

Антибактериальные свойства экстрактов из четырех видов лишайников

О.М. Храмченкова

Учреждение образования «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины»

В настоящее время интерес к антимикробным свойствам лишайниковых веществ возрос в связи с приобретением болезнетворными микроорганизмами резистентности ко многим антибиотикам.

Цель исследования – изучение антибактериальных свойств экстрактов из четырех видов листоватых и кустистых лишайников с известным составом вторичных метаболитов.

Материал и методы. Для этого были выбраны виды лишайников, часто встречающиеся в Гомельском регионе. Биомассу лишайников – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* – экстрагировали в аппарате Сокслета с использованием ацетона, бензола, этанола, гексана и петролейного эфира. Растворитель удаляли, полученные экстракты применяли для определения их антибактериальной активности на тест-культурах стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas aeruginosa*.

Результаты и их обсуждение. Антибактериальная активность экстрактов была не одинаковой в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, болезнетворных и свободно живущих видов.

В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективными являлись ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензольные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* высокоэффективны ацетоновые, бензольные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*.

Заключение. Различные растворители при экстракции извлекают из слоевищ лишайников определенный набор веществ, включающий не только вторичные метаболиты, но и вещества основного обмена. Сочетание извлекаемых веществ определяет антибактериальные свойства экстрактов из лишайников.

Ключевые слова: листоватые и кустистые лишайники, вторичные метаболиты, экстракция, аппарат Сокслета, антибактериальные свойства.

Antibacterial Properties of Four Lichen Species Extracts

V.M. Khramchankova

Educational Establishment «Francisk Skorina Gomel State University»

At present, interest in antimicrobial properties of lichen substances has increased in connection with the acquisition of pathogens resistant to many antibiotics.

The purpose of research is the study of the antibacterial properties of extracts of four species of foliose lichen and bushy with known composition of secondary metabolites.

Material and methods. Lichen biomass – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina* – was extracted in Soxhlet with acetone, benzene, ethanol, hexane and petroleum ether. The solvent was removed and the extracts were used to determine their antimicrobial activity on cultures of standard test microorganisms: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*.

Findings and their discussion. The antibacterial activity of the extracts was not the same in respect of Gram-positive and Gram-negative bacteria, pathogeni and free-living species.

With regard to *Staphylococcus aureus* the most effective were acetone extracts of *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina*; benzene extracts from *Evernia prunastri* and *Cladonia arbuscula*; ethanol extracts of *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and *Xanthoria parietina*. With respect to *Echericia coli* the most effective were acetone and benzene extracts *Evernia prunastri*; ethanol extracts of *Evernia prunastri* and *Cladonia arbuscula*. With respect to *Bacillus subtilis* acetone, benzene, ethanol and petroleum-ether extracts of *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* and

Xanthoria parietina, and hexane extracts of *Hypogymnia physodes* and *Xanthoria parietina* were most effective. With respect to *Pseudomonas aeruginosa* ethanol extract of *Hypogymnia physodes* were most effective.

Conclusion. Extraction with various solvents removes lichen thalli of a certain set of substances comprising not only secondary metabolites but the substance and basal metabolism. The combination of extracted substances determines the antibacterial properties of the extracts of the lichen.

Key words: foliated and bushy lichens, secondary metabolites, extraction, Soxhlet, anti-bacterial properties.

Химические соединения, содержащиеся в лишайниках, подразделяются на внутриклеточные и внеклеточные метаболиты. К внутриклеточным относятся вещества основного метаболизма, синтезируемые как фотобиотом, так и микобиотом. Первичные метаболиты не являются специфичными для лишайников, они могут быть обнаружены и у других организмов.

Внеклеточные метаболиты синтезируются микобиотом. Они не растворимы в воде, откладываются на поверхности гиф, экстрагируются органическими растворителями [1].

