

УДК [630*8:661.123](045)

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОСТАВА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ЕЛИ ПРИАРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

© *В.Г. Татаринцева*^{1,2}, *Н.А. Кутакова*^{2*}, *И.Н. Зубов*¹

¹Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова РАН, наб. Северной Двины, 23, Архангельск, 163000 (Россия)

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, 17, Архангельск, 163002 (Россия), e-mail: n.kutakova@narfu.ru

Древесная зелень хвойных пород деревьев содержит широкий спектр биологически активных компонентов, состав и содержание которых определяется наряду с породными и климатическими факторами. Закономерности биосинтеза этих соединений в условиях холодного климата и высокой заболоченности мало изучены, поэтому целью данной работы является исследование особенностей состава древесной зелени ели европейской, произрастающей на территории приарктической зоны РФ, и определение возможности ее переработки с получением ценных товарных продуктов. Основными направлениями переработки ДЗ являются экстракция различными методами, а также получение кормовых продуктов из высушенной свежей или проэкстрагированной массы. В данной работе была проведена экстракция методами настаивания, дефлегмационным с настаиванием (комбинированный, в аппарате Сокслета) и дефлегмационным (в аппарате Твиссельмана); в качестве растворителя выбран 96%-ный этиловый спирт. Анализ полученных экстрактов показал, что наибольший выход экстрактивных веществ обеспечивает дефлегмационный метод, максимальную сохранность биологически активных соединений позволяет достичь экстракция в аппарате Сокслета. Определено общее содержание экстрактивных веществ, компонентный состав (жиро-, водорастворимые вещества, пигменты, флавоноиды, сахара, аскорбиновая кислота), микроэлементный состав. Хвойная паста – продукт, полученный на основе спиртовых экстрактов, не уступает по качеству хлорофилло-каротиновой пасте на основе бензинового экстракта. Мука из проэкстрагированной массы обладает хорошей переваримостью и пригодна для использования в кормовых целях.

Ключевые слова: ель европейская (*Picea Abies*), древесная зелень, экстракция, биологически активные вещества, этиловый спирт, хвойная паста, кормовая мука.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках темы № АААА-А18-118012390224-1.

Введение

Освоение Арктики и северных территорий России рассматривается на государственном уровне как одна из приоритетных задач развития РФ [1]. Экстремальные природно-климатические условия способ-

ствуют высокой степени заболоченности данных территорий [2]. Специфичность почвенных условий Европейского Севера (повышенная кислотность, высокая влажность, низкая доступность органического вещества и подвижных форм питательных элементов) обуславливает формирование биогеоценозов с преобладанием ели обыкновенной (*Picea Abies*) в древесном ярусе. Распространенность в регионе объясняет широкое применение древесины ели предприятиями лесного комплекса.

Татаринцева Валерия Геннадьевна – магистрант, младший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: leratatarintseva@gmail.com
Кутакова Наталья Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры целлюлозно-бумажных и лесохимических производств Высшей школы естественных наук и технологий, e-mail: n.kutakova@narfu.ru
Зубов Иван Николаевич – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории болотных экосистем, e-mail: zubov.ivan@bk.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

В настоящее время в лесной промышленности РФ используется в основном стволовая часть дерева [3, 4]. Порубочные остатки, основную долю которых составляет древесная зелень (ДЗ), сжигаются или остаются в отвалах, представляя экологическую угрозу [5, 6]. Однако ДЗ может служить источником широкого спектра биологически активных веществ (БАВ): витаминов (водо- и жирорастворимых), сахаров, фенольных соединений (флавоноидов, танидов), пигментов (каротиноидов, хлорофиллов), эфирных масел, жирных кислот, макро- и микроэлементов [7]. Продукты переработки ДЗ востребованы в медицине и косметологии (воск, хлорофиллин натрия, эфирное масло), сельском хозяйстве (хлорофилло-каротиновая паста), животноводстве и птицеводстве (витаминная мука) и других отраслях народного хозяйства [8, 9]. Компонентный состав растительного сырья, и ДЗ в том числе, определяющий возможные направления его использования, не является постоянным и зависит от множества факторов, среди которых наиболее значимыми являются порода дерева, сезон отбора, а также условия произрастания. В частности, климатические факторы и гидрологические условия оказывают существенное влияние на процессы биосинтеза компонентов растительных тканей, что подтверждается большим количеством исследовательских работ. При этом под влиянием комплекса абиотических факторов происходят изменения в составе и структуре не только относительно быстро реагирующей на внешние воздействия вегетативной системы, представленной в первую очередь кроной дерева (древесной зеленью) [10–13], но и в сравнительно стабильной субстанции – древесном веществе [14, 15].

