

УДК.630.8.

Е.В. Петренко¹, В.Н. Паршикова¹, Р.А. Степень²

¹Сибирский федеральный университет

²Сибирский государственный технологический университет

Петренко Елена Валерьевна окончила в 2006 г. Красноярский государственный торгово-экономический институт, аспирант, ассистент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров торгово-экономического института Сибирского федерального университета. Имеет более 5 печатных работ в области товароведения и технологии эфирных масел и экстрактов, экологии.
E-mail: 83794@g-service.ru

Паршикова Валентина Никитична окончила в 1972 г. Сибирский государственный технологический университет, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы непродовольственных товаров, проректор по учебно-методической работе торгово-экономического института Сибирского федерального университета. Имеет более 300 печатных работ в области товароведения и экспертизы товаров, товароведения и технологии эфирных масел и экстрактов, экологии.
E-mail: pvn@kgtel.ru

Степень Роберт Александрович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Сибирский технологический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры промышленной экологии Сибирского государственного технологического университета, академик РАН. Имеет более 200 печатных работ в области экологии.
E-mail: Stepen.rob@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ПИХТЫ И ЕЛИ

Оценена возможность совместной переработки древесной зелени пихты и ели путем сопоставления динамики содержания липидов и их некоторых компонентов. Показана целесообразность такого подхода за исключением производства, единственной продукцией которого является получение эфирного масла.

Ключевые слова: древесная зелень, пихта, ель, липиды, пигменты, эфирное масло.

В связи с частым произрастанием пихты и ели на одной площади осуществляется их совместная рубка, практически единственной целью которой является заготовка стволовой древесины. При этом на лесосеке остается около половины биомассы дерева, до 30 % от этого количества приходится на древесную зелень [7]. Ее переработка позволяет в несколько раз повысить отдачу лесного гектара [15]. В Сибири до настоящего времени реализовано лишь пихтоварение. Стоимость заготовки в пихтово-еловых древостоях возрастает в связи с необходимостью сортировки древесной зелени. Совместная переработка охвоенных побегов пихты и ели снижает затраты и упрощает сбор сырья. Эффективность этого показана при организации комплексной переработки древесной зелени сосны и ели путем водно-бензинового экстрагирования

[14]. Целесообразность такого подхода в производстве эфирного масла установлена и при утилизации охвоенных побегов пихты белокорой и ели аянской [2], а также при совместной переработке лесосечных отходов темнохвойных пород в Сибири [9]. Все это свидетельствует о практической значимости изучения этого вопроса.

В данной статье проанализированы результаты совместной переработки древесной зелени пихты и ели Красноярской лесостепи с получением эфирного масла и экстракционных продуктов, оценена ее целесообразность.

Охвоенные побеги пихты и ели отбирали в середине каждого месяца со средней части крон 12 нормально развитых спелых (100...110 лет) и перестойных (140...150 лет) деревьев в елово-пихтовых массивах молодняка (15...20 лет), произрастающего в 85 км западнее г. Красноярска.

Древесную зелень измельчали до частиц размером 3...5 мм, перемешивали и отбирали пробы, в которых в двукратной повторности определяли влажность, содержание липидов, эфирного масла и пигментов.

Вклад компонентов древесной зелени оценивали общепринятыми стандартными методами [12], влажность древесной зелени – по убыли массы навески при температуре 105 ± 2 °С. Экстрагирование липидов проводили в аппарате Сокслета диэтиловым эфиром с определением выхода продуктов гравитометрически. Содержание эфирного масла находили волюмометрически, компонентный состав – методом газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ), концентрацию хлорофиллов и каротиноидов – спектрофотометрически.

Сведения о липидах древесной зелени хвойных пород и их компонентах, как основной части экстрактов, приводятся во многих работах [5, 13, 14 и др.]. В некоторых из них обсуждается также изменчивость в течение года структуры липидных веществ хвои ели и пихты разных лет жизни [4, 5]. Кроме того, важно, чтобы сырье было проанализировано одним исполнителем. Результаты количественного определения липидов древесной зелени молодняка пихты и ели для разного времени года приведены в табл. 1.

