

УДК 665.520:582.477

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.241

СОСТАВ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ОБЫКНОВЕННОГО (*Juniperus communis* L.) ПРИАРКТИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Н.В. Селиванова, канд. хим. наук, ст. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAA-5681-2019](#),
ORCID: [0000-0002-3393-0664](#)

Н.А. Самсонова, мл. науч. сотр.; *ORCID*: [0000-0003-4422-7453](#)

М.А. Гусакова, канд. техн. наук, вед. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAB-5528-2019](#),
ORCID: [0000-0002-2937-2604](#)

К.Г. Боголицын, д-р хим. наук, гл. науч. сотр., проф.; *ResearcherID*: [AAA-6432-2019](#),
ORCID: [0000-0002-4055-0483](#)

М.В. Богданов, канд. хим. наук, ст. науч. сотр., доц.; *ResearcherID*: [AAE-8930-2019](#),
ORCID: [0000-0001-5414-5588](#)

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаврова РАН, наб. Северной Двины, д. 23, г. Архангельск, Россия, 163000; e-mail: snatalia-arh@yandex.ru, gavriloVA.iepn@yandex.ru, mariya_gusakova@mail.ru, k.bogolitsin@narfu.ru, bmvMicha@mail.ru

Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.) широко распространен на Европейском Севере. Однако можжевельник малоизучен с точки зрения исследования зависимости содержания отдельных биологически активных веществ от видовой принадлежности рода растения и природно-климатических условий его произрастания. Представлены результаты изучения экстрактивных веществ можжевельника, произрастающего на территории Архангельской области, растворимых в петролейном эфире, этиловом спирте и горячей воде. Состав летучих экстрактивных веществ определяли методом хроматомасс-спектрометрии. Установлено, что в спиртовом экстракте древесной зелени *Juniperus communis* L. в основном преобладают соединения терпенового ряда: α -пинен (14,14 %), изоцемброд (9,39 %), Δ^3 -карен (2,64 %), β -фелландрен (2,02 %). Изучение динамики накопления эфирного масла в древесной зелени можжевельника обыкновенного в различные месяцы года показало, что его количество колеблется в зависимости от сезонности (2,3...3,3 % от массы абс. сухого сырья). Основу эфирного масла составляют кислородсодержащие производные терпенов: *t*-мууролол (11,11 %), спатуленол (5,13 %), α -кадинол (3,02 %), изоцемброд (2,66 %), неролидол (2,60 %). Проведенные исследования пигментного комплекса древесной зелени выявили, что в условиях северной тайги для можжевельника обыкновенного характерны относительно невысокие количественные показатели каротиноидов, хлорофиллов *a* и *b*.

Для цитирования: Селиванова Н.В., Самсонова Н.А., Гусакова М.А., Боголицын К.Г., Богданов М.В. Состав экстрактивных веществ древесной зелени можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) приарктических территорий // Лесн. журн. 2019. № 6. С. 241–254. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.241

Финансирование: Исследования выполнены при финансовой поддержке ФАНО России (тема №АААА-А18-118012390231-9) и проекта УрО РАН №АААА-А18-118012390228-9 с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) и ЦКП НО «КТ РФ в области экологической безопасности Арктики» (ФГБУН ФИЦКИА РАН).

Ключевые слова: можжевельник обыкновенный, древесная зелень, экстрактивные вещества, эфирное масло, хроматомасс-спектрометрия.

Введение

В настоящее время Россия является одним из лидеров исследования и освоения Арктики. Известно, что растения, произрастающие в экстремальных условиях, могут обладать особыми физико-химическими и биологическими свойствами. Флора Северо-Западного региона России как по разнообразию, так и по численности видов имеет свои характерные особенности и представляет интерес для получения ценных продуктов. Анализ природно-ландшафтного состояния и биоразнообразия в арктическом и приарктическом регионе (Архангельская область) позволяет нам выделить специфический биообъект – можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.). Препараты, получаемые из древесной зелени можжевельника широко применяются в медицине благодаря значительному содержанию в хвое эфирных масел и биологически активных веществ, которые имеют широкий спектр фармакологического действия [20, 24, 25]. Он оказывает оздоровительное влияние на лесную среду, выделяя больше фитонцидов, чем другие хвойные, и формирует микроклимат приземного слоя атмосферы [1, 7, 19].

Ранее на территории Архангельской области были проведены комплексные исследования можжевельника обыкновенного, произрастающего в подлеске естественных насаждений. Получены данные о биометрических показателях, возрастной структуре, густоте, закономерностях роста, формовом разнообразии вида и морфологическом строении древесины [1, 21, 22, 28]. Однако анализ литературных источников показал недостаточность сведений о химическом составе древесной зелени можжевельника арктических территорий.

Основу древесной зелени составляют живые клетки, богатые низкомолекулярными компонентами – экстрактивными веществами. Обладая высокой физиологической активностью, экстрактивные вещества, в состав которых входит большое число соединений различных классов: алифатические углеводороды, спирты и кислоты, терпеновые соединения, стерины, полифенолы, таниды, полисахариды и т. д., играют роль запасных питательных веществ, а также выполняют защитные функции, обеспечивая устойчивость и пластичность фотосинтетического аппарата, а также нормальную жизнедеятельность растения в целом [12].