В связи с этим можно предполагать, что состав ДЗ хвойных пород, произрастающих в приарктической зоне, имеет ряд отличий по сравнению с другими регионами. Тот факт, что территории северных регионов нашей страны сильно заболочены [16], вносит дополнительную неопределенность, так как состав почв оказывает значительное влияние на растительный покров, а постоянное избыточное увлажнение выступает как стрессовый фактор для большинства древесных видов растений. Под влиянием стрессовых воздействий, как правило, происходит активизация защитных функций организма посредством изменения привычных схем биосинтеза компонентов. Это приводит к накоплению отдельных групп соединений, выполняющих защитные функции, и изменению компонентного состава ДЗ.

Учитывая вышесказанное, изучение особенностей состава древесной зелени ели европейской (*Picea Abies*), произрастающей на территории приарктической зоны РФ, а также определение возможности ее вовлечения в комплексную переработку древесного сырья с получением ценных товарных продуктов является актуальной задачей.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использовали древесную зелень ели европейской (*Picea Abies*), произрастающей на территории Приморского района Архангельской области, вне зоны антропогенного воздействия. Некоторые климатические характеристики региона отбора приведены в таблице 1.

Отбор проб проводили в октябре 2016 г. с 5 модельных деревьев и далее готовили объединенную пробу. Ветви, помещенные в герметичные пакеты, транспортировали в сумке-холодильнике и до проведения анализов хранили в морозильной камере не более 15 суток.

Качество ДЗ определяли согласно ГОСТу [18], компонентный состав – по стандартным методикам [19]: влажность – методом высушивания, зольность – методом сжигания, содержание водорастворимых веществ – экстракцией методом настаивания, жирорастворимых веществ – дефлегмационным методом с применением петролейного эфира в качестве растворителя.

Таблица 1. Характеристика района отбора проб древесной зелени [17]

| Параметр | Образцы |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Регион | Архангельская область (Приморский район) |
| Подзона | северная тайга |
| Климатический пояс | умеренный пояс |
| Средняя температура января, °С | -12.9 |
| Средняя температура июля, °С | 15.6 |
| Годовое количество осадков, мм | 509 |
| Сумма температур > 5 °С | 1500 |
| Средняя продолжительность безморозного периода, дней | 86 |
| Число дней в году с устойчивой температурой выше 5 °С | 120 |

Экстракция с целью выделения ценных биологически активных веществ – один из основных способов переработки ДЗ. Применение находят такие методы, как дефлегмационный (метод Твиссельмана), дефлегмационный с настаиванием (проводится в аппарате Сокслета), настаивания и др. [20], при этом результаты, полученные разными методами, могут существенно отличаться [21]. Использование различных методов экстракции и сравнение результатов позволяет выбрать наиболее подходящий метод для переработки изучаемого растительного сырья.

Спиртовые экстракты получали тремя методами: настаиванием, дефлегмационным с настаиванием (комбинированный, аппарат Сокслета) и дефлегмационным методом Твиссельмана. Экстракция методами настаивания и Твиссельмана проведена в течение 2.5 ч при температуре 90 °С. В аппаратах Сокслета была организована исчерпывающая экстракция в течение 10 ч при температуре 90 °С до полного извлечения компонентов из материала. Общее содержание экстрактивных веществ (ЭВ) рассчитывали двумя способами: по концентрации экстракта и по убыли массы сырья. За результат принимали средние значения, полученные двумя способами расчета.

Содержание каротиноидов, хлорофиллов и флавоноидов (по кверцетину) в экстрактах определяли фотометрическим методом на спектрофотометре Unicо 2800, при этом пигменты разделяли путем омыления [22]. При определении флавоноидов вместо ГСО рутина [23] использовали ГСО кверцетина. Определение сахаров выполнено методом Шомоди-Нельсона, основанном на способности веществ, обладающих альдегидной группой, восстанавливать ионы Cu^{2+} до Cu^{1+} в щелочной среде [24]. Минеральные компоненты – методом рентгенофлуоресцентного анализа на спектрометре полного внешнего отражения S2 PICOFOX [25]. Определение аскорбиновой кислоты и дубильных веществ проводили по методикам, описанным в [19, 26]. Кормовую муку получали путем размола проэкстрагированной древесной зелени [27]. Анализ кормовой муки (остаток после спиртовой экстракции методом настаивания) включал определение гранулометрического состава, переваримости [28] и содержания каротина [29]. Хвойную пасту получали путем омыления спиртовых экстрактов расчетным количеством гидроксида натрия, при этом использовали аппарат с мешалкой, нагрев на водяной бане. Анализ продукта проводили по показателям ГОСТа [30].

Результаты и их обсуждение

Качество ДЗ для выработки продуктов лесохимического производства регламентируется показателями ГОСТа (табл. 2) [18].

По суммарному содержанию хвои (69.7%) и однолетних побегов с почками (12.8%) образец соответствует первому сорту, по содержанию коры и древесины (17.5%) – второму. Слабая охвоенность побегов может быть обусловлена климатическими особенностями региона произрастания (табл. 1). Так, низкие уровни солнечной радиации и среднегодовых температур, а также постоянная избыточная увлажненность обуславливают формирование на данной территории низкособитетных насаждений.