Таблица 1
Сезонные изменения содержания липидов (% от абс. сухой массы)
в охвоенных побегах пихты и ели

Месяц	Пихта	Ель	Месяц	Пихта	Ель
Январь	11,6±0,4	9,2±0,3	Сентябрь	15,6±0,3	13,3±0,3
Февраль	12,3±0,5	10,1 ±0,3	Октябрь	14,6±0,4	11,6±0,3
Март	14,4±0,3	10,8±0,4	Ноябрь	12,1±0,3	9,8±0,2
Апрель	16,7±0,5	11,5±0,2	Декабрь	10,8±0,3	9,5±0,2
Май	17,0±0,4	12,4±0,2	$\bar{x} \pm m$	13,5±0,7	10,8±0,4
Июнь	13,8±0,6	10,6±0,3	σ_x	2,34	1,34
Июль	9,3±0,4	9,0±0,4	V, %	17,3	12,4
Август	13,5±0,4	11,7±0,3			

Данные табл. 1 свидетельствуют о близком содержании липидов в древесной зелени сравниваемых пород и их одинаковой годичной динамике. Вклад этих соединений в охвоенных побегах ели практически такой же, как у пихты. Это дает основание для вывода о целесообразности совместной переработки сырья и, следовательно, о его совместной заготовке.

Однако достаточно высокие значения коэффициентов варьирования, обусловленные, главным образом, низким вкладом липидов в декабре-январе и июле, свидетельствуют о неэффективности переработки древесной зелени в эти периоды.

Для решения вопроса о влиянии возраста деревьев на вклад липидов во второй декаде июля 2009 г., когда их содержание примерно соответствует среднегодовому, отобраны образцы охвоенных побегов деревьев ели и пихты разного возраста (молодняки, спелые и перестойные). В отобранных образцах содержание липидов соответственно составило 14,1; 10,7; 8,7 и 11,4; 6,5; 5,0 %. Полученное снижение содержания липидов объективно объясняется уменьшением в процессе онтогенеза доли хвои в древесной зелени, увеличением в ней доли элементов старших возрастов [8]. Известно, что при одревеснении органов дерева в них повышается доля полисахаридов и лигнина и снижается доля низкомолекулярных компонентов [5]. Сравнение результатов исследований свидетельствует, что лучшим сырьем при комплексной переработке является древесная зелень молодняков. В ней содержится в 1,2–2 раза больше липидов, чем в охвоенных побегах спелых и перестойных деревьев. Переработка древесной зелени молодняка ели выгоднее, чем утилизация зелени спелых и перестойных деревьев пихты. Однако, судя по содержанию в сырье липидов, целесообразней перерабатывать охвоенные побеги перестойных деревьев пихты, чем спелых экземпляров ели.

Не меньшее значение имеет качественный состав липидов, прежде всего содержание биологически активных веществ (БАВ), среди которых важное место принадлежит пигментам и эфирному маслу.

На высокую биологическую активность пигментов и актуальность их использования указывают многие авторы [4, 5, 13, 15]. Их содержание в древесной зелени молодняка для разного времени года приведено в табл. 2.

Полученные данные согласуются с результатами исследований пигментов охвоенных побегов хвойных сибирских пород [1, 5, 13]. Различие в насыщенности хлорофиллом хвои пихты и ели составляет всего 5,3 %. Более существенно оно для каротиноидов, но их в составе пигментов всего около 11 %. Общее содержание пигментов в древесной зелени этих пород отличается в среднем менее чем на 10 % отн., что ниже их варьирования в отдельные месяцы года.

Вместе с тем годичная динамика пигментов и общих липидов заметно отличается. Если максимум первых отмечается в ноябре-декабре, когда вклад

Таблица 2

**Годичная динамика содержания пигментов (мг/кг абс. сухой массы)
в древесной зелени пихты и ели**

Месяц	Пихта			Ель		
	Хлорофиллы	Каротиноиды	Пигменты	Хлорофиллы	Каротиноиды	Пигменты
Январь	1789±21	296±10	2085	1618±18	189±8	1807
Февраль	1584±19	291±13	1878	1461±11	180±9	1614
Март	1688±11	183±11	1971	1603±10	189±8	1792
Апрель	1764±21	305±15	2069	1709±13	210±8	1918
Май	1525±15	267±8	1792	1588±18	181±11	1789
Июнь	1485±20	199±11	1684	1455±11	144±13	1599
Июль	1706±12	173±9	1879	1535±11	130±9	1665
Август	1822±11	215±9	2037	1691±14	120±8	1811
Сентябрь	1963±19	241±11	2204	1820±13	145±9	1965
Октябрь	2055±16	286±10	2336	1987±10	156±11	2143
Ноябрь	2223±12	293±14	2516	2132±13	177±12	2309
Декабрь	1832±15	301±10	2133	1768±11	194±12	1962
<i>x±m</i>	1786±62	263±13	2049±67	1695±60	168±8	1863±61
σ_x	215	45	233	208	28	212
V, %	12,1	17,0	11,4	12,6	16,8	11,4

липидов существенно снижается, то последних – в апреле-мае. Однако, в апреле-мае содержание липидов также высокое, что свидетельствует об эффективности утилизации рассматриваемого сырья в этот период.

