

## Совершенствование пихтоваренного производства

Р.А. Степень<sup>а</sup>, В.Н. Невзоров<sup>б</sup>, Т.В. Невзорова<sup>с</sup>

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

<sup>а</sup>stepen.rob@yandex.ru, <sup>б</sup>evp.2011@yandex.ru, <sup>с</sup>evp.2011@yandex.ru

Статья поступила 22.09.2014, принята 17.11.2014

*Благодаря включению в систему подачи пара специальной конструкции парораспределителя разработанная авторами установка обеспечивает равномерное прогревание всего обрабатываемого массива древесной зелени. Кроме того, конструкция патентуемого устройства способствует дополнительному прогреву сырья через боковую стенку камеры выходящими дымовыми газами, сокращает продолжительность отгонки на 3–4 часа и время пребывания эфирного масла при повышенной температуре. Такая конструкция камеры, в связи с ускоренным выведением из высокотемпературной зоны эфирного масла, снижает интенсивность протекания окислительных и поликонденсационных процессов, что увеличивает выход и улучшает качество товарного продукта. Совершенствование установки состоит в модификации ее флорентинского устройства. Модификация заключается в пространственном разделении потоков опускающегося вниз водомасляного конденсата и поднимающегося вверх эфирного масла. Наибольшее влияние на разделение смеси оказывает тип устройства. Температура дистиллята и скорость подачи оказывают меньшее влияние на выделение масла, их действие противоположно: для протекающего процесса повышение температуры способствует разделению, в то время как ускорение потока ухудшает его. Предлагаемая модификация улучшает отделение терпеноидов из флорентинной воды, что ведет к увеличению их выхода и снижает загрязнение водоемов.*

**Ключевые слова:** пихта сибирская, модернизация, перегонная камера, эфирное масло, тепло дымовых газов.

## Modernization of fir-tree processing production

R.A. Stepen<sup>a</sup>, V.N. Nevzorov<sup>b</sup>, T.V. Nevzorova<sup>c</sup>

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

<sup>a</sup>stepen.rob@yandex.ru, <sup>b</sup>evp.2011@yandex.ru, <sup>c</sup>evp.2011@yandex.ru

Received 22.09.2014, accepted 17.11.2014

*Due to the steam distributor of a special design included into the steam supply system, the developed installation provides uniform heating of the entire solid wood of the processed wood greens. Furthermore, the design of the patented device facilitates additional heating of the raw materials through the chamber sidewall by smoke gases. It reduces distillation period up to 3-4 hours and the time for the essential oil to be under increased temperature. Due to rapid removing of the essential oil from the high temperature zone, such camera design reduces the intensity of oxidation and polycondensation processes, which increases the output and improves the quality of a commodity product. Modernization of installation consists of modification of its florentine device. Modification is the spatial separation of water and oil condensate flows going down and the essential oil going up. The greatest impact on mixture separation has a type of the device. Both temperature of the distillate and delivery rate have less influence on the essential oil separation. However, when the temperature is increased, there is separation in the ongoing process, whereas, flow acceleration worsens it. The modification presented improves the separation of terpenoids from florentine water, which leads to the increase of their output and reduces water pollution.*

**Key words:** Abies sibirica, modernization, distillate chamber, essential oil, heat of smoke gases.

**Введение.** При обладании огромными лесными ресурсами (850 млн га) доля России в мировом объеме производства составляет всего около 3 %, что далеко не соответствует ее возможностям [1]. Главной причиной сложившегося положения является серьезное недоиспользование лесосеки, которая выбирается всего на 22–24 %. Недорубы объясняются ослаблением рынков сбыта, серьезным износом оборудования и разрушением сложившейся в 1980–1990 гг. инфраструктуры. Однако не менее значимую роль играет узкая специализация переработки древесины, практически ограничивающаяся лесопилением. По этой причине все затраты, связанные с уборкой и размещением лесосечных

отходов и отходов лесопиления, накладываются на основную продукцию комбинатов, делая ее мало конкурентной, а предприятия — малопривлекательными для инвестиций. Решение вопроса видится в выработке дополнительной продукции. Применительно к Сибири это пихтоварение — сравнительно хорошо отработанное производство, не требующее сложного оборудования и серьезных капитальных вложений [2]. Его совершенствование позволит повысить рентабельность предприятий и увеличить ассортимент товарной продукции.