Выбор направления использования ДЗ напрямую зависит от особенностей ее компонентного состава. Основные группы веществ ДЗ, ввиду близкой природы отдельных классов соединений, извлекаются комплексно в виде достаточно сложной смеси, поэтому часто для характеристики состава древесной зелени используют классификацию, основанную на методах выделения веществ (водорастворимые, жирорастворимые, минеральные и др.). В таблице 3 представлены данные о содержании основных групп компонентов в исследуемом сырье (на абсолютно сухую массу).

Общая зольность ДЗ составляет 2.5%, что несколько ниже значений, представленных в литературе. По результатам В.И. Ягодина [8], содержание зольных веществ в ДЗ ели колеблется в диапазоне 2.9–4.6%. Для ели, произрастающей на территории Красноярского края, содержание минеральных веществ в хвое достигает 6.0%, а в одревесневших побегах – 3.0% [31]; с учетом соотношения частей ДЗ ее зольность превышает 5%. Пониженная зольность исследуемых образцов может быть обусловлена высокой долей однолетних побегов, характеризующихся низким содержанием минеральных компонентов, а также особенностями минерального состава заболоченных территорий, для которых, как правило, характерен дефицит минеральных веществ.

Содержание водорастворимых веществ в исследуемых образцах ДЗ составляет 28.2% от а. с. м., что на 4.4% превышает данные для ели сибирской (*Picea obovata*) [31]. В целом содержание водорастворимых веществ в исследуемом образце близко к максимальному значению – для ДЗ ели оно составляет 30% [8]. Данный факт может быть частично обусловлен постоянным избыточным увлажнением территории произ-

растания, а также низкими значениями температур (табл. 1). В результате этого может происходить накопление водорастворимых компонентов, выполняющих роль «антифриза» и защищающих растение от воздействия низких температур.

Содержание жирорастворимых веществ в исследуемых образцах ДЗ ели составило 9.8% от а. с. м. Для сравнения, содержание суммарных липидов в ДЗ сосны составляет 8.9–14.8% от сухой массы [32], а для ДЗ пихты весной достигает 17.1% [7]. Пониженное содержание жирорастворимых веществ в исследуемом материале может быть обусловлено спецификой компонентного состава этой породы, а также влиянием регионального фактора и сезонных колебаний.

Этиловый спирт является одним из наиболее распространенных экстрагентов, применяемых в химии и технологии растительного сырья. Он позволяет извлекать широкий спектр биологически активных веществ из ДЗ, причем как водо-, так и жирорастворимых – эфирные масла, хлорофилл, каротиноиды, витамины, дубильные вещества и некоторые другие [33].

Однако как было сказано выше, степень извлечения отдельных компонентов во многом зависит от метода экстракции. Оценка влияния метода экстракции на выход и состав спиртовых экстрактов ДЗ ели представлена в таблице 4.

Закономерно, что экстракция в аппарате Сокслета за счет продолжительности процесса позволяет извлекать наибольшее количество ЭВ. Особенность метода состоит в том, что он совмещает в себе настаивание и дефлегмацию. С одной стороны, периодическая дефлегмация увеличивает разность концентраций внутри частицы и в растворе, то есть движущую силу процесса экстракции. С другой стороны, нахождение твердых частиц в растворителе увеличивает проникновение последнего в структуру материала, то есть внутреннюю диффузию. Кроме того, настаивание происходит в конденсате растворителя, температура которого несколько ниже, чем температура в зоне экстракции (на 5–10 °С), что уменьшает ее негативное воздействие на выделяемые вещества. Можно ожидать, что и состав экстрактов, полученных комбинированным методом, отличается более высоким содержанием отдельных лабильных компонентов.

Таблица 2. Характеристика древесной зелени

| Показатель | Норма для сорта [18] | | | Содержание в исследуемом образце |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----|-----|----------------------------------|
| | 1-й | 2-й | 3-й | |
| Массовая доля хвои, листьев, почек и неодревесневших побегов, % (не менее) | 80 | 70 | 60 | 82.5 |
| Массовая доля коры и древесины, % (не более) | 15 | 25 | 35 | 17.5 |
| Массовая доля других органических примесей, % (не более) | 5 | 5 | 5 | – |

Таблица 3. Содержание основных групп компонентов в ДЗ

| Показатель | Содержание |
|-----------------------------------------------------|------------|
| Влажность, % | 51.5±0.7 |
| Общая зольность, % от а. с. м. | 2.54±0.07 |
| Содержание водорастворимых веществ, % от а. с. м. | 28.2±0.5 |
| Содержание жирорастворимых веществ, % от а. с. м. | 9.8±0.8 |
| Содержание спирторастворимых веществ, % от а. с. м. | 28.3–36.0 |