Важная роль как в плане физиологии, так и в прикладном плане принадлежит эфирным маслам, процент которых в древесной зелени сибирских пород изменяется от 3,0...4,0 (пихта) до 0,3...0,4 (лиственница). В связи с этим их доля в липидном комплексе ассимиляционных органов хвойных деревьев различается в несколько раз [5, 11, 13]. В полной мере это относится к пихте и ели. При этом доля эфирного масла существенно изменяется как в годичном цикле, так и в ходе онтогенетического развития.

Годичная динамика содержания эфирного масла в древесной зелени пихты и ели изменяется существенным образом (табл. 3).

Таблица 3

**Изменчивость содержания эфирного масла (% от абс. сухой от массы)
в древесной зелени молодняка пихты и ели**

Месяц	Пихта	Ель	Месяц	Пихта	Ель
Январь	2,18	0,54	Сентябрь	3,52	0,83
Февраль	2,25	0,56	Октябрь	3,17	0,71
Март	2,31	0,66	Ноябрь	2,67	0,65
Апрель	2,79	0,70	Декабрь	2,03	0,60
Май	3,35	0,71	<i>x±m</i>	7,73±0,13	0,65±0,03
Июнь	2,71	0,55	σ_x	0,465	0,083
Июль	2,82	0,65	V, %	16,9	12,7
Август	2,95	0,68			

Как видно из табл. 3, динамика запасов эфирного масла в охвоенных побегах обеих пород одинакова. Их максимальные запасы отмечены в сентябре-октябре, минимальные – в декабре-январе, когда их доля в сырье снижается в 1,5–1,7 раза. Расхождение между этими породами на протяжении года, за исключением зимних месяцев и июня, не отличается существенным образом.

Большее практическое значение при переработке древесной зелени с получением пихтового масла имеет возраст древостоев. Его вклад для молодняков пихты и ели составил соответственно $3,07 \pm 0,09$ и $0,67 \pm 0,03$ %, для спелых древостоев – $2,16 \pm 0,12$ и $0,33 \pm 0,03$ %, для спелых фитоценозов – $1,23 \pm 0,08$ и $0,25 \pm 0,04$ %. Насыщенность терпеноидами охвоенных побегов молодняков в 2,5–2,7 раза выше по сравнению с перестойными деревьями, еще значительнее она по породному составу (4,6– 6,5 раз). По этой причине переработка древесной зелени перестойных деревьев пихты выгоднее, чем охвоенных побегов молодняка ели. Отсюда следует, что в технологиях, где главным товарным продуктом являются эфирные масла, совместная переработка древесной зелени пихты и ели нерациональна. Фактически это означает, что при совместной загрузке объем рабочего аппарата используется лишь наполовину.

В отличие от выхода компонентный состав пихтового и елового эфирных масел и его изменчивость в течение года и при старении деревьев близки. Основу масел составляют монотерпеновые углеводороды, на долю которых приходится более 60 % от их суммы. Среди них превалирует камфен, характерный для всей трибы пихтовых [3]. Значительная доля в монотерпеновой фракции принадлежит пиненам, лимонену и фелландрену. Суммарный вклад этих соединений в ней составляет свыше 80 %, они то и определяют ее потребительские и физико-химические свойства.

Наибольший вклад в кислородосодержащую фракцию (до 80 %) и в эфирное масло (30 % и выше) обеих пород вносит борнилацетат, содержание которого обуславливает сорт и ценность пихтового масла. При этом его соотношение с другими компонентами для спелых и перестойных деревьев в еловом масле выше, чем в пихтовом. Другие показатели елового масла также находятся в соответствии с ОСТ 13-221–86, разработанным для пихтового масла. Высокое содержание борнилацетата, близкий состав и соответствие нормативам не противоречат совместному использованию этих пород в производстве эфирного масла. Более того, для повышения его качества при перегонке эфирного масла из охвоенных побегов спелых и перестойных деревьев пихты целесообразно добавлять к ним древесную зелень молодняка ели.

