

**Заключение.** Проведенные исследования по гидролизу древесины сосны и березы показывают, что наибольший выход РВ при концентрации сернистой кислоты 4 % наблюдается у древесины сосны, а при концентрации сернистой кислоты 6 % наблюдается у древесины березы. Наблюдавшийся в процессе исследования второй этап разложения можно объяснить тем, что на первом этапе разложения до начала второго этапа разложения происходит удаление легкогидролизуемых веществ, следовательно, в данном случае целесообразно производить двухступенчатый гидролиз древесного сырья.

#### Список литературы

1. Илалова Г. Ф., Гиматдинова А. Р., Шамсутдинова А. И., Мухтарова А. Р., Илалова А. Ф. Исследование быстрого пиролиза измельченной древесины // Сборник научных трудов 7-й Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития». 2018. С. 123–126.
2. Илалова Г. Ф., Иглепова Ю. В., Илалова А. Ф., Шагеева А. И., Мухтарова А. Р. Исследование обработки однолетних сельскохозяйственных растений для получения биоугля // Сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Наука молодых – будущее России». 2018. Т. 6. С. 285–288.
3. Safin R. R., Ilalova G. F., Khasanshin R. R. Study of pyrolysis of annual crop refuse under reduced pressure // Solid State Phenomena. 2020. Т. 299 SSP. С. 974–979.
4. Илалова Г. Ф., Саерова К. В., Сафин Р. Р., Мухаметзянов Ш. Р., Сафиуллина А. Х. Исследование высокотемпературного гидролиза соснового опила сернистой кислотой с целью увеличения выхода редуцирующих веществ // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 3. С. 71–80.

УДК 66.061.16

**Л. Ю. Исмаилов,**

аспирант 1 год, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ,  
*lenar-2015@mail.ru*

**Р. Р. Сафин,**

д. т. н., профессор, зав. кафедрой «АрД», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ,  
*cfaby@mail.ru*

**А. В. Сафина,**

к. т. н., доцент кафедры «АрД», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ,  
*alb\_saf@mail.ru*

### ВЛИЯНИЕ ВАКУУМА НА ВЫХОД ПРОДУКТОВ СВЧ-ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

*В последнее время особый интерес вызывают экстрактивные вещества из растительного сырья, которые способны укрепить здоровье человека. В связи с этим совершенствование технологии экстрагирования растительных материалов с целью повышения выхода экстрактивных веществ с сохранением его качества является необходимым. Вакуумно-импульсная экстракция и сверхвысокочастотный метод (СВЧ-экстракция) являются современными и актуальными методами для интенсификации экстракции. В ходе экспериментальных исследований по поиску прогрессивных технологий методов экстракций растительного сырья было обнаружено положительное влияние вакуума на СВЧ-экстракцию плодов боярышника, которое привело к увеличению выхода водорастворимых веществ из ягод.*

**Ключевые слова:** СВЧ-экстракция, вакуумная экстракция, интенсификация экстракции, экстракция плодов боярышника.

**L. Yu. Ismailov,**

1st year graduate student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*lenar-2015@mail.ru*

**R. R. Safin,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*cfaby@mail.ru*

**A. V. Safina,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russian Federation,  
*alb\_saf@mail.ru*

### INFLUENCE OF VACUUM ON THE YIELD OF PRODUCTS OF MICROWAVE EXTRACTION OF VEGETABLE RAW MATERIALS

*Recently, extractive substances from plant materials, which can improve human health, have been of particular interest. In this regard, the improvement of the technology of extracting plant materials in order to increase the yield of extractive substances while maintaining its quality is necessary. Vacuum-pulse extraction and ultra-high-frequency method (microwave extraction) are modern and relevant methods for intensifying extraction. In the course of experimental research on the search for advanced technologies for methods of extraction of plant raw materials, a positive effect of vacuum on microwave extraction of hawthorn fruits was found, which led to an increase in the yield of water-soluble substances from berries.*

**Keywords:** *microwave extraction, vacuum extraction, intensification of extraction, extraction of hawthorn fruits.*

В последнее время высоким спросом пользуются лекарственные средства растительного происхождения, в связи с тем, что они оказывают мягкое и комплексное воздействие на организм человека с малой долей вероятности проявления побочных действий, что позволяет использовать их и при хронических заболеваниях. В связи с этим выделение биологически активных веществ из растительного сырья, совершенствование технологии с целью интенсификации экстракции и повышения выхода экстрактивных веществ с сохранением его качества является весьма актуальным.

