

УДК 582*477+665*53+615*281*9

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНОГО МАСЛА ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ *Juniperus communis* L. СУБАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Н. А. Самсонова¹, М. А. Гусакова¹, К. Г. Боголицын^{1,2}, Н. В. Селиванова¹

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

² Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова
163002, Архангельск, наб. Северной Двины, 17

E-mail: gavrilova.iepn@yandex.ru, mariya_gusakova@mail.ru, k.bogolitsin@narfu.ru,
snatalia-arh@yandex.ru

Поступила в редакцию 23.05.2019 г.

Одним из ценнейших сырьевых источников эфирных масел в Субарктическом регионе России является можжевельник обыкновенный *Juniperus communis* L. – облигатный двудомный вид, встречающийся в составе подлеска во всех типах леса на северной границе своего ареала. В работе представлены результаты исследования химического состава эфирных масел, выделенных из древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного, произрастающего в естественных биоценозах северной подзоны тайги. Показано, что выход эфирного масла древесной зелени можжевельника обыкновенного варьирует в зависимости от половой принадлежности и составляет в начальный период вегетации для мужских растений порядка 3.95 %, а для женских – 4.65 % (от абсолютно сухого сырья). Методом хроматомасс-спектрометрии идентифицировано 28 компонентов терпенового ряда с содержанием более 0.1 %. Наиболее представительной фракцией эфирного масла как мужских, так и женских растений можжевельника обыкновенного являются монотерпеновые углеводороды, на долю которой приходится около 67.98 % от общей суммы компонентов для мужских растений и 60.95 % – для женских. Наибольший суммарный выход моно- и сесквитерпеновых углеводородов наблюдается для эфирного масла мужских растений, тогда как для эфирного масла женских растений отмечено большее содержание кислородсодержащих производных терпенов. Эфирные масла имеют широкий спектр фармакологического действия, поэтому применяются как противовоспалительные, антимикробные, противовирусные средства. Дискодиффузионным методом определена антибактериальная активность эфирных масел женских и мужских растений можжевельника против трех штаммов: кишечной палочки *Escherichia coli* Migula ATCC 25922, золотистого стафилококка *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC 6538 и синегнойной палочки *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC 27853. Установлено, что эфирные масла можжевельника обыкновенного обладают антибактериальной активностью, в большей степени подавляющей развитие грамотрицательных бактерий. Приведенные результаты исследований говорят о перспективности использования древесной зелени можжевельника обыкновенного в качестве фармакологической субстанции для получения эфирных масел как компонентов растительных препаратов и натуральных продуктов, обладающих антибактериальным спектром действия.

Ключевые слова: можжевельник обыкновенный, мужские и женские растения, хроматомасс-спектрометрия.

DOI: 10.15372/SJFS20200204

ВВЕДЕНИЕ

Анализ природно-ландшафтного состояния и биоразнообразия в Арктическом и Субарктическом регионах России позволяет выделить специфический биообъект – можжевельник обыкновенный *Juniperus communis* L., представляющий несомненный интерес с точки зрения фармакологии, косметологии и медицины благодаря значительному содержанию ценных экстрактивных компонентов (Angioni et al., 2003; Cavaleiro et al., 2006; Bogolitsyn et al., 2019). По обилию выделяемых бактерицидных эфирных веществ он превосходит все другие древесные виды растений таежной зоны (Герлинг и др., 2015).

Можжевельник обыкновенный – единственный вид рода *Juniperus*, произрастающий в Субарктическом регионе России. На данной территории можжевельник занимает только кустарниковый ярус, является облигатным двудомным видом и встречается во всех типах лесных экосистем (Сурсо, Селиванова, 2016).

К настоящему времени накоплен большой материал исследований половой изменчивости у многих двудомных травянистых и древесных растений (Князева, 2004). Как правило, мужские особи растут быстрее, чем женские (Zeraib et al., 2014), в то время как последние характеризуются несколько большими размерами вегетативных и генеративных органов. Данные физиологические различия оказывают непосредственное влияние на метаболические процессы в клетках, в том числе на изменение направления биосинтеза важнейших физиологически активных соединений, таких как терпеноидные (Afsharypour et al., 2007; Lago et al., 2008), извлекаемых из растительных матриц в виде эфирного масла. Участвуя в синтезе хлорофиллов, каротиноидов и других жизненно важных соединений, терпеноиды играют огромную роль в жизни растений (Кинтя и др., 1990; Марчук и др., 2011). Они также служат ценнейшим источником природных антиоксидантов и биологически активных веществ (Loizzo et al., 2007; Hammami et al., 2011; Zeraib et al., 2014). Как цельные эфирные масла, так и отдельные их биологически активные компоненты, обладая широким спектром фармакологического действия, находят свое применение в качестве противовоспалительных, антимикробных, противовирусных, ранозаживляющих и антисептических лекарственных средств (Нарчуганов и др., 2010; Hammami et al., 2011; Матвеевко и др., 2015).

