

УДК 634.0.866

Совместная переработка древесной зелени темнохвойных пород

Е.В. Петренко^{1а}, В.Н. Паршикова^{1б}, Р.А. Степень^{2с}

¹Торгово-экономический институт Сибирского федерального университета, ул. Л. Прушинской 2, Красноярск, Россия

²Сибирский государственный технологический университет, ул. Мира 82, Красноярск, Россия

^а evr.2011@yandex.ru, ^б pvn46a@mail.ru, ^с stepen.rob@yandex.ru

Статья получена 6.05.2014, принята 27.07.2014

Содержание и динамика пигментов и водорастворимых веществ, а также компонентный состав эфирного масла древесной зелени пихты и ели являются близкими, что указывает на целесообразность их совместной переработки. Совместная заготовка сырья позволяет механизировать ее проведение, благодаря чему из регламента исключается ручная дорогостоящая операция. Это дает возможность совместить заготовку и подготовку сырья к переработке, проведение которых может осуществляться при его транспортировании с лесосеки на промышленную площадку предприятия. Экономическая эффективность предлагаемой технологии достигается лишь при выработке, наряду с традиционным эфирным маслом, хвойных экстрактов. Результаты лабораторных исследований указывают на возможность модифицирования ими фенолоформальдегидных смол, открывающую перспективы их широкого применения в мебельной отрасли и в производстве древесных плит. Следствием этого должно стать развитие на базе малоэнергетических пихтово-еловых массивов постоянно действующих лесохимических комплексов. Внедрение технологии и разработка рабочего аппарата, сочетающего отгонку острым водным (этанольным) паром и орошение флорентинной водой (раствором этанола) сырья, позволяет увеличить выход товарного продукта до 15-17 % от абс. сухой массы и ускорить производственный процесс.

Ключевые слова: эфирное масло, хвойный экстракт, совместная заготовка и переработка сырья.

Co-processing of wood greens from dark coniferous species

E. V. Petrenko^{1а}, V. N. Parshikova^{1б}, R. A. Stepen^{2с}

¹Institute of Trade and Economics of Siberian Federal University, 2 Prushinskaya St., Krasnoyarsk, Russia

²Siberian State Technological University, 82 Mira St., Krasnoyarsk, Russia

^а evr.2011@yandex.ru, ^б pvn46a@mail.ru, ^с stepen.rob@yandex.ru

Received 6.05.2014, accepted 27.07.2014

Content and dynamics of pigments and water-soluble substances, as well as component composition of essential oil of wood fir and spruce greens are similar. It denotes the practicability of their co-processing. By co-stocking raw materials it allows mechanizing its implementation and excluding expensive manual operation. It gives a possibility to combine stocking and preparation of raw materials for processing which is possible only under transportation of raw materials from the cutting area to the industrial site of the enterprise. Economic effectiveness of the technology proposed can be achieved only by producing pine extracts along with traditional essential oil. The laboratory results indicate the possibility of modifying phenol-formaldehyde resins by them which opens prospects for their widespread use in the furniture-making industry and in the production of wood panels. The consequence of this should be the development of permanent wood chemical complexes on the basis of low-power fir-and-spruce sets. Implementation of the technology and development of the system, combining direct water-steam distillation (ethanolic) and irrigation with florentine water (ethanol) of raw materials allows increasing the output of market product up to 15-17% of the absolute dry weight and accelerating the manufacturing process.

Keywords: essential oil, pine extract, co-stocking and co-processing of raw materials.

