

УДК 57.063.7:582.29(476)

**РЕВИЗИЯ ЛИШАЙНИКОВ РОДА
USNEA БЕЛАРУСИ.
VI. USNEA CAVERNOSA,
U. INTERMEDIA, U. PERPLEXANS,
U. SUBSTERILIS**

И. М. Болсун,
студент биологического факультета
Гомельского государственного университета
имени Ф. Скорины
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9585-4847>;

А. Г. Цуриков,
доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры биологии Гомельского
государственного университета имени
Ф. Скорины; профессор кафедры общей
и биоорганической химии Гомельского
государственного медицинского
университета
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6309-170X>;

В. В. Голубков,
кандидат биологических наук,
доцент
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7120-9093>;

П. Н. Бельй,
кандидат биологических наук,
доцент, научный секретарь
Центрального
ботанического сада НАН Беларуси
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1497-8478>

Поступила в редакцию 03.06.2024.

Проведена ревизия доступного гербарного материала лишайников рода *Usnea*, собранного на территории Беларуси в период 1924–2018 гг. Методом тонкослойной хроматографии было выявлено 8 видов лишайников рода *Usnea*, содержащих салациновую кислоту – *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis* и *U. wasmuthii*, из которых *Usnea substerilis* ранее не приводился для территории Беларуси. В данной статье приводится описание четырех видов, являющихся редкими для Беларуси лишайниками: *U. cavernosa*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis*.

Представлено морфологическое описание данных видов, состав вторичных метаболитов, особенности экологии и данные по распространению на территории Беларуси.

Ключевые слова: биоразнообразие, вторичные метаболиты, салациновая кислота, распространение, экология.

Revision of the available herbarium material of the lichen genus *Usnea* collected on the territory of Belarus in the period of 1924–2018 was carried out. Using thin-layer chromatography, eight species of *Usnea* containing salazinic acid were identified, namely *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis* and *U. wasmuthii*, of which *Usnea substerilis* has not been previously reported for Belarus. The paper provides data of four rare species for Belarus, *U. cavernosa*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis*. Morphological descriptions of these species, their chemical composition, ecological features and data on distribution on the territory of Belarus are presented.

Keywords: biodiversity, secondary metabolites, salazinic acid, distribution, ecology.

Введение. Род *Usnea* Dill. ex Adans. является одним из крупнейших в семействе Parmeliaceae [1]. Представители рода *Usnea* характеризуются длинным, нитевидным, свисающим или торчащим талломом желтовато-

UTC 57.063.7:582.29(476)

**REVISION OF THE LICHEN GENUS
USNEA IN BELARUS.
VI. USNEA CAVERNOSA,
U. INTERMEDIA, U. PERPLEXANS,
U. SUBSTERILIS**

I. Bolsun,
student of the Department
of Biology of Francisk Skorina
Gomel State University;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9585-4847>;

A. Tsurykau,
Doctor of Biological Sciences,
Associate Professor,
Professor of the Department of Biology
of Francisk Skorina Gomel State University,
Professor of the Department
of General and Bioorganic Chemistry of Gomel
State Medical University
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6309-170X>;

V. Golubkov,
Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7120-9093>;

P. Bely,
Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor, Scientific Secretary
of Central Botanical Garden of the National
Academy of Sciences of Belarus
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1497-8478>

Received on 03.06.2024.

зеленоватого оттенка. Различить представителей данного рода иногда достаточно сложно, так как многие из описанных видов имеют переходные формы, общие морфологические признаки и идентичный химический состав.

В Беларуси определение гербарных образцов традиционно основывалось на морфолого-анатомических критериях и применении цветных точечных капельных химических реакций, что не всегда является надежным и не позволяет достоверно определить гербарный материал в соответствии с современными видовыми концепциями изучаемого рода. В связи с этим ревизия доступного гербарного материала лишайников рода *Usnea*, собранного ранее на территории Беларуси, с применением современных методов идентификации представляется актуальной.