Представительство сесквитерпеноидов в пихтовом, еловом и смешанных эфирных маслах незначительно (2...4 % от общей суммы). Основными компонентами этой фракции являются лонгифолен, кариофиллен и бизаболен.

Целесообразность совместной переработки древесной зелени пихты и ели существенно возрастает, если в качестве товарных продуктов, наряду с эфирным маслом, вырабатывать и хвойный экстракт. Он получается при кон-

центрировании кубового раствора, образующегося за счет вымывания конденсирующимся паром водорастворимых продуктов из сырья, до плотности $1,25 \text{ г/см}^3$. Их содержание в кубовом конденсате, скапливаемом при переработке охвоенных побегов пихты, составляет $8,83 \pm 0,44 \%$, ели – $8,61 \pm 0,51 \%$, т. е. практически одинаково. Незначительные расхождения отмечены и при анализе этих продуктов в конденсатах древесной зелени деревьев пихты и ели старших возрастов. Результаты исследований свидетельствуют, что эти продукты нетоксичны, успешно используются в качестве добавок в кормах для птиц и животных и полезны для оздоровления воздушной среды помещения [6, 10, 13]. Согласно проведенным расчетам, их выработка существенно увеличивает рентабельность производства.

Полученные данные подтверждают целесообразность совместной заготовки и переработки древесной зелени пихты и ели. Менее оправдан такой подход в производстве эфирного масла, когда этот продукт является единственной товарной продукцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданова Г.А. Биологически активные вещества в хвое и листьях древесных пород Сибири. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1975. 16 с.
2. Караваев С.В. Производство эфирного масла из отходов лесопромышленного комплекса Приморского края // Лесн. журн. 2008. № 1. С. 128–132. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Кинтя П.К., Фадеев Ю.М., Акимов Ю.А. Терпеноиды растений. Кишинев: Штиинца, 1990. 151 с.
4. Лебедева О.И., Тихомирова Г.В., Репях С.М. Липиды древесной зелени пихты и ели // Проблемы использования древесной зелени в народном хозяйстве СССР. Л.: ЛТА, 1984. С. 34–55.
5. Левин Э.Д., Репях С.М. Переработка древесной зелени. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 120 с.
6. Лобанов В.В., Степень Р.А. Древесная зелень – источник ценной продукции. Красноярск: СибГТУ, 2004. 68 с.
7. Мосягин В.И. Вторичные ресурсы лесного комплекса. СПб.: СПбЛТА, 1998. 232 с.
8. Поздняков Л.К. Продуктивность лесов Сибири // Ресурсы биосферы. Л.: ЛТА, 1975. С. 43 – 45.
9. Рекомендации по модернизации пихтоваренных установок и увеличению производства пихтового масла на предприятиях Минлесбумпрома СССР / Г.В. Ляндрес [и др.] Красноярск: СибНИИЛП, 1986. 51 с.
10. Репях С.М., Рубчевская Л.П. Химия и технология переработки древесной зелени. Красноярск: КГТА, 1994. 320 с.
11. Степень Р.А., Репях С.М. Летучие терпеноиды сосновых лесов. Красноярск: СибГТУ, 1998. 406 с.
12. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.Н. Основы научных исследований. Ч. 3. Красноярск: СибГТУ, 2004. 360 с.

13. Черняева Г.Н., Долгодворова С.Я., Степень Р.А. Утилизация древесной биомассы. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. 166 с.

14. Юдкевич Ю.Д., Васильев С.М., Ягодин В.И. Получение химических продуктов из древесных отходов. СПб.: СПбЛТА, 2002. 84 с.

15. Ягодин В.И., Евтюгин Д.В., Левенталь Ю.К. Промышленная технология переработки древесной зелени и пути ее дальнейшего развития // Производство кормовых и биологических активных продуктов из отходов и низкокачественного древесного сырья. Красноярск: СибНИИЛП, 1990. С. 42–47.

Поступила 05.02.10

E.V. Petrenko¹, V.N. Parshikova¹, R.A. Stepen²

¹Siberian Federal University

²Siberian State Technological University

Efficiency of Co-Processing of Wood Green of Fir and Spruce

The possibility of co-processing of wood green of fir and spruce was evaluated by comparing the dynamics of lipids and some of their components of the annual cycle. The efficiency of this approach is proved, with the exception of production having essential oil as its only product.

Keywords: wood green, fir, spruce, lipids, pigments, essential oil.
