

Обзор исследований в области извлечения биологически активных веществ из хвойных пород древесины

К.В. Валеев^a, Д.Ф. Зиятдинова^b, Р.Г. Сафин^c

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
ул. Карла Маркса, 68, Казань, Республика Татарстан

^a kirval116@mail.ru, ^b Ziatdinova2804@gmail.com, ^c safin@kstu.ru

^a <https://orcid.org/0000-0002-5537-9332>, ^b <https://orcid.org/0000-0003-2801-4642>, ^c <https://orcid.org/0000-0002-5790-4532>

Статья поступила 11.10.2024, принята 05.11.2024

В обзоре приведены краткие сведения о деревьях хвойных пород. По химическому составу хвойные деревья содержат большое количество ценных биологически активных веществ — каротин, хлорофилл, эфирное масло, а также сопутствующих веществ — дубильные вещества, воск, пектин, антоцианидиновый краситель и др. Эти вещества обладают противовоспалительными, регенерирующими, успокаивающими, обезболивающими свойствами. Благодаря этим свойствам они имеют высокую добавленную стоимость и широкий спектр применения в различных отраслях промышленности — медицинской и фармацевтической в качестве противовоспалительных и антибактериальных средств, для усиления кровоснабжения сетчатки глаза, предотвращения образования катаракты, активации клеточного и тканевого иммунитета; в косметической — для ухода за проблемными участками кожи, как средство для укрепления волос; в сельскохозяйственной — для изготовления кормовых добавок и комбинированных кормов; в пищевой — в качестве биологически активных добавок, антиоксиданта. Для извлечения этих компонентов в настоящее время применяется множество способов экстрагирования с соответствующим аппаратным оформлением. Однако они не учитывают специфику исходного сырья, комбинацию компонентов в них. Это приводит к высокой себестоимости процесса извлечения отдельных чистых компонентов (цена 1 кг дубильных веществ составляет \$113, 1 кг эфирных масел — \$103, 1 кг каротина — \$64, 1 кг хлорофилла — \$485). В связи с этим разработка новых технологий по извлечению биологически активных веществ является актуальной. Для оценки качества извлечения биологически активных веществ авторы предлагают различные аналитические методы и способы анализа с использованием высокоэффективных жидкостных, тонкослойных и газовых хроматографий, фотометрических (спектрофотометрический и фотокolorиметрический) способов и методов ядерно-магнитного резонанса.

Ключевые слова: экстракция; извлечение; хвойные породы; водорастворимые вещества; экстракт; сепарация; воск; биологически активные вещества.

Review of research in the field of extraction of biologically active substances from coniferous wood species

K.V. Valeev^a, D.F. Ziatdinova^b, R.G. Safin^c

Kazan National Research Technological University; 68, Karl Marx St., Kazan, Republic of Tatarstan

^a kirval116@mail.ru, ^b Ziatdinova2804@gmail.com, ^c safin@kstu.ru

^a <https://orcid.org/0000-0002-5537-9332>, ^b <https://orcid.org/0000-0003-2801-4642>, ^c <https://orcid.org/0000-0002-5790-4532>

Received 11.10.2024, accepted 05.11.2024

The article provides brief information about coniferous trees, notes their diversity and large areas of growth (5 orders, 8 families, 70 genera and about 560 species). In terms of chemical composition, coniferous trees contain a large number of valuable biologically active substances: carotene, chlorophyll, essential oil, as well as related substances: tannins, wax, pectin, anthocyanidin dye and others. These substances have anti-inflammatory, regenerating, soothing, analgesic properties. Due to these properties, they have high added value and a wide range of applications in various industries: in medicine and pharmaceuticals as anti-inflammatory and antibacterial agents, to enhance blood supply to the retina, prevent cataract formation, activate cellular and tissue immunity; in cosmetics for problem skin care, as a means for strengthening hair; in agriculture for the production of feed additives and compound feed; in food as biologically active additives, antioxidant. To extract these components, many extraction methods with appropriate equipment are currently used. However, they do not take into account the specifics of the raw materials, the combination of components in them. This leads to a high cost of the process of extracting individual pure components (the price of 1 kg of tannins is \$ 113, 1 kg of essential oils - \$ 103, 1 kg of carotene - \$ 64, 1 kg of chlorophyll - \$ 485). In this regard, the development of new technologies for the extraction of biologically active substances is relevant. To assess the quality of the extraction of biologically active substances, the authors propose various analytical methods and analysis methods using: high-performance liquid, thin-layer and gas chromatography, photometric (spectrophotometric and photocalorimetric) methods and nuclear magnetic resonance methods.