В настоящее время известно около 1100 вторичных лишайниковых метаболитов, набор которых в слоевищах определенного вида, как правило, исчерпывается 1–10 соединениями. Вторичные метаболиты образуются в талломах лишайников для защиты от патогенных микроорганизмов, обеспечения физиологических механизмов адаптации к условиям существования, в том числе крайне суровым, где высшие растения не выживают. Бактерицидные свойства лишайниковых веществ еще в древности послужили причиной их включения в различные фармакопеи.

В настоящее время интерес к антимикробным свойствам лишайниковых веществ возрос в связи с приобретением болезнетворными микроорганизмами резистентности ко многим антибиотикам [2–4].

Извлечение биологически активных веществ из слоевищ лишайников, как правило, сводится к экстракции биомассы органическими растворителями с последующим разделением веществ. Подбор растворителей для каждого вида лишайников является актуальной научной задачей в связи с неоднозначностью описаний перечней вторичных метаболитов в слоевищах, существованием хеморас у некоторых видов, практически полным отсутствием сведений о количественном или долевым содержании данного вещества в талломах приведенного вида лишайников. Крайне скудны весьма отличающиеся друг от друга сведения о химическом выходе суммы вторичных метаболитов для данного вида лишайников, отобранного в вышеназванной местности [2; 3; 5].

Антибактериальные свойства экстрактов из лишайников изучают двумя основными способами. В первом случае стандартные микробиологические процедуры выполняются с так называемым «резиноидом» – сухим экстрактом, содержащим вторичные лишайниковые метаболиты, а также все другие соединения, извлекаемые из слоевищ данным растворителем (фотосинтетические пигменты, терпеноиды и др.). Такой подход вполне обоснован, если не установлено, что этим растворителем из лишайника извлекаются вещества, токсичные для испытываемого штамма микроорганизмов.

Другая группа методов базируется на препаративном извлечении из экстракта определенного соединения или группы соединений, их химической модификации (например, переводе в водорастворимую форму) и последующем микробиологическом исследовании. Упомянутая методология является весьма продуктивной, если не доказано, что в ходе перечисленных процедур изменяются антибактериальные свойства изучаемого лишайникового метаболита [6–8].

Цель исследования – изучение антибактериальных свойств экстрактов из четырех видов распространенных листоватых и кустистых лишайников с хорошо описанным составом вторичных метаболитов.

Материал и методы. Для этого были выбраны виды лишайников, часто встречающиеся в Гомельском регионе [9; 10].

Гипогимния вздутая – *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (Syn. *Parmelia physodes* (L.) Ach.) – распространенный полиморфный вид листоватых лишайников семейства *Parmeliaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*. Поселяется преимущественно на стволах и сучьях лиственных и хвойных пород, реже на обработанной древесине и каменистом субстрате, иногда на почве. Содержит атранорин, хлоратранорин, физодовую, физодаловую, 3-гидроксифизодовую, 2'-О-метилфизодовую и протоцеттаровую кислоты [2; 3; 5; 6; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.)

Эверния сливовая – *Evernia prunastri* (L.) Ach. – распространенный вид кустисто-листоватых лишайников семейства *Parmeliaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*. Встречается на деревьях хвойных и лиственных пород, на мертвой древесине, реже на камнях, содержит атранорин, усниновую и эверновую кислоты [2; 3; 5; 6; 8; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах дуба черешчатого (*Quercus robur* L.).

Кладония лесная – *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. (Syn. *Cladonia sylvatica* (L.) Hoffm.) – распространенный вид кустистых лишайников семейства *Cladoniaceae* порядка *Lecanorales* класса *Lecanoromycetes* отдела *Ascomycota*.

Обитает на почве и на опаде. Содержит усниновую кислоту, по другим данным – усниновую, фумарпроточетраровую, посромовую и урсоловую [3; 9]. Биомассу лишайника отбирали на почве в средневозрастном сосняке лишайниковом.

