

А. И. Бадогина, асп. [allenza@yandex.ru](mailto:allenza@yandex.ru)

С. И. Третьяков, проф., канд. техн. наук [sitreyakov@mail.ru](mailto:sitretyakov@mail.ru)

Н. А. Кутакова, проф., канд. техн. наук [n.kutakova@narfu.ru](mailto:n.kutakova@narfu.ru)

Е. Н. Коптелова, доц., кандидат техн. наук [elen-koptelova@yandex.ru](mailto:elen-koptelova@yandex.ru)

А. А. Кунавин, магистрант; А. Л. Матухин, магистрант  
(С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, РФ)

### **СОВМЕЩЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА БЕРЕСТЫ И ЛУБА**

Древесина березы применяется на различных производствах – фанерном и целлюлозно-бумажном. Березовая кора является крупнотоннажным отходом переработки березы, составляющим до 15–17 % от объема заготавливаемой древесины. В работах [1, 2] рассмотрены вопросы выделения и изучения различных классов экстрактивных веществ (ЭВ) и индивидуальных соединений коры березы.

Березовая кора состоит из двух частей – внешней (бересты) и внутренней (луба), которые значительно отличаются по химическому составу. Наиболее богата ЭВ внешняя кора, которые можно извлекать с помощью растворителя в количестве до 40 % относительно веса бересты [2].

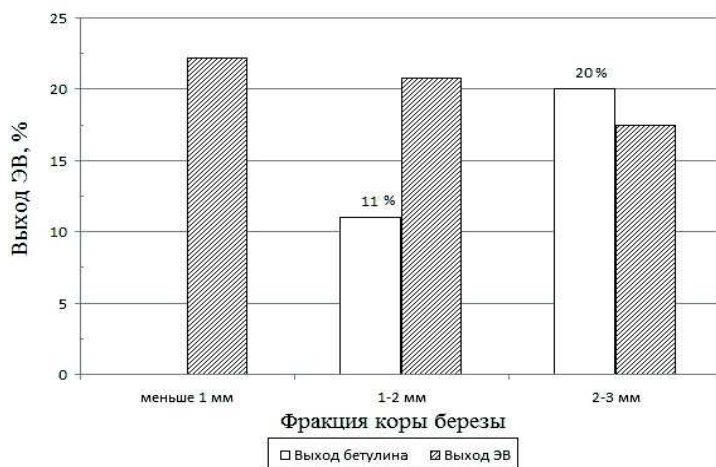
Луб березовой коры содержит меньше ЭВ (до 16 %) и их состав представлен полифенолами (ПФ), который отличается от состава веществ, экстрагируемых из бересты. Известны способы выделения ценных веществ из коры березы, которые включают ее разделение на бересту и луб, с последующей переработкой экстракционными методами [3].

Нами были проведены исследования по совмещенной переработке луба и бересты путем СВЧ-экстракции. Метод СВЧ-экстракции позволяет интенсивно извлекать ЭВ, при этом продолжительность экстрагирования сокращается в 10-15 раз по сравнению с методом настаивания [4]. При проведении экстракции использовали кору березы, полученную при окорке фанерного кряжа. Частичное отделение луба от бересты проводили вручную. Далее измельчали луб с остатками бересты на дробилке истирающего действия, при этом изменяли степень размола за счет использования сит с отверстиями диаметром 1, 2, 3, 4, 5 мм.

Основной фракцией при измельчении и сортировании сырья является фракция менее 1 мм (34,1 %), далее 1–2 мм (27,2%), 2–3 мм (14,5%), 3–5 мм (21,5%), больше 5 мм (2,7%). Основная (рабочая) фракция на основе ситового анализа составила до 3 мм (75,8% от общей массы) – для бересты, размолотой на дробилке истирающего действия.

Для извлечения бетулина методом СВЧ-экстракции отбирали 6 г используемого сырья (луб с берестой) различных фракций (2, 3, 4, 5 мм) и помещали в колбы для экстракции. Затем добавляли 86%-й спирт (жидкостной модуль – 20). Продолжительность экстракции 10 мин, затем экстракты отфильтровывали под вакуумом, после высушивания получали бетулин в виде белого порошка.