В последнее время отмечен активный рост количества работ, посвященных изучению качественного и количественного состава эфирных масел рода можжевельник в зависимости от климатических, эдафических и ряда биоценологических факторов среды произрастания (Уваровская, 2008; Rezvani et al., 2009; Ламоткин и др., 2012; Герлинг и др., 2016), однако вопросам влияния половой принадлежности можжевельника на химический состав и биологические свойства эфирных масел уделяется гораздо меньше внимания (Zheljazkov et al., 2012, 2013a, 2013b; Zeraib et al., 2014).

В связи с этим целью данной работы – изучение особенностей формирования химического состава, содержания и антимикробной активности биологически активных компонентов эфирных масел древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного, произрастающего в подлеске арктических лесных экосистем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор образцов древесной зелени женских и мужских растений можжевельника обыкновенного проводили на северной границе его ареала в составе растительных сообществ северной подзоны тайги. Пробная площадка для отбора образцов женских растений можжевельника располагалась в ельнике черничном на относительно дренированных, типичных подзолистых суглинистых почвах (пос. Кенница Приморского р-на Архангельской обл., относящийся к Арктической зоне РФ). В данном естественном фитоценозе древесный ярус образован елью обыкновенной *Picea abies* (L.) Н. Karst., березой повислой *Betula pendula* Roth с редкой примесью сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. Древозой имеет состав 8Е2Б + С, разновозрастной и разновысотный, с довольно густым (проектное покрытие 25 %) подлеском из можжевельника. Соотношение мужских и женских особей 1 : 1. Пробная площадка для отбора образцов мужских растений можжевельника представляла собой естественный елово-сосновый древостой на дренированных, типичных подзолистых суглинистых почвах (пос. Тучкино Архангельской обл.). Состав древостоя – 6Е4С, разновозрастной и разновысотный, сомкнутость можжевельного подлеска составляет 30 %. Соотношение мужских и женских особей примерно одинаковое с небольшим преобладанием

доли мужских растений (в среднем 54.7 и 45.3 % соответственно).

На каждом ключевом участке в начальный период вегетации отбирали древесную зелень из средней части крон с 5–6 кустов 60–80-летнего возраста. Отбор и усреднение проб древесной зелени можжевельника проводили согласно ГОСТ 21769-84 (1984).

Эфирное масло выделяли из предварительно измельченной до размеров 2–3 мм на лабораторной мельнице ЛМ 2001 древесной зелени можжевельника перегонкой с водяным паром. После окончания перегонки (6–8 ч) и охлаждения колбы до комнатной температуры замеряли объем выделившегося эфирного масла. Объемно-массовую долю отстоявшегося слоя эфирного масла выражали в процентах по отношению к абсолютно сухому сырью.

Состав и содержание индивидуальных соединений эфирных масел древесной зелени можжевельника изучали методом газовой хромато-масс-спектрометрии на газовом хромато-масс-спектрометре GC-MS QP-2010 Ultra (Shimadzu, Япония). Анализ проводился на капиллярной колонке DB-5ms (диаметр 0.25 мм, толщина неподвижной фазы 0.25 мкм, длина колонки 30 м). Условия хроматографирования: изотермический режим при 40 °С в течение 5 мин, затем программируемый подъем температуры со скоростью 10 °С/мин до 250 °С с выдержкой при конечной температуре 20 мин. Температура испарителя 230 °С, температура ионизационной камеры 230 °С, энергия ионизации 70 эВ. Идентификация соединений осуществлялась по библиотекам масс-спектров NIST 2011 и Wiley 2010. Компоненты считались идентифицированными, если степень совпадения масс-спектра с библиотечными данными составляла более 85 %.

Антибактериальную активность эфирных масел можжевельника обыкновенного определяли дискодиффузионным методом. Метод основан на визуальном обнаружении зон угнетения роста микроорганизмов. В качестве тест-культур использовали штаммы грамотрицательных и грамположительных бактерий: кишечной палочки *Escherichia coli* Migula ATCC 25922, золотистого стафилококка *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC 6538 и синегнойной палочки *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC 27853. Инокулянт тест-микроорганизмов соответствовал по плотности 0.5 по стандарту МакФарланда, которая соответствует концентрации примерно $1.5 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Для получе-

ния бактериального газона производили посев 1 мл инокулянта на чашку Петри со средой АГВ. Сверху стерильными инструментами накладывали бумажный диск, пропитанный эфирным маслом. В исследовании использовали стерильные бумажные диски (6.0 мм), которые предварительно помещали в эфирное масло. Чашки Петри с исследуемыми образцами инкубировали при 37 °С в течение 24 ч. Степень антибактериальной активности оценивали по диаметру зоны задержки роста тест-культуры: очень высокая чувствительность – 20 мм, умеренная – 15–19, слабая – 9–14, отсутствие чувствительности – менее 8 мм (Zeraib et al., 2014).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Эфирное масло древесной зелени можжевельника обыкновенного, произрастающего в Субарктическом регионе России, представляет собой маслянистую жидкость светло-желтого цвета с резким, насыщенным хвойным ароматом. Выход эфирного масла варьируется в зависимости от половой принадлежности можжевельника обыкновенного и составляет в начальный период вегетации для мужских растений порядка 3.20–4.70 %, а для женских – 3.90–5.40 % (от абсолютно сухого сырья). Полученные результаты согласуются с общим предположением, что для женских растений характерно большее содержание вторичных метаболитов (Zeraib et al., 2014), а также с данными J. Asili et al. (2010) о том, что выход эфирного масла женских растений можжевельника казацкого *J. sabina* L. выше, чем мужских.