Состав и количество экстрактивных веществ во многом зависит от вида растения, места и условий произрастания (температурный режим, количество осадков, продолжительность вегетационного периода и т. д.), времени отбора [4, 11, 17, 23, 27].

Цель исследования – изучение особенностей химического состава экстрактивных веществ древесной зелени можжевельника обыкновенного, произрастающего на субарктических территориях.

Объекты и методы исследования

На основе анализа ландшафтно-геологических факторов нами была выбрана тестовая площадка (географические координаты: 64°43' с. ш., 40°48' в. д.),

которая находится вне зоны техногенного воздействия. Участок представляет собой опушку естественно смешанного разновозрастного сосново-елово-березового древостоя с редкой примесью ивы козьей (*Salix caprea*) в древесном ярусе. Тип леса – сосняк черничный. Исходное сырье (лапка можжевельника обыкновенного) заготавливали в естественных биоценозах Приморского района Архангельской области в первую неделю каждого месяца с апреля по декабрь. Отбор и усреднение проб древесной зелени можжевельника проводили согласно ГОСТ 21769–84 [5]. Перед анализом сырье измельчали до 2...3 мм на лабораторной мельнице ЛМ 2001.

Компонентный состав древесной зелени определяли по стандартным методикам [8]; содержание минеральных веществ – методом сжигания при температуре 600 °С; жирорастворимых – методом экстракции петролейным эфиром в аппарате Сокслета и последующей отгонкой растворителя; водорастворимых – экстрагированием при кипячении в установке с обратным холодильником и количественным определением высушенного экстракта; экстрагируемых этанолом веществ – методом настаивания при температуре 45...50 °С в течение 6...7 ч. Воск выделяли отстаиванием спиртовых экстрактов в течение 16 ч при 4 °С. Массовую долю минеральных, экстрактивных, водо- и жирорастворимых веществ, а также воска рассчитывали с учетом влажности древесной зелени.

Количество хлорофиллов *a*, *b* и сумму каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом на спектрометре UV-1800 («Shimadzu», Япония) при длинах волн 665, 649 и 440,5 нм. В качестве растворителя использовали 80 %-й ацетон [18]. Концентрацию пигментов (хлорофиллов *a*, *b* и сумму каротиноидов) рассчитывали по формулам Вернона.

Содержание антоцианов определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре UV-1800 (в качестве растворителя использовали 1 %-й раствор соляной кислоты [9]), аскорбиновой кислоты в древесной зелени – спектральным методом на спектрофотометре UV-1800 с использованием 2,6-дихлорфенолиндофенола (краска Тильманса) согласно [3].

Групповой состав смолистых веществ древесной зелени находили, применяя общепринятую кислотно-щелочную схему разделения экстрактивных веществ [8, 13]. Древесную зелень экстрагировали этоксиэтаном. Полученный экстракт фракционировали, разделяя на свободные кислоты и нейтральные вещества. Нейтральные вещества омыляли методом щелочного гидролиза в этаноле до солей кислот сложных эфиров и неомыляемых веществ. Соли кислот отделяли от неомыляемых веществ, подкисляли и получали связанные в сложных эфирах кислоты. Качественный состав и содержание жирных и смоляных кислот в экстракте в виде метиловых эфиров определяли методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) в системе гексан – эфир (1 : 1) при щелочной реакции среды на приборе Agilent Technologies 7820A GC System Maestro. Внутренний стандарт–С19:0, нонадекановая кислота. Для хроматографирования использовали аналитическую капиллярную колонку HP-INNOWAX (длина – 60 м, внутренний диаметр – 0,25 мм, толщина пленки – 0,50 μm); газ-носитель – азот; пламенно-ионизационный детектор. Начальная температура – 80 °С, конечная – 250 °С. Скорость подъема температуры – 2,5 °С /мин, скорость газа-носителя в колонке – 2 мл/мин. Поток воздуха 300 мл/мин, водорода – 30 мл/мин. Продолжительность анализа – 120 мин. Наличие кислот в пробе подтверждали на хроматомасс-спектрометре

GC-MS QP2010 Plus («Shimadzu», Япония). Анализ проводили с использованием колонки Rtx-5MS (длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм). Условия хроматографирования: изотермический режим при температуре 40 °С в течение 5 мин, программированный подъем температуры до 250 °С со скоростью 100 °С/мин и выдержкой при конечной температуре 20 мин. Температура испарителя – 230 °С, ионизационной камеры – 230 °С, энергия ионизации – 70 эВ.

Компоненты выделенных фракций идентифицировали, сравнивая полученные масс-спектры метиловых эфиров кислот и известных соединений из банков данных NIST 2011 и Wiley 2010. Компоненты, для которых степень совпадения масс-спектра с библиотечными данными составляла менее 80 %, считались не идентифицированными. Дополнительным параметром, принимаемым во внимание при идентификации соединений с близкими спектрами, служила величина индекса удерживания.

Количественное определение эфирного масла из древесной зелени можжевельника проводили методом гидродистилляции в аппарате Гинзбурга. Выход эфирного масла выражали в процентах по отношению к массе сухого сырья [8]. Для идентификации индивидуальных соединений использовали хроматомасс-спектрометр GC-MS QP-2010Ultra («Shimadzu», Япония).