Таблица 4. Состав спиртовых экстрактов древесной зелени ели

| Компонент древесной зелени | Содержание в экстракте, полученном методами: | | |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | настаивания | комбинированный (Сокслет) | дефлегмационный (Твиссельман) |
| Общее содержание ЭВ, % от а. с. м. | 28.3±0.8 | 36.1±0.5 | 36.0±0.4 |
| Дубильные вещества, % от а. с. м. | 7.1±0.4 | 6.6±0.2 | 6.6±0.1 |
| Растворимые сахара, % от а. с. м. | 5.5±0.6 | 8.0±1.0 | 7.0±0.1 |
| Флавоноиды (по кверцетину), % от а. с. м. | 0.24±0.01 | 0.22±0.02 | 0.13±0.01 |
| Каротиноиды, мг/кг а. с. м. | 73±4 | 114±2 | 60±6 |
| Хлорофиллы, г/кг а. с. м. | 4.98±0.05 | 5.20±0.10 | 4.50±0.90 |
| Аскорбиновая кислота, мг % от а. с. м. | 68±3 | 55±1 | 59±9 |

Анализ количественного состава спиртовых экстрактов показал, что комбинированный метод обеспечивает наибольшее извлечение растворимых сахаров и пигментов, в особенности каротиноидов, в то время как содержание аскорбиновой кислоты при этом значительно ниже, чем при экстракции методом настаивания. Это можно объяснить разрушением аскорбиновой кислоты в процессе экстракции при длительном воздействии (10 ч) высокой температуры. Кроме того, анализ исходной ДЗ на содержание аскорбиновой кислоты спустя 60 суток показал, что неправильное хранение способствует практически полной деструкции витамина С – степень его разрушения составляет более 90%.

Наибольший выход дубильных веществ обнаружен в экстрактах, полученных методом настаивания. Это объясняется способностью дубильных веществ оказывать пептизирующее действие на более крупные молекулы танидов [34]. Настаивание материала в растворе, уже содержащем дубильные вещества, способствует их дальнейшему выделению в экстракт.

Повышенное содержание хлорофилла в экстрактах по сравнению с литературными данными [8] обусловлено видом экстрагента. Этанол лучше извлекает хлорофилл, чем гидрофобные растворители, так как разрушает связи пигментов с белками [7]. По УФ-спектрам хлорофилл «б» в исследуемых экстрактах отсутствует.

ДЗ является источником не только органических, но и минеральных веществ. Определено содержание основных элементов в образцах ДЗ, мг/кг: P \approx 2000, K \approx 5000, Zn \approx 60. Полученные экстракты содержат ценные минеральные компоненты в небольшом количестве, мг/кг: P – 15, K – 75, Mn – 1.5, Cu – 0.14, Zn – 0.13 (в пересчете на абсолютно сухое сырье). Основная часть минеральных веществ (более 90%) не извлекается при экстракции и остается в проэкстрагированном материале, что определяет его кормовую ценность.

Свежая ДЗ является грубым кормом, ее непосредственное использование в животноводстве и птицеводстве затруднительно. В то же время кормовая мука – это ценнейший источник макро- и микроэлементов, клетчатки, витаминов и пр., поэтому она находит широкое применение в животноводстве и птицеводстве. Ввиду этого важным показателем, характеризующим ее питательную ценность, является переваримость. Согласно экспериментальным данным, переваримость кормовой муки из проэкстрагированных образцов ДЗ ели изучаемого региона достигает 43.6% и лишь незначительно уступает витаминной муке из свежезаготовленного сырья.

Качество кормовой муки оценивают по ряду показателей [29]. По гранулометрическому составу и отсутствию примесей полученная кормовая мука соответствует требованиям, однако содержание каротина низкое – 24 мг/кг, что связано с высокой степенью извлечения каротиноидов на стадии экстракции. Это свидетельствует о необходимости добавления свежей ДЗ к отработанной зелени при получении кормовых продуктов, что существенно повысит ее питательные свойства. Применение такой биологически активной добавки благотворно влияет на животных и птиц: наблюдается прирост веса, улучшается продуктивность, повышается иммунитет [29].

Известно, что из спиртовых экстрактов ДЗ сосны получают хвойную пасту [35]. Хвойная паста – это поливитаминный препарат, сходный по составу с хлорофилло-каротиновой пастой (ХКП), которую получают на основе экстракции ДЗ бензином. ХКП находит широкое применение в производстве косметики, в медицине как антисептическое и ранозаживляющее средство и в сельском хозяйстве. Можно предположить, что продукт на основе спиртовых экстрактов ДЗ ели будет обладать сходными с хлорофилло-каротиновой пастой свойствами, а также иметь более широкий спектр биологически активных соединений, так как бензин – селективный растворитель, извлекающий преимущественно жирорастворимые вещества, а этиловый спирт – универсальный экстрагент, совместно извлекающий жиро- и водорастворимые вещества.