Введение. В связи с частым произрастанием пихты и ели на одной площади осуществляется их совместная рубка, единственным товарным продуктом которой является стволовая древесина. Полезно используется не более половины древесной биомассы, характеризующейся из-за малой плотности низким качеством. Вследствие этого нередко островки пихтово-еловой тайги остаются нетронутыми. Вместе с тем показано, что стоимость продуктов переработки древесной зелени пихты, составляющей свыше 20 % биомассы, значительно дороже древесины на одном и том же участке леса [1, 2]. Организация переработки этого сырья с переводом затрат за уборку лесосеки на данное производ-

ство позволяет повысить конкурентоспособность пиломатериалов, расширить ассортимент товарных продуктов и решить ряд социальных вопросов. Внедрение такого производства сдерживается тем, что до настоящего времени технология переработки древесной зелени ели, как и отдельная механизированная заготовка охвоенных побегов пихты и ели, отсутствует. При оценке возможности совместной переработки сырья важно сравнить выход продуктов, получаемых по существующим технологиям переработки древесной зелени темнохвойных пород.

Целью исследования является обоснование технологии совместной переработки древесной зелени пихты

и ели, что может стимулировать утилизацию последней, повысить выход эфирного масла и хвойного экстракта и ускорить процесс их выделения.

Методы исследования. Для пихтовой древесной зелени разработаны экстракционные технологии. Однако по сравнению с пихтоварением они более сложны, требуют большей квалификации обслуживания, опасны в пожарном отношении и нуждаются в существенных капитальных вложениях [7, 8].

Для обоснования технологии совместной переработки древесной зелени пихты и ели, последняя из которых в сибирском регионе пока не находит потребления, необходимо сравнить их состав, прежде всего компонентов эфирного масла и хвойного экстракта, то есть летучих терпеноидов, водорастворимых веществ и пигментов. Важную роль в данном случае принадлежит сезонной динамике этих компонентов и возрасту деревьев.

Древесную зелень пихты и ели отбирали в середине каждого месяца в средней части кроны пихтово-еловых древостоев, произрастающих в 85 км к западу от г. Красноярск (молодняк (15-20 лет), спелых (100-110

лет) и перестойных (130-150 лет) насаждений). Отбор проводился внутри массивов из 10-12 нормально развитых деревьев. В лабораторных условиях образцы обрабатывали, охвоенные побеги измельчали до 3-5 мм и перемешивали. В отобранных из такой смеси пробах стандартными методами, в двукратной повторности, определяли влажность, содержание эфирного масла, водорастворимых веществ и пигментов [9]. Эфирное масло отгоняли из сырья острым паром в аппаратах Клевенджера, его выход находили волюмометрически, состав – методом ГЖХ с использованием набивной колонки (SE-30) и пламенно-ионизационного детектора. Вклад водорастворимых продуктов, которыми в основном определяется выход хвойного экстракта, – гравиметрическим путем. Концентрацию хлорофиллов и каротиноидов определяли по интенсивности оптической плотности ацетоновых экстрактов при соответствующих длинах волн. Изменение содержания эфирного масла, водорастворимых продуктов и пигментов в древесной зелени пихты и ели в течение годового цикла приведено в табл. 1.