Весьма богатым источником ценных компонентов являются плоды боярышника. Они включают в себя каротин, пектины, аскорбиновую кислоту, сапонины, крахмал, витамины группы В, а также важные органические кислоты и флавоноиды, способствующие восстановлению сердечно-сосудистой системы организма. Также в ягодах боярышника было выявлено высокое содержание сорбита [1, с. 24], который можно использовать в качестве заменителя сахара в питании людей, болеющих сахарным диабетом [2, с. 19]. В связи с этим улучшение технологии экстракции ягод боярышника является целесообразным и необходимым.

Для извлечения водорастворимых веществ из ягод боярышника, может использоваться процесс экстрагирования с применением новых физических методов. Современные исследования с использованием новых физических методов интенсификации создают уникальные преимущества и особенности, необходимые для процесса извлечения экстрактивных веществ в определенных условиях. Нетрадиционные методы экстракции, заменяют и улучшают обычные методы экстракции. При этом изменяются механизм и кинетика процесса, что является основой для моделирования и оптимизации процесса экстракции. К таким методам можно отнести сверхвысокочастотное и вакуумно-импульсное экстрагирование.

Особенность сверхвысокочастотного нагрева заключается в высокой скорости и эффективности [3, с. 187]. Если сравнивать с традиционными методами, то процесс экстракции при воздействии СВЧ-поля может быть ускорен в несколько раз, так как происходит одновременный нагрев всего растительного сырья, как в макро-, так и в микрообъемах. СВЧ обработка сырья является эффективной, благодаря тому, что нагрев материала приводит к резкому увеличению внутреннего давления клеток и их дальнейшему разрушению [4, с. 139]. После вскрытия клеток биологически активные вещества начинают переходить в окружающий растворитель.

Технология вакуумной экстракции позволяет обрабатывать растительное сырье в диапазоне очень низких температур от 40 до 50 °С. В результате возможность разложения термически нестабильных компонентов может быть полностью исключена, а процесс экстракции, особенно самых сложных экстрактов, может быть ускорен в несколько раз. В связи с тем, что часть биологически активного вещества находится в сырье внутри клетки в растворенном состоянии, а другая часть находится на стенке клетки, то при извлечении БАВ важно, чтобы выбранный растворитель (экстрагент) проникал в поры растительного сырья и растворял необходимые вещества [5, с. 177].

И сверхвысокочастотный, и вакуумно-импульсный метод имеют свои особенности, преимущества и недостатки, поэтому целесообразно будет рассмотреть возможность их сочетания на примере плодов боярышника для совершенствования технологии экстракции.

Целью исследования, проводимого в лаборатории кафедры «Архитектуры и дизайна изделий из древесины» ФГБОУ ВО «КНИТУ», являлось получение данных о влиянии вакуума на сверхвысокочастотную экстракцию водорастворимых веществ из ягод боярышника.

Исходным растительным материалом являлись плоды боярышника, которые были измельчены на электрической мельнице и использовались для дальнейших экспериментов. В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода, в соотношении сырье – экстрагент 1:10. Экстракция ягод боярышника проводилась тремя методами: классическим нагревом смеси, сверхвысокочастотной экстракцией и СВЧ-экстракцией в вакууме. Для последнего метода была разработана экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Для получения экстракта смесь фильтровали последовательно через марлевый фильтр и фильтр «белая лента». Получение порошковых водорастворимых экстрактов осуществлялось в сушильной камере. Экстракция плодов боярышника осуществлялась в течение 5, 10 и 15 мин, в результате чего были получены следующие результаты, сведенную в таблице.