Материал и методы исследования. Материалом для данного исследования послужили образцы лишайников рода *Usnea*, хранящиеся в гербариях GSU, MSK-L, MSKH, MSKU и LE. Всего было проанализировано 462 гербарных образца сборов 1924–2018 гг. Дублетные сборы, хранящиеся в разных гербариях, принимали за один гербарный образец.

Морфологические и анатомические особенности образцов изучали с помощью микроскопов Nikon SMZ-745 и Nikon Eclipse 80i. Измерение аскоспор проводили в чистых водных препаратах. Размеры аскоспор представлены по схеме (минимум–) (среднее – стандартное отклонение) (среднее + стандартное отклонение) (–максимум) и сопровождаются указанием количества проведенных измерений (n). Состав вторичных метаболитов изучали методом тонкослойной хроматографии в системе растворителей С [2].

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что в Беларуси произрастают 8 видов лишайников рода *Usnea*, содержащих салациновую кислоту – *Usnea barbata* (L.) F.H. Wigg., *U. cavernosa* Tuck., *U. dasopoga* (Ach.) Nyl., *U. glabrata* (Ach.) Vain., *U. intermedia* (A. Massal.) Jatta, *U. perplexans* Stirt., *U. substerilis* Motyka, *U. wasmuthii* Räsänen. В данной статье приводится описание четырех видов, являющихся редкими для Беларуси лишайниками: *U. cavernosa* (2 образца, или 0,4 % от общего числа исследованных), *U. intermedia* (3, или 0,6 %), *U. perplexans* (5, или 1,1 %), *U. substerilis* Motyka (2, или 0,4 %). Ниже приводим морфологические описания указанных видов, а также данные по составу вторичных метаболитов, экологической приуроченности и распространению в Беларуси.

***Usnea cavernosa* Tuck.**

Морфологические особенности. Таллом до 50 см длиной, свисающий, нитевидный, гладкий, зеленоватого цвета, ветвящийся изотомически-дихотомически с отчетливо параллельными ветвями. Основание одного цвета

с талломом. Основные ветви неравномерны по толщине, заметно ямчатые и слабо ребристые, без сосочков, бугорков и фибрилл. Боковые ветви не сужены в местах прикрепления, без фибрилл. Соралии и изидиоморфы отсутствуют. Апотеции в белорусских образцах отсутствуют.

Состав вторичных метаболитов. В настоящее время известно два хемотипа этого вида: I хемотип содержит салациновую кислоту, у образцов II хемотипа вторичные метаболиты сердцевины отсутствуют [3]. Белорусские образцы содержали салациновую кислоту.

В Беларуси встречаются еще несколько видов, содержащих салациновую кислоту в качестве основного вторичного метаболита: *Usnea barbata*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. substerilis* и *U. wasmuthii*. Из указанных видов *U. intermedia* четко отличается темным основанием, наличием апотециев и отсутствием соралий. Остальные виды отличаются более коротким слоевищем, а также наличием сосочков, фибрилл и соралий. Кроме этого, *U. dasopoga* отличается угольно-черным основанием, *U. glabrata* – суженными в местах прикрепления боковыми ветвями, *U. wasmuthii* – черным основанием с продольно ориентированными трещинами.

Условия местообитания и субстратная приуроченность. Оба белорусских образца были собраны на ели европейской (*Picea abies* (L.) N. Karst.). Информация об условиях произрастания на гербарных этикетках отсутствовала.

Распространение. Вид встречается на территории Европы, Азии и Северной Америки [4]. *Usnea cavernosa* на территории Республики Беларусь встречается крайне редко и известен лишь на территориях НП «Беловежская пуца» и Березинского биосферного заповедника (рисунок 1). Поскольку оба образца были собраны в середине XX века, *U. cavernosa*, по-видимому, следует считать исчезнувшим видом с территории Беларуси. Важно отметить, что *Usnea cavernosa* включен в «черный список» Красной книги Республики Беларусь [5].