Таблица 1

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

| Месяц | Эфирное масло | | Водорастворимые | | Хлорофиллы | | Каротиноиды | |
|-----------------|---------------|-----------|-----------------|---------|------------|---------|-------------|--------|
| | Пихта | Ель | Пихта | Ель | Пихта | Ель | Пихта | Ель |
| Январь | 2,18±0,07 | 0,54±0,03 | 7,6±0,6 | 7,7±0,5 | 1789±21 | 1618±18 | 296±10 | 189±8 |
| Февраль | 2,25±0,07 | 0,56±0,03 | – | – | 1584±19 | 1461±11 | 291±13 | 180±9 |
| Март | 2,31±0,05 | 0,66±0,04 | 8,2±0,4 | 7,2±0,5 | 1688±11 | 1603±10 | 183±11 | 189±8 |
| Апрель | 2,79±0,06 | 0,70±0,03 | 8,4±0,5 | 5,4±0,5 | 1764±21 | 1709±13 | 305±15 | 210±8 |
| Май | 3,35±0,04 | 0,71±0,02 | 6,8±0,4 | 4,7±0,4 | 1525±15 | 1588±18 | 267±8 | 181±11 |
| Июнь | 2,71±0,04 | 0,55±0,02 | 5,8±0,4 | 4,4±0,4 | 1485±20 | 1455±11 | 199±11 | 144±13 |
| Июль | 2,82±0,05 | 0,65±0,03 | – | – | 1706±12 | 1535±11 | 173±9 | 130±9 |
| Август | 2,95±0,09 | 0,68±0,03 | 8,4±0,6 | 7,1±0,5 | 1822±11 | 1691±14 | 215±9 | 120±8 |
| Сентябрь | 3,52±0,06 | 0,83±0,04 | 9,5±0,5 | 8,0±0,4 | 1963±19 | 1820±13 | 241±11 | 145±9 |
| Октябрь | 3,17±0,06 | 0,71±0,03 | 9,1±0,5 | 7,5±0,5 | 2055±16 | 1987±10 | 286±10 | 156±11 |
| Ноябрь | 2,67±0,08 | 0,65±0,02 | 8,3±0,3 | 7,3±0,5 | 2223±12 | 2132±13 | 293±14 | 177±12 |
| Декабрь | 2,03±0,07 | 0,60±0,02 | 8,0±0,4 | 7,9±0,3 | 1832±15 | 1768±11 | 301±10 | 194±12 |
| $\bar{x} \pm m$ | 2,73±0,13 | 0,65±0,03 | 8,0±0,3 | 6,5±0,4 | 1786±62 | 1695±60 | 263±13 | 168±8 |
| σ_x | 0,465 | 0,083 | 1,089 | 1,233 | 215 | 208 | 45 | 28 |
| $X_{\min-\max}$ | 2,03-3,25 | 0,54-0,83 | 5,8-9,5 | 4,4-8,0 | | | | |
| V, % | 16,9 | 12,7 | 13,6 | 18,9 | 12,1 | 12,6 | 17,0 | 16,8 |

Результаты и их обсуждение. Вегетационное развитие растений существенно отражается на содержании компонентов древесной зелени пихты и ели. При практически одинаковых сезонных изменениях эфирного масла у обеих пород их вклад значительно (в среднем в 4,2 раза) различается. Его максимальные запасы найдены в сентябре-октябре, минимальные, меньшие в 1,5-1,7 раза – в декабре. С учетом этих данных и ухудшением условий эксплуатации (понижение температуры, опад хвои при рубке и транспортировке, бездорожье) работа установок в зимний и ранний весенний периоды вряд ли целесообразна. Важная роль принадлежит и возрасту пихты и ели. Если в древесной

зелени молодняков их содержание равно соответственно 2,73 и 0,65 %, то спелых древостоев – 2,16 и 0,33 %, а перестойных – 1,23 и 0,25 %.

В отличие от выхода компонентный состав пихтового и елового эфирных масел является близким. Их основу составляют монотерпеновые углеводороды (свыше 60 % общей суммы), среди которых превалирует камфен. Значителен вклад в обоих маслах борнил-ацетата, составляющего 70-80 % кислородсодержащей фракции. Представительство сесквитерпеноидов 2-4 %. Важно, что показатели елового масла полностью соответствуют ОСТ 13-221-86, разработанному для пихтового масла.

Существенное различие в выходе эфирных масел при близком компонентном составе свидетельствует, что совместная переработка древесной зелени пихты и ели при получении в качестве единственного товарного продукта эфирного масла вряд ли целесообразна. При этом следует учитывать и возраст растений. Вместе с тем положение может существенно измениться при расширении ассортимента продукции, в частности, при выработке хвойного экстракта.

Приготовление пихтово-елового экстракта проводили согласно методике концентрированием кубового конденсата при 100 °С и постоянном перемешивании до содержания в нем сухих веществ около 50 %. Результаты анализа полученного продукта сравнивали с

литературными данными по пихтовому экстракту [10].