Keywords: thermal modification; high-frequency plasma treatment; wood flour; IR Fourier spectroscopy; lignin; cellulose; hemicellulose; chemical composition.

Введение. Деревья хвойных пород (*Pinopsida*) являются самым крупным классом растительного сырья нашей планеты [1].

Флора России насчитывает около 40 видов хвойных деревьев, относящихся к 8 родам и 3 семействам. Сюда входят такие известные роды, как сосна (*Pinus*), ель (*Picea*), пихта (*Abies*), лиственница (*Larix*), кедр (*Cedrus*) и другие. Некоторые из крупнейших хвойных деревьев на планете достигают высоты 115 м. Самыми крупными хвойными являются секвойи (*Sequoia*). Их стволы могут достигать диаметра до 9 м и окружности основания ствола до 33 м. Объемы деревьев могут быть огромными, достигая 1 044,7 м³ [2]. Эти виды деревьев обладают различными характеристиками и свойствами, что делает их ценными как для природы, так и для человека. Хвойные деревья являются важным элементом флоры России и играют значительную роль в экологическом балансе [3]. Кора и хвоя хвойных деревьев содержат в себе различные биологически активные вещества: каротин — 0,32 %, хлорофилл — 2,04 %, эфирное масло (от 0,42 до 1,49 %), витамины К, Е, С (до 0,3 %). В хвое в 6 раз больше витаминов, чем в лимонах и апельсинах [4].

Они играют важную роль в защите растений от негативного воздействия окружающей среды и могут иметь положительное воздействие на здоровье человека при употреблении продуктов на их основе. Количественное содержание указанных веществ может изменяться на разных этапах роста дерева и зависит от условий произрастания, что делает изучение их химического состава и свойств важной задачей для науки и промышленности. Возможность использования этих веществ в качестве добавок или лекарственных препаратов открывает широкие перспективы для развития новых продуктов на основе древесных ресурсов [5; 6].

По существующим данным, на сегодняшний день потребность в биологически активных веществах (БАВ) на фармацевтическом, косметическом, пищевом и сельскохозяйственном рынках увеличилась. Ежегодное использование данных БАВ из деревьев хвойных пород растет на 22 %. Этим обуславливается и высокая цена на некоторые вещества. Так, например, цена 1 кг дубильных веществ составляет \$113, 1 кг эфирных масел — \$103, 1 кг каротина — \$64, 1 кг хлорофилла — \$485 [7].

В связи с большим количеством ценных веществ в деревьях хвойных пород и широким спектром их применения извлечение этих биологически активных веществ является перспективным направлением для лесоперерабатывающих предприятий. Извлечение биологически активных веществ сопровождается рядом трудностей, связанных с сепарацией на отдельные компоненты, регенерацией растворителей [8], которые довольно токсичны. *Целью работы является обзор научных исследований в области извлечения биологически активных веществ из хвойных пород древесины.*

Обзор исследований. Ф.Т. Солодкий предложил способ комплексной переработки древесной зелени [9], позволяющий эффективно извлекать и разделять различные биоактивные вещества из растительного сырья, минимизируя потери и увеличивая общую ценность получаемых продуктов. Экстракцию различных компонентов проводят в 4 этапа. На первом этапе выдержи-

вают в горячей воде при температуре 98÷100 °С в течение 1 ч для извлечения витамина С. В результате около 50–60 % витамина С переходит в водный экстракт. После отстаивания древесную зелень, на втором этапе, обрабатывают острым паром для удаления из нее эфирных масел. На третьем этапе древесную зелень кипятят в водном растворе щелочи (5–9 % от массы сырья) в течение 1 ч, превращают смолистые вещества в эмульсию. Извлечение каротина и других нейтральных веществ из экстракта проводят с использованием бензина. Вещества растворяются и переходят в бензин, после этого их отгоняют и упаривают. Завершающей стадией процесса выделения хвойных веществ из древесной зелени стало подкисление водно-щелочного экстракта и упаривание его до образования сухого остатка, состоящего из хвойной смолы и хлорофиллы.

Способ получения хлорофилло-каротиновой пасты из древесной зелени, предложенный Ф.Т. Солодским [10], включает в себя раздавливание древесной зелени на вальцах, загрузку в экстрактор, подачу экстрагента (бензина) в подогреватель, паровую дистилляцию, конденсацию, разделение на бензиновый и водный экстракт во флорентине, отстаивание, фильтрование, отгонку в перегонном кубе, омыление при температуре 80–90 °С и перемешивание. Выход хлорофилло-каротиновой пасты составил 14 % от общей массы растительного сырья.