Целью исследования является изучение возможности совершенствования пихтоваренного производства,

обеспечивающего переработку лесосечных отходов, реализация которых снижает себестоимость и повышает конкурентную способность продукции лесоперерабатывающих предприятий.

**Методы исследования.** На лесосеке в Сибири остается до половины порубочных остатков, 15–20 процентов которых представлены охвоенные побегами [1, 2]. В них содержится большое количество менее «упакованных» по сравнению с древесиной биологически активных и энергетических компонентов, которые достаточно просто выделяются в качестве товарной продукции. В случае переработки пихты сибирской, одной из основных сибирских лесообразующих пород, к таковой относится пихтовое масло, используемое в самых разных отраслях.

Сравнительная простота выделения эфирного масла — летучих терпеноидов объясняется их появлением на ранних стадиях метаболизма. Образование изопрена — родоначальника терпеноидов, основных компонентов хвойного эфирного масла, происходит непосредственно из углеводов через мевалоновую кислоту [3]. В результате комплекса реакций она превращается сначала в геранил-, а затем в фарнезилдифосфат, соответственно, превращающиеся в моно- и и сесквитерпеноиды. В растительных тканях они присутствуют в виде свободных и смешанных (меро)терпеноидов. Для отгонки острым паром первых достаточно их появления на поверхности частиц сырья, вторых — необходимо предварительно разорвать связи между терпеновой и нетерпеновой частями молекул, для чего требуются дополнительное время и энергия. В практическом плане это означает удлинение продолжительности отгонки и больший расхода топлива.

Совершенствование конструкции установки направлено на снижение влияния этих недостатков — сокращение времени процесса выделения эфирного масла и оптимизацию использования тепла.

**Результаты и их обсуждение.** Вопросам ускорения процесса отгонки масла и теплосбережения в пихтоваренном производстве и ранее уделялось серьезное внимание. В основном оно касалось утилизации тепла дымовых газов и флорентинной воды [2, 4, 5 и др.]. Последняя из них использовалась для подпитки котла, что, помимо сбережения тепла, снижает расход свежей воды и образование накипи на стенках труб. Тепло дымовых газов применяется для подогрева воды перед ее поступлением в парогенератор и концентрирования кубового конденсата при получении из него пихтового экстракта. Теплосбережение достигается также при пропускании его по каналам, расположенным в рубашке, пространство которой для аккумуляции тепла предыдущих варок заполнено кварцевым песком [6]. Более эффективен обогрев измельченной древесной зелени, расположенной у стенок перегонной камеры, при пропускании по каналам дымовых газов [7].

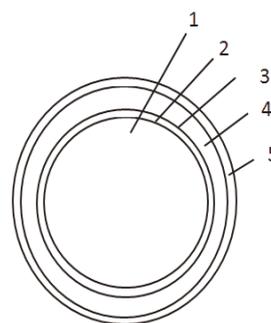
Для осуществления этого перегонная камера размещается в герметичном корпусе, который служит ей рубашкой. Пространство между наружной стенкой камеры и корпусом разделено тонкостенной металлической перегородкой. Ближайшее к камере пространство заполняется теплопроводным порошком. По другую

сторону перегородки располагаются каналы для пропускания дымовых газов. Оставшийся перед внутренней стенкой корпуса объем (с изолированием дымовых газов перегонкой или без него) заполняется теплоизоляционной массой, что способствует аккумуляции тепла в теплоизоляции установки. Горизонтальный срез перегонной камеры приведен на рис. 1.