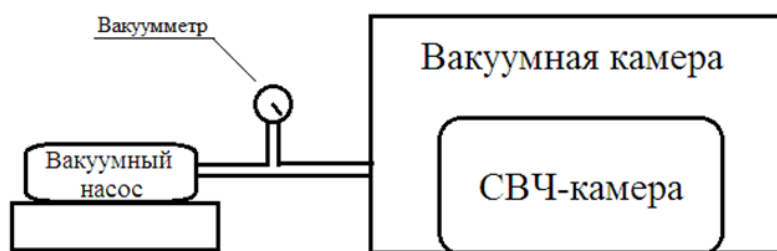


Рис. 1. Схема установки для проведения СВЧ-экстракции под вакуумным воздействием

Таблица

Выход водорастворимых продуктов из плодов боярышника при различных методах экстракции

Методы экстракции	Время экстракции, мин		
	5	10	15
Выход водорастворимых продуктов в % относительно исходного сырья, полученный при СВЧ-экстракции в вакууме	7,5	7,8	13,2
Выход водорастворимых продуктов в % относительно исходного сырья, полученный при СВЧ-экстракции	7,1	7,2	11,6
Выход водорастворимых продуктов в % относительно исходного сырья, полученный при классическом методе экстракции	5,4	6,2	11,4

По полученным результатам была построена графическая зависимость выхода водорастворимых веществ от времени и методов экстракции, представленная на рис. 2.

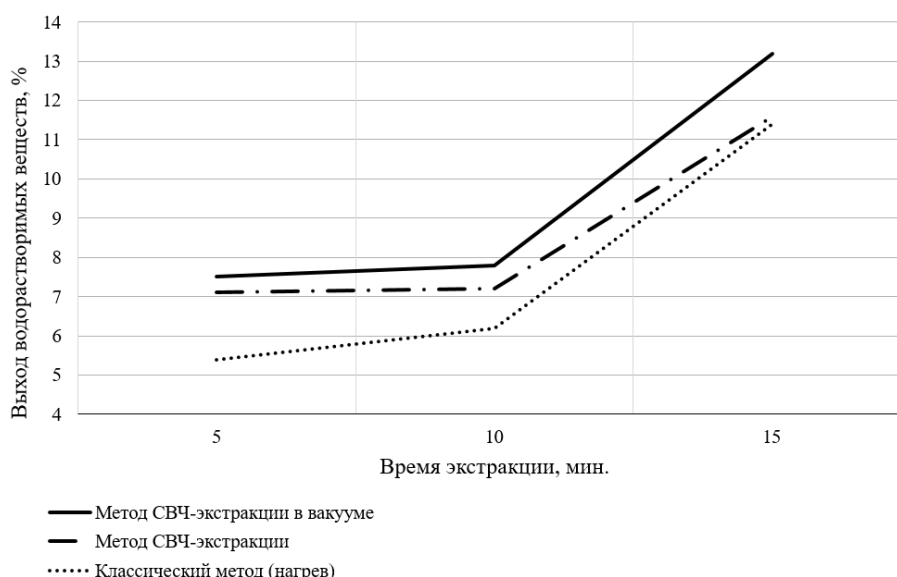


Рис. 2. Зависимость выхода водорастворимых веществ боярышника от времени при различных методах экстракции

Как видно из графика использование вакуума при СВЧ-экстракции приводит к увеличению выхода водорастворимых веществ из плодов боярышника на всех рассмотренных временных промежутках. Стоит отметить, что с увеличением времени экстрагирования увеличивается и выход выделяемых веществ. Так, при СВЧ-экстракции боярышника под воздействием вакуума за 15 мин удалось выделить на 13,8 % больше растворимых веществ чем без использования вакуумного эффекта, а если сравнивать с классическим методом, то рост составил 15,79 %.

Таким образом, было выявлено, что СВЧ-экстракция под воздействием вакуума способствует ускорению процесса экстракции и увеличивает выход водорастворимых веществ из плодов боярышника. В связи с этим требуется дальнейшее проведение исследований в этой области для выявления оптимальных режимов и параметров для большей эффективности, и результативности процессов экстракции.

#### Список литературы

1. Ляхова Н. С. Фармакологическое изучение суммарных извлечений из плодов боярышника : автореф. дис. ... канд. фарм. наук: 15.00.25. Пятигорск, 2008. 24 с.