Также Ф.Т. Солодский предложил способ получения водных экстрактов из древесной зелени [11].

Г.Ф. Кащенко исследовал влияние измельченной древесной зелени на выход и качество эфирных масел [12]. Исследователями были получены водорастворимые вещества из древесной зелени сосны. Выход эфирных масел составил 23,6 кг из 1 т сырья, водорастворимых веществ — 120 кг.

Г.С. Тугиным представлена технология непрерывной переработки хвои [13]. Измельченная древесная зелень поступает в винтовой экстрактор непрерывного действия, туда же подается нагретый до 85–90 °С экстрагент (вода) в режиме противотока в течение 2–3 ч. После процесса экстракции проводится фильтрация полученной мисцеллы. Отфильтрованную смесь упаривают до пастообразного состояния.

В.И. Рошиным был предложен способ переработки древесной зелени хвойных пород [14]. В качестве сырья использовались хвоя сосны, ели, пихты, кедра. В качестве экстрагента использовали органический растворитель — бензин, гексан, петролейный эфир, ацетон. Все исследования проводились в аппарате Соклетта. Для каждого вида сырья используются свои технические параметры: для хвои сосны в качестве экстрагента использовался бензин, температура экстракции 70–76 °С, время экстракции 3,5 ч.; для хвои ели — петролейный эфир, температура 40–70 °С, время — 4 ч; для хвои пихты — гексан, температура 68 °С, время — 5 ч; для хвои кедра — ацетон, температура 56 °С, время — 2 ч. После экстракции каждый экстракт фильтруют, охлаждают, омыляют 20–40%-ным раствором щелочи, сепарируют хлорофиллиновые кислоты, смеси жирных и смоляных кислот, воск. Из рафинированной хвои всех пород выделяют стерин, полипренолы и концентрат алифатических углеводов.

Также В.И. Рощин предложил способ переработки древесной зелени пихты [15]. Способ включает в себя переработку методом экстрагирования жидким двуокисом углерода при давлении выше 5,1 атм., отстаивание экстракта в течение 24 ч при температуре 24 °С, сепарацию осадка, промывку осадка малополярным растворителем при соотношении осадок: экстрагент 1:4, отгонку растворителя и выделение кристаллов мальтола при атмосферном давлении. Степень чистоты мальтола достигает 98–99,9 %.

Способ переработки древесной зелени, предложенный О.Ю. Красильниковым [16], заключается в обработке хвои методом экструдирования при температуре 120–170 °С. К экструдеру прикреплен пневмоприемник-отвод для улавливания газообразной смеси из экстракта. Данный способ предусматривает переработку хвои, лиственницы, сосны, кедра, пихты и травяной зелени.

Способ комплексной переработки древесной зелени (осины, ивы и пихты), разработанный Н.Ф. Тимербаевым [17], включает в себя (рис. 1) измельчение древесной зелени в состоянии естественной влажности, загрузку материала в колонный экстрактор с тарелками, предварительный прогрев сырья, экстракцию биологически активных веществ в течение 6–8 ч при температуре 20е т °С 40–70%-ным водным раствором этанола рафинированной зелени. Удаление паром остатка экстрагента, отжим сырья и сушку до влагосодержания $U = 10–15 \%$. Выпаривание экстрагента из экстракта осуществляется в две стадии. На первой стадии происходит сгущение экстракта за счет выпаривания этанола понижением давления эжекторным насосом. На второй стадии проводится вакуумная сушка в вакуум-шнековой сушилке до полного удаления этанола и воды. В результате было получено эфирное масло из пихты и борнилацетат.

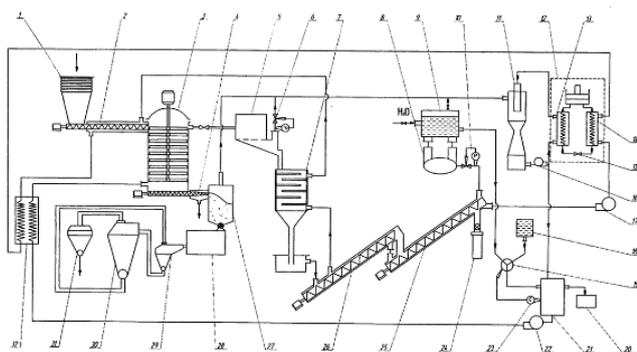


Рис. 1. Схема комплексной переработки древесной зелени по методу Н.Ф. Тимербаева

В работе А.Е. Воронина [18] (рис. 2) описан способ комплексной переработки древесной зелени. Способ включает в себя измельчение сырья при естественной влажности до размеров 3–5 мм, обработку растительного сырья перегретым паром 160–165 °С, сепарацию на легкую и тяжелую фракции сконденсировавшегося экстракта, упаривание тяжелой фракции при температуре 145–150 °С. При этом рафинированное растительное сырье отжимается и досушивается до влажности 10–15 %, измельчается и фасуется.