Контактирование перерабатываемой древесной зелени с нагретыми дымовыми газами стенками камеры сокращает интервал между окончанием ее загрузки и началом выделения масла. Согласно результатам эксперимента на пилотной установке и их пересчету на рабочий регламент, благодаря этому продолжительность отгонки уменьшается на 1,5 ч. Важно также, что предварительный нагрев стенки камеры ускоряет выход установки на рабочий режим. Помимо сокращения продолжительности отгонки, это уменьшает время пребывания терпеноидов в рабочей (высокотемпературной) зоне, в связи с чем снижаются их окислительные и поликонденсационные превращения. В результате этого возрастает выход и улучшается качество эфирного масла.

Важным достоинством патентуемой установки [7] является оптимизация паровой обработки сырья. Она осуществляется благодаря подаче пара как из центрального, так и бокового парораспределителей, благодаря чему достигается равномерная обработка древесной зелени во всем объеме перегонной камеры.

Результаты сравнительных опытов с обогревом и без обогрева стенок камеры показывают, что выход масла увеличивается на 0,35–0,40 %. Это означает, что в течение сезона выработка на установке возрастает на 100 кг и больше. При этом содержание борнилацетата в эфирном масле повышается на 2,5–3 %, и оно переводится в более высокую категорию качества.



**Рис. 1.** Горизонтальное сечение боковой стенки перегородки: 1 — камера, 2 — стенка камеры, 3 — стенка дымохода, 4 — дымоход, 5 — нетеплопроводная засыпка

Не менее значимым достоинством модернизации перегонной камеры является сокращение продолжительности отгонки. Пересчет полученных на пилотной установке данных на существующий регламент пихтоварения показывает, что при внедрении рассмотренного усовершенствования процесс в целом снижается на 3–4 ч.

Большое значение в пихтоварении также имеет работа флорентинного устройства, в котором эфирное масло выделяется из дистиллята водомасляных паров. Анализ выходящей из него флорентинной воды рабо-

чих установок показывает, что, помимо растворенного в ней эфирного масла (0,2 %) [2], оно находится во взвешенном состоянии — в виде плавающей на поверхности пленки. Его потери в данном случае, в зависимости от эффективности работы устройства, в течение цикла составляют 0,2–0,5 л, и, соответственно, при 60–70 циклах в сезоне — 15–30 л. Образование мелко-дисперсной эмульсии происходит в связи с постоянным перемешиванием поднимающегося во флорентинном устройстве эфирного масла с поступающим в него из холодильника потоком.

Полноту отделения масла экспериментально проверяли на стандартном и разработанном аппаратах. Модельную смесь (10 г пихтового масла в 1000 мл воды) в 10-кратной повторности, при постоянном перемешивании, пропускали через эти устройства. Различие в количестве находящегося в смеси и выделяемого из нее масла и его варьирование в сравниваемых вариантах выражается в виде тенденции. Нагляднее оно проявляется при сопоставлении потери масла, которая на треть меньше в случае использования разработанного устройства, чем стандартной флорентины. При критерии разделения ( $y$ , %) в качестве переменных взяты температура дистиллята ( $x_1$ , 20–40 °С), скорость его подачи ( $x_2$ , 60–120 мл/мин.) и тип устройства ( $x_3$ , сравниваемые аппараты). При обработке данных методом множественного регрессивного анализа с помощью пакета MS Excel и StatSoft Statistica 6.0 найдено, что потери эфирного масла при использовании этих устройств выражаются уравнением:

$$y = 0,43760 - 0,00077 x_1 + 0,00060 x_2 - 0,09385 x_3$$

с множественным коэффициентом корреляции 0,944 и статистической значимостью регрессии  $< 0,05$ .

Согласно уравнению наибольшее влияние на разделение смеси оказывает тип устройства, значение коэффициента при котором значительно превышает эту величину при других переменных. Температура дистиллята и скорость подачи оказывают меньшее влияние на выделение масла. При этом их действие противоположно для протекающего процесса — повышение температуры способствует разделению, ускорение потока ухудшает его.

