удельной активности Cs^{137} , измеренной по стандартной методике на радиометре РУГ-91М [12].

Отбор образцов древесной зелени проводился с таким расчетом, чтобы охватить территории, подвергающиеся действию радиоактивных элементов, промышленных поллютантов, а также территории с минимальным количеством загрязнений.

Как видно из табл. 1, наиболее загрязнены радионуклидом Cs^{137} образцы 1–4, отобранные в Гомельской и Могилевской областях. Содержание остальных элементов в хвое этих образцов незначительно отличается от содержания в образцах 6 и 7, отобранных в экологически «чистых» природоохранных зонах. Образец 5, напротив, содержит наибольшее количество токсичных элементов, что подтверждает высокую загрязненность промышленной территории г. Минска. Следует отметить, что данный образец содержит незначительное количество изотопа Cs^{137} . Таким образом, видно, что в образцах 1–4 основным загрязнителем является радиоактивный изотоп Cs^{137} , в образце 5 наибольший эффект создают токсичные элементы. В образцах 6 и 7 содержание токсичных элементов и радионуклида минимально, поэтому они использовались в качестве эталонов.

Содержание отдельных элементов в хвое сосны и значение показателя преломления для выделенных эфирных масел

№	Место отбора образцов	Удельная активность А (Cs ¹³⁷), Бк/кг	Содержание отдельных элементов в хвое, мг/кг а. с. д.					Показатель преломления, n (D) ²⁰
			Zn	Pb	Cu	Cd	S	
1	Калинковичи	600	2,64	0,10	1,9	0,02	1098	1,4896
2	Лельчицы	620	2,88	0,08	1,7	0,01	1086	1,4884
3	Добруш	310	3,21	0,09	1,6	0,07	1036	1,4852
4	Чаусы	388	3,01	0,11	1,8	0,07	1040	1,4878
5	Минск	98	1,7	0,29	1,2	0,01	1693	1,4948
6	Островец	92	3,1	0,11	1,3	0,001	1067	1,4838
7	Браслав	80	4,3	0,05	0,1	0,001	1074	1,4842

Как отмечалось выше, компонентный состав эфирных масел существенно зависит от загрязнения окружающей среды и может использоваться в качестве инструмента для контроля состояния фитоценозов. Общее количество выделенного масла изменялось в пределах 1,0–1,4% а. с. д. и зависело от места отбора образцов хвои. Максимальный выход масла был получен из образцов древесной зелени 3, 4, 6, 7, где содержание токсичных элементов и радионуклидов минимально, что хорошо согласуется с литературными данными [13].

Традиционно суммарной характеристикой эфирного масла является показатель преломления. Как видно из табл. 1, его значение для эфирных масел не является постоянным. Причем интересно отметить, что величина показателя преломления минимальна для образцов 6 и 7, постепенно нарастает с увеличением техногенной нагрузки и максимальна для масла, выделенного из образца 5.

Полученные данные по содержанию основных компонентов в эфирных маслах, выделенных из древесной зелени отобранных образцов, приведены в табл. 2.

Основными компонентами эфирного масла сосны являются: α -пинен, Δ^3 -карен, мирцен, β -пинен, борнилацетат, лимонен, γ -терпинен, терпинолен. Содержание этих компонентов доминирует во всех образцах, зависит от уровня загрязненности участка и изменяется сложным образом.

Как видно из табл. 2, при увеличении техногенной нагрузки содержание α -пинена, камфена, лимонена возрастает и снижается содержание Δ^3 -карена и β -пинена. Причем данная тенденция наблюдается как для образцов, загрязненных радионуклидами (1–4), так и для образца, отобранного в городской черте, что указывает на подобие процессов биосинтеза терпеновых углеводородов в стрессовых ситуациях под воздействием различных загрязнений.

Таблица 2

Содержание основных компонентов, %, в эфирном масле сосны, произрастающей в различных регионах Республики Беларусь