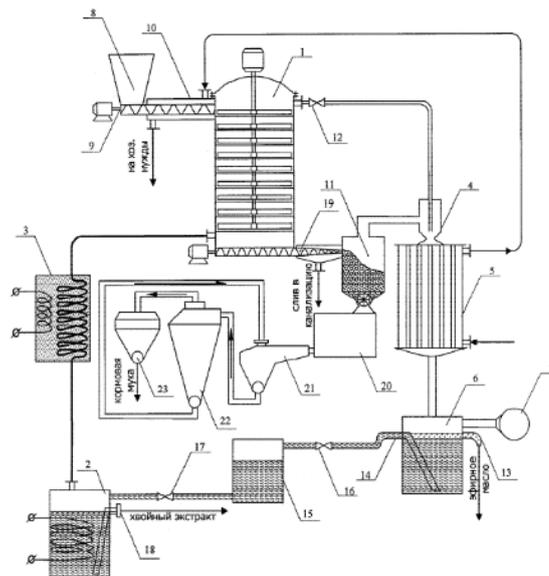


Рис. 2. Схема комплексной переработки древесной зелени

Л.П. Рубчевский предложил способ переработки древесной зелени *Malus Baccata* [19], включающий измельчение свежезаготовленной древесной зелени, сушку измельченного сырья, экстрагирование древесной зелени 60–70%-ным раствором этанола при температуре 80–85 °С в течение 3–4,5 ч при следующем соотношении сырья: экстрагент 1:9–1:10, охлаждение, выделение воска-сырца — порошка светло-зеленого цвета, сепарацию осадка, сушку. Выход составил 1,1–1,7 % от общей массы сырья.

Способ получения полипренолов из нейтральных экстрактивных веществ древесной зелени хвойных пород, предложенный В.С. Султановым [20], включает в себя гидролиз 6%-ным спиртовым раствором щелочи при 80 °С в течение 1 ч, обработку смеси водой и гексаном, перемешивание смеси и отстаивание в течение 1 ч, сепарацию экстрагента из смеси, селективную экстракцию ацетоном для выделения воска, фильтрацию экстракта от воска, охлаждение, обработку 85%-ным спиртовым раствором для извлечения терпеновых соединений, добавление экстракта без воска и терпеновых соединений в колонку с силикагелем, экстракцию из раствора 96%-ным этиловым спиртом и охлаждением ацетоном, фильтрацию целевого продукта от спирта и ацетона. Выход полипренола составил 10–18 % от общей массы сырья при чистоте более 95 %.

В статье Л.Н. Журавлевой [21] описан способ комплексной переработки, включающий в себя измельчение свежей хвои и побегов сосны, сверхкритическую флюидную экстракцию при температуре 31,1 °С и давлении 7,9 МПа в течение 2,5 ч, сепарацию воска, отгонку растворителя и эфирных масел, омыление жирорастворимой фракции 40%-ной натриевой щелочью, выпаривание. Выход летучих веществ составляет 70 % от общей массы древесной зелени.

В способе переработки древесной зелени пихты сибирской, описанном Г.В. Ляндресом и авторами [22], предлагается использовать в качестве экстрагента изопропиловый спирт в соотношении сырье/экстрагент

1:3. Процесс экстракции проводится в два этапа. На первом этапе происходит настаивание в течение 4 ч, после чего раствор сливается. На втором этапе заливается новый экстрагент в экстрактор с сырьем в соотношении сырье/экстрагент 1:3, настаивание на втором этапе проводится также в течение 4 ч. Полученные два экстракта смешивают и отгоняют спирт под вакуумом при температуре 80 °С. Образовавшуюся сиропобразную массу растворяют этилацетатом и водой. Выпавшие в осадок хлопья воска с водой отфильтровывают и сушат. В экстракт с содержанием этилацетата добавляют 2%-ный раствор NaOH и тщательно перемешивают. Разделяют смесь в разделительной воронке на два слоя — осадок солей тритерпеновых кислот и водную часть, содержащую мальтол.