Исследованные образцы. Брестская область, Каменецкий район, НП «Беловежская пуца», Королево-Мостовское л-во, кв. 680, на ели, Н. В. Горбач, 04.09.1954 (MSK-L, GSU); Витебская область, Лепельский район, Березинский биосферный заповедник, урочище «Залазы», на ели, Н. В. Горбач, 20.10.1961 (MSK-L, GSU).

***Usnea intermedia* (A. Massal.) Jatta**

Морфологические особенности. Таллом до 20 см длиной, зеленоватого цвета, ветвя-

щийся преимущественно анизотомично-дихотомически с параллельными ветвями. Основание коричневого цвета, переходящего в черный, с несколькими кольцевыми трещинами. Основные ветви неравномерно толстые на большей части своей длины. Боковые ветви не сужены в местах прикрепления. Сосочки от редких до обильных, особенно на главных ветвях, фибриллы немногочисленные. Соралии и изидиоморфы отсутствуют. Апотеции многочисленны. Данные показатели соответствуют таковым, указанным в литературе (7–9 × 5–6,5 мкм [3]).

Морфологически *Usnea intermedia* очень близок *U. florida*, который отличается более крупными спорами, размер которых составляет (8,0–)8,9–10,4(–11,0) × (5,0–)5,7–6,7(–8,0), а также содержанием танноловой кислоты в качестве основного вторичного метаболита.

Состав вторичных метаболитов. В зависимости от сочетания вторичных метаболитов сердцевины выделяют четыре хемотипа *Usnea intermedia*. Для образцов I хемотипа характерно отсутствие вторичных веществ

сердцевины; у образцов II хемотипа присутствует салициловая кислота; у образцов III хемотипа – псоромовая кислота; у образцов IV хемотипа – протоцетраровая кислота [3]. На территории Беларуси встречаются I (1 образец, или 33,3 % от всех образцов) и II хемотипы (2, или 66,7 %).

От других видов рода *Usnea*, имеющих схожий химический состав, *U. intermedia* отличается наличием апотециев и отсутствием соралий.

Условия местообитания и субстратная приуроченность. По одному образцу *Usnea intermedia* было собрано в дубраве, ельнике и смешанном лесу. Все образцы были собраны на коре деревьев: на березе повислой (*Betula pendula* Roth), дубе черешчатом (*Quercus robur* L.) и ели европейской (*Picea abies*).

Распространение. *Usnea intermedia* встречается в Европе и западной части Северной Америки [4]. В Беларуси вид является крайне редким (рисунок 2). Ранее для территории страны вид был известен всего из двух локалитетов [6], нами выявлено третье местонахождение вида в Минской области.

