



Экология микроорганизмов / Ecology of microorganisms

Оригинальная статья / Original article

УДК: 574.472

DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-138-146

СООБЩЕСТВА ОСВЕЩЕННОЙ ЗОНЫ ПОДЗЕМНЫХ КЕЛИЙ СКАЛЬНОГО МОНАСТЫРЯ «УСПЕНИЕ БОЖЬЕЙ МАТЕРИ» ЗАПОВЕДНИКА СТАРЫЙ ОРХЕЙ

¹Светлана Е. Мазина, ²Анна В. Попкова*

¹Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Российский университет дружбы народов,
Москва, Россия, popkova_av@mail.ru

Резюме. Цель. Анализ видового состава фототрофов и микромицетов сообществ обрастаний входных участков келий историко-археологического комплекса Старый Орхей. Сравнение видового состава сообществ обрастаний на поверхности и в кельях. Сравнение фототрофов этих сообществ с видовым составом аналогичных сообществ культовых меловых пещер Воронежской области и известняковых гротов Подольских Товтр. **Объекты.** Объектом исследования были входные участки келий скального монастыря «Успение Божьей Матери», заповедника Старый Орхей (Молдавия). **Методы.** Проводили определение видового состава фототрофов методами микроскопии и методом посева на культуральную среду. Мхи и лишайники из сообществ обрастаний изучали традиционными ботаническими методами. Микромицеты исследовали методами выделения на селективной среде Чапека-Докса. Определяли обилие и встречаемость видов в сообществах. **Результаты.** В результате исследования выявлено биоразнообразие сообществ обрастаний подземных местообитаний. Показано, что видовое разнообразие на поверхности сходно с составом видов в пещерах. Определены доминирующие виды в подземных и поверхностных сообществах обрастаний. Сходство видового состава флоры с пещерами Воронежской области и Украины не выявлено. **Заключение.** В структуре флоры келий скального монастыря «Успение Божьей Матери» преобладают цианобактерии. Микромицеты сообществ обрастаний представлены широко распространенными почвенными видами. Видовой состав келий сходен с составом видов на поверхности. Можно предположить, что состав видов подземных местообитаний определяется комплексом условий, среди которых наиболее важным является освещённость, температура и влажность, качество субстрата и видовой состав на поверхности.

Ключевые слова: цианобактерии, водоросли, микромицеты, сообщества, подземные местообитания.

Формат цитирования: Мазина С.Е., Попкова А.В. Сообщества освещенной зоны подземных келий скального монастыря «Успение Божьей Матери» заповедника Старый Орхей // Юг России: экология, развитие. 2017. Т.12, N4. С.138-146. DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-138-146

COMMUNITIES OF THE LIGHTED ZONE OF HYPOGEAN MONASTIC CELLS OF THE ROCK MONASTERY "DORMITION OF GOD'S MOTHER", THE RESERVE OLD ORHEY

¹Svetlana E. Mazina, ²Anna V. Popkova*

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Peoples' Friendship University of Russia,
Moscow, Russia, popkova_av@mail.ru

Abstract. Aim. An analysis of species composition (phototrophic organisms and micromycetes) of epibioses communities of entrance area of monastic cells of the historical and archaeological complex of Old Orhei. Comparison of species composition of epibioses communities on the surface areas and in the cells. Comparison of phototrophic species composition of abovementioned communities with similar communities of the cult chalk caves of the Voronezh region and limestone grottoes of Podolsky Tovtry. **Objects.** The object of the investigation was the entrance area of the monastic cells of the rocky monastery "Dormition of God's Mother", the reserve of Old Orhei (Moldova).



Methods. Phototrophic species composition was determined by the methods of microscopy and inoculation in the culture medium. Mosses and lichens from epibioses communities were studied by traditional botanical methods. Micromycetes were studied by isolation methods on the Chapec-Dox selective medium. The abundance and occurrence of species in communities was determined. **Results.** Biodiversity of epibioses communities of hypogean habitats was revealed. It is shown that the species diversity on the surface is similar to the species composition in caves. The dominant species in the underground and surface epibioses communities were determined. The similarity of the species composition of the flora with caves of the Voronezh region and Ukraine was not revealed. **Conclusions.** Cyanobacteria predominate in the flora structure of the monastic cells of the rocky monastery "Dormition of God's Mother". Micromycetes of epibioses communities are represented by widespread soil species. The species composition of cells is similar to the species composition on the surface. It can be assumed that the species composition of hypogean habitats is determined by a complex of conditions, among which the most important is the illumination, temperature and humidity, substrate quality and species composition on the surface.

Keywords: cyanobacteria, algae, micromycetes, communities, hypogean habitats.