По величине выхода эфирного масла можно судить об участии терпеноидных соединений в развитии растения, а также о возможности использования растительного сырья в качестве перспективного источника ценных биологически активных компонентов, являющихся основой фитопрепаратов и натуральных продуктов, применяемых в фармацевтической промышленности. Стоит отметить, что выход эфирного масла древесной зелени можжевельника обыкновенного, произрастающего в подлеске субарктических лесных экосистем, в 2 раза выше, чем можжевельника южных широт (0.46–0.81 % – можжевельника обыкновенного, произрастающего в подзоне средней тайги; 1.72–2.01 % – можжевельника обыкновенного, произрастающего в Дальневосточном регионе; 2.81–3.41 % – можжевельника казацкого и 2.38–3.87 % – можжевельника сибирского *J. sibirica*

Burgsd., произрастающих в Восточно-Казахстанской обл.) (Егеубаева, 2002; Уваровская, 2008; Герлинг и др., 2016). Увеличение содержания терпеноидных соединений является приспособительным свойством, обеспечивающим наряду с другими адаптационными механизмами устойчивость растительного организма к условиям низких температур, избыточного увлажнения почв на севере, а также медленного прогревания корнеобитаемого слоя почвы в начальный период вегетации.

В полученных эфирных маслах мужских и женских растений можжевельника обыкновенного, определенных методом ГХ-МС, обнаружено 38 компонентов, из которых со степенью достоверности выше 85 % идентифицировано 28 соединений терпенового ряда с содержанием более 0.1 %. Массовая доля этих соединений в составе эфирного масла достигает 96 % (см. рисунок и табл. 1).

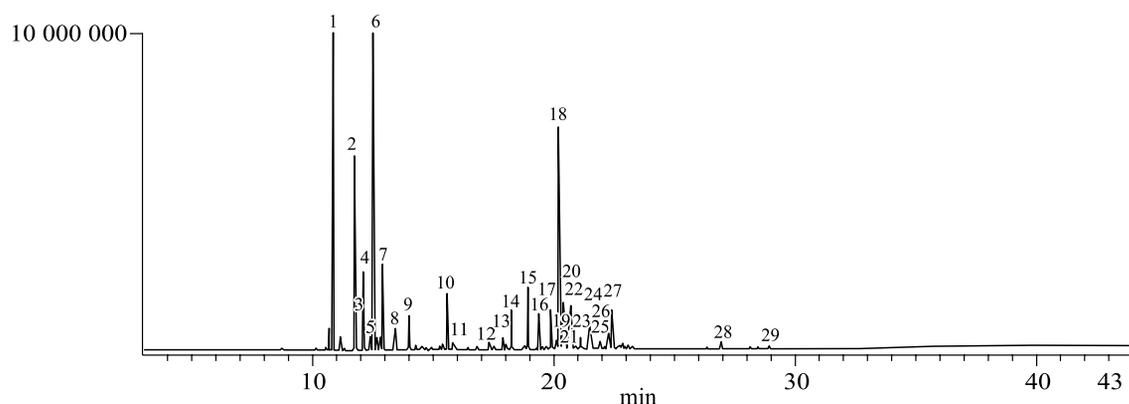
Основные компоненты эфирных масел можжевельника обыкновенного – низкокипящие терпеновые углеводороды – монотерпены, на долю которых приходится около 69.0 % от общей суммы компонентов для мужских растений и 62.9 % – для женских. Согласно литературным данным, монотерпеновые углеводороды – наиболее представительная фракция эфирного масла как мужских, так и женских растений можжевельника обыкновенного полушаровидного *J. communis* subsp. *hemisphaerica* (J. et. C. Presl) Nym. (60.2 и 60.6 %) (Asili et al., 2008), можжевельника казацкого (63.8 и 62.2 %) и можжевельника вонючего *J. foetidissima* Willd. (75.9 и 68.3 %) для мужских и женских растений соответственно (Asili et al., 2010).

Значительную долю монотерпенов изученного можжевельника составляют: α -пинен (36.38 и 30.43 %), β -фелландрен (0.28 и 6.96 %), β -мирцен

(1.87 и 2.84 %), 3-карен (21.37 и 13.06 %) и сабинен (3.35 и 3.44 %) для мужских и женских растений соответственно. Стоит отметить, что для монотерпеновых углеводородов характерна наибольшая биологическая активность. Например, известно, что мирцен обладает обезболивающим эффектом (Lorenzetti et al., 1991), а сабинен – антиоксидантной активностью (Busatta et al., 2007; Самусенко, 2010).