Полученная на основе спиртовых экстрактов хвойная паста проанализирована по показателям хлорофилло-каротиновой пасты согласно ГОСТ [30], результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5. Показатели качества хвойной пасты

| Показатель | Норма по ГОСТ 21802-84 для высшего сорта ХКП | Результаты анализа |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| Внешний вид, запах, цвет | Однородная густая мазеобразная масса темно-зеленого (оливково-зеленого) цвета с характерным хвойным запахом | Однородная вязкая жидкость темного зеленовато-коричневого цвета с приятным хвойным запахом |
| pH 20%-го водного раствора | 8–9 | 8.35 |
| Влажность, %, не более | 40 | 51.8 |
| Содержание каротина, мг %, не менее | 45 | 45.7 |

Сравнение качественных показателей экспериментального образца хвойной пасты с требованиями ГОСТа демонстрирует, что полученный продукт не уступает по качеству ХКП, а этиловый спирт действительно может быть использован как альтернатива бензину. Учитывая повышенное содержание хлорофилла в экстрактах, следует изучить возможность переработки экстрактов по варианту с получением хлорофиллина натрия, провитаминного концентрата и бальзамической пасты [8].

Выводы

1. Экспериментально показано, что древесная зелень ели обыкновенной приарктической зоны Европейской части РФ характеризуется повышенным содержанием водорастворимых веществ (более 28% от а. с. м.) и низкой долей жирорастворимых и минеральных компонентов, что, вероятно, обусловлено климатическими условиями региона.

2. Определен состав спиртовых экстрактов древесной зелени ели, полученных различными методами. Установлено, что комбинированный метод в аппарате Сокслета обеспечивает наибольшее извлечение растворимых сахаров, зеленых пигментов и каротиноидов. Для достижения максимального выхода экстрактивных веществ дефлегмационный метод эффективнее других методов.

3. Определено содержание основных элементов в образцах ДЗ, мг/кг: P \approx 2000, K \approx 5000, Zn \approx 60. При экстракции извлекается менее 10% минеральных веществ, высокое содержание этих веществ в проэкстрагированном материале определяет его кормовую ценность.

4. Полученный на основе спиртовых экстрактов продукт (хвойная паста) является альтернативой хлорофилло-каротиновой пасте (экстракция бензином). Проэкстрагированная этиловым спиртом древесная зелень пригодна для получения кормовой добавки как самостоятельно, так и в смеси со свежей зеленью.

Коллектив авторов выражает благодарность сотрудникам Центра коллективного пользования «Арктика» в содействии получению экспериментальных данных.

Список литературы

1. О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/info/18360/>
2. Сирин А.А., Маркина А.В., Минаева Т.Ю. Заболоченность Арктической зоны России // Материалы международного полевого симпозиума «Болотные экосистемы Северо-Востока Европы и проблемы экологической реставрации в зоне многолетней мерзлоты». Сыктывкар, 2017. С. 16–22.
3. Зайцева М.И., Робонен Е.В., Чернобровкина Н.П. Использование порубочных остатков для приготовления торфяных субстратов при выращивании сеянцев сосны обыкновенной с закрытой корневой системой // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2010. №1. С. 4–8.
4. Гелес И.С. Древесное сырье – стратегическая основа и резерв цивилизации. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 499 с.
5. Татаринцева В.Г., Кутакова Н.А., Селянина С.Б., Зубов И.Н. Снижение экологического ущерба от лесозаготовок в арктической зоне Российской Федерации // Труды Архангельского центра Русского географического общества: сборник научных статей. Архангельск, 2017. Вып. 5. С. 442–445.
6. Дитрих В.И., Андрияс А.А., Пережилин А.И., Корпачев В.П. Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. 27. №3–4. С. 346–351.
7. Ушанова В.М., Ушанов С.В., Репах С.М. Состав и переработка древесной зелени и коры пихты сибирской. Красноярск, 2008. 257 с.
8. Ягодин В.И. Основы химии и технологии переработки древесной зелени. Л.: ЛГУ, 1981. 224 с.
9. Баюнова Е.А., Павлуцкая И.С., Короткий В.П., Рошин В.И. Энергетическая кормовая добавка из древесной зелени ели обыкновенной (*Picea Abies*) // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2014. №38. С. 62–66.
10. Цельникер Ю.Л., Выгодская Н.Н., Милюкова И.М., Корзухин М.Д. Влияние условий погоды на фотосинтез ели (*Picea Abies*) // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2002. Т. XVIII. С. 337–357.
11. Гуляев Д.К., Белоногова В.Д., Ващенко П.С. Сезонная изменчивость компонентного состава эфирного масла древесной зелени ели обыкновенной *Piceae abietis* (*Pinaceae*) // Фундаментальные исследования. 2015. №7. С. 14–19.
12. Slimestad R. Amount of flavonols and stilbenes during needle development of *Picea abies*; variations between provenances // Biochemical systematics and ecology. 1998. Vol. 26. N2. Pp. 225–238. DOI: 10.1016/S0305-1978(97)00099-9.
13. Щербаков А.Ю. Изменчивость пигментного состава хвои ели европейской (*Picea Abies* L. H. Karst) в географических культурах // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №3. С. 35–40.