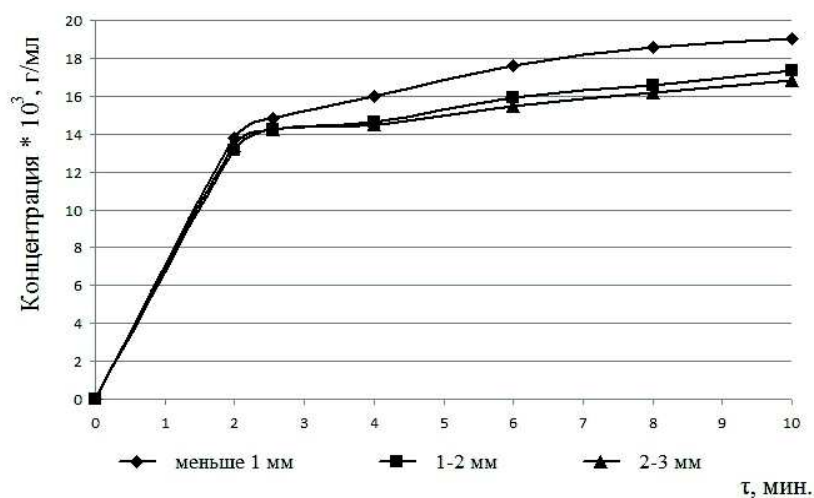
Далее остатки коры трех фракций экстрагировали спиртово-щелочными растворами в условиях, приведенных в работе [4]; продукт – ЭВ. Данные по выходу бетулина и ЭВ приведены на рисунке 1.



**Рисунок 1 - Диаграмма выхода бетулина и ЭВ в зависимости от используемой фракции коры**

По диаграмме размер частиц коры влияет на выход ЭВ: чем мельче фракция, тем больше выход ЭВ. Диапазон изменения выхода – от 17,4 до 22,2%. Среднее значение выхода составляет 20,2%.

Также проводились исследования кинетики СВЧ-экстракции луба коры березы. Пробу экстрактов отбирали каждые две минуты. Для сохранения гидромодуля в экстракт добавляли аналогичный объем 10%-го этилового спирта. Пробы упаривали в фарфоровых чашках на водяной бане, рассчитывали концентрацию. По полученным данным были построены графики зависимости концентрации ЭВ в зависимости от продолжительности (рисунок 2). Максимальную концентрацию ЭВ обеспечивает минимальная фракция коры. Также получена зависимость выхода ПФ от продолжительности, аналогичная вышеприведенной зависимости концентрации ЭВ. Исходя из полученных результатов, концентрация и степень извлечения ЭВ из фракции коры менее 1 мм выше, чем из более крупных фракций. Отсюда следует, что для лучшего извлечения ЭВ необходим отбор фракции не более 1 мм. Также можно заметить, что продолжительность экстракции 8 минут более чем достаточна для извлечения полифенолов из каждой фракции.



**Рисунок 2 - График зависимости концентрации ЭВ от времени для различных фракций коры**

**Выводы:**

1. Метод СВЧ-экстракции позволяет интенсифицировать процесс выделения ЭВ. Продолжительность экстрагирования сокращается в 10-15 раз по сравнению с методом настаивания.
2. При изучении кинетики экстракции коры березы установлена оптимальная продолжительность СВЧ-экстракции – 8 минут.
3. Наибольший выход ЭВ обеспечивает мелкая фракция коры, а бетулина – фракция 2-3 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кислицын, А.Н. Экстрактивные вещества бересты: выделение, состав, свойства, применение (обзор) // Химия древесины, 1994. №3. – С. 3–28.
- 2 Похило Н.Д., Уварова Н.И. Изопреноиды различных видов рода *Betula* // Химия природных соединений. 1988. №3. С. 325–341.
- 3 Патент США. Birch bark processing and the isolation of natural products from birch bark / Edwardson C.F., Kolomitsyn I.V., Krasutsky P.A., Carlson R.M., Nesterenko V.V. №WO0110885; 15.02.2001.
- 4 Захарова А.И., Третьяков С.И., Кутакова Н.А., Коптелова Е.Н. Выделение экстрактивных веществ из луба коры березы при воздействии СВЧ-поля // ИВУЗ «Лесной журнал», 2015. – № 4. – С. 148–154.