Основу хвойного экстракта составляют водорастворимые вещества, экстрагируемые горячей водой при конденсации острого пара, которым из сырья отгоняется эфирное масло. В обоих видах охвоенных побегов их содержание является достаточно близким. Динамика вклада этих продуктов, как и эфирного масла, в этих охвоенных побегах темнохвойных древесных пород практически одинакова. Наиболее богата водорастворимыми веществами древесная зелень пихты и ели в сентябре-октябре, обеднена – в мае-июне (табл. 1). Основные показатели пихтово-елового и, для сравнения, пихтового экстрактов, характеризующих свойства этих продуктов, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Компонентный состав хвойных экстрактов

| Показатели | Пихтово-еловый экстракт | Пихтовый экстракт |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Внешний вид | темно-коричневая жидкость | |
| Запах | пихтово-еловый | пихтовый |
| Содержание сухих веществ, % | 49,6 | 49,9 |
| Нерастворимые в воде вещества, % | 1,7 | 2,0 |
| Зольность, % | 4,5 | 4,5 |
| Моносахариды, г/л | 93,9 | 95,8 |
| Легкогидролизуемые вещества, г/л | 73,5 | 75,1 |
| Дубильные вещества, г/л | 6,2 | 6,0 |
| Общие фенолы, г/л | 37,7 | 39,1 |
| Органические кислоты, г/л | 21,4 | 20,1 |
| Смолистые вещества, г/л | 6,0 | 6,3 |

Органолептические и химические показатели сравниваемых образцов одинаковы, что указывает на сходство их потребительских свойств и возможность единого потребления. Эффективность использования экстрактов для подкормки животных, ветеринарии и профилактики здоровья людей обосновывается также высоким содержанием в анализируемом продукте биологически активных веществ, мг/%: хлорофиллов – 57,3, каротиноидов – 19,4, витамина С – 9,1. Причем вклад и годичная динамика пигментов в древесной зелени пихты и ели отличаются несущественно (табл. 1).

Разработки, свидетельствующие об эффективности применения хвойных экстрактов в мебельном и плитном производствах [11, 12], открывают перспективу крупнотоннажного развития данного лесохимического направления. Востребованность такой продукции указывает на целесообразность совместной заготовки и переработки древесной зелени пихты и ели.

Совместная заготовка охвоенных побегов деревьев темнохвойных пород позволяет успешно модернизировать технологию переработки. Прежде всего, это относится к замене ручной дорогостоящей операции заготовки сырья механизированной, совмещенной с первичной обработкой стволов. Оборудование, необходимое для проведения подобных операций, разработано и успешно применяется при проведении рубок [5]. Накапливающаяся в их бункере древесная зелень на лесосеке может перегружаться на специальный транспорт,

снабженный устройством, измельчающим ее до заданных размеров в процессе доставки. Измельчение сырья возможно и в самом «хвоетоделителе». Из автотранспорта оно перегружается в бункер склада, из которого вентилятором высокого давления подается в циклон рабочего аппарата [5]. Поступающая в циклон установки древесная зелень посредством гибкого рукава загружается на решетки камеры, благодаря чему механизируется выгрузка отработанного остатка.

При получении в качестве товарных продуктов наряду с эфирным маслом хвойного экстракта, что необходимо при включении в сырье древесной зелени ели, представляется целесообразным и усовершенствование самого рабочего аппарата. Для ускорения вымывания экстрактивных веществ, являющихся компонентами хвойного экстракта, важно чтобы оно осуществлялось не только конденсатом проходящего через сырье пара, но и стекающей флорентинной водой. С учетом этого разработана установка, в которой вода орошает древесную зелень по внутреннему и внешнему циклам [13]. При переработке бедного эфирным маслом сырья установка функционирует по внутреннему, менее энергозатратному циклу, когда флорентинная вода находится только внутри рабочего аппарата; богатого – вода отделяется от масла вне камеры и вводится в нее на верхнем уровне размещения сырья. При обоих режимах благодаря дополнительной обработке древесной зелени флорентинной водой возрастает выход экстрактивных веществ и