Результаты исследования и их обсуждение

Известно, что клетки древесной зелени синтезируют значительное количество экстрактивных веществ (компоненты эфирных масел, хлорофиллы, каротиноиды, многие аминокислоты, витамины, фитогормоны и др.), которые в том числе обладают биологической активностью [12]. Содержание и состав экстрактивных веществ древесной зелени различных видов можжевельника варьируются в широком диапазоне. По методам выделения экстрактивные вещества делятся на водо-, жиро- и спирторастворимые, отгоняемые с водяным паром соединения и минеральные вещества [8].

Полученные экспериментальные данные о количественном содержании основных компонентов в древесной зелени можжевельника обыкновенного представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав древесной зелени можжевельника обыкновенного

Показатель	Значение
Экстрагируемые вещества *, %:	
этиловым спиртом	27,1...33,6
горячей водой	26,0...29,3
петролейным эфиром	8,6...11,4
Эфирное масло *, %	2,2...3,3
Хлорофилл, мг/г:	
<i>a</i>	0,49...0,96
<i>b</i>	0,18...0,59
Каротиноиды, мг/г	0,16...0,31
Антоцианы *, %	1,12...6,48
Воск *, %	1,5...4,5
Минеральные компоненты (зола) *, %	1,9...4,1
Аскорбиновая кислота, мг%	33,1...123,2

* Расчет на абс. сухую навеску.

Из полученных результатов следует, что содержание водорастворимых веществ в древесной зелени можжевельника обыкновенного составляет 26,0...29,6 %, жирорастворимых – 8,6...11,4 %, экстрактивных, извлекаемых этиловым спиртом, – 27,1...33,6 %.

В водных экстрактах была определена аскорбиновая кислота, содержание которой колеблется в пределах 33,1...123,2 мг%. Необходимо отметить, что содержание аскорбиновой кислоты у растений можжевельника, произрастающего в субарктическом регионе, в 2 раза ниже, чем у ели и сосны, произрастающих там же: 87,8 и 210,7 мг% соответственно [15].

Содержание хлорофиллов *a* и *b* составило 0,49...0,96 мг/г сырой массы и 0,18...0,59 мг/г сырой массы соответственно, каротиноидов – 0,16...0,31 мг/г сырой массы, что согласуется с результатами исследования пигментного комплекса в условиях северной тайги (для можжевельника обыкновенного содержание хлорофилла *a* и *b* – соответственно 0,87...1,26 и 0,39...0,59 мг/г сырой массы, каротиноидов – 0,29...0,40 мг/г сырой массы) [16]. Согласно исследованиям Т.Г. Масловой и И.А. Поповой, у растений, произрастающих в крайне суровых условиях, низкое содержание фотосинтетических пигментов связано с действием низкой температуры или бедностью почв [26].

Одним из основных методов выделения экстрактивных веществ является экстракция различными растворителями. При выборе экстрагента всегда руководствуются тем, что он должен быть доступен и извлекать как можно большее количество экстрактивных веществ. В основном для этой цели используется этанол, так как он хорошо извлекает такие экстрактивные вещества, как хлорофиллы, каротиноиды, витамины эфирные масла, дубильные вещества и др. [2, 8, 10, 12]. Из-за термолабильности экстрактивных веществ древесной зелени экстракцию проводили этиловым спиртом методом настаивания при температуре 45...50 °С. Состав полученного спиртового экстракта определяли методом хроматомасс-спектрометрии.

В табл. 2 представлен основной состав спиртового экстракта древесной зелени *Juniperus communis* L.

Таблица 2

**Основной состав спиртового экстракта древесной зелени
можжевельника обыкновенного**

Соединение	Содержание, % (отн.) от суммы всех компонентов
Монотерпены:	
<i>α</i> -пинен	14,14
трициклен	0,04
камфен	0,11
<i>β</i> -пинен	0,52
Δ^3 -карен	2,64
<i>β</i> -мирцен	0,78
<i>β</i> -фелландрен	2,07
Сумма	20,30
Сесквитерпены:	
<i>транс</i> -кариофиллен	0,44
<i>α</i> -гумулен	0,46
гермакрен- <i>D</i>	2,05
<i>β</i> -элемен	6,16

Окончание табл. 2

Соединение	Содержание, % (отн.) от суммы всех компонентов
неролидол	0,24
α -гуайен	0,15
α -копаен	0,10
α -цедрен	6,32
веридифлорол	0,13
Сумма	16,06
Дитерпены:	
изоцемброд	9,39
андрографолид	0,69
13-эпиманоол	1,67
Сумма	11,75
Ненасыщенные жирные кислоты и их эфиры:	
линолевая кислота	0,04
линоленовая кислота	0,04
пальмитиновая кислота	0,07
дибутиловый эфир себаценовой кислоты	0,05

В спиртовом экстракте преобладают соединения терпенового ряда. Значительную долю монотерпенов составляют α -пинен, Δ^3 -карен, β -фелландрен. Превалирующими компонентами сесквитерпенов, на которые приходится 16 % от общей суммы компонентов, являются β -элемен, α -цедрен, гермакрен-*D*. Необходимо отметить повышенное содержание дитерпенового спирта – изоцемброла – 9,39 %. Это вещество, выделенное ранее из кедра сибирского, обладает свойствами гормонального регулятора роста растений. Из изоцемброла получены производные, имеющие высокую цитотоксическую активность [14].

Был изучен групповой состав смолистых веществ, извлеченных этоксиэтаном из древесной зелени по кислотно-щелочной схеме. Состав выделенных фракций характеризовали методом ГЖХ, совмещенной с хроматомасс-спектрометрией.