14. Зубов И.Н., Хвиюзов С.С., Лобанова М.А., Боголицын К.Г., Гусакова М.А. Влияние абиотических факторов на формирование лигноуглеводной матрицы древесины можжевельника // Известия вузов. Лесной журнал. 2012. №1. С. 113–120.
15. Фуксман И.Л. Влияние природных и антропогенных факторов на метаболизм веществ вторичного происхождения у древесных растений: автореф. дис. ... доктора биол. наук. СПб., 1999. 42 с.
16. Вомперский С.Э., Сиринов А.А., Сальников А.А., Цыганова О.П., Валяева Н.А. Оценка площади болотных и заболоченных лесов России // Лесоведение. 2011. №5. С. 3–11.
17. Федоров Д.Ф. Атлас Архангельской области. М.: ГУГК, 1976. 72 с.
18. ГОСТ 21769-84. Зелень древесная. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1984. 5 с.
19. ГОСТ 24027.2-80. Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла. М.: Изд-во стандартов, 1980. 9 с.
20. Zhang Q.-W., Lin L.-G., Ye W.-C. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review // Chinese Medicine. 2018. Pp. 13–20. DOI: 10.1186/s13020-018-0177-x.
21. Schwanninger M., Hinterstoisser B. Comparison of the classical wood extraction method using a Soxhlet apparatus with an advanced extraction method // Holz als Roh und Werkstoff. 2002. Vol. 60. N5. Pp. 343–346. DOI: 10.1007/s00107-002-0312-2.
22. Кутакова Н.А., Богданович Н.И., Селянина С.Б., Коптелова Е.Н., Коровкина Н.В. Лабораторный практикум по технологии биологически активных веществ и углеродных адсорбентов: в 2 ч. Ч. 2. Анализ БАВ: учеб. пособие. Архангельск, 2015. 114 с.
23. Смирнова М.М., Яборова О.В., Накарякова Н.И., Люст Е.Н., Олешко О.А. Определение суммы флавоноидов в траве пиона // Фундаментальные исследования. 2014. №12. С. 164–168.
24. ГОСТ 9.801-82. Единая система защиты от коррозии и старения. Бумага. Методы определения грибостойкости. М.: Изд-во стандартов, 1982. 7 с.
25. Малков А.В., Татаринцева В.Г., Кутакова Н.А. Определение микроэлементного состава экстрактов древесной зелени методом РФА ПВО // Физикохимия растительных полимеров: материалы VII международной конференции. Архангельск, 2017. С. 145–147.
26. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: Изд-во стандартов, 1989. 10 с.
27. Репях С.М., Левин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени. М.: Лесная пром-ть, 1988. 96 с.
28. Исаева Е.В., Рязанова Т.В. Состав, свойства и переработка отходов вегетативной части тополя после извлечения экстрактивных веществ. Сообщение 1. Химический состав твердых и жидких отходов // Химия растительного сырья. 2012. №3. С. 59–65.
29. ГОСТ 13496.17-95. Корма. Методы определения каротина. М., 1995. 5 с.
30. ГОСТ 21802-84. Паста хвойная хлорофилло-каротиновая. Технические условия. М., 1984. 13 с.
31. Репях С.М., Чупрова Н.А., Величко Н.А. Состав древесной зелени хвойных // Химия древесины. 1982. №3. С. 92–95.
32. Репях С.М., Рубчевская Л.П. Химия и технология переработки древесной зелени. Красноярск: КГТА, 1994. 320 с.
33. Нарчуганов А.Н., Ефремов А.А., Оффан К.Б. Экстрактивные вещества лапки хвойных эвенкии, извлекаемые при спиртовой обработке с использованием ультразвука // Химия растительного сырья. 2010. №1. С. 105–108.
34. Вахрушев В.И. Производство дубильных экстрактов. М.: Легпромбытиздат, 1990. 320 с.
35. Патент №2252769 (РФ). Способ получения биологически активных веществ из древесной зелени сосны / Л.П. Рубчевская, Е.В. Шанина / 2005.

Поступила в редакцию 9 июня 2018 г.

После переработки 20 февраля 2019 г.

Принята к публикации 25 февраля 2019 г.

Для цитирования: Татаринцева В.Г., Кутакова Н.А., Зубов И.Н. Изучение особенностей состава древесной зелени ели приарктического региона Европейской части России и возможности ее комплексной переработки // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 69–77. DOI: 10.14258/jcrpm.2019034143.