На долю сесквитерпеновых углеводородов эфирных масел можжевельника обыкновенного приходится 22.8 % от общей суммы компонентов для мужских растений и порядка 19.6 % для женских. Превалирующими компонентами сесквитерпенов являются β -элемен (2.68 и 2.41 %), β -кариофиллен (0.79 и 1.50 %), α -гумулен (1.09 и 1.61 %), D-гермакрен (10.72 и 8.68 %) и гермакрен В (2.56 и 2.23 %) для мужских и женских растений соответственно. Многие из этих метаболитов также проявляют широкий спектр биологических свойств. Так, β -кариофиллен обладает антиоксидантной активностью (Самусенко, 2010), α -гумулен и изокариофиллен – противораковой активностью, причем β -кариофиллен способен усиливать их действие (Legault, Pichette, 2007).

Еще одной важной группой биологически активных соединений эфирных масел можжевельника являются кислородсодержащие производные терпенов, на долю которых приходится 3.9 % от общей суммы компонентов для мужских растений и порядка 10.31 % – для женских. Наибольший вклад в данную фракцию вносят спирты: терпинен-4-ол (0.19 и 2.29 %), α -кадинол (0.77 и 2.09 %) и τ -кадинол (1.54 и 1.21 %) для мужских и женских растений соответственно, обладающие высоким антибактериальным потенциалом (Hammami et al., 2011).



Хроматограмма эфирного масла, выделенного из древесной зелени можжевельника обыкновенного.

Таблица 1. Содержание идентифицированных компонентов эфирного масла древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного с содержанием более 0.1 %

Компонент	Время ГХ удерживания, мин:сек	Содержание, отн. %, в растении	
		женском	мужском
α -Pinen	10:50	30.43	36.38
β -Pinen	11:47	1.60	1.47
β -Myrcene	12:16	2.84	1.87
β -Phellandrene	12:22	6.96	0.28
3-Carene	12:29	13.06	21.37
α -Phellandrene	12:52	0.51	0.70
(+)-Sabinene	13:10	3.44	3.35
γ -Terpinene	13:27	0.78	0.04
α -Terpinolene	14:00	1.33	2.52
Terpinen-4-ol	15:35	2.29	0.19
α -Terpineol	15:48	0.31	0.14
Bornyl acetate	17:18	0.25	0.34
Myrtenyl acetate	17:53	0.53	–
α -Terpinyl acetate	18:14	1.58	–
β -Elemene	18:54	2.41	2.68
β -Caryophyllene	19:22	1.50	0.79
α -Humulene	19:51	1.61	1.09
D-Germacrene	20:12	8.68	10.72
β -Selinene	20:17	0.43	0.25
δ -Cadinene	20:37	1.92	0.85
α -Cadinene	20:42	0.42	3.70
Germacrene B	20:72	2.23	2.56
Nerolidol	21:06	0.56	0.58
Spathulenol	21:29	1.15	0.34
β -Caryophyllene oxide	21:35	0.26	0.04
T-Cadinol	22:24	1.21	1.54
α -Cadinol	22:24	2.09	0.77
13-Epimanool	26:54	0.34	–
Общая сумма:			
монотерпены		60.95	67.98
сесквитерпены		19.46	22.68
кислородсодержащие производные терпенов		10.31	3.9
идентифицированные компоненты		90.72	94.56

Таким образом, все компоненты эфирного масла мужских растений присутствуют в эфирном масле женских растений можжевельника обыкновенного. Вместе с тем относительное содержание некоторых из них существенно отличается. Наибольший суммарный выход моно- и сесквитерпеновых углеводородов наблюдается у эфирного масла мужских растений, тогда как у эфирного масла женских растений отмечено большее содержание кислородсодержащих производных терпенов.

Различия в содержании отдельных компонентов эфирных масел мужских и женских растений могут отразиться на величине их антимикробной активности. В данной работе установле-

но, что штаммы как грамположительных, так и грамотрицательных бактерий продемонстрировали чувствительность к эфирному маслу древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного, произрастающего в Субарктическом регионе России (табл. 2).

Наиболее чувствительны к действию эфирного масла можжевельника грамотрицательные палочковидные бактерии – кишечная палочка ATCC 25922 (зона отсутствия роста тест-культур находится в диапазоне 15.8–15.0 мм для мужских и женских растений соответственно).

Наименьший ингибирующий эффект наблюдался для бактерий синегнойной палочки ATCC 27853 (зона отсутствия роста тест-

Таблица 2. Антибактериальная активность эфирного масла древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного

Половая принадлежность растения	Чувствительность/зона подавления роста, мм		
	Кишечная палочка АТСС 25922	Золотистый стафилококк АТСС 6538	Синегнойная палочка АТСС 27853
Женское	++ (15.0 ± 0.3)	+ (11.6 ± 0.3)	+ (10.7 ± 0.3)
Мужское	++ (15.8 ± 0.5)	+ (13.5 ± 0.4)	+ (11.9 ± 0.2)

Примечание. Умеренная – (++) , слабая – (+).