Исследование компонентного состава свободных кислот показало, что они представлены преимущественно C_{16} – C_{20} одноосновными предельными и непредельными жирными кислотами, доля которых составляет 55,1 и 44,9 % от массы фракции соответственно. Из предельных кислот были обнаружены пальмитиновая, стеариновая и арахидоновая кислоты, из непредельных – линолевая и линоленовая кислоты (рис. 1).

Аналогичная тенденция отмечается и в составе связанных жирных кислот с преобладанием в их числе пальмитиновой кислоты. В составе связанных кислот были обнаружены как предельные (пальмитиновая, стеариновая), так и непредельные (олеиновая, линолевая и линоленовая) жирные кислоты, процент которых составляет 44,0 и 56,0 % от массы фракции соответственно. Из смоляных кислот определены пимаровая – 49,5 %, сандракопимаровая – 17,0 %, палюстровая и левопимаровая – 26,2 %, а также метиловый эфир изодекстропимаровой кислоты – 7,3 % от массы фракции.

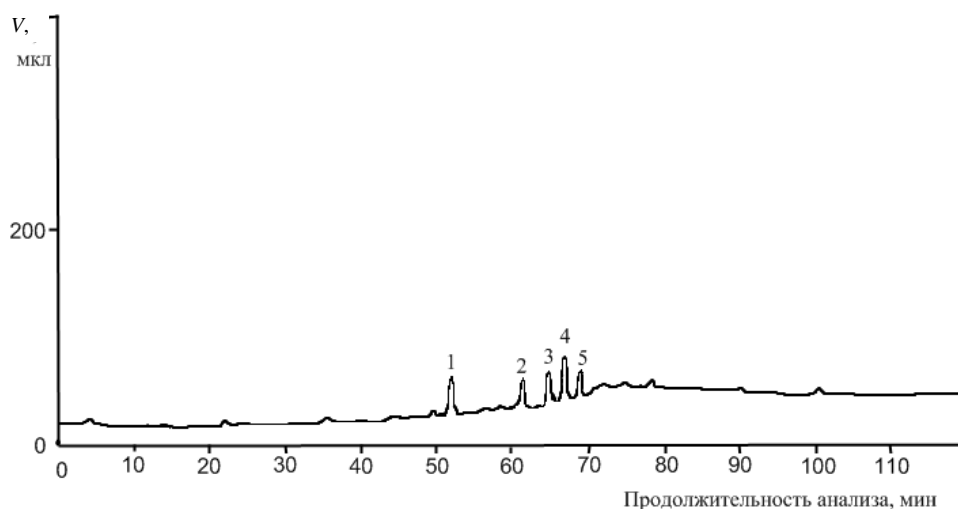


Рис. 1. Хроматограмма фракции свободных жирных кислот, выделенных из древесной зелени можжевельника обыкновенного: 1 – пальмитиновая (C16:0); 2 – стеариновая (C18:0); 3 – арахидиновая (C20:0); 4 – линолевая (C18:2); 5 – линоленовая (C18:3) кислоты

Fig.1. Chromatogram of the fraction of free fatty acids extracted from common juniper wood greenery: 1 – palmitic (C 16:0); 2 – stearic (C 18:0); 3 – arachidic (C 20:0); 4 – linoleic (C 18:2); 5 – linolenic (C 18:3) acids

Анализ состава фракции неомыляемых веществ показал, что она содержит различные терпеноиды и алифатические спирты, % от массы фракции: α -пинен – 18,5; Δ^3 -карен – 4,3; гермакрен-D – 11,0; гермакрен-D-4-ол – 11,4; агатадиол – 10,5; манол – 6,8.

Одной из задач исследования являлось определение содержания и состава эфирного масла древесной зелени *Juniperus communis* L, которое является ценным биологически активным сырьем и имеет фитонцидные свойства. Эфирные масла – сложная смесь летучих душистых веществ, относящихся к различным классам органических соединений, главным образом к терпеноидам. Большая часть их монотерпены, обладающие лечебными свойствами. Кислородсодержащие соединения (спирты и фенолы) обеспечивают антисептическое действие. Важными компонентами считаются сесквитерпены, которые поддерживают устойчивость состава как фиксаторы. По выходу эфирного масла можно судить об участии его в развитии растений, о биологической ценности растений, возможности использования данного растения в качестве ресурсного источника получения эфирного масла [6, 7, 17].

Качественный и количественный состав эфирного масла можжевельника зависит от многих факторов внешней среды (влажности воздуха, освещенности кроны, плодородия почвы), а также от вида растения и от географического положения. Выход эфирных масел можжевельника и его сезонная изменчивость являются предметом изучения многих авторов. Так, по данным Н.В. Герлинг [4], выход эфирного масла можжевельника обыкновенного, произрастающего в подзоне средней тайги, составляет 0,46...0,81 %; содержание эфирных масел в хвое можжевельника казацкого – 2,60 %, сибирского –

1,80...2,10 %, даурского – 1,98 %, прибрежного – 1,15 %, твердого – 0,95 %, длиннохвойного – 1,02 %, Саржента – 1,07 % [6, 11, 17].

Эфирное масло можжевельника обыкновенного, произрастающего в Архангельской области, представляет собой подвижную жидкость светло-желтого цвета, выход его в зависимости от сезона составил 2,3...3,3 % от массы абс. сухого сырья (рис. 2).

