

УДК 543.42:581.19:668.531:582.475.4

## **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОСНОВАНИИ СОСТАВОВ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ХВОИ СОСНЫ**

Ламоткин С.А., Скаковский Е.Д., Шпак С.И., Власова В.В.,  
Гайдукевич О.А.

*ГНУ Институт физико-органической химии НАН Беларуси, 220072,  
Минск, ул. Сурганова, 13; e-mail: spektr@ifoch.bas-net.by*

Широкомасштабное загрязнение окружающей среды и его пагубное воздействие на лесные экосистемы привело к ухудшению санитарного состояния лесов Беларуси, снижению их биологической устойчивости, массовому размножению многих вредных насекомых и грибных болезней. В качестве биохимического индикатора загрязнения территории промышленными поллютантами может быть изменение содержания отдельных компонентов эфирного масла сосны обыкновенной [1].

Цель данной работы – сравнение влияния токсичных и радиоактивных элементов на химический состав эфирного масла сосен, произрастающих в Республики Беларусь.

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

Определение содержания токсичных элементов (Pb, Cd, Zn, Cu, Co, Ni, Mn, Cr) в хвое осуществляли методом атомно-адсорбционного анализа по стандартной методике, а серы (S) – методом нефелометрии. Степень загрязненности образцов радионуклидами определяли по величине удельной активности  $Cs^{137}$  и  $Sr^{90}$ . Содержание  $Cs^{137}$  в образцах хвои контролировали на радиометре РУГ–91М, а удельную активность изотопов  $Sr^{90}$  определяли на радиометре РУБ–91. Анализ эфирного масла из хвои сосны обыкновенной проводили методами газожидкостной хроматографии на хроматографе Цвет–800 и спектроскопии ЯМР  $^1H$  и  $^{13}C$  на спектрометре AVANCE–500 (500 МГц для  $^1H$  и 125 МГц для  $^{13}C$ ).

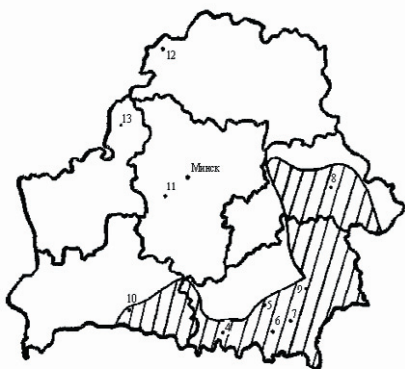


Рис. 1. Схема отбора образцов хвои сосны на территории Республики Беларусь

Аналогично для данных образцов наблюдалось максимальное изменение удельной активности радионуклидов  $\text{Sr}^{90}$  и  $\text{Cs}^{137}$  в диапазоне 410–146 и 620–388 Бк/кг, соответственно. Полученные данные хорошо согласуются со значениями коэффициентов перехода изотопов из почвы в древесину [2]. Более высокое содержание  $\text{Cs}^{137}$  во всех образцах по сравнению со  $\text{Sr}^{90}$  легко объясняется различной скоростью миграции данных радионуклидов в почве.

Количество токсичных элементов максимально в образцах 1-3, где содержание элементов изменяется в следующем диапазоне: S – 101–169, Cd – 0,0023–0,0068, Co – 0,0155–0,0331, Cu – 0,373–0,710, Pb – 0,0701–0,1866 мг/100 г а.с.д. Это хорошо согласуется с данными по оценке экологической обстановки в г. Минске [3]. Содержание данных элементов в остальных образцах (4-13) не превышает значений для экологически чистых зон и изменяется в следующих диапазонах: S – 92–95, Cd – 0,0001–0,0044, Co – 0,0034–0,0129, Cu – 0,181–0,276, Pb – 0,0029–0,0154 мг/100 г а.с.д..

Общее содержание эфирного масла в ассимиляционном аппарате сосновых насаждений изменялось в пределах 1,0–1,4 % а.с.д.. Причем, как правило, содержание эфирного масла в более загрязненных образцах 1-10 превышает на 20–30 % содержание эфирного масла в «чистых» образцах 11-13.

На рис.1 схематично представлена карта территории Республики Беларусь и места отбора проб. Образцы 1-3 отбирались непосредственно в промышленных зонах г.Минска, 4-10 отобраны с территорий лесных массивов, подвергшихся наибольшему радиационному загрязнению, образец 11 – в лесном массиве, расположенном в 40 км от г. Минска, а образцы 12-13 – в экологически чистых районах.

Величина мощности дозы  $\gamma$ -облучения для образцов 4-9 имела значение 0,18–0,38 мЗв/ч и значительно превышала фоновую величину.

Общая картина изменения компонентного состава эфирного масла сосен в зависимости от степени загрязненности образцов хвои представлена в таблице.