культур находится в диапазоне 11.9–10.7 мм для мужских и женских растений соответственно). Аналогичный эффект по отношению к кишечной палочке АТСС 25922 и синегнойной палочке АТСС 27853 был ранее отмечен для эфирного масла мужских и женских растений можжевельника ладанного *Juniperus thurifera* L. (Bahri et al., 2013).

Наиболее устойчивы к антибактериальным свойствам эфирного масла можжевельника обыкновенного грамположительные бактерии. Согласно полученным данным, зона отсутствия роста тест-культур шаровидных грамположительных бактерий из рода стафилококков – золотистый стафилококк АТСС 6538 находилась в диапазоне 13.5–11.6 мм (для мужских и женских растений соответственно). При сравнении величин антибактериальной активности исследуемых эфирных масел древесной зелени мужских и женских растений можжевельника обыкновенного различия являются статистически значимыми и превышают погрешность определения.

В целом эфирные масла как женских, так и мужских растений можжевельника обыкновенного обладают умеренной антибактериальной активностью, в большей степени подавляющей развитие грамотрицательных бактерий. Стоит отметить, что для эфирных масел мужских и женских растений можжевельника наблюдается незначительное отличие в величине антибактериальной активности. Так, согласно нашим исследованиям и данным А. Zeraib et al. (2014), для эфирных масел древесной зелени мужских растений можжевельника характерна наибольшая антибактериальная активность по отношению к кишечной палочке АТСС 25922 и синегнойной палочке АТСС 27853. Данное отличие может быть объяснено разницей в суммарном содержании монотерпеновых углеводородов, главным образом обуславливающих биологическую ак-

тивность эфирного масла, а также разницей в содержании отдельных компонентов, обладающих высоким антибактериальным потенциалом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что можжевельник обыкновенный, растущий в Субарктическом регионе России, является перспективным источником эфирных масел, выход которых составляет в начальный период вегетации 3.95–4.65 % в зависимости от его половой принадлежности.

Основными компонентами эфирных масел как мужских, так и женских растений можжевельника являются монотерпены, на долю которых приходится около 60.95–67.98 % от общей суммы компонентов. Данная фракция углеводородов обладает широким спектром фармакологического действия, главным образом обуславливая биологическую активность эфирного масла. Другой важной группой биологически активных соединений эфирных масел можжевельника являются кислородсодержащие производные терпенов: терпинен-4-ол (0.19–2.29 %), α -кадиол (0.77–2.09 %) и τ -кадиол (1.54–1.21 %).

Установлена различная степень интенсивности воздействия эфирного масла на бактерии, включая условно-патогенные. Наибольший ингибирующий эффект наблюдался для грамотрицательных палочковидных бактерий – кишечной палочки АТСС 25922.

Результаты исследований свидетельствуют о фармакологическом потенциале эфирного масла можжевельника обыкновенного, произрастающего в Субарктическом регионе России, что позволяет рассматривать его в качестве перспективного компонента для получения фитопрепаратов и натуральных лекарственных продуктов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке ФАНО России (тема № АААА-

A18-118012390231-9) и проекта УрО РАН № АААА-А18-118012390228-9. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) и ЦКП НО «КТ РФ в области экологической безопасности Арктики» (ФГБУН ФИЦКИА РАН).