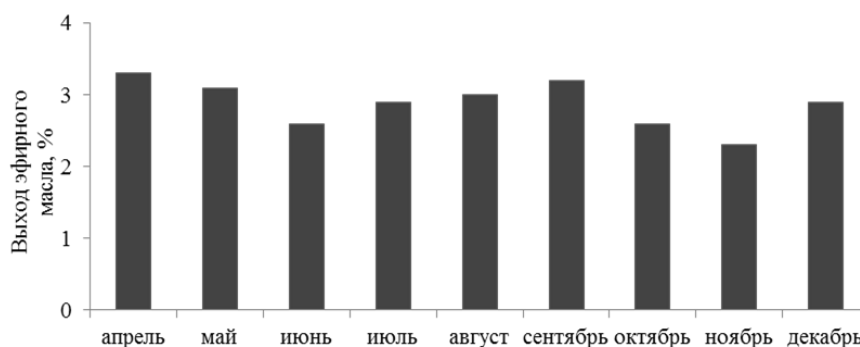


Рис. 2. Сезонная динамика выхода эфирного масла из древесной зелени можжевельника обыкновенного

Fig.2 Seasonal dynamics of essential oil release from common juniper wood greenery

Содержание эфирного масла в древесной зелени можжевельника обыкновенного изменяется в течение года и имеет 2 максимума: весной – в апреле (3,2 %) и осенью – в сентябре (3,3 % от массы сухого сырья). Снижение содержания эфирного масла наблюдается в мае–июне, что наглядно подтверждает его участие в процессах развития растений. В летние месяцы также происходит спад содержания эфирного масла при воздействии высокой температуры воздуха. С июля по сентябрь отмечено накопление масла, что можно объяснить усилением физиологических процессов в хвое и активацией обмена веществ. Повышение содержания эфирного масла в сентябре связано с завершением формирования хвои. В октябре–ноябре происходит медленный спад из-за замедления обменных процессов. Кроме того, растения, находясь в состоянии вынужденного покоя, реагируют на уменьшение светового дня.

Следует отметить, что по данным Д.К. Уваровской [17] у дальневосточных видов можжевельника наблюдается снижение содержания эфирного масла с апреля по июнь, а в осенне-зимний период – его накопление.

Для идентификации отдельных компонентов, входящих в состав эфирного масла можжевельника, методом хроматомасс-спектрометрии исследован количественный состав полученного масла (табл. 3).

Таблица 3

Компонентный состав эфирного масла древесной зелени можжевельника обыкновенного

Компонент	Содержание, % (отн.) от суммы всех компонентов
Монотерпены:	
β-мирцен	0,10
α-пинен	1,11

Продолжение табл. 3

Компонент	Содержание, % (отн.) от суммы всех компонентов
β-пинен	0,13
камфен	0,02
вербенен	0,03
Δ ³ -карен	0,50
о-цимен	0,27
борнилен	0,25
β-фелландрен	1,12
Сумма	3,53
Сесквитерпены:	
β-элемен	3,34
гермакрен- <i>D</i>	0,55
α-гумулен	1,12
<i>транс</i> -кариофиллен	0,60
лонгифолен	1,05
γ-мууролен	1,37
α-мууролен	1,27
β-селинен	0,99
калакорен	0,66
аллоаромадендрен	0,24
α-копайен	0,12
γ-кадинен	1,42
Δ-кадинен	3,05
α-кадинен	0,35
γ-эйдесмол	0,91
Сумма	17,18
Дитерпены:	
цебрен	0,50
изоцемброд	2,05
андрографолид	0,17
Сумма	2,72
Кислородсодержащие производные терпенов:	
туйол	0,09
неролидол	2,60
элеомол	1,28
α-терпинеол	2,44
терпинен-4- <i>ол</i>	0,82
α-кадинол	3,02
δ-кадинол	2,17
кубебол	1,17
<i>l</i> -мууролол	11,11
вербенол	0,34
борнилацетат	1,48
миртенол	0,19
миртенилацетат	2,01
изоцемброд	2,66
веридифлорол	2,20
гумулен оксид	1,46
линалоол	0,15

Окончание табл. 3

Компонент	Содержание, % (отн.) от суммы всех компонентов
спатуленол	5,13
эйдесмол	0,91
маноол	1,49
<i>d</i> -карвон	0,05
миртанол	0,14
α -акоренол	0,26
изоаромадендрен эпоксид	0,42
α -камфоленаль	0,09
Сумма	43,01
Одноосновные предельные карбоновые кислоты и их эфиры:	
миристиновая кислота	0,65
пальмитиновая кислота	1,19
3-метилбутил-2-ениловый эфир валериановой кислоты	0,12
3-метил- 3-метилбутиловый эфир бутановой кислоты	0,37
2-метил-,3-метил-3-бутениловый эфир бутановой кислоты	0,27
3-метилбутиловый эфир каприловой кислоты	0,28
бутановая кислота, 2-метиловый эфир борнила	0,18
изоамиловый эфир бутановой кислоты	0,10
Сумма	2,98
Непредельные одноосновные карбоновые кислоты:	
линолевая кислота	0,24
линоленовая кислота	0,42
Сумма	0,66

Эфирное масло, полученное из древесной зелени можжевельника, представляет собой маслянистую прозрачную жидкость с характерным запахом. В результате исследования было установлено, что в составе эфирного масла доминируют кислородсодержащие производные терпенов (более 43 % от общей массы вещества). Основу эфирного масла составляют β -элемен, *t*-мууролол, спатуленол, α -кадинол, изоцемброл, неролидол, Δ -кадинен, α -терпинеол, веридифлорол, содержание в масле каждого компонента более 2 %. Следует отметить, что в эфирном масле обнаружены пальмитиновая (1,19 %), линолевая (0,24 %) и линоленовая (0,42 %) кислоты.