Таблица. Состав эфирных масел хвои сосен, произрастающих в различных районах Беларуси

Соединение	№ Образца												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Содержание компонентов, %												
Трициклен	0.5	0.6	0.5	0.9	1.0	1.0	0.7	0.9	0.7	0.5	0.6	0.5	0.6
$\alpha$ -Пинен	31.3	29.2	25.7	25.5	30.8	28.1	21.3	22.6	28.9	21.2	25.7	20.1	17.3
Камфен	2.2	2.1	1.6	3.5	2.5	3.2	2.6	3.0	2.7	1.5	1.6	1.9	2.0
Фенхен	–	–	–	–	–	–	–	–	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Сабинен	0.1	0.1	0.3	0.5	0.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.4	0.4	0.7	0.8
$\beta$ -Пинен	1.4	1.8	0.8	2.1	1.4	1.9	1.4	2.4	1.5	6.0	1.3	3.7	4.9
Мирцен	1.0	2.5	1.4	1.6	3.3	1.1	1.6	1.3	1.5	1.8	1.5	1.7	1.6
$\alpha$ -Фелландрен	0.1	0.1	–	–	–	–	–	–	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
$\Delta^3$ -Карен	1.2	2.9	9.7	7.7	1.7	7.6	14.4	9.3	9.1	19.0	19.7	25.5	27.0
$\alpha$ -Терпинен	–	–	0.1	0.1	–	–	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
p-Цимол	0.1	–	–	0.1	–	0.1	–	–	0.1	0.2	0.1	0.4	0.1
Лимонен	4.7	1.9	0.8	2.3	3.8	1.0	1.3	2.0	1.8	2.6	1.4	2.2	1.5
$\beta$ -Фелландрен	0.8	0.4	0.1	0.4	0.6	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.4	0.3
$\gamma$ -Терпинен	1.5	1.9	1.6	0.2	0.3	0.1	0.3	0.6	0.3	0.6	1.7	0.8	0.7
Терпинолен	0.4	0.4	1.2	1.0	0.2	0.7	1.8	0.9	1.5	2.2	2.2	2.7	2.5
Всего монотерпеноидов:	45.3	43.9	43.8	45.9	45.7	45.2	46.0	43.9	48.9	56.8	56.6	60.7	59.6
Всего кислородсодержащих соединений:	2.6	2.6	3.0	2.7	2.5	2.5	2.4	2.3	2.4	2.1	2.0	1.9	2.0
Всего сесквитерпеноидов:	51.8	52.6	52.6	51.2	51.5	48.3	49.5	49.6	47.6	40.5	41.1	35.9	38.1

При рассмотрении составов эфирных масел принято выделять фракции моно-, сескви- и кислородсодержащих терпеновых углеводородов. Как видно, во всех выделенных маслах доминируют монотерпеноиды и сесквитерпеноиды, а содержание кислородсодержащих соединений минимально. Следует отметить, что в образцах, загрязненных как токсичными элементами, так и радионуклидами, наблюдается повышенное содержание спиртов, что указывает на увеличение окислительных процессов, протекающих с участием терпеноидов эфирных масел.

Традиционно, суммарной характеристикой эфирного масла является показатель преломления. Для эфирных масел, выделенных из загрязненных образцов, независимо от источника загрязнения величина показателя преломления достигает значения 1,4951 и существенно

превышает значения для экологически чистых образцов (11-13) – 1,4839.

Как видно из таблицы, содержание  $\alpha$ -пинена,  $\Delta^3$ -карена, камфена, мирцена,  $\beta$ -пинена и лимонена доминирует в монотерпеновой части во всех образцах и изменяется сложным образом в зависимости от уровня загрязнения участка. Следует отметить, что при увеличении техногенной нагрузки содержание  $\alpha$ -пинена, камфена, лимонена возрастает и снижается содержание  $\Delta^3$ -карена и  $\beta$ -пинена. Причем данная тенденция наблюдается как для образцов, загрязненных радионуклидами (4-10), так и для образцов, отобранных в городской черте (1-3), что указывает на подобие процессов биосинтеза терпеновых углеводов в стрессовых ситуациях под воздействием различных загрязнений. Следует также отметить динамику изменения количества  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена. Как видно, содержание этих компонентов изменяется антибатно. Уменьшение количества  $\Delta^3$ -карена связано с его повышенной реакционной способностью в окислительных процессах, количество которых увеличивается с возрастанием техногенной нагрузки.

Таким образом, проведенные исследования показали, что сосновые леса Республики Беларусь испытывают различные стрессовые нагрузки, проявляющиеся в накоплении токсичных элементов и радионуклидов. Отмечено, что биохимический индикатор – компонентный состав эфирного масла – весьма чувствителен к изменению количества токсичных элементов и радионуклидов в хвое. Механизм влияния различных элементов на биосинтез терпеноидов достаточно сложен, однако отмечается некоторое подобие влияния токсичных элементов и радионуклидов на данный процесс.

## Литература

1. Сотникова О.В., Степень Р.А.// Химия растительного сырья. – 2001. – № 1. – с. 79 – 84.
2. Тихомиров Ф.А., Щилов А.И.// Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т.36. – №4. – с. 664 – 672.
3. Состояние окружающей среды и природопользование в городе Минске.// Под ред. Боровикова А.Н., Бурака В.М., Гриценко А.П., и др. Мн.: БелНИЦ «Экология». 2000. – 200 с.