Т.А. Ваганова и авторы предложили способ получения биологически активной липидной фракции из древесной зелени пихты сибирской (*Abies Sibirica*) [23]. Полученную гидролизованную липидную фракцию обрабатывают водно-спиртовой щелочью при температуре кипения, далее охлаждают и подкисляют 5–10%-ным раствором соляной кислоты. Для достижения чистоты липидной фракции 99%-ный экстракт промывают водой, растворяют в трет-бутилметилом эфире и высушивают.

Шицзе Лю предложил способ переработки древесной зелени горячей водой [24]. Основное внимание в этой работе уделяется кинетике экстракции горячей водой. В начале процесса из зелени удаляются экстрактивные вещества и фракции гемицеллюлозы. Далее проводят сепарацию на экстракт, содержащий сахара, ксиланы и древесную зелень. Содержание экстрактивных веществ в древесной зелени составило 30 % от общей массы сырья.

Marjanović-Balaban, предложил метод гидродистилляции в условиях промышленного производства [25]. Исследователем методом паровой дистилляции были получены эфирные масла *Abies alba* из свежих молодых побегов сосны, собранных с территории Черногории. Состав эфирных масел определялся по газовой хроматографии-масс-спектрометрии. Основными компонентами были β-пинен (32,8 %), α-пинен (17,3 %), камфен (16,7 %), борнилацетат (9,0 %), лимонен (6,1 %) и β-фелландрен (4,9 %).

Choi Yong-gil предложил способ получения эфирного масла из хвои сосны [26]. Способ включает сбор и промывку хвои и ветвей, измельчение растительного сырья до размеров 1–5 см. Получение смеси путем смешения измельченной хвои и ветвей в соотношении сырье/экстрагент 1:1 по массе. Получение экстракта осуществляют следующим образом: смесь хвои, ветвей и экстрагента загружают в нагреваемую емкость, добавляют дистиллированную воду в соотношении сырье/раствор от 1:12, а затем нагревают смесь до температуры 80–90 °С и выдерживают в течение 22 ч в герметично закрытом состоянии. После экстракции смесь охлаждают и удаляют твердые частицы хвои, ветвей и выделившуюся канифоль. Из экстракта выпаривают воду в течение 18–22 ч при температуре 100 °С, оставшаяся сиропобразная масса представляет собой эфирное масло сосны.

Исследования биологической активности экстрактов из некоторых видов хвойных растений, проведенные Raisa Ivanova, Diana Gladei, Jana Simkova, Jan Brindza [27], показали, что использование биопрепаратов на основе вторичных метаболитов растений является важным направлением в современном органическом земледелии. Целью исследований являлось определение биологической активности экстрактов и эфирных масел можжевельника казацкого (*Juniperus sabina*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающих в Республике Молдова и Словацкой Республике. Определяли антиоксидантную активность этанольных экстрактов. Результаты исследований показали, что овицидная активность составляет 100 %, а антифидный эффект сохраняется на уровне 1–3 баллов.

Работа В.С. Федоровой и Т.В. Рязановой [28] посвящена рациональному использованию природных ресурсов, созданию новой технологии с целью снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. Особый интерес исследователей представляют экстрактивные вещества коры — фенольные соединения танинной природы, которые используются в качестве дубильных веществ в кожевенном производстве. Из коры выделяют вещества с антибактериальной активностью для фармацевтического и нутрицевтического применения. В качестве экстрагирующего агента используют водно-щелочные растворы, в частности моноэтаноламин. Дубильные экстракты, полученные в результате экстракции, очищаются с помощью ультрафильтрации. Полученные экстракты отличаются высокой чистотой. Рафинированная хвоя перерабатывается в целлюлозный продукт. Также в работе применяется биотехнологическая обработка, в процессе которой получают биопрепарат триходермин, использующийся для защиты растений от фитопатогенов.

Н.В. Ивановой и А.А. Левчуком было изучено влияние антропогенных факторов на изменение количественного содержания фенольных соединений, восков, дубильных и пектиновых веществ в коре лиственницы сибирской и даурской в течение 1 года [29]. Установлено, что количество фенольных соединений в образцах, приготовленных из лиственниц, произрастающих на территории Иркутска, значительно больше, чем в образцах, приготовленных из лиственниц, произрастающих в радиусе 5 км. В то же время, содержание пектина и воска в коре лиственницы, произрастающей в черте города, несколько ниже, чем в образце, приготовленном из древесины, произрастающей за пределами города.