Заключение

Изучение компонентного состава древесной зелени можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) является полезным с точки зрения получения знаний о синтезе и накоплении отдельных химических соединений в процессе фотосинтеза в данном растении.

Определен количественный и качественный состав экстрактивных веществ древесной зелени можжевельника обыкновенного, произрастающего на территории Архангельской области. В ходе исследования пигментного комплекса древесной зелени установлено, что в условиях северной тайги для можжевельника обыкновенного характерны невысокие (относительно других регионов России) количественные показатели хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов, аскорбиновой кислоты.

Изучение динамики накопления эфирного масла в древесной зелени можжевельника обыкновенного в различные месяцы года показало, что его количество в зависимости от сезона года колеблется от 2,3 до 3,3 % от массы сухого сырья. Можно рекомендовать организацию сбора сырья для получения эфирного масла производить в сентябре, когда отмечается его максимальное накопление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Барзут О.С. Эколого-географическая изменчивость можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) в лесах Архангельской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2007. 18 с. [Barsut O.S. *Ecological and Geographical Variation of Common Juniper (Juniperus communis L.) in the Forests of Arkhangelsk Region*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Arkhangelsk, 2007. 18 p.].

2. Васильев С.Н., Рошчин В.И., Ягодин В.И., Троскина М.Ю., Аксенова Е.Г., Абиев Р.Ш. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения биологически активных веществ из древесной зелени // Лесн. журн. 1994. № 5-6. С. 126–129. [Vasil'yev S.N., Roshchin V.I., Yagodin V.I., Troskina M.Yu., Aksenova E.G., Abiyev R.Sh. Study of Kinetics of Bioactive Substances Extraction from Wood Greenery. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 1994, no. 5-6, pp. 126–129]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/apxiv/1994/1994%20%E2%84%96%205-6.pdf>

3. Воскресенская О.Л., Грошева Н.П., Скочилова Е.А. Физиология растений. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2008. 148 с. [Voskresenskaya O.L., Grosheva N.P., Skochilova E.A. *Plant Physiology*. Yoshkar-Ola, MarSU Publ., 2008. 148 p.].

4. Герлинг Н.В., Пунегов В.В., Груздев И.В. Компонентный состав эфирного масла можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.) под пологом елового древостоя на европейском северо-востоке России // Химия растительного сырья. 2016. № 2. С. 89–96. [Gerling N.V., Punegov V.V., Gruzdev I.V. Component Composition of Essential Oil *Juniperus Communis (Juniperus communis L.)* under the Canopy of Spruce Forests in the European North-East of Russia. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of plant raw material], 2016, no. 2, pp. 89–96]. DOI: [10.14258/jcprm.2016021028](https://doi.org/10.14258/jcprm.2016021028)

5. ГОСТ 21769–84. Зелень древесная. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1984. 7 с. [GOST 21769–84. *Tree Verdure. Specifications*. Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1984. 7 p.].

6. Ефремов Е.А., Зыкова И.Д., Ефремов А.А., Струкова Е.Г. Компонентный состав эфирного масла лапки и шишкоягод можжевельника сибирского Эвенкии // Химия растительного сырья. 2011. № 2. С. 127–131. [Efremov E.A., Zyкова E.D., Efremov A.A., Strukova E.G. Component Composition of Essential Oil of Siberian Juniper Boughs and Berries in Evenkia. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of plant raw material], 2011, no. 2, pp. 127–131].

7. Кустова С.Д. Справочник по эфирным маслам. М.: Пищевая пром-сть, 1978. 208 с. [Kustova S.D. *Handbook on Essential Oils*. Moscow, Pishchevaya promyshlennost' Publ., 1978. 208 p.].

8. Кутакова Н.А., Богданович Н.И., Селянина С.Б., Коптелова Е.Н., Коровина Н.В. Лабораторный практикум по технологии биологически активных веществ и углеродных адсорбентов: в 2 ч. Ч. 2. Анализ БАВ. Архангельск: САФУ, 2015. 117 с. [Kutakova N.A. *Laboratory Workshop on Technology of Bioactive Substances and Carbon Adsorbents*. In 2 Parts. Part 2. Analysis of BAS. Arkhangelsk, NArFU Publ., 2015. 117 p.].

9. Муравьева Д.А., Бубенчикова В.Н., Беликов В.В. Спектрофотометрическое определение суммы антоцианов в цветках василька синего // Фармакология. 1987. Т. 36, № 5. С. 28–29. [Murav'yeva D.A., Bubenchikova V.N., Belikov V.V. Spectrophotometric Determination of the amount of Anthocyanins in the Flowers of Cornflower. *Farmakologiya*, 1987, vol. 36, no. 5, pp. 28–29].