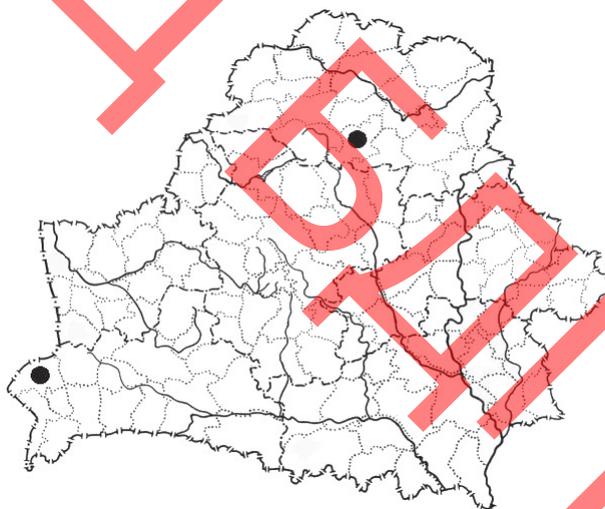


Рисунок 1 – Распространение *Usnea cavernosa* на территории Беларуси

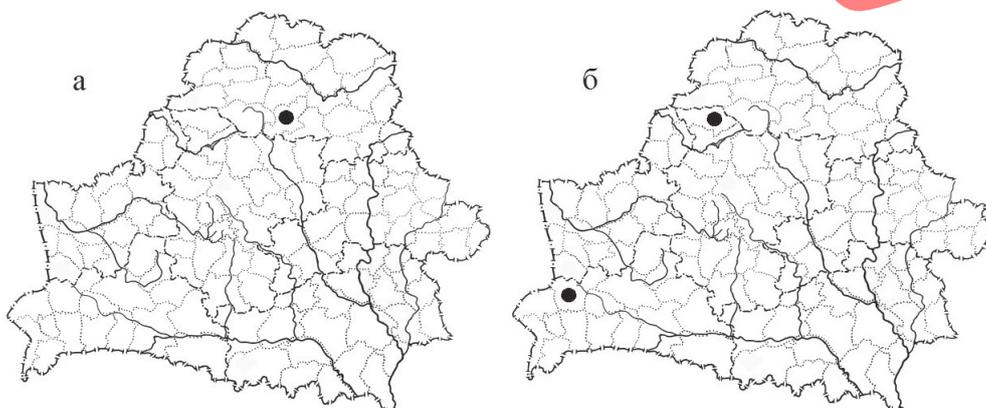


Рисунок 2 – Распространение *Usnea intermedia* на территории Беларуси: а – хемотип I, б – хемотип II

Исследованные образцы. Хемотип I. Витебская область, Лепельский район, Березинский биосферный заповедник, между д. Крайцы и д. Броды, в смешанном лесу на березе, Н. В. Горбач, 20.10.1961 (MSK-L, GSU).

Хемотип II. Брестская область, Пружанский район, НП «Беловежская пуща», Никорское л-во, кв. 590, окр. д. Переров, в дубраве кисличной на дубе, В. В. Голубков, 26.07.1983 (MSK-L, GSU); Минская область, Мядельский район, НП «Нарочанский», окр. д. Ридупля, в ельнике чернично-кисличном на ели, А. П. Яцына, 29.06.2005 (MSKU, GSU).

Usnea perplexans Stirt.

Морфологические особенности. Таллом до 10 см длиной, зеленоватого оттенка, ветвящийся преимущественно анізотомически-дихотомически с расходящимися ветвями. Основание почерневшее или одного цвета с талломом. Основные ветви более или менее неправильной формы, деформированные и ямчатые. Боковые ветви не сужены в местах прикрепления. Сосочки обычно многочисленные, особенно на главных ветвях, от бородавчатых до цилиндрических; фибриллы распределены неравномерно. Соралии крупные, более половины диаметра ветви, обычно неправильной формы, глубоко выемчатые. Изидиоморфы отсутствуют. Апотециев в белорусском материале не обнаружено.

Морфологически *Usnea perplexans* схож с *Usnea glabrescens* var. *fulvoraegens* Räsänen и *Usnea substerilis*. *Usnea glabrescens* var. *fulvoraegens* отличается черным основанием, цилиндрическими основными ветвями, многочисленными длинными фибриллами, которые напоминают рыбы кости; *Usnea substerilis* – поверхностными соралиями и присутствием изидиоморфов.

Состав вторичных метаболитов. Известно три хемотипа *Usnea perplexans*. Образцы I хемотипа характеризуются наличием салациновой кислоты (иногда барбатова кислота может содержаться в качестве сопутствующего вещества), образцы II хемотипа – каператовой кислоты, образцы III хемотипа – псоромовой кислоты [3]. На территории Беларуси нами выявлены I и II хемотипы. Образцы I хемотипа содержали только салациновую кислоту (4 образца, или 80,0 % от всех образцов), образцы II хемотипа – каператовую кислоту (1, или 20,0 %).