Заключение. Хвойные деревья относятся к породам, в состав которых входит большое количество ценных веществ, таких как каротин, хлорофилл, эфирное масло, составными частями которого являются α-пинен, лимонен, борнеол, борнилацетат, кадинен, церратендиол, алкалоиды, смолы, жиры, крахмал, сахара, горько-пряные вещества, минеральные соли, витамины К, Е, С (до 0,3 %), которые нашли широкое применение в медицинской, фармацевтической, пищевой, сельскохозяйственной и других областях промышленности.

Анализ научных работ, посвященных вопросам разработки способов и технологий извлечения биологически активных веществ из хвойных деревьев, показыва-

ет актуальность данного научного направления. Установлено, что высокая стоимость извлекаемых компонентов объясняется отсутствием высокопроизводительных установок. Снижение себестоимости процесса извлечения компонентов может быть достигнуто при

создании непрерывно действующих установок. Организация непрерывного процесса переработки хвойных деревьев также будет способствовать повышению качества извлекаемых компонентов.

Литература

1. Степень Р.А., Климова Л.С. Содержание и состав терпеновых компонентов эфирного масла отдельных частей сосны обыкновенной // Химия древесины. 1985. № 4. С. 101-106.
2. Губа И.Т., Омелюх Н.С., Свистула Г.Е. Опыт комплексной переработки сосновой хвои на продукты лесохимии // Лесохозяйственная информация: реф. вып. 1976. № 12. С. 21-23.
3. Баранова Р.А., Фрагина А.Л., Черноморский С.А. Получение и применение хлорофилл содержащих препаратов из хвои. М., 1973. 32 с.
4. Белобородов Г.А. Основные процессы производства растительных масел. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 478 с.
5. Берестов В.А., Петров Г.Р., Изотова С.П. Использование древесной зелени в промышленном «звероводстве и кролиководстве». Л.: Колос, 1982. 96 с.
6. Беседина И.Н., Петров В.С. Сорбенты из коры // Химиколесной комплекс - науч. и кадровое обеспечение в XXI веке: проблемы и решения: материалы Междунар. науч.-практической конф. (19-20 окт. 2000 г.). Красноярск: СибГТУ, 2000. С. 258-261.
7. Цены продукции ООО «Ростовская фармацевтическая фабрика» [Электронный ресурс]. URL: https://maksavit.ru/brand/rostovskaya_farmatsevticheskaya_fabrik_a_oo/ (дата обращения: 11.10.2024).
8. Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М.: Мир, 1977. 240 с.
9. Солодкий Ф.Т. Способ комплексной переработки хвои: авт. свид. № 68796 СССР, МПК А61К 0036/15; заявл. 24.03.1942 № 3560; опубл. 30.06.1947.
10. Солодкий Ф.Т., Агранат А.А. Производство хвойной хлорофилло-каротиновой пасты. М.: Гослесбумиздат, 1956. С. 17-19.
11. Солодкий Ф.Т., Агранат А.Л. Способ получения водных экстрактов из хвои: авт. свид. № 105598 СССР, МПК А61К 7/50; заявл. 17.02.1956 № 14757/454377; опубл. 01.01.1957.
12. Кащенко А.А., Томчук Р.И., Подыниглазов А.А. Влияние измельчения древесной зелени на выход и качество эфирных масел // Лесохимия и подсосочка: реф. информ. 1972. № 7. С. 7.
