

## **АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП КЛИМАТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПО БИОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ХВОИ**

**Поплавская Л.Ф., Ламоткин С.А., Ребко С.В., Тупик П.В.**  
*Белорусский государственный технологический университет*  
(г. Минск, Беларусь)

*В работе проведен анализ устойчивости различных групп климатипов сосны обыкновенной по содержанию эфирных масел в хвое. Выделенные группы климатипов – северная (Ленинградский, Вологодский и Архангельский климатипы), южная (Хмельницкий, Полтавский и Белгородский климатипы), восточная (Баширский, Ульяновский и Томский климатипы), западная (Латвийский и Эстонский климатипы) и местная (Минский, Гродненский и Витебский климатипы) отличаются по биохимическому составу хвои.*

Комплексное и рациональное использование растительных ресурсов предполагает включение в процесс производства всей биомассы растения. Одним из основных направлений химической переработки растительного сырья является получение экстрактивных веществ. Среди экстрактивных веществ принято выделять соединения, непосредственно принимающие участие в росте растений, и соединения, не участвующие в этих процессах. Первичные метаболиты – углеводы, аминокислоты, жирные кислоты, хлорофиллы, цитохромы, нуклеотиды, а также соединения, являющиеся интермедиями различных метаболических реакций. Кроме этого, растения также содержат огромное количество веществ, которые не участвуют в основном обмене. Такие вещества принято называть вторичными метаболитами, или веществами вторичного происхождения. В отличие от первичных метаболитов, присутствующих во всех растительных клетках, вторичные метаболиты могут быть специфичны для одного или нескольких видов растений. К данному классу веществ относят преимущественно низкомолекулярные вещества вторичного метаболизма, не входящие в состав растительной клетки, содержащиеся в межклеточном пространстве. Это чрезвычайно разнообразная по химическому составу группа веществ. По химической природе эти вещества представлены терпенами и их производными, смоляными кислотами, липидами, жирными кислотами, фитостеринами, полифенолами и танинами. Несмотря на отнесение данных соединений к вторичным метаболитам, это весьма условно, поскольку многие из этих веществ являются важнейшими физиологически активными соединениями, играющими первостепенную роль в процессах дыхания и фотосинтеза. К настоящему времени на предмет присутствия вторичных метаболитов исследовано около 20-30 тыс. видов растений – примерно 10-15% от всей флоры Земли [1]. Многие вторичные метаболиты выполняют функции конститутивных, полуиндуцибельных или индуцибельных защитных соединений.

Для анализа по биохимическим показателям хвои устойчивости различных групп климатипов сосны обыкновенной, произрастающих в географических культурах Негорельского учебно-опытного лесхоза, древесную зелень отбирали в насаждениях с 20-30 деревьев, выбранных методом рандомизации, т. е. случайного выбора, срезали ветки равномерно с четырех сторон. Древесную зелень отбирали в зимний месяц – 12 февраля 2020 г. В это время выход эфирного масла достигает максимального значения, а его состав стабилизируется [2]. От срезанных веток древесной зелени отделяли хвою без деления ее по возрасту и получали исходный образец изучаемого материала. Образование среднего образца из исходного осуществляли путем квартования. После перемешивания исходный образец опять разравнивали тонким слоем и делили на четыре треугольника. Два противоположных треугольника хвои удаляли, а два оставшихся соединяли, перемешивали и вновь делили указанным способом до тех пор, пока масса одного треугольника не составит примерно пятикратную массу навески. Из одного треугольника брали навеску для химического анализа (выделение эфирного масла, определение содержания минеральных элементов), а из противоположного – навески для определения влажности образца [3].

Для эффективного анализа полученных данных все исследуемые климатипы были подразделены на 5 групп: северная группа (Ленинградский, Вологодский и Архангельский климатипы), южная группа (Хмельницкий, Полтавский и Белгородский климатипы), восточная группа (Башкирский, Ульяновский и Томский климатипы), западная группа (Латвийский и Эстонский климатипы) и местная группа (Минский, Гродненский и Витебский климатипы).

Результаты физико-химических показателей эфирного масла различных групп климатипов сосны обыкновенной представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение физико-химических показателей эфирного масла сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*) различного происхождения

Группа климатипов	Массовая доля эфирного масла, % на а.с.м.	Относительная плотность, г/см <sup>3</sup>	Показатель преломления при 20°C
Северная	1,8±0,1	0,8635±0,005	1,4838±0,001
Восточная	1,0±0,1	0,8639±0,005	1,4840±0,001
Южная	1,7±0,1	0,8637±0,005	1,4841±0,001
Западная	1,9±0,1	0,8639±0,005	1,4847±0,001
Местная	2,0±0,1	0,8631±0,005	1,4849±0,001

Высокое содержание эфирного масла отмечается практически во всех образцах. Однако образцы восточной группы содержат минимальное количество эфирного масла. Содержание масла на уровне 1% характерно для сосен, произрастающих в экстремальных условиях урбанизированной среды. Значение плотности выделенных масел, как и показателя преломления, незначительно отличаются друг от друга. Эти отличия скорее всего обусловлены разницей в содержании отдельных компонентов в составе масел. Эфирное

масло содержит значительное количество компонентов (около 140). Для более детального анализа нами (таблица 2) были выбраны компоненты с высоким содержанием ( $\alpha$ -пинен, камфен, лимонен, 3-карен, терпинолен, борнил-ацетат, кариофиллен,  $\alpha$ -мууролен и кадинены).