Образцы I хемотипа химически идентичны *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. substerilis* и *U. was-*

muthii, так как все данные виды содержат салациновую кислоту в качестве основного вторичного метаболита. *Usnea barbata* отличается длинным слоевищем, точечными соралиями (не превышают половины диаметра ветви); *U. cavernosa* – длинным слоевищем, отсутствием сосочков, фибрилл и соралий; *U. dasopoga* – угольно-черным основанием, многочисленными фибриллами, которые напоминают рыбы кости, присутствием изидиоморфов; *U. glabrata* – суженными в местах прикрепления боковыми ветвями, размером соралий (не более половины диаметра ветвей); *U. intermedia* – отсутствием соралий и наличием апотециев; *U. wasmuthii* – наличием продольно ориентированных трещин на основании, присутствием изидиоморфов.

Условия местообитания и субстратная приуроченность. По одному образцу *Usnea perplexans* было собрано в дубовой аллее, черноольшанике, смешанном лесу и сосняке (по 20,0 %). Для 1 образца (20,0 %) информация об условиях произрастания отсутствовала.

Все образцы данного вида были собраны на коре деревьев: на березе повислой (*Betula pendula*), дубе черешчатом (*Quercus robur*), ольхе черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), рябине обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) и ясене обыкновенном (*Fraxinus excelsior* L.) – по 1 образцу (по 20,0 %).

Распространение. Вид распространен на территории Европы, Азии и Северной Америки [4]. *Usnea perplexans* на территории Республики Беларусь является редким видом (рисунок 3). Следует отметить, что *Usnea perplexans* включен в список видов профилактической охраны Красной книги Республики Беларусь как очень редкий, недостаточно изученный вид (DD) [5].

Исследованные образцы. Хемотип I. Гомельская область, Житковичский район, НП «Припятский», Озеранское л-во, в окр. Царь-сосны, в смешанном лесу на сухом упавшем ясене, В. В. Голубков, 22.08.2010 (MSK-L, GSU); Гродненская область, Свислочский район, НП «Беловежская пуща», Бровское л-во, кв. 103, в черноольшанике на ольхе черной, В. В. Голубков, 25.09.1984 (MSK-L, GSU); Минская область, Борисовский район, Иканский с/с, окраина д. Буденичи, в дубовой аллее у разрушенной усадьбы на дубе, М. А. Джус, 27.05.2004 (MSKU, GSU); Мядельский район, окр. оз. Нарочь, на рябине, Н. О. Цеттерман, 25.04.1946 (MSKU, GSU).

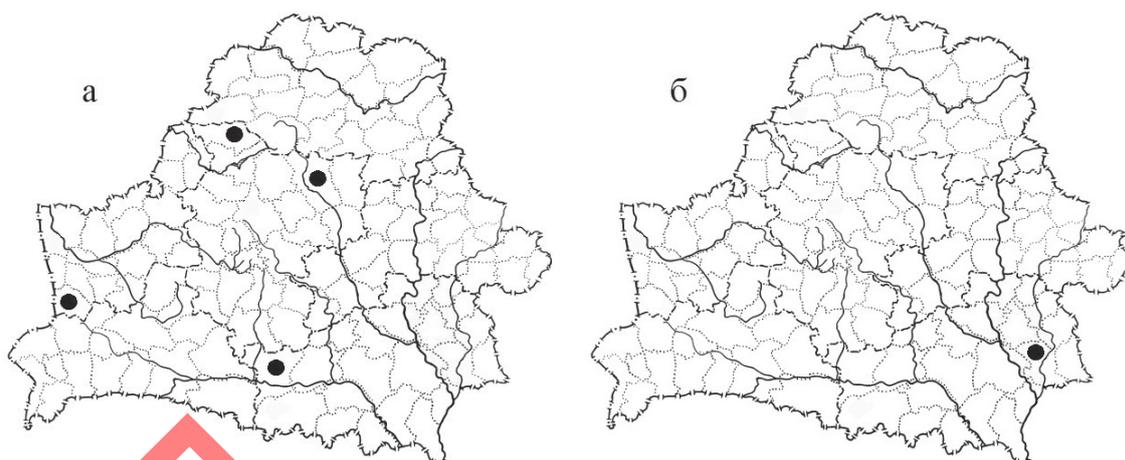


Рисунок 3 – Распространение *Usnea perplexans* на территории Беларуси: а – хемотип I, б – хемотип II

Хемотип II. Гомельская область, Гомельский район, Шарпиловское л-во, кв. 212, выд. 1, в сосняке мшистом на березе, А. Г. Цуриков, 09.09.2015 (GSU).