сокращается продолжительность процесса. В связи с возвратом при этом из воды водорастворимой, богатой борнилацетатом фракции несколько увеличивается выход и улучшается качество эфирного масла. Внедрение предлагаемой технологии позволяет увеличить выход товарной продукции с 2-3 %, как при пихтоварении, до 15-17 % (1,5-2,5 % эфирного масла и 13-15 % хвойного экстракта) с использованием ранее не утилизируемого пихтово-елового сырья и сокращением продолжительности отгонки.

При модернизации установки предусматривается и утилизация воды, отгоняемой при получении хвойного экстракта из кубового конденсата. Она добавляется к поступающей на орошение флорентинной воде.

Утилизация отработанной древесной зелени дает возможность организовать производство хвойной витаминной муки, а в сочетании с животноводческим хозяйством – органических удобрений.

Выводы

Таким образом, совместная комплексная переработка древесной зелени позволяет утилизировать неиспользуемые лесосечные отходы с переложением на их производство затрат деревоперерабатывающего предприятия. Выработка эфирного масла и хвойного экстракта, особенно при его потреблении в мебельном и плитном производствах, открывает перспективу создания на базе истощенной рубками тайги предприятий малого предпринимательства.

Литература

1. Манаков В.А., Ляндрес Г.В. Производство кормовых и биологически активных веществ на основе низкосортной древесины и отходов лесопромышленного комплекса // Сб. науч. тр. Красноярск: СибНИИЛП, 1990. С. 3-6.
2. Юджевич Ю.Д., Васильев С.Н., Ягодин В.И. Получение химических продуктов из древесных отходов. СПб.: СПбЛТА, 2002. 84 с.
3. Репях С.М., Левин Э.Д. Кормовые продукты кроны дерева. М.: Лесн. пром-сть, 1998. 95 с.
4. Нетеса В.А., Перишкина Г.И., Черняева Г.Н. Биологическая активность хвойного экстракта // Промышленное использование древесной зелени в народном хозяйстве: сб. ст. Л.: ЛТА, 1984. С. 66-67.
5. Ляндерс Г.В., В.А. Манаков В.А., Бащенко А.А. Рекомендации по модернизации пихтоваренных установок. Красноярск: СибНИИЛП, 1986. 54 с.
6. Степень Р.А., Невзоров В.Н., Невзорова Т.В. Организация производства пихтового масла. Красноярск: КрасГАУ, 1984. 54 с.
7. Невзоров В.Н., Голубев И.В., Науменко М.Ю. Новое оборудование для переработки зелени пихты // Комплексное использование растительных ресурсов лесных экосистем: сб. ст. Красноярск: КГТЭИ, 2004. С. 166-168.
8. Ралдугин В.А. Полипrenoлы древесной зелени пихты сибирской // Химия в интересах устойчивого развития. 1995. № 1. С. 15-77.
9. Ушанова В.М., Лебедева О.И., Девятловская А.И. Основы научных исследований. Исследование химического состава растительного сырья. Красноярск: СибГТУ, 2004. 399 с.
10. Черняева Г.Н., Манакова В.А., Ляндрес Г.В. Комплексная безотходная технологическая переработка древес-

ной зелени и коры пихты сибирской // Биотехнология в лесном хозяйстве и в лесной промышленности: сб. ст. Варна, 1986. С. 39-40.

11. Петренко Е.В., Паршикова В.Н., Степень Р.А. Гидротермопереработка елово-пихтовой древесной зелени // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. Барнаул: АлГУ, 2012. С. 520-521.

12. Петренко Е.В., Паршикова В.Н., Степень Р.А. Применение экстракта древесной зелени в качестве клеящего материала // Актуальные проблемы современной науки и техники и пути их решения: сб. ст. Красноярск: КГТЭИ, 2010. С. 157-190.