Ксантория настенная – *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. – распространенный вид листоватых лишайников семейства *Teloschistaceae* порядка *Teloschistales* класса *Lecanogomycetes* отдела *Ascomycota*. Обитает на стволах деревьев различных пород, гниющей древесине, каменном субстрате, содержит антрахиноны, в основном париедин [2; 3; 5; 9]. Биомассу лишайника отбирали на стволах тополя черного (*Populus nigra* L.).

Экстракцию вторичных лишайниковых метаболитов проводили ацетоном, бензолом, этанолом, гесаном и петролейным эфиром 40–70 в аппарате Сокслета на протяжении 6–8 часов. Полноту экстракции контролировали стандартным методом [11]. После окончания экстракции растворитель удаляли, сухие экстракты направляли на определение бактерицидных свойств.

Дальнейшие исследования проводили в лабораториях ГУ «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» на культурах четырех видов бактерий [12].

Staphylococcus aureus – золотистый стафилококк – шаровидные грамположительные бактерии, вызывающие множество заболеваний. Большинство штаммов резистентны к пенициллину и его аналогам.

Echericia coli – кишечная палочка – палочковидные грамотрицательные бактерии, обитающие в нижней части кишечника. Широко используется в качестве модельного организма в микробиологических и молекулярно-генетических исследованиях.

Bacillus subtilis – сенная палочка – непатогенные грамположительные спорообразующие аэробные бактерии, обитающие в почве, на поверхности растений и др. Широко используется в биотехнологии.

Pseudomonas aeruginosa – синегнойная палочка – условно патогенные грамотрицательные бактерии, обитающие в почве и воде. Вызывает у человека ряд инфекций, лечение которых затруднено из-за высокой устойчивости к антибиотикам.

Для постановки опытов использовали тест-культуры стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; *Echericia coli* ATCC 11775; *Bacillus subtilis* ATCC 6633; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145. Из лиофилизированного бактериального штамма готовили суспензии. Непосредственно из суспензии производился высеив на кровяной агар (КА)¹, мясо-пептонный агар (МПА)² для получения изолированных колоний. Культуры инкубировали 18–24 ч при (36 ± 1) °С. После инкубации выросшие культуры проверяли на чистоту штамма и использовали для получения основной опытной культуры.

Испытательные суспензии готовили в 10 мл физиологического раствора, количество КОЕ в них доводили по стандарту мутности до 10⁸/мл. Испытуемый препарат из лишайника готовили в виде взвеси 0,5 г экстракта в 50 мл дистиллированной воды.

Определение бактерицидной эффективности полученных суспензий производили путем смешивания 0,1 мл испытательной суспензии с 10 мл взвеси испытуемого экстракта. После инкубации при (36 ± 1)°С в течение 30 мин, 3 ч и 24 ч взвеси микроорганизмов и испытуемых экстрактов перемешивали, отбирали по 0,1 мл и переносили в 10 мл пептонной воды. Полученные субкультуры инкубировали 48 ч при (36 ± 1)°С, после чего по помутнению бульонных культур устанавливали начало роста.

Все пробы экстрактов высевали по 0,1 мл на плотные питательные среды: желточно-солевой агар (ЖСА)³, среду Эндо⁴, МПА для подтверждения присутствия или отсутствия роста микроорганизмов и подсчета числа колоний по сравнению с контролем. Одновременно проводилось исследование роста колоний с применением стандартных тест-носителей. Для изготовления тест-носителя использовали стандартную хлопчатобумажную ткань, промытую в дистиллированной воде и простерилизованную в автоклаве. Тест-носители помещали в бактериальную суспензию на 15 минут, после чего переносили на плотные питательные среды с внесенной суспензией экстракта.

Результаты и их обсуждение. Антибактериальная активность экстрактов была неодинаковой в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, болезнетворных и свободно живущих видов. В опытах с бульонными культурами практически все экстракты показали бактерицидность к *Bacillus subtilis*, а также подавление роста культур трех других штаммов бактерий (табл. 1.).