***Usnea substerilis* Motyka**

Морфологические особенности. Таллом до 10 см длиной, зеленоватого оттенка, обычно образующий плотные короткие дерновинки, ветвящийся преимущественно симподиально, анизотомически-дихотомически, с расходящимися ветвями. Основание черного цвета. Основные ветви неравномерно деформированные, с ямками и поперечными бороздами. Боковые ветви не сужены в местах прикрепления. Сосочки многочисленные, фибриллы присутствуют, иногда в изобилии. Соралии заметные, от неправильных до более или менее круглой формы, слегка бугорчатые, но всегда остающиеся поверхностными. Изидиоморфы встречаются редко. Апотециев в белорусском материале не обнаружено.

Морфологически и химически этот вид наиболее близок к *Usnea perplexans*, который отличается сильно выемчатыми соралиями и отсутствием изидиоморфов.

Состав вторичных метаболитов. В настоящее время выделяют четыре хемотипа *Usnea substerilis*: образцы I хемотипа содержат салациновую кислоту (иногда протоцетраровая кислота может содержаться в качестве сопутствующего метаболита); образцы II хемотипа – барбатовую и салациновую кислоты; образцы III хемотипа – норстиктовую и салациновую кислоты; для образцов IV хемотипа вторичные вещества сердцевинны не характерны [3]. Исследованные белорусские образцы содержали только салациновую кислоту, которая характерна для I хемотипа (2 образца, или 100,0 %).

В Беларуси встречается еще несколько видов, которые содержат салациновую кислоту в качестве основного вторичного метаболита: *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. perplexans* и *U. wasmuthii*. *Usnea barbata* отличается длинным слоевищем и присутствием изидиоморфов; *U. cavernosa* – длинным слоевищем, светлым основанием, отсутствием сосочков, фибрилл и соралий; *U. dasopoga* – многочисленными фибриллами, напоминающими рыбы кости; *U. glabrata* – суженными в местах прикрепления боковыми ветвями и отсутствием изидиоморфов; *U. intermedia* – отсутствием соралий и наличием апотециев; *U. wasmuthii* – наличием продольно ориентированных трещин на основании.

Условия местообитания и субстратная приуроченность. Один образец *Usnea substerilis* был собран в черноольшанике, а для второго образца информация об условиях произрастания отсутствовала.

В качестве субстрата вид предпочитает ольху черную (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) и тополь (*Populus* sp.) – по 1 образцу (по 50,0 % каждый).

Распространение. Данный вид известен на территории Европы и Азии [7]. Вид *Usnea substerilis* на территории Республики Беларусь встречается крайне редко и известен только в Вилейском и Свислочском районах Минской и Гродненской областей соответственно (рисунок 4). Данный вид ранее не приводился для территории Республики Беларусь.

Исследованные образцы. Гродненская область, Свислочский район, НП «Беловежская пуща», Бровское л-во, кв. 103, в черноольшанике на ольхе черной, В. В. Голубков, 25.09.1984 (MSK-L, GSU); Минская область, Вилейский район, окр. д. Костеневичи, на тополе (MSK-L, GSU).