Соединение	№ образца						
	1	2	3	4	5	6	7
Трициклен	2,1	1,9	1,6	1,9	1,3	1	0,8
α -Пинен	67,0	51,4	38,9	46,9	63,1	28,8	32,3
Камфен	5,5	7,6	6,2	6,3	3,6	3,4	3,1
Фенхен	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Сабинен	0,2	1,0	0,8	1,0	0,2	1,3	1,2
β -Пинен	3,1	4,6	4,2	5,0	4,1	8,1	6,0
Мирцен	7,2	3,4	4,8	2,7	10,6	2,7	2,8
α -Фелландрен	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Δ^3 -Карен	3,8	16,8	31,7	19,3	4,4	45	41,0
α -Терпинен	0,1	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3
p-Цимол	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,6
Лимонен	9,6	5,8	6,7	4,8	5,6	3	4,2
γ -Терпинен	0,7	0,5	2,3	1,2	4,3	1,2	1,3
Терпинолен	0,4	2,1	3,9	1,9	1	4,2	4,3
Содержание монотерпенов	60,8	66,1	64,7	63,1	62,1	72,8	72,9
Содержание спиртов	6,0	5,5	4,8	6,0	5,6	3,2	4,0
Содержание сесквитерпенов	33,2	28,4	30,5	30,9	32,3	24,0	23,1

Увеличение содержания α -пинена объясняется его защитными свойствами для древесины в стрессовых ситуациях, а снижение содержания Δ^3 -карена – участием последнего в окислительных процессах, доля которых возрастает при увеличении техногенной нагрузки [5]. Подтверждением этого является снижение общего содержания монотерпеновых углеводов на 15–20% по сравнению с «чистыми» образцами и увеличение содержания кислородсодержащих соединений как продуктов окисления. Интересно отметить, что увеличение содержания α -пинена в образцах масла 1–4 пропорционально нарастанию содержания радиоактивного изотопа в хвое этих образцов. Также с увеличением содержания Cs^{137} в образцах древесной зелени 1–4 наблюдается снижение общего количества монотерпеновых углеводов и увеличение количества спиртов.

Таким образом, в проведенной работе показано, что токсичные элементы и изотоп Cs^{137} оказывают влияние на физико-химические процессы биосинтеза компонентов эфирного масла сосны и, в конечном счете, на его характеристики и компонентный состав. Общая картина влияния изотопа Cs^{137} на компонентный состав масел подобна наблюдаемой при воздействии токсичных элементов. Изменения компонентного состава эфирных масел могут использоваться в качестве индикатора экологической обстановки сосновых лесов, подвергшихся радиационным загрязнениям.

Литература

1. Ковалев А. Г., Коваленко В. В., Чевелев А. Б. Вопросы изучения радиоактивного загрязнения лесов Красноярского края // *Химия растительного сырья*. – 1998. – № 2. – С. 79–81.
2. Санаров Е. М., Баландович Б. А., Кузьмин Э. В., Корниенко М. Г., Алтынников В. В. Экологическая оценка радионуклидного загрязнения лекарственного сырья в Алтайском

- крае и проблема регламентирования // *Химия растительного сырья*. – 1998. – № 1. – С. 19–24.
3. Мусаев Е. К. Сезонный рост и строение годичных колец сосны обыкновенной в зоне чернобыльской катастрофы // *Лесоведение*. – 1996. – № 1. – С. 16–29.
4. Гродзинский Д. М. Радиобиология растений. – Киев: Наук. думка. – 1989. – 380 с.
5. Фуксман И. Л., Пойкалайнен Я., Шредерс С. М. и др. Физиолого-биохимическая индикация состояния сосны обыкновенной в связи с воздействием промышленных поллютантов // *Экология*. – 1997. – № 3. – С. 213–217.
6. Хейнсоо К. Х. Смачивание хвои как индикаторный признак загрязненности воздуха // *Лесоведение*. – 1994. – № 4. – С. 71–77.
7. Степень Р. А. Экологическая и ресурсная значимость летучих терпенов сосняков средней Сибири // *Химия растительного сырья*. – 1999. – № 2. – С. 125–129.
8. Пискунов Л. И., Лемясов М. Ф., Гущин В. М. Распределение техногенных радионуклидов в кроне сосны обыкновенной на опушке леса // *Лесоведение*. – 1996. – № 5. – С. 60–66.
9. Хефтман Э. Хроматография. – М.: Мир. – 1986. – С. 229–254.
10. Применение анализатора вольтамперометрического марки АВА-2 для совместного определения цинка, кадмия, свинца и меди / Матвейно Н. П., Ткачева Ю. А. // *Новые достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: МНТК*. – Мн. – 2003. – С. 529–532.
11. Ринькис Г. Я., Рамане Х. К., Куницкая Т. А. Методы анализа почв и растений. – Рига. – 1987. – 196 с.
12. Лобач Д. И., Тимощенко А. И., Штомпель В. П. Методические и информационные материалы для проведения практикума по дозиметрии. – Мн. – 1999. – 212 с.