13. Тутьгин Г.С., Гаевский Н.П., Петрик В.В. Технология производства недревесной продукции леса. Архангельск: Изд-во Архангел. гос. техн. ун-та, 2000. 267 с.
14. Рошин В.И. Способ переработки древесной зелени хвойных пород: пат. 2015150 РФ, МПК С09F 1/00; заявл. 22.07.1991; опубл. 30.06.1994.
15. Рошин В.И. Способ переработки древесной зелени: пат. 2000104405 РФ, МПК С07 D 309/40; заявл. 22.02.2000; опубл. 27.11.2001.
16. Красильников О.Ю. Способ переработки древесной зелени: пат. 2295254 РФ, МПК 7A23K1/00; заявл. 07.02.2005; опубл. 20.03.2007. 2 с.
17. Способ комплексной переработки древесной зелени: пат. 2655343 РФ, МПК 7B01D11/02; заявл. 30.12.2016; опубл. 25.05.2018.
18. Способ комплексной переработки древесной зелени: пат. 2404238 РФ, МПК С11B9/02; заявл. 09.04.2009; опубл. 20.11.2010, Бюл. № 32.
19. Способ переработки древесной зелени Malus Vaccata: пат. 2459628 РФ, МПК 7A61K36/73; заявл. 08.04.2011; опубл. 27.08.2012.
20. Султанов В.С. Способ переработки полипроленов из нейтральных экстрактивных веществ древесной зелени хвойных пород: пат. 2708234 РФ, МПК 7 C 07 C 29/00; заявл. 19.03.2019; опубл. 05.12.2019. 5 с.
21. Журавлёва Л.Н., Репях С.М. Извлечение биологически активных веществ из древесной зелени хвойных сжиженных углеводородами // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практической конф. (24-25 апр. 2003 г.). Красноярск, 2003. С. 300-303.
22. Способ переработки древесной зелени пихты сибирской: пат. 2462448 РФ, МПК 7C07C51/00; заявл. 24.12.2010; опубл. 24.06.2012. 7 с.
23. Серебров В.В. Способ переработки биологически активной фракции экстракта древесной зелени пихты сибирской: пат. 2006138542 РФ, МПК 7C07C51/00; заявл. 31.01.2006; опубл. 10.05.2008. 4 с.
24. Shijie Liu Biotechnology Advances // Woody biomass: Niche position as a source of sustainable renewable chemicals and energy and kinetics of hot-water extraction / hydrolysis. 2010. P. 563-582.
25. Marjanović-Balaban Željka, Gojković Cvjetković V., Kaporović-Solomon M., Stanojević L., Stanojević J., Kalaba V. Quality testing of industrially produced essential oil of white pine (Pinus sylvestris L.) from the Republic of Srpska // Journal of Engineering & Processing Management. 2020. № 12 (2). P. 36-43.
26. Method for extracting essential oil from pine: pat. 101230388 South Korea, IPC 7C11B1/14 / applicant and patent holder: Choi Engil and Pak Ok Hee No. 1230388/10; Application. 18.01.2012; Publ. 05.02.2013. 1 p.
27. Ivanova Raisa, Gladei Diana, Simkova Jana, Brindza Jan. Biological Activity of Extracts from Some Species of Coniferous Plants / Agrobiodiversity. For improving nutrition, health and life quality. 2019. № 3. ARTICLES. Published 2019-12-02.
28. Fedorov Vladimir S., Ryazanova Tatyana V. Bark of Siberian Conifers: Composition, Use, and Processing to Extract Tannin / Forests. Forests 12 (8):1043.
29. Ivanova N.V., Levchuk A.A. Study of influence of anthropogenic factors on the content of extractives in larch bark / Chemistry of plant raw material. September 2014.