13. Петренко Е.В., Паршикова В.Н., Степень Р.А. Лаборатория-установка для изучения динамики температурного экстрагирования растительного сырья: пат. 123334, Рос. Федерация. № 2012131013; заявл. 19.07.12; опубл. 27.12.12, Бюл. № 36. 3 с.

References

1. Manakov V.A., Lyandres G.V. Proizvodstvo kormovykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv na osnove nizkosortnoi drevesiny i otkhodov lesopromyshlennogo kompleksa // Sb. nauch. tr. Krasnoyarsk: SibNIILP, 1990. P. 3-6.
2. Yudkevich Yu.D., Vasil'ev S.N., Yagodin V.I. Poluchenie khimicheskikh produktov iz drevesnykh otkhodov. SPb.: SPbLTA, 2002. 84 p.
3. Ropyakh S.M., Levin E.D. Kormovye produkty krovy dereva. M.: Lesn. prom-st', 1998. 95 p.
4. Netesa V.A., Peryshkina G.I., Chernyaeva G.N. Biologicheskaya aktivnost' khvoynogo ekstrakta // Promyshlennoe ispol'zovanie drevesnoi zeleni v narodnom khozyaistve: sb. st. L.: LTA, 1984. P. 66-67.
5. Lyanders G.V., V.A. Manakov V.A., Batsenko A.A. Rekomendatsii po modernizatsii pikhtovarenykh ustanovok. Krasnoyarsk: SibNIILP, 1986. 54 p.
6. Stepen' R.A., Nevzorov V.N., Nevzorova T.V. Organizatsiya proizvodstva pikhtovogo masla. Krasnoyarsk: KrasGAU, 1984. 54 p.
7. Nevzorov V.N., Golubev I.V., Naumenko M.Yu. Novoe oborudovanie dlya pererabotki zeleni pikhty // Kompleksnoe ispol'zovanie rastitel'nykh resursov lesnykh ekosistem: sb. st. Krasnoyarsk: KGTEI, 2004. P. 166-168.
8. Raldugin V.A. Poliprenoly drevesnoi zeleni pikhty sibirskoi // Khimiya v interesakh ustoichivogo razvitiya. 1995. № 1. P. 15-77.
9. Ushanova V.M., Lebedeva O.I., Devyatlovskaya A.I. Osnovy nauchnykh issledovaniy. Issledovanie khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ya. Krasnoyarsk: SibGTU, 2004. 399 p.
10. Chernyaeva G.N., Manakova V.A., Lyandres G.V. Kompleksnaya bezotkhodnaya tekhnologicheskaya pererabotka drevesnoi zeleni i kory pikhty sibirskoi // Biotekhnologiya v lesnom khozyaistve i v lesnoi promyshlennosti: sb. st. Varna, 1986. P. 39-40.
11. Petrenko E.V., Parshikova V.N., Stepen' R.A. Gidrottermopererabotka elovo-pikhtovoi drevesnoi zeleni // Novye dostizheniya v khimii i khimicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ya. Barnaul: AIGU, 2012. P. 520-521.
12. Petrenko E.V., Parshikova V.N., Stepen' R.A. Primenenie ekstrakta drevesnoi zeleni v kachestve kleyashchego materiala // Aktual'nye problemy sovremennoi nauki i tekhniki i puti ikh resheniya: sb. st. Krasnoyarsk: KGTEI, 2010. P. 157-190.
13. Petrenko E.V., Parshikova V.N., Stepen' R.A. Laboratoriya-ustanovka dlya izucheniya dinamiki temperaturnogo ekstragirovaniya rastitel'nogo syr'ya: .pat. 123334, Ros. Federatsiya. № 2012131013; zayavl. 19.07.12; opubl. 27.12.12, Byul. № 36. 3 p.