Представляет интерес факт, что при использовании разработанного устройства в сбрасываемой флорентинной воде на треть и больше сокращается содержание эфирного масла, прежде всего терпеновых углеводов, благодаря чему снижается угнетение флоры и фауны водоемов.

### Заключение

Совершенствование перегонной камеры, предусматривающей обогрев ее боковой стенки дымовыми газами, сокращает продолжительность отгонки на 3–4 ч и время пребывания эфирного масла при повышенной температуре, благодаря чему возрастает его выход и улучшается качество. Этой же цели способствует обработка сырья паром из центрального и бокового паро-

распределителей. Модификация флорентинного устройства, заключающаяся в отделении посредством перегородки с зазором приемной части от основного объема аппарата, способствует полноте выделения эфирного масла и снижению угнетения флоры и фауны водоемов сбрасываемой в него флорентинной водой.

### Литература

1. Дитрих В.И., Андриянс А.А., Пережилин А.И., Корпачев В.П. Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края // Хвойные бореальные зоны. 2010. Т. 27. С. 346–351.
2. Степень Р.А., Невзоров В.Н., Невзорова Т.В. Организация производства пихтового масла. Красноярск: КрасГАУ, 2010. 104 с.
3. Пасешниченко В.А. Биосинтез и биологическая активность растительных терпеноидов и стероидов // Итоги науки и техники. Биологическая химия. 1987. Т. 25. 194 с.
4. Ляндрес Г.В., Манаков В.А., Степень Р.А. Рекомендации по модернизации пихтоваренных установок и увеличению производства пихтового масла на предприятиях Минлесбумпрома СССР. Красноярск: СибНИИЛП, 1986. 54 с.
5. Релях СМ., Степень Р.А. Возможности и перспективные направления утилизации древесной зелени пихты // Вестник СибГТУ. 1999. № 1. С. 66–75.
6. Самойлов В.А., Невзоров В.Н., Беляев В.В., Ярум А.И. Установка для переработки зелени пихты: пат.: 23933208 Рос. Федерации, № 2008145554; заявл. 18.11.08; опубл. 27.06.10. Бюл. № 18.2 с.
7. Самойлов В.А., Невзоров В.Н., Степень Р.А., Невзорова Т.В., Ярум А.И. Аппарат для паровой отгонки эфирного масла: пат. 2475523 Рос. Федерация, № 2011119600; заявл. 16.05.11; опубл. 20.02.13, Бюл. 4. 2 с.

### References

1. Ditrikh V.I., Andriyans A.A., Perezhilin A.I., Korpachev V.P. Assessment of the volume and ways of using waste wood as an example in the Krasnoyarsk territory // Khvoynye boreal'nye zony. 2010. T. 27. P. 346–351.
2. Stepen' R.A., Nevzorov V.N., Nevzorova T.V. Organization of production of pine oil. Krasnoyarsk: krasgau, 2010. 104 p.
3. Paseshnikhenko V.A. Biosynthesis and biological activity of plant terpenoids and steroids // Itogi nauki i tekhniki. Biologicheskaya khimiya. 1987. T. 25. 194 p.
4. Lyandres G.V., Manakov V.A., Stepen' R.A. Recommendations for modernization fir oil production and increase production of pine oil at enterprises of Minlesbumprom USSR. Krasnoyarsk: sibniilp, 1986. 54 p.
5. Repyakh SM., Stepen' R.A. Opportunities and future directions of recycling wood green fir // Vestnik sibgtu. 1999. № 1. P. 66–75.
6. Samoilov V.A., Nevzorov V.N., Belyaev V.V., Yarum A.I. Installation for recycling green fir: pat. 23933208 Ros. Federatsii, № 2008145554; zayavl. 18.11.08; opubl. 27.06.10. Byul. № 18.2 p.
7. Samoilov V.A., Nevzorov V.N. Stepen' R.A., Nevzorova T.V., Yarum A.I. Apparatus for steam distillation of essential oils: pat. 2475523 Ros. Federatsiya, № 2011119600; zayavl. 16.05.11; opubl. 20.02.13, Byul. 4. 2 p.