Tatarintseva V.G.^{1,2}, *Kutakova N.A.*^{2*}, *Zubov I.N.*² THE STUDY OF THE PECULIARITIES OF THE COMPOSITION OF WOODY GREEN SPRUCE IN THE ARCTIC REGION OF EUROPEAN RUSSIA AND POSSIBILITIES OF ITS COMPLEX PROCESSING

¹ *Federal Center for Integrated Arctic Research of Russian Academy of Sciences, nab. Severnoy Dviny, 23, Archangelsk, 163002 (Russia)*

² *Northern Arctic Federal University named after M.V. Lomonosov, nab. Severnoy Dviny, 17, Archangelsk, 163002 (Russia), e-mail: n.kutakova@narfu.ru*

Spruce contains a huge variety of bioactive substances concentration and composition of which are determined by both species and climate factors. Particularities of biosynthesis of these compounds in conditions of cold climate and high level of bogginess are underexplored. For this reason the aim of the work is to investigate the particularities of composition of common spruce which vegetates on the subarctic territory of Russian Federation and to study if there is the possibility of its processing into saleable products. The main methods of spruce conversion are extraction and mechanic grinding of fresh and extracted spruce to procure feeding flour. In this work extraction was conducted with such methods as infusion, reflux with infusion in Soxhlet apparatus and reflux in Twisselman apparatus. Ethanol at a concentration 96% was used as extracting agent. It was identified that method of reflux allows us to get the ultimate yield of extractives, reflux with infusion in Soxhlet apparatus permits extraction with the lowest degradation of bioactive substances. The total yield of extractives, component context of extracts (water soluble substances, fats, pigments, flavonoids, sugars, ascorbic acid), microelements were determined. Coniferous paste is a product obtained on the basis of alcohol extracts, and is not inferior in quality to chlorophyll carotin paste. Feeding flour which was procured from extracted spruce has quite good digestibility and could be serviceable enough for feeding purposes.

Keywords: European spruce (*Picea Abies*), woody greens, extraction, biological active substances, ethanol, coniferous paste, fodder flour.

References

1. *O Strategii razvitiya Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii i obespecheniya natsional'noy bezopasnosti na period do 2020 goda* [On the Strategy for the development of the Arctic zone of the Russian Federation and ensuring national security for the period until 2020] [Electronic resource]. URL: <http://government.ru/info/18360/> (in Russ.).
2. Sirin A.A., Markina A.V., Minayeva T.Yu. *Materialy mezhdunarodnogo polevogo simpoziuma «Bolotnyye ekosistemy Severo-Vostoka Yevropy i problemy ekologicheskoy restavratsii v zone mnogoletney merzloty»*. [Materials of the international field symposium "Wetland ecosystems of the North-East of Europe and the problems of ecological restoration in the permafrost zone"]. Syktyvkar, 2017, pp. 16–22. (in Russ.).
3. Zaytseva M.I., Robonen Ye.V., Chernobrovkina N.P. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*, 2010, no. 1, pp. 4–8. (in Russ.).
4. Geles I.S. *Drevesnoye syr'ye – strategicheskaya osnova i rezerv tsivilizatsii*. [Wood raw materials are the strategic basis and reserve of civilization]. Petrozavodsk, 2007. 499 p. (in Russ.).
5. Tatarintseva V.G., Kutakova N.A., Selyanina S.B., Zubov I.N. *Trudy Arkhangel'skogo tsentra Russkogo geogra-ficheskogo obshchestva: sbornik nauchnykh statey*. [Collection of works of the Arkhangelsk center of the Russian geographical society: collection of scientific articles]. Arkhangelsk, 2017, no. 5, pp. 442–445. (in Russ.).
6. Ditrikh V.I., Andriyas A.A., Perezhilin A.I., Korpachev V.P. *Khvoynyye boreal'noy zony*, 2010, vol. 27, no. 3–4, pp. 346–351. (in Russ.).
7. Ushanova V.M., Ushanov S.V., Repyakh S.M. *Sostav i pererabotka drevesnoy zeleni i kory pikhty sibirskoy*. [Composition and processing of woody greens and Siberian fir bark]. Krasnoyarsk, 2008, 257 p. (in Russ.).
8. Yagodin V.I. *Osnovy khimii i tekhnologii pererabotki drevesnoy zeleni*. [Fundamentals of chemistry and technology for processing green wood]. Leningrad, 1981, 224 p. (in Russ.).
9. Bayunova Ye.A., Pavlutsкая I.S., Korotkiy V.P., Roshchin V.I. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa*, 2014, no. 38, pp. 62–66. (in Russ.).
10. Tsel'niker Yu.L., Vygodskaya N.N., Milyukova I.M., Korzukhin M.D. *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, 2002, vol. XVIII, pp. 337–357. (in Russ.).
11. Gulyayev D.K., Belonogova V.D., Vashchenko P.S. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2015, no. 7, pp. 14–19. (in Russ.).
12. Slimstad R. *Biochemical systematics and ecology*, 1998, vol. 26, no. 2, pp. 225–238, DOI: 10.1016/S0305-1978(97)00099-9.
13. Shcherbakov A.Yu. *Vestnik Nizhegorodskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2016, no. 3, pp. 35–40. (in Russ.).
14. Zubov I.N., Khviyuzov S.S., Lobanova M.A., Bogolitsyn K.G., Gusakova M.A. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*, 2012, no. 1, pp. 113–120. (in Russ.).
15. Fuksman I.L. *Vliyaniye prirodnykh i antropogennykh faktorov na metabolism veshchestv vtorichnogo proiskhozhdeniya u drevesnykh rasteniy: avtoref. dis. ... doktora biol. nauk*. [The influence of natural and anthropogenic factors on the metabolism of substances of secondary origin in woody plants: abstract. dis. ... doctor biol. sciences]. St. Petersburg, 1999, 42 p. (in Russ.).
16. Vomperskiy S.E., Sirin A.A., Sal'nikov A.A., Tsyganova O.P., Valyayeva N.A. *Lesovedeniye*, 2011, no. 5, pp. 3–11. (in Russ.).