¹ Кровяной агар – бактериологическая среда для выделения бактерий и установления их гемолитической активности [12].

² Мясо-пептонный агар предназначен для культивирования микроорганизмов. Совокупность компонентов, входящих в состав среды, обеспечивает рост культур в виде соответствующих колоний на поверхности плотной питательной среды [12].

³ Желточно-солевой агар – элективная для стафилококков среда [12].

⁴ Среда Эндо – дифференциально-диагностическая питательная среда для выделения *Echericia coli*. Обладает слабыми селективными свойствами, компоненты среды подавляют рост грамположительных бактерий [12].

Таблица 1

Антибактериальная активность экстрактов из лишайников в бульонных культурах

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий											
		<i>Staphylococcus aureus</i>			<i>Echericia coli</i>			<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
<i>Cladonia arbuscula</i>	Ацетон	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
<i>Xanthoria parietina</i>	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Бензол	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Этанол	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-

Примечание: здесь и далее знак «+» означает наличие роста микроорганизмов, знак «-» – отсутствие роста.

Для двух экстрактов (выделены в табл. 1) подавления роста бактерий в бульонных культурах не наблюдалось. Рост культур *Staphylococcus aureus* и *Echericia coli* не начинался в присутствии ацетоновых, бензольных и этаноловых экстрактов из *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективными были ацетоновый, бензольный и этаноловый экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Evernia prunastri*, а также этаноловый экстракт из *Cladonia arbuscula*.

Посев культур микроорганизмов на плотные питательные среды с внесенными в них экстрактами из вышеперечисленных видов лишайников показал наличие скорее бактериостатической активности изучаемых препаратов (табл. 2).

Таблица 2

Антибактериальная активность экстрактов из лишайников на плотных питательных средах

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий, среда культивирования											
		<i>Staphylococcus aureus</i> , ЖСА			<i>Echericia coli</i> , Эндо			<i>Bacillus subtilis</i> , МПА			<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , МПА		
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 ⁸	10 ⁸	-	10 ⁸	10 ⁶	-	-	-	-	10 ⁸	10 ⁷	-
	Петролейный эфир	10 ⁸	10 ⁷	-	10 ⁸	10 ⁶	-	-	-	-	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁴

Окончание табл. 2

<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 ³	-	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10 ⁷	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 ⁸	10 ⁵	-	10 ⁸	10 ⁵	-	10 ⁴	10 ³	10 ³	10 ⁸	10 ⁷	-
	Петролейный эфир	10 ⁸	10 ⁸	-	10 ⁸	10 ⁷	-	-	-	-	10 ⁸	10 ⁸	-
<i>Cladonia arbuscula</i>	Ацетон	-	-	-	10 ⁴	-	-	-	-	-	10 ⁷	-	-
	Бензол	-	-	-	10 ³	-	-	-	-	-	10 ⁷	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	10 ⁸	10 ⁴	-	10 ⁶	-	-	10 ³	-	-	10 ⁸	10 ⁴	-
	Петролейный эфир	10 ⁸	10 ³	-	10 ⁸	10 ⁷	10 ⁷	-	-	-	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸
<i>Xanthoria parietina</i>	Ацетон	-	-	-	10 ⁷	10 ⁵	-	-	-	-	10 ⁷	10 ⁷	-
	Бензол	10 ⁸	10 ⁷	-	10 ⁷	10 ⁷	-	-	-	-	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁵
	Этанол	10 ⁸	-	-	10 ⁶	-	-	-	-	-	10 ⁶	10 ³	-
	Гексан	10 ⁸	10 ³	-	10 ⁸	10 ⁸	-	-	-	-	10 ⁸	10 ⁷	-
	Петролейный эфир	10 ⁴	-	-	10 ⁷	-	-	-	-	-	10 ⁷	10 ⁷	-

Примечание: цифрами обозначены количественные показатели роста колоний.