10. 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. [Narchuganov A.N., Efremov A.A., Offan K.B. Evenkia Conifers Bough Extractives Extracted in Alcohol Treatment Using Ultrasound. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya* [Chemistry of plant raw material], 2010, no. 1, pp. 105–108].

11. Писарев Д.И. Фармакогностическое изучение можжевельника длиннохвойного и можжевельника казацкого: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пятигорск, 2005. 23 с. [Pisarev D.I. *Pharmacognostic Study of Longleaf Juniper and Savin*: Cand. Pharm. Sci. Diss. Abs. Pyatigorsk, 2005. 23 p.].

12. Репях С.М., Чупрова Н.А., Барабаш Н.Д. Экстрактивные вещества древесной зелени // Химия древесины. 1983. № 4. С. 62–65. [Repyakh S.M., Chuprova N.A., Barabash N.D. Extractives of Wood Greenery. *Khimiya drevesiny*, 1983, no. 4, pp. 62–65].

13. Рошчин В.И., Баранова Р.А., Белозерских О.А., Соловьев В.А. Состав экстрактивных веществ хвой и побегов ели европейской // Химия древесины. 1983. № 4. С. 56–61. [Roshchin V.I., Baranova R.A., Belozerskikh O.A., Solov'yev V.A. Composition of Extractives from Needles and Shoots of Norway Spruce. *Khimiya drevesiny*, 1983, no. 4, pp. 56–61].

14. Салихов Ш.М. Изоцеброл и N-метилурокановая кислота в синтезе потенциальных цитотоксических биомиметиков: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Уфа, 2007. 22 с. [Salikhov Sh.M. *Isocembrol and N-methylurocanic Acid in the Synthesis of Potentially Cytotoxic Biomimetics*: Cand. Chem. Sci. Diss. Abs. Ufa, 2007. 19 p.].

15. Тарханов С.Н., Аганина Ю.Е., Пахов А.С. Сезонная изменчивость биохимических показателей и поврежденность разных форм сосны обыкновенной в условиях постоянного избыточного увлажнения почв северной тайги // Лесн. вестн. / Forestry bulletin. 2018. Т. 1, № 1. С. 5–12. [Tarkhanov S.N., Aganina Yu.E., Pakhov A.S. Seasonal Variability of Biochemical Characteristics and a Defect in the Needleless of Different Forms of *Pinus sylvestris* under Stress Conditions in the Northern Taiga. *Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2018, vol. 1, no. 1, pp. 5–12]. DOI: [10.18698/2542-1468-2018-1-5-12](https://doi.org/10.18698/2542-1468-2018-1-5-12)

16. Тишкина Е.А., Семкина Л.А. Оценка состояния ценопопуляций можжевельника обыкновенного по содержанию фотосинтетических пигментов на Среднем и Южном Урале // Лесоведение. 2017. № 6. С. 452–456. [Tishkina E.A., Semkina L.A. Health Assessment Based on Photosynthetic Pigments Contents in Coenopopulations of Common Juniper in Middle and Southern Ural. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2017, no. 6, pp. 452–456]. DOI: [10.7868/S0024114817060080](https://doi.org/10.7868/S0024114817060080)

17. Уваровская Д.К. Эфирные масла дальневосточных видов рода *Juniperus* L.: содержание, состав, использование: дис. ... канд. биол. наук. Хабаровск, 2008. 155 с. [Uvarovskaya D.K. *Essential Oils of the Far Eastern Species of the Genus Juniperus* L.: Content, Composition, and Use: Cand. Biol. Sci. Diss. Khabarovsk, 2008. 155 p.].

18. Шлык А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев // Биохимические методы в физиологии растений / отв. ред. О.А. Павлинова. М.: Наука, 1971. С. 154–170. [Shlyk A.A. Determination of Chlorophylls and Carotenoids in Extracts of Green Leaves. *Biochemical Methods in Plant Physiology*. Editor-in-Chief O.A. Pavlinova. Moscow, Nauka Publ., 1971, pp. 154–170].

19. Adams R.P., Pandey R.N. Analysis of *Juniperus communis* and Its Varieties Based on DNA Fingerprinting. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2003, vol. 31, iss. 11, pp. 1271–1278. DOI: [10.1016/S0305-1978\(03\)00036-X](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00036-X)

20. Angioni B.A., Russo M.T., Coroneo V. et al. Chemical Composition of the Essential Oils of *Juniperus* from Ripe and Unripe Berries and Leaves and Their Antimicrobial Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, vol. 51, iss. 10, pp. 3073–3078. DOI: [10.1021/jf026203j](https://doi.org/10.1021/jf026203j)

21. Bogolitsyn K., Krasikova A., Gusakova M., Ivakhnov A., Gravitis J. Selective Extraction of Terpenoid Compounds of *Juniperus communis* L. Wood in the Medium of a

Binary Solvent (Supercritical CO₂ with Modifier). *Phytochemical Analysis*, vol. 30, iss. 6, 2019, pp.1–8. DOI: [10.1002/pca.2833](https://doi.org/10.1002/pca.2833)

22. Bogolitsyn K.G., Zubov I.N., Gusakova M.A., Chukhchin D.G., Krasikova A.A. Juniper Wood Structure under the Microscope. *Planta*, 2015, vol. 241, iss. 5, pp. 1231–1239. DOI: [10.1007/s00425-015-2252-1](https://doi.org/10.1007/s00425-015-2252-1)