Таблица 2 – Содержание основных компонентов в эфирном масле сосны обыкновенной, %

Соединение	Группа климатипов				
	местная	западная	северная	южная	восточная
$\alpha$ -пинен	33,0	51,6	45,8	36,1	47,6
камфен	5,1	4,6	5,5	5,4	5,7
3-карен	38,4	22,3	26,1	32,4	19,7
лимонен	3,3	2,5	3,7	4,0	4,9
терпинолен	4,2	2,7	4,5	4,4	3,3
монотерпены	62,5	60,4	66,0	42,2	44,1
борнилацетат	34,0	30,7	53,0	56,1	59,2
кислородсодержащие	3,4	4,8	4,2	3,0	2,5
кариофиллен	21,5	8,5	5,9	16,1	8,4
$\alpha$ -мууролен	12,7	11,8	15,6	17,7	11,6
$\gamma$ -кадинен	12,3	13,3	8,2	12,5	13,7
$\delta$ -кадинен	20,1	22,6	21,6	19,9	22,1
сесквитерпены	34,1	34,8	29,8	54,8	43,4

При рассмотрении составов эфирных масел выделяют фракции моно-, сескви- и кислородпроизводных терпеновых углеводородов. Такое разделение связано, прежде всего, с различными путями биосинтеза и выполняемыми ими функциями.

Содержание компонентов в эфирном масле климатипов сосны обыкновенной различных групп нами было определено с учетом выделения 3 фракций: монотерпенов, сесквитерпенов и кислородпроизводных терпеновых углеводородов, при этом определяли удельную долю того или иного вещества в процентах в пределах каждой фракции.

В составе эфирного масла сосны преобладают фракции монотерпеновых (42,2-66,0%) и сесквитерпеновых (29,8-54,8%) углеводородов. Содержание кислородсодержащих терпенов не превышает 5% (2,5-4,8%). Важно отметить, что содержание монотерпенов и сесквитерпенов существенно изменяется в зависимости от региона происхождения сосны обыкновенной. Так, западная, местная и северные группы климатипов содержат большое количество монотерпенов – 60,4-66%. Южная и восточные группы отличаются более низким содержанием монотерпенов, при этом разница достигает 1,5 раза и составляет для этих групп 42,2-44,1%.

По данным финских исследователей [4], у северных климатипов наблюдается более высокое содержание  $\alpha$ -пинена в сравнении с 3-кареном и эти климатипы являются более устойчивыми на территории Финляндии. В нашем исследовании примечательным является тот факт, что для местной

группы характерно более низкое содержание  $\alpha$ -пинена (33,0%), тогда как во всех остальных группах наблюдается увеличение содержания этого компонента (36,1-51,6%), достигая максимума у климатипов западной группы.

По данным российских ученых Института леса им. В.Н. Сукачева [5], более устойчивыми климатипами сосны обыкновенной являются те, у которых является более высоким соотношение содержания  $\alpha$ -пинена/3-карена. В нашем исследовании для местной группы характерно более низкое соотношение содержания  $\alpha$ -пинена по сравнению с 3-кареном – 0,85, тогда как во всех остальных группах наблюдается значительное превышение содержания 3-карена над  $\alpha$ -пином (соотношение 1,11-2,42), достигая максимума у климатипов западной группы.

Различия по содержанию сесквитерпенов также имеет свою особенность. Больше всего их содержится в южной группе – 54,8%, далее снижается содержание и для восточной группы эта величина составляет 43,4%. Для климатипов местной и западной групп этих различий практически не наблюдается, а вот содержание сесквитерпенов для северной группы оказалось наименьшим – всего 29,8%.

Таким образом, анализ данных показывает, что состав эфирного масла существенно зависит от географического происхождения мест заготовки семян сосны обыкновенной, что в свою очередь обуславливает уровень устойчивости климатипов.

#### Литература

1. Хелдт, Г.В. Биохимия растений: пер. с англ. / Г.В. Хелдт. – М.: Лаборатория знаний, 2011. – 471 с.
2. Степень, Р.А. Состав эфирного масла и летучих терпеноидов побегов *Pinus silvestris* L. в Средней Сибири / Р.А. Степень // Растительные ресурсы. – 1995. – Вып. 4. – С. 63-70.
3. Дерума, В.Я. Основные принципы отбора и подготовки образцов древесной зелени для изучения ее химического состава / В.Я. Дерума // Изучение химического состава древесной зелени. Методические основы. – Рига: Зинатне, 1983. – С. 22-26.
4. Comparing the variation of needle and wood terpenoids in Scots pine provenances / A.M., Manninen, S. Tarhanen, M. Vuorinen, P. Kainulainen. – Journal of Chemical Ecology. – 2002. – Vol. 28. – P. 211-228.
5. Кузьмин, С.Р. Хвоя и древесина у сосны обыкновенной с разной степенью устойчивости к грибным патогенам / С.Р. Кузьмин // Материалы 6-й Международной конференции-совещания «Сохранение лесных генетических ресурсов», г. Щучинск, Республика Казахстан, 16-20 сентября 2019 г. – Кокшетау: «Мир печати», 2019. – С. 131-132.

**ANALYSIS OF STABILITY OF VARIOUS GROUPS  
OF SCOTS PINE CLIMATYPES BY BIOCHEMICAL PARAMETERS  
INDICATORS OF PINE NEEDLES**

*Poplavskaya L.F., Lamotkin S.A., Rabko S.V., Tupik P.V.*

*The paper analyzes the stability of various groups of climatypes of common pine in terms of the content of essential oils in the coniferous. The selected groups of climatypes-Northern (Leningrad, Vologda, and Arkhangelsk climatypes), southern (Khmelnitsky, Poltava, and Belgorod climatypes), Eastern (Bashkir, Ulyanovsk, and Tomsk climatypes), Western (Latvian and Estonian climatypes), and local (Minsk, Grodno, and Vitebsk climatypes) differ in the biochemical composition of needles.*