Наибольшее ингибирующее действие экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* проявили в отношении *Bacillus subtilis*, наименьшее – в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Обращает на себя внимание антибактериальная активность экстрактов, полученных с помощью петролейного эфира. Извлеченные из четырех разных видов лишайников, они оказались эффективными в отношении *Bacillus subtilis*, хотя состав вторичных метаболитов принятых к изучению видов сильно отличается [2–5].

Опыты с тест-носителями характеризуют способность выделенных из лишайников веществ препятствовать росту колоний, инокулированных на ткани тест-носителя (табл. 3). Антибактериальный эффект экстрактов из лишайников зависит от природы растворителя и вида бактерий. Высокая антибактериальная активность всех изучаемых экстрактов отмечена в отношении *Bacillus subtilis*. Обращают на себя внимание бактериостатические свойства ряда экстрактов из лишайников в отношении *Pseudomonas aeruginosa*. Устойчивость данного вида бактерий к большим дозам антибиотиков связана с их способностью формировать биопленку, защищающую колонию от попадания в нее вредных веществ [12].

Таблица 3

Антибактериальная активность экстрактов из лишайников на тест-носителях

Вид лишайника	Растворитель	Вид бактерий, среда культивирования												
		<i>Staphylococcus aureus</i> , ЖСА			<i>Echericia coli</i> , Эндо			<i>Bacillus subtilis</i> , МПА			<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , МПА			
		30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	30 мин	3 ч	24 ч	
<i>Hypogymnia physodes</i>	Ацетон	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Бензол	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+
<i>Evernia prunastri</i>	Ацетон	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Бензол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-

Окончание табл. 3

Cladonia arbuscula	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Бензол	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Этанол	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Xanthoria parietina	Ацетон	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	+
	Бензол	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+
	Этанол	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-
	Гексан	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-
	Петролейный эфир	+	+	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-

Если считать, что максимальной антибактериальной активностью обладают экстракты из лишайников, показавшие бактерицидные свойства в опытах с бульонными культурами, тест-носителями и при посевах на твердые среды, то можно выделить следующие потенциально эффективные субстанции. В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективны ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензольные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* наиболее эффективны ацетоновые, бензольные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*.

Очевидно, каждый из растворителей при экстракции в аппарате Сокслета извлекает из слоевищ лишайников определенный набор веществ, сумма которых обладает приведенными выше антибактериальными свойствами.

Заключение. Биомассу четырех видов лишайников – *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina* подвергали экстрагированию с использованием ацетона, бензола, этанола, гексана и петролейного эфира. Полученные экстракты применяли для определения антибактериальной активности на тест-культурах стандартных микроорганизмов: *Staphylococcus aureus*, *Echericia coli*, *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas aeruginosa*. В отношении *Staphylococcus aureus* наиболее эффективными были ацетоновые экстракты из *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*; бензольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*; этанольные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Echericia coli* наиболее эффективны ацетоновые и бензольные экстракты из *Evernia prunastri*; этанольные экстракты из *Evernia prunastri* и *Cladonia arbuscula*. В отношении *Bacillus subtilis* высоко эффективны ацетоновые, бензольные, этанольные и петролейно-эфирные экстракты из *Hypogymnia physodes*, *Evernia prunastri*, *Cladonia arbuscula* и *Xanthoria parietina*, а также гексановые экстракты из *Hypogymnia physodes* и *Xanthoria parietina*. В отношении *Pseudomonas aeruginosa* наиболее эффективен этанольный экстракт из *Hypogymnia physodes*. Бензольный экстракт из *Xanthoria parietina* и петролейно-эфирный экстракт из *Cladonia arbuscula* антибактериальной активности не проявили.