References

1. Stepen' P.A., Klimova L.S. Content and composition of terpene components of essential oil of individual parts of Scots pine // Himiya drevesiny. 1985. № 4. P. 101-106.
2. Guba I.T., Omelyuh N.S., Svistula G.E. Experience in complex processing of pine needles into forest chemistry products // Forestry Information: ref. vyp. 1976. № 12. P. 21-23.
3. Baranova P.A., Fragina A.L., Chernomorskij S.A. Obtaining and using chlorophyll-containing preparations from needles. M., 1973. 32 p.
4. Beloborodov G.A. Basic processes of vegetable oil production. M.: Pishchevaya prom-st', 1966. 478 p.
5. Berestov V.A., Petrov G.R., Izotova S.P. Use of wood greenery in industrial animal husbandry and rabbit breeding. L.: Kolos, 1982. 96 p.

6. Besedina I.N., Petrov V.S. Sorbents from bark // Himikolesnoj kompleks - nauch. i kadrovoe obespechenie v XXI veke: problemy i resheniya: materialy Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (19-20 okt. 2000 g.). Krasnoyarsk: SiB-GTU, 2000. P. 258-261.
7. Prices for products of Rostov Pharmaceutical Factory [Elektronnyj resurs]. URL: https://maksavit.ru/brand/rostovskaya_farmatsevticheskaya_fabrik_ooo/ (data obrashcheniya: 11.10.2024).
8. Blazhej A., Shutyj L. Phenolic compounds of plant origin. M.: Mir, 1977. 240 p.
9. Solodkij F.T. Method for complex processing of needles: avt. svid. № 68796 SSSR, MPK A61K 0036/15; zayavl. 24.03.1942 № 3560; opubl. 30.06.1947.
10. Solodkij F.T., Agranat A.A. Production of coniferous chlorophyll-carotene paste. M.: Goslesbumizdat, 1956. P. 17-19.
11. Solodkij F.T., Agranat A.L. Method for obtaining aqueous extracts from needles: avt. svid. № 105598 SSSR, MPK A61K 7/50; zayavl. 17.02.1956 № 14757/454377; opubl. 01.01.1957.
12. Kashchenko A.A., Tomchuk R.I., Podyniglazov A.A. Effect of grinding wood greenery on the yield and quality of essential oils // Lesohimiya i podsochka: ref. inform. 1972. № 7. P. 7.
13. Tutygin G.S., Gaevskij N.P., Petrik V.V. Technology of production of non-timber forest products. Arhangel'sk: Izd-vo Arhangel. gos. tekhn. un-ta, 2000. 267 p.
14. Roshchin V.I. Method of processing green wood of coniferous species: pat. 2015150 RF, MPK C09F 1/00; zayavl. 22.07.1991; opubl. 30.06.1994.
15. Roshchin V.I. Method of processing green woody greens: pat. 2000104405 RF, MPK C07 D 309/40; zayavl. 22.02.2000; opubl. 27.11.2001.
16. Krasil'nikov O.Yu. Method for processing wood greenery: pat. 2295254 RF, MPK 7A23K1/00; zayavl. 07.02.2005; opubl. 20.03.2007. 2 p.
17. Method for comprehensive processing of wood greenery: pat. 2655343 RF, MPK 7B01D11/02; zayavl. 30.12.2016; opubl. 25.05.2018.
18. Method for complex processing of wood greenery: pat. 2404238 RF, MPK S11B9/02; zayavl. 09.04.2009; opubl. 20.11.2010, Byul. № 32.
19. Method for processing wood greenery MALUS BACCATA: pat. 2459628 RF, MPK 7A61K36/73; zayavl. 08.04.2011; opubl. 27.08.2012.
20. Sultanov V.S. Method for processing polyphenols from neutral extractive substances of coniferous wood greenery: pat. 2708234 RF, MPK 7 C 07 C 29/00; zayavl. 19.03.2019; opubl. 05.12.2019. 5 p.
21. Zhuravlyova L.N., Repyah S.M. Extraction of biologically active substances from coniferous wood greenery with liquefied hydrocarbons // Lesnoj i himicheskij komplekxy - problemy i resheniya: sb. st. po materialam Vseros. nauch.-prakticheskoy konf. (24-25 apr. 2003 g.). Krasnoyarsk, 2003. P. 300-303.
22. Method for processing Siberian fir wood greenery: pat. 2462448 RF, MPK 7C07C51/00; zayavl. 24.12.2010; opubl. 24.06.2012. 7 p.
23. Serebrov V.V. Method for processing biologically active fraction of Siberian fir wood greenery extract: pat. 2006138542 RF, MPK 7C07C51/00; zayavl. 31.01.2006; opubl. 10.05.2008. 4 p.
24. Shijie Liu Biotechnology Advances // Woody biomass: Niche position as a source of sustainable renewable chemicals and energy and kinetics of hot-water extraction / hydrolysis. 2010. P. 563-582.
25. Marjanović-Balaban Željka, Gojković Cvjetković V., Kaponić-Solomon M., Stanojević L., Stanojević J., Kalaba V. Quality testing of industrially produced essential oil of white pine (*Pinus sylvestris* L.) from the Republic of Srpska // Journal of Engineering & Processing Management. 2020. № 12 (2). P. 36-43.
26. Method for extracting essential oil from pine: rat. 101230388 South Korea, IPC 7C11B1/14 / applicant and patent holder: Choi Engil and Pak Ok Hee No. 1230388/10; Application. 18.01.2012; Publ. 05.02.2013. 1 p.
27. Ivanova Raisa, Gladei Diana, Simkova Jana, Brindza Jan. Biological Activity of Extracts from Some Species of Coniferous Plants / Agrobiodiversity. For improving nutrition, health and life quality. 2019. № 3. ARTICLES. Published 2019-12-02.
28. Fedorov Vladimir S., Ryazanova Tatyana V. Bark of Siberian Conifers: Composition, Use, and Processing to Extract Tannin / Forests. Forests 12 (8):1043.
29. Ivanova N.V., Levchuk A.A. Study of influence of anthropogenic factors on the content of extractives in larch bark / Shemistry of plant raw material. September 2014.