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в определении антимикробной активности эфирных масел можжевельника обыкновенного ассистенту кафедры биологии, экологии и биотехнологии САФУ им. М. В. Ломоносова А. В. Сухоруковой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- Герлинг Н. В., Пунегов В. В., Груздев И. В. Компонентный состав эфирного масла и ультраструктура секреторных клеток смоляного канала хвои *Juniperus communis* (Cupressaceae) // Сиб. лесн. журн. 2015. № 6. С. 62–69 [Gerling N. V., Punegov V. V., Gruzdev I. V. Komponentny sostav efirnogo masla i ultrastruktura sekretornykh kletok smolyanogo kanala khvoi *Juniperus communis* (Cupressaceae) (Component composition of essential oils and ultrastructure of secretory cells of resin channel needles *Juniperus communis* (Cupressaceae)) // Sib. Lesn. Zhurn. (Sib. J. For. Sci.). 2015. N. 6. P. 62–69 (in Russian with English abstract)].
- 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 раст. сырья. 2016. № 2. С. 89–96 [Gerling N. V., Punegov V. V., Gruzdev I. V. Komponentny sostav efirnogo masla mozhzhevel'nika obyknovennogo (*Juniperus communis* L.) pod pologom elovogo drevostoya na yevropeyskom Severo-Vostoke Rossii (Component composition of essential oil of common juniper (*Juniperus communis* L.) under the canopy of spruce forests in the European North-East Russia) // Khimiya rast. syr'ya (Chem. Plant Raw Mat.). 2016. N. 2. P. 89–96 (in Russian with English abstract)].
- ГОСТ 21769-84. Зеленъ древесная. Технические условия. М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1984. 5 с. [GOST 21769-84. Zelen' drevesnaya. Tekhnicheskkiye usloviya (Woody Greenery. Tech. conditions). Moscow: Gos. komitet SSSR po standartam (USSR St. Committee for Standards), 1984. 5 p. (in Russian)].
- Егеубаева Р. А. Дикорастущие эфирномасличные растения юго-востока Казахстана. Алматы, 2002. 242 с. [Egeubayeva R. A. Dikorastushchiye efirnomaslichnye rasteniya yugo-vostoka Kazakhstana (Wild-growing essential oil plants in the south-east Kazakhstan). Almaty, 2002. 242 p. (in Russian)].
- Кинтя П. К., Фадеев Ю. М., Акимов Ю. А. Терпеноиды растений. Кишинев: Штиинца, 1990. 150 с. [Kintya P. K., Fadeyev Yu. M., Akimov Yu. A. Terpenoidy rasteniy (Plant terpenoids). Kishinev (Chisinau): Shtiiintsa (Shtiyets), 1990. 150 p. (in Russian)].
- Князева С. Г. Половая изменчивость можжевельника обыкновенного // Лесоведение. 2004. № 6. С. 73–75 [Knyazeva S. G. Polovaya izmenchivost' mozhzhevel'nika obyknovennogo (Sexual variability of common juniper (*Juniperus communis* L.)) // Lesovedeniye (For. Sci.). 2004. N. 6. P. 73–75 (in Russian with English abstract)].
- Ламоткин С. А., Попина О. А., Хоменчук А. В. Компонентный состав эфирного масла из хвои *Juniperus communis* (Cupressaceae) в Республике Беларусь // Раст. рес. 2012. Т. 48. № 4. С. 531–537 [Lamotkin S. A., Popina O. A., Khomenchuk A. V. Komponentny sostav efirnogo masla iz khvoi *Juniperus communis* (Cupressaceae) v Respublike Belarus (Component composition of essential oil from the needles of *Juniperus communis* (Cupressaceae) in the Republic of Belarus) // Rast. res. (Plant Res.). 2012. V. 48. N. 4. P. 531–537 (in Russian with English abstract)].
- Марчук Н. Ю., Палий А. Е., Ежов В. Н., Виноградов Б. А. Характеристика эфирных масел, выделенных из хвои и шишек различных представителей семейства кипарисовых // Физиол. биохим. культ. раст. 2011. Т. 43. С. 440–445 [Marchuk N. Yu., Paliy A. Ye., Yezhov V. N., Vinogradov B. A. Kharakteristika efirnykh masel, vydelennykh iz khvoi i shishek razlichnykh predstaviteley semeystva kiparisovykh (Description of essential oils, extracted from pine-needle and cones of different representatives of Cypress family) // Fiziol. biokhim. kult. rast. (Physiol. Biochem. Cult. Plants). 2011. V. 43. P. 440–445 (in Russian with English abstract)].
- Матвеевко Е. В., Величко Н. А., Аёшина Е. Н., Литовка Ю. А., Бояр И. В. Химический состав эфирных масел древесной зелени *Juniperus sibirica* Burgsd и их антибиотическая активность // Хвойные бореальной зоны. 2015. Т. XXXIII. № 5–6. С. 301–304 [Matveyenko Ye. V., Velichko N. A., Ayoshina E. N., Litovka Yu. A., Boyer I. V. Khimicheskiiy sostav efirnykh masel drevesnoy zeleni *Juniperus sibirica* Burgsd i ikh antibioticheskaya aktivnost' (The chemical composition of essential oils of woody greens *Juniperus sibirica* Burgsd and their antibiotic activity) // Khvoynye boreal'noy zony (Conifers of the Boreal Zone). 2015. V. XXXIII. N. 5–6. P. 301–304 (in Russian with English abstract)].
- Нарчуганов А. Н., Ефремов А. А., Оффан К. Б. Экстрактные вещества лапки хвойных Эвенкии, извлекаемые при спиртовой обработке с использованием ультразвука // Хим. раст. сырья. 2010. № 1. С. 105–108 [Narchuganov A. N., Efremov A. A., Offan K. B. Ekstraktivnyye veshchestva lapki khvoynykh Evenkii, izvlekaemye pri spirtovoy obrabotke s ispol'zovaniyem ultrazvuka (Coniferous paw extractives of Evenkia recovered by alcohol processing using ultrasound) // Khim. rast. syr'ya (Chem. Plant Raw Mat.). 2010. N. 1. P. 105–108 (in Russian with English abstract)].
- Самусенко А. Л. Сравнительная оценка антиоксидантной активности эфирных масел пряно-ароматических растений методом капиллярной газовой хроматографии // Хим. раст. сырья. 2010. № 3. С. 107–113 [Samusenko A. L. Sravnitel'naya otsenka antioksidantnoy aktivnosti efirnykh masel pryano-aromaticheskikh rasteniy metodom kapillyarnoy gazovoy khromatografii (Comparative evaluation of the antioxidant activity of essential oils of aromatic plants by capillary gas chromatography) // Khim. rast. syr'ya (Chem. Plant Raw Mat.). 2010. N. 3. P. 107–113 (in Russian with English abstract)].