ЛИТЕРАТУРА

- Nash III, T.H. Lichen biology / T.H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.
- Huneck, S. Identification of lichen substances / S. Huneck, I. Yoshimura. – Berlin: Springer, 1996. – 493 p.
- The Lichens of Great Britain and Ireland / Eds.: C.W. Smith [et al.]. – 2nd ed. – London: British Lichen Society, 2009. – 700 p.
- Rundel, P.W. The ecological role of secondary lichen substances / P.W. Rundel // Biochem. Syst. Ecol. – 1978. – Vol. 6. – P. 157–170.
- Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
- Ranković, B. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential / B. Ranković. – Springer, Heidelberg, 2015. – 201 p.
- Smeds, A.I. Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts / A.I. Smeds, M. Kytöviita // The Lichenologist. – 2010. – Vol. 42(06). – P. 739–749.
- Evernia prunastri* and *Pseudoevernia furfuraceae* lichens and their major metabolites as antioxidant, antimicrobial and anticancer agents / M. Kosanić [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2013. – Vol. 53. – P. 112–118.
- Горбач, Н.В. Лишайники Белоруссии. Определитель / Н.В. Горбач. – Минск: Наука и техника, 1973. – 368 с.
- Tsurykau, A. Lichens from Gomel region: a provisional checklist / A. Tsurykau, V. Khramchankova // Bot. Lith. – 2011. – Vol. 17, № 4. – P. 157–163.
- Воскресенский, П.И. Техника лабораторных работ / П.И. Воскресенский. – М.: Химия, 1973. – 717 с.
- Meynell, G.G. Theory and practice in experimental bacteriology / G.G. Meynell, E. Meynell. – Cambridge University Press, 1970. – 347 p.

REFERENCES

1. Nash III, T.H. Lichen biology / T.H. Nash III. – Cambridge University Press, 1999. – 486 p.
2. Huneck, S. Identification of lichen substances / S. Huneck, I. Yoshimura. – Berlin: Springer, 1996. – 493 p.
3. The Lichens of Great Britain and Ireland / Eds.: C.W. Smith [et al.]. – 2nd ed. – London: British Lichen Society, 2009. – 700 p.
4. Rundel, P.W. The ecological role of secondary lichen substances / P.W. Rundel // Biochem. Syst. Ecol. – 1978. – Vol. 6. – P. 157–170.
5. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P.W. James, F.J. White. – London: British Lichen Society, 2001. – 101 p.
6. Ranković, B. Lichen Secondary Metabolites: Bioactive Properties and Pharmaceutical Potential / B. Ranković. – Springer, Heidelberg, 2015. – 201 p.
7. Smeds, A.I. Determination of usnic and perlatolic acids and identification of olivetoric acids in Northern reindeer lichen (*Cladonia stellaris*) extracts / A.I. Smeds, M. Kytöviita // The Lichenologist. – 2010. – Vol. 42(06). – P. 739–749.
8. *Evernia prunastri* and *Pseudoevernia furfuracea* lichens and their major metabolites as antioxidant, antimicrobial and anticancer agents / M. Kosanić [et al.] // Food Chem. Toxicol. – 2013. – Vol. 53. – P. 112–118.
9. Gorbach N.V. *Lishainiki Belorussii. Opredelitel* [Lichens of Belarus. Directory], Mn., Nauka i tekhnika, 1973, 368 p.
10. Tsurukau, A. Lichens from Gomel region: a provisional checklist / A. Tsurukau, V. Khamchankova // Bot. Lith. – 2011. – Vol. 17, № 4. – P. 157–163.
11. Voskresenski P.I. *Tekhnika laboratornikh rabot* [Ways of Laboratory Work], M., Khimiya, 1973, 717 p.
12. Meynell, G.G. Theory and practice in experimental bacteriology / G.G. Meynell, E. Meynell. – Cambridge University Press, 1970. – 347 p.

Поступила в редакцию 24.01.2017

Адрес для корреспонденции: e-mail: mail@gsu.by – Храменкова О.М.