* Corresponding author.

17. Fedorov D.F. *Atlas Arkhangel'skoy oblasti*. [Atlas of the Arkhangel'sk region]. Moscow, 1976. 72 p. (in Russ.).
18. GOST 21769-84. *Zelen' drevesnaya. Tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 21769-84. Woody greens. Technical conditions]. Moscow, 1984, 5 p. (in Russ.).
19. GOST 24027.2-80. *Syr'ye lekarstvennoye rastitel'noye. Metody opredeleniya vlazhnosti, sodержaniya zoly, ekstraktivnykh i dubil'nykh veshchestv, efirnogo masla*. [GOST 24027.2-80. Herbal raw materials. Methods for determining humidity, ash content, extractive and tannins, essential oils]. Moscow, 1980, 9 p. (in Russ.).
20. Zhang Q.-W., Lin L.-G., Ye W.-C. *Chinese Medicine*, 2018, pp. 13–20, DOI: 10.1186/s13020-018-0177-x.
21. Schwanninger M., Hinterstoisser B. *Holz als Roh und Werkstoff*, 2002, vol. 60, no. 5, pp. 343–346, DOI: 10.1007/s00107-002-0312-2.
22. Kutakova N.A., Bogdanovich N.I., Selyanina S.B., Koptelova Ye.N., Korovkina N.V. *Laboratornyy praktikum po tekhnologii biologicheskii aktivnykh veshchestv i uglerodnykh adsorbentov: v 2 ch. Ch. 2. Analiz BAV: ucheb. posobiye*. [Laboratory workshop on the technology of biologically active substances and carbon adsorbents: in 2 parts. Part 2. Analysis of biologically active substances: textbook allowance]. Arkhangel'sk, 2015, 114 p. (in Russ.).
23. Smirnova M.M., Yaborova O.V., Nakaryakova N.I., Lyust Ye.N., Oleshko O.A. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 12, pp. 164–168. (in Russ.).
24. GOST 9.801-82. *Yedinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya. Bumaga. Metody opredeleniya gribostoykosti*. [GOST 9.801-82. Unified system of protection against corrosion and aging. Paper. Methods for determining mushroom resistance]. Moscow, 1982, 7 p. (in Russ.).
25. Malkov A.V., Tatarintseva V.G., Kutakova N.A. *Fizikokhimiya rastitel'nykh polimerov: Materialy VII mezh-dunarodnoy konferentsii*. [Physicochemistry of plant polymers: Materials of the VII international conference]. Arkhangel'sk, 2017, pp. 145–147. (in Russ.).
26. GOST 24556-89. *Produkty pererabotki plodov i ovoshchey. Metody opredeleniya vitamina P*. [GOST 24556-89. Products of processing fruits and vegetables. Vitamin P Determination Methods]. Moscow, 1989, 10 p. (in Russ.).
27. Repyakh S.M., Levin E.D. *Kormovyye dobavki iz drevesnoy zeleni*. [Feed additives from woody greens]. Moscow, 1988, 96 p. (in Russ.).
28. Isayeva Ye.V., Ryazanova T.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 3, pp. 59–65. (in Russ.).
29. GOST 13496.17-95. *Korma. Metody opredeleniya karotina*. [GOST 13496.17-95. Stern. Methods for determining carotene]. Moscow, 1995, 5 p. (in Russ.).
30. GOST 21802-84. *Pasta khvoynaya khlorofillo-karotinovaya. Tekhnicheskiye usloviya*. [GOST 21802-84. Softwood paste chlorophyll-carotene. Technical conditions]. Moscow, 1984, 13 p. (in Russ.).
31. Repyakh S.M., Chuprova N.A., Velichko N.A. *Khimiya drevesiny*, 1982, no. 3, pp. 92–95. (in Russ.).
32. Repyakh S.M., Rubchevskaya L.P. *Khimiya i tekhnologiya pererabotki drevesnoy zeleni*. [Chemistry and technology for processing green wood.]. Krasnoyarsk, 1994, 320 p. (in Russ.).
33. Narchuganov A.N., Yefremov A.A., Offan K.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 1, pp. 105–108. (in Russ.).
34. Vakhrushev V.I. *Proizvodstvo dubil'nykh ekstraktov*. [Production of tannic extracts.]. Moscow, 1990. 320 p. (in Russ.).
35. Patent 2252769 (RU). 2005 (in Russ.).

Received June 9, 2018

Revised February 20, 2019

Accepted February 25, 2019

For citing: Tatarintseva V.G., Kutakova N.A., Zubov I.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 69–77. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2019034143.