23. Butkienė R., Nivinskienė O., Mockutė D. Differences in the Essential Oils of the Leaves (Needles), Unripe and Ripe Berries of *Juniperus communis* L. Growing Wild in Vilnius District (Lithuania). *Journal of Essential Oil Research*, 2006, vol. 18, iss. 5, pp. 489–494. DOI: [10.1080/10412905.2006.9699150](https://doi.org/10.1080/10412905.2006.9699150)

24. Cavaleiro C., Pinto E., Gonçalves M.J., Salgueiro L. Antifungal Activity of Juniperus Essential Oils against Dermatophyte, Aspergillus and Candida Strains. *Journal of Applied Microbiology*, 2006, vol. 100, iss. 6, pp. 1333–1338. DOI: [10.1111/j.1365-2672.2006.02862.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02862.x)

25. Lesjak M.M., Beara I.N., Orčić D.Z., Anačkov G.T., Baloga K.J., Francišковиć M.M., Mimica-Dukić N.M. *Juniperus sibirica* Burgsdorf. as a Novel Source of Antioxidant and Anti-Inflammatory Agents. *Food Chemistry*, 2011, vol. 124, iss.3, pp. 850–856. DOI: [10.1016/j.foodchem.2010.07.006](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.006)

26. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive Properties of the Plant Pigment Systems. *Photosynthetica*, 1993, vol. 29(2), pp. 195–203.

27. Orav A., Kailas T., Müürisepp M. Chemical Investigation of the Essential Oil from Berries and Needles of Common Juniper (*Juniperus communis* L.) Growing Wild in Estonia. *Natural Product Research*, 2010, vol. 24, iss. 19, pp. 1789–1799. DOI: [10.1080/14786411003752037](https://doi.org/10.1080/14786411003752037)

COMPOSITION OF EXTRACTIVE SUBSTANCES FROM WOOD GREENERY OF COMMON JUNIPER (*Juniperus communis* L.) IN SUBARCTIC TERRITORIES

N.V. Selivanova, Candidate of Chemistry, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAA-5681-2019](https://orcid.org/0000-0002-3393-0664), ORCID: [0000-0002-3393-0664](https://orcid.org/0000-0002-3393-0664)

N.A. Samsonova, Junior Research Scientist; ORCID: [0000-0003-4422-7453](https://orcid.org/0000-0003-4422-7453)

M.A. Gusakova, Candidate of Engineering, Leading Research Scientist;

ResearcherID: [AAB-5528-2019](https://orcid.org/0000-0002-2937-2604), ORCID: [0000-0002-2937-2604](https://orcid.org/0000-0002-2937-2604)

K.G. Bogolitsyn, Doctor of Chemistry, Chief Research Scientist, Prof.;

ResearcherID: [AAA-6432-2019](https://orcid.org/0000-0002-4055-0483), ORCID: [0000-0002-4055-0483](https://orcid.org/0000-0002-4055-0483)

M.V. Bogdanov, Candidate of Chemistry, Senior Research Scientist, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAE-8930-2019](https://orcid.org/0000-0001-5414-5588), ORCID: [0000-0001-5414-5588](https://orcid.org/0000-0001-5414-5588)

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, RAS, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: snatalia-arh@yandex.ru, gavrilova.iepn@yandex.ru, mariya_gusakova@mail.ru, k.bogolitsyn@narfu.ru, bmvnicha@mail.ru

Common juniper is widespread in the European North. However, juniper is poorly studied in relation to the fact that the content of certain bioactive substances depends on the plant species and the climatic conditions of its growth. The results of studying juniper (growing in Arkhangelsk region) extractives soluble in petroleum ether, ethanol and hot water are presented. The composition of volatile extractives was determined by chromatomass spectrometry. It was found that the terpenic series compounds tend to prevail in the ethanolic extract of *Juniperus communis* L. wood greenery; among them are α -pinene (14.14 %), thunbergol (9.39 %), Δ^3 -carene (2.64 %), and β -phellandrene (2.02 %). Studying the dynamics of essential oil accumulation in wood greenery of common juniper during various months of the year has shown that its content varies depending on seasonality (2.3–3.3 % a.d.s.). The essential oil basis is oxygen-containing derivatives of terpenes: T-muurolol (11.11 %),

spathulenol (5.13%), α -cadinol (3.02 %), thunbergol (2.66 %), nerolidol (2.60 %). The undertaken studies of pigment complex of wood greenery have shown that common juniper is characterized by relatively low quantitative indicators of carotenoids and chlorophylls *a* and *b* in the northern taiga.

For citation: Selivanova N.V., Samsonova N.A., Gusakova M.A., Bogolitsyn K.G., Bogdanov M.V. Composition of Extractive Substances from Wood Greenery of Common Juniper (*Juniperus communis* L.) in Subarctic Territories. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 6, pp. 241–254. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.6.241

Funding: The studies were carried out with financial support from the Federal Agency for Scientific Organizations of Russia (topic No. AAAA-A18-118012390231-9) and the project of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. AAAA-A18-118012390228-9. This research was carried out using the equipment of the Shared Use Equipment Center “Arktika” (NArFU) and the Shared Use Equipment Center “Crucial Technologies of the Russian Federation in the field of Environmental Security in the Arctic” (FCIARctic).

Keywords: common juniper, wood greenery, extractives, essential oil, chromatomass spectrometry.

Поступила 15.03.19 / Received on March 15, 2019