Рисунок 4 – Распространение *Usnea substerilis* на территории Беларуси

Заключенне. В результате ревизии 462 образцов лишайников рода *Usnea* с использованием метода тонкослойной хроматографии было выявлено 8 видов лишайников рода *Usnea*, содержащих салациновую кислоту – *Usnea barbata*, *U. cavernosa*, *U. dasopoga*, *U. glabrata*, *U. intermedia*, *U. perplexans*, *U. sub-*

sterilis и *U. wasmuthii*. На основании изучения белорусских образцов составлены уточненные диагнозы четырех редких для Республики Беларусь видов: *U. cavernosa* (2 образца, или 0,4 % от количества исследованных), *U. intermedia* (3, или 0,6 %), *U. perplexans* (5, или 1,1 %), *U. substerilis* (2, или 0,4 %).

Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией микологии Института экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича НАН Беларуси, кандидату биологических наук Татьяне Гарьевне Шабашовой за предоставленную возможность работы с гербарными образцами рода *Usnea* в гербарии MSK-L, а также Dr. Philippe Clerc (Ботанический сад и консерватория города Женева, Швейцария) за уточнение видовой принадлежности некоторых гербарных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Outline of Fungi and fungus-like taxa / N.N. Wijayawardene [et al.] // *Mycosphere*. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 1060–1456.
2. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P. W. James, F. J. White. – London : British Lichen Society, 2001. – 101 p.
3. Nimis, P. L., Martellos, S. ITALIC – The Information System on Italian Lichens. Version 7.0. University of Trieste, Dept. of Biology. 2022 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://italic.units.it/index.php>. Date of access: 23.04.2024.
4. Clerc, P. *Usnea* / P. Clerc // *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Volume 3.* / T. H. Nash III [et al.]. – Tempe : Arizona State University, 2007. – P. 302–335.
5. Красная книга Республики Беларусь. Растения: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений / Редкол.: И. М. Качановский [и др.]. – 4-е изд. – Минск : Беларус. энцыкл. імя П. Броўкі, 2015. – 448 с.
6. Яцына, А. П. Предварительная ревизия лишайников рода *Usnea* Dill. ex Adans., в гербарии MSK-L: биохимические особенности, экология и распространение видов / А. П. Яцына // *Биоразнообразие грибов и лишайников особо охраняемых природных территорий: мат. конф.* – Минск, 2023. – С. 213–224.
7. Урбанавичюс, Г. П. Список лишенофлоры России / Г. П. Урбанавичюс. – Санкт-Петербург : Наука, 2010. – 194 с.

REFERENCES

1. Outline of Fungi and fungus-like taxa / N.N. Wijayawardene [et al.] // *Mycosphere*. – 2020. – Vol. 11, № 1. – P. 1060–1456.
2. Orange, A. Microchemical methods for the identification of lichens / A. Orange, P. W. James, F. J. White. – London : British Lichen Society, 2001. – 101 p.
3. Nimis, P. L., Martellos, S. ITALIC – The Information System on Italian Lichens. Version 7.0. University of Trieste, Dept. of Biology. 2022 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://italic.units.it/index.php>. Date of access: 23.04.2024.
4. Clerc, P. *Usnea* / P. Clerc // *Lichen Flora of the Greater Sonoran Desert Region, Volume 3.* / T. H. Nash III [et al.]. – Tempe : Arizona State University, 2007. – P. 302–335.
5. *Krasnaya kniga Respubliki Belarus'. Rasteniya: redkie i nahodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy dikorastushchih rastenij / Redkol.: I. M. Kachanovskij [i dr.]. – 4-e izd. – Minsk : Belarus. encykl. imya P. Brojki, 2015. – 448 s.*
6. *Yacyna, A. P. Predvaritel'naya reviziya lishajnikov roda Usnea Dill. ex Adans., v gerbarii MSK-L: biohimicheskie osobennosti, ekologiya i rasprostranenie vidov / A. P. Yacyna // Bioraznoobrazie gribov i lishajnikov osobo ohranyaemyh prirodnyh territorij: mat. konf. – Minsk, 2023. – S. 213–224.*
7. *Urbanavichyus, G. P. Spisok lihenoflory Rossii / G. P. Urbanavichyus. – Sankt-Peterburg : Nauka, 2010. – 194 s.*