2. Третьякова Ю. В. Товароведная характеристика плодов боярышника и продуктов их переработки : автореф. дис. ... канд. тех. наук : 05.18.15. Кемерово, 2009. 19 с.
3. Молодцова М. А., Севастьянова Ю. В. Возможности и перспективы использования микроволнового излучения в промышленности (обзор) // ИВУЗ «Лесной журнал». 2017. № 2. С. 173–187.
4. Zhou H.-Y., Liu C.-Z. Microwave-assisted extraction of solanesol from tobacco leaves // Chromatogr. 2006. A 1129 (1), 135-139.
5. Crossley J. I., Aguilera J. M. Modeling the effect of microstructure on food extraction // Food Process. Eng. 2001. 24, 161-177.

УДК 674.815

**Ю. А. Капитонова,**

магистрант 2 года, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, РФ,  
 unet1803@mail.ru

**С. Е. Анисимов,**

к. т. н., доцент кафедры ЛиХТ, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, РФ,  
 AnisimovSE@volgatech.net

**Е. М. Царёв,**

д. т. н., профессор кафедры ЛиХТ, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола, РФ,  
 CarevEM@volgatech.net

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ВЫРАБОТКИ ОКОРЕННЫХ СОРТИМЕНТОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛЕСОСЕЧНЫХ РАБОТ**

*На деревообрабатывающих предприятиях после процесса окорки сортиментов образуются большие запасы коры. Эффективность ее утилизации любым из возможных способов зависит от реальной стоимости коры как сырья с учетом расходов на сбор, транспорт, хранение и предварительную подготовку ее к переработке. В то же время, любые виды сбора биомассы и вывод ее из леса, приводят к обеднению и понижению кислотно-буферных свойств почвы в лесу. Концентрация полезных микроэлементов выше в кроне и ветвях, поэтому удаление не только стволов, но и всех древесных остатков приводит к закислению почвы и потере питательных веществ в лесной почве более чем в три раза. Из-за высокого содержания в древесной золе минералов и микроэлементов, необходимых для поддержания и обогащения питательности почв, целесообразно возвращение золы обратно в естественный цикл природы. Правильное осуществление лесозаготовительных работ, предусматривающее стабильность экосистемы леса и сохранность полезных и питательных свойств лесных земель, является актуальной проблемой.*

**Ключевые слова:** харвестерная головка, кора, отходы лесозаготовок, сортиментная технология, экологическая эффективность, питательные вещества лесной почвы.

**Yu. A. Kapitonova,**

2nd year master's degree student, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation,  
 unet1803@mail.ru

**S. E. Anisimov,**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russian Federation,  
 AnisimovSE@volgatech.net

**E. M. Tsarev,**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Volga State Technological University, Yoshkar-Ola,  
 CarevEM@volgatech.net

### **IMPROVING ENVIRONMENTAL PERFORMANCE THE EFFICIENCY OF WASTE DISPOSAL IN THE PROCESS OF PRODUCTION OF DEBARKED SORTINGS AT THE CARRYING OUT LOGGING OPERATIONS**

*In woodworking enterprises, large stocks of bark are formed after the process of debarking the sortiments. The efficiency of its utilization in any of the possible ways depends on the real cost of the bark as a raw material, considering the costs of collection, transport, storage and preliminary preparation for processing. At the same time, any types of biomass collection and removal from the forest lead to depletion and a decrease in the acid-buffer properties of the soil in the forest. The concentration of useful trace elements is higher in the crown and branches, so the removal of not only the trunks, but also all wood residues leads to acidification of the soil and loss of nutrients in the forest soil more than three times. Due to the high content of minerals and trace elements in wood ash, which are necessary for maintaining and enriching the soil nutrition, it is advisable to return the ash back to the natural cycle of nature. Proper implementation of logging operations, which provides for the stability of the forest ecosystem and the preservation of the useful and nutritious properties of forest land, is an urgent problem.*

**Keywords:** harvester head, bark, logging waste, sorting technology, environmental efficiency, forest soil nutrients.