- Сурсо М. В., Селиванова Н. В. Опыление у можжевельника обыкновенного (*Juniperus communis* L.): механизм вовлечения пыльцы и влияние мужского гаметофита на развитие семязачатков и «шишкоягод» // ИВУЗ. Лесн. журн. 2016. № 4 (352). С. 40–53 [Surso M. V., Selivanova N. V. Opyleniye u mozhzhevelnika obyknovennogo (*Juniperus communis* L.): mekhanizm vovlecheniya pylytsy i vliyaniye muzhskogo gametofita na razvitiye semyazachatkov i «shishkoyagod» (Pollination in common juniper (*Juniperus communis* L.): involving of pollen and the male gametophyte influence on the ovules and «cypress-cones» development) // IVUZ. Lesn. Zhurn. (For. J.). 2016. N. 4 (352). P. 40–53 (in Russian with English abstract)].
- Уваровская Д. К. Эфирные масла дальневосточных видов рода *Juniperus* L. (содержание, состав, использование): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: Тихоокеан. ин-т биоорган. хим. ДВО РАН, 2008. 23 с. [Uvarovskaya D. K. Efirnye masla dal'nevostochnykh vidov roda *Juniperus* L. (soderzhaniye, sostav, ispol'zovaniye): avtoref. dis. ... kand. biol. nauk (Essential oils of the Far Eastern species of *Juniperus* L. (content, composition, utilization): cand. biol. sci. (PhD) thesis). Vladivostok: Tikhookean. in-t bioorgan. khim. DVO RAN (Pacific Inst. Bioorgan. Chem., Rus. Acad. Sci., Far East Br.), 2008. 23 p. (in Russian)].
- Afsharypuor S., Rahiminezhad M., Ghaemmaghami L., Soleimani M., Khanmohammadi M., Afsharipour N. Essential oil constituents of leaves of the male and female shrubs of *Juniperus chinensis* L. from Isfahan // Iran. J. Pharm. Sci. 2007. V. 3. Iss. 3. P. 177–180.
- Angioni A., Barra A., Russo M. T., Coroneo V., Dessi S., Cabras P. Chemical composition of the essential oils of *Juniperus* from ripe and unripe berries and leaves and their antimicrobial activity // J. Agr. Food Chem. 2003. V. 51. Iss. 10. P. 3073–3078.
- Asili J., Emami S. A., Rahimizadeh M., Fazly-Bazzaz B. S., Hassanzadeh M. K. Chemical and antimicrobial studies of *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* and *Juniperus oblonga* essential oils // J. Essent. Oil Bear. Plants. 2008. N. 11. Iss. 1. P. 96–105.
- Asili J., Emami S. A., Rahimizadeh M., Fazly-Bazzaz B. S., Hassanzadeh M. K. Chemical and antimicrobial studies of *Juniperus sabina* L. and *Juniperus foetidissima* Willd. essential oils // J. Essent. Oil Bear. Plants. 2010. N. 13. Iss. 1. P. 25–36.
- Bahri F., Harrak R., Achak N., Romane A. Chemical composition and antibacterial activities of the essential oils isolated from *Juniperus thurifera* L. var. *africana* // Nat. Prod. Res. 2013. V. 27. Iss. 19. P. 1789–1794.
- Bogolitsyn K. G., Krasikova A. A., Gusakova M. A. Selective extraction of terpenoid compounds of *Juniperus communis* L. wood in the medium of a binary solvent (supercritical CO₂ with modifier) // Phytochem. Anal. 2019. V. 30. Iss. 6. P. 609–616.
- Busatta C., Mossi A. J., Rodrigues M. R., Cansian R. L., Oliveira J. V. Evaluation of *Origanum vulgare* essential oil as antimicrobial agent in sausage // Brazil. J. Microbiol. 2007. V. 38. P. 610–616.
- Cavaleiro C., Pinto E., Gonçalves M. J., Salgueiro L. Antifungal activity of *Juniperus* essential oils against dermatophyte, *Aspergillus* and *Candida* strains // J. Appl. Microbiol. 2006. V. 100. Iss. 6. P. 1333–1338.
- Hammami I., Triki M. A., Rebai A. Chemical compositions, antibacterial and antioxidant activities of essential oil and various extracts of *Geranium sanguineum* L. flowers // Arch. Appl. Sci. Res. 2011. V. 3. Iss. 3. P. 135–144.
- Lago J. H., Romoff P., Favero O. A., Souza F. O., Soares M. G., Baraldi P. T., Correa A. C. Chemical composition of male and female *Baccharis trimera* (Less.) DC. (Asteraceae) essential oils // Biochem. Syst. Ecol. 2008. V. 36. Iss. 9. P. 737–740.
- Legault J., Pichette A. Potentiating effect of β-caryophyllene on anticancer activity of α-humulene, isocaryophyllene and paclitaxel // J. Pharm. Pharmacol. 2007. V. 59. Iss. 12. P. 1643–1647.
- Loizzo M. R., Tundis R., Conforti F., Saab A. M., Statti G. A., Menichini F. Comparative chemical composition, antioxidant and hypoglycaemic activities of *Juniperus oxycedrus* ssp. *oxycedrus* L. berry and wood oils from Lebanon // Food Chem. 2007. V. 105. Iss. 2. P. 572–578.
- Lorenzetti B. B., Souza G. E., Sarti S. J., Filho D. S., Ferreira S. H. Myrcene mimics the peripheral analgesic activity of lemongrass tea // J. Ethnopharm. 1991. V. 34. Iss. 1. P. 43–48.
- Rezvani S., Rezaei M. A., Mahmoodi N. Analysis and antimicrobial activity of the plant *Juniperus communis* // Rasayan J. Chem. 2009. V. 2. N. 2. P. 257–260.
- Zeraib A., Ramdani M., Boudjedjou L., Chalard P., Figuredo G. Chemical composition and antibacterial activity of *Juniperus thurifera* L. essential oils // J. Bio. Sci. Biotech. 2014. V. 3. N. 2. P. 147–154.
- Zheljazkov V. D., Astatkie T., Jeliaskova E., Schlegel V. Distillation time alters essential oil yield, composition, and antioxidant activity of male *Juniperus scopulorum* trees // J. Oleo Sci. 2012. V. 61. N. 10. P. 537–546.
- Zheljazkov V. D., Astatkie T., Jeliaskova E. Year-round variations in essential oil content and composition of male and female juniper // Hort. Science. 2013a. V. 48. N. 7. P. 883–886.
- Zheljazkov V. D., Cantrell C. L., Astatkie T., Jeliaskova E. Distillation time effect on lavender essential oil yield and composition // J. Oleo Sci. 2013b. V. 62. N. 4. P. 195–199.

COMPONENTIAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OIL OF WOOD GREENERY OF *Juniperus communis* L. IN THE SUBARCTIC REGION OF RUSSIA

N. A. Samsonova¹, M. A. Guskova¹, K. G. Bogolitsyn^{1,2}, N. V. Selivanova¹

¹Academician N. P. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Russian Academy of Sciences, Ural Branch
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 23, Arkhangelsk, 163000 Russian Federation

²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov
Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, Arkhangelsk, 163002 Russian Federation

E-mail: gavriloVA.iepn@yandex.ru, mariya_guskova@mail.ru, k.bogolitsyn@narfu.ru, snatalia-arh@yandex.ru

Common juniper *Juniperus communis* L. is one of the most valuable raw material sources of essential oils in the Subarctic region of Russia. It is obligatory dioecious species, found in the underbrush in almost all forest types on the northern border of its range. The chemical composition of essential oils obtained from wood greenery of male and female trees of common juniper, growing in the natural biocoenoses of the northern taiga subzone is presented in the article. The results showed variations in the yields of juniper essential oils depending on the gender of trees (3.95 % (v/w dried materials) from male trees and 4.65 % from female trees in the initial growing season). Twenty eight terpene compounds with content of more than 0.1 % were identified by chromatography-mass spectrometry. The most representative fraction of the essential oil of male and female juniper trees is monoterpene hydrocarbons, 67.98 % (of the total essential oils) in male trees and 60.95 % in female trees. The essential oil of male trees is characterized by the highest total yield of mono- and sesquiterpene hydrocarbons, whereas the highest content of oxygen-containing derivatives of terpenes is noted for the essential oil of female trees. According to the quantitative composition data, the Common juniper essential oils contain a wide range of biologically active substances that exhibit a variety of pharmacological properties. The antibacterial activity of the essential oils of both female and male trees junipers was evaluated against 3 bacteria: colibacillus *Escherichia coli* Migula ATCC 25922; goldish staphylococcus *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC 6538; blue pus organism *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) Migula ATCC 27853, by the paper disk diffusion method. The essential oils of Common juniper showed a broad spectrum of antibacterial activity against gram-negative bacteria. The results demonstrated the perspective of using wood greenery juniper like a pharmaceutical substance for obtaining essential oils as components of plant compounds and natural products with antibacterial properties.

Keywords: common juniper, male and female trees, chromato-mass spectrometry.

How to cite: Samsonova N. A., Guskova M. A., Bogolitsyn K. G., Selivanova N. V. Componential composition and antibacterial activity of essential oil of wood greenery of *Juniperus communis* L. in the Subarctic region of Russia // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2020. N. 2. P. 31–39 (in Russian with English abstract and references).