For citation: Mazina S.E., Popkova A.V. Communities of the lighted zone of hypogean monastic cells of the rock monastery "Dormition of God's Mother", the reserve Old Orhey. *South of Russia: ecology, development*. 2017, vol. 12, no. 4, pp. 138-146. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2017-4-138-146

ВВЕДЕНИЕ

Подземные карстовые полости рассматривают как климатически стабильные местообитания с низкими постоянными температурами, высокой относительной влажностью и низким уровнем фотонных потоков [1]. Вышеперечисленные физические параметры среды могут варьировать внутри пещеры. Например, температура, влажность и уровень освещенности изменяются в привходовой зоне в течение дня, а также в течение сезона [2]. При этом привходовая зона более подвержена влиянию внешних условий, по сравнению с сумеречной и глубинной зоной пещеры. Более того, если в глубинных участках пещер средняя температура воздуха соответствует среднегодовой на поверхности [3], то на привходовую часть пещеры это правило не распространяется.

В отличие от глубинных участков карстовых систем, где отсутствует естественное освещение, а экосистемы функционируют за счет поступающего с поверхности органического вещества, либо хемолитоавтотрофных сообществ [4; 5], входные участки пещер могут быть колонизированы фототрофными организмами [6]. Непосредственно в зоне входа могут расти виды, характерные для поверхности, в том числе высшие растения, мхи, папоротники. При удалении от входной зоны, исчезают сначала высшие растения, потом папоротники, мохообразные и остаются миксотрофные виды. Таким образом, привходовые зоны и сопряженные с

ними участки демонстрируют градиент, как физических параметров, так и биологических. Другими словами, привходовые участки можно рассматривать как зону экотона [7].

Большинство исследований посвящено сообществам фототрофов входных зон естественных пещер, однако, помимо пещер, существует ряд подземных местообитаний, таких как гроты или искусственные полости, и они слабо изучены. На территории России и сопредельных государств проводилось изучение сообществ входных зон культовых пещер Воронежской области [8; 9], гротов и пещер Подольских Товтр (Украина) [10]. Интересным объектом для исследования являются искусственные пещеры Молдавии, которые отличаются от вышеуказанных объектов, в первую очередь, климатическими параметрами региона.

Целью работы было проанализировать видовой состав фототрофов и микромицетов из сообществ обрастаний на освещенных участках келий историко-археологического комплекса Старый Орхей, провести сравнение видового состава сообществ обрастаний на поверхности и в кельях, а также сравнить состав фототрофов этих сообществ с видовым составом аналогичных сообществ культовых меловых пещер Воронежской области и известняковых гротов Подольских Товтр.



ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования являлся скальный монастырь «Успение Божьей Матери», расположенный в историко-археологическом комплексе Старый Орхей, находящийся в 60 км к северо-востоку от Кишинева и входящий в состав одноименного природно-культурного заповедника. Были обследованы подземные монашеские кельи на входных участках, освещенных естественным светом, где были обнаружены сообщества обрастаний. Кельи заложены в известняковых породах.

Исследование проводили в августе 2016 года. Образцы грунтов с визуально заметными участками сообществ обрастаний фототрофов отбирали в стерильные герметичные емкости. Всего на анализ отобрано шесть сообществ обрастаний. До момента анализа пробы сохраняли при температуре полости, в летний период температура воздуха в кельях составляет 12-20°C, влажность 30-50%. Кроме того были отобраны пробы с поверхности, в непосредственной близости от келий. Сообщества обрастаний располагались на известняковой породе и на маломощных глинистых отложениях.

Пленки обрастаний разделяли на фрагменты, которые исследовали методами световой микроскопии (микроскоп Leica DMLS, Германия) и сканирующей электронной микроскопии (микроскоп JSM-25 S) с целью определения видового состава мохообразных и водорослей. Водоросли и цианобактерии выделяли и культивировали с целью определения или уточнения их таксономической принадлежности на среде Гро-

мова №6 [11]. Водоросли и цианобактерии определяли с использованием следующих определителей [12-14], мохообразные по Игнатову, Игнатовой [15; 16]. Систематика цианобактерий и водорослей приведена по базе данных [17].

Проводили выявление видового состава микромицетов из сообществ обрастаний, используя методы анализа, рекомендованные для почв [11]. Посев и культивирование микромицетов проводили на среде Чапека-Докса с концентрацией сахарозы 10 г/л. Определение видов проводили с использованием определителей [18; 19], систематика дана по базе данных [20]. Проводили культивирование при температуре пещеры, а также при температуре 24°C.

Обилие фототрофных видов в сообществах обрастаний оценивали по 5-бальной шкале (аналог шкалы Браун-Бланке). Определяли относительное обилие и встречаемость видов на участках обрастаний, причем обилие микроскопических видов рассчитывали по данным прямой микроскопии, по результатам проведенных посевов проводили оценку встречаемости микромицетов.

Проводили сравнение видового состава и видовой структуры сообществ обрастаний в подземных полостях Старого Орхея с аналогичными сообществами из меловых культовых пещер Воронежской области и с альгофлорой гротов национального природного парка «Подольские Товтры», данные взяты из работы Мазиной [9] и Виноградовой [10]. Для сравнения применяли индексы сходства Жаккара и Шорыгина [21].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования в кельях скального монастыря «Успение Божьей Матери» выявлено 15 видов фототрофов, из которых *Bryophyta* – 2 вида (13,3%, 1 класс, 2 порядка, 2 семейства, 2 рода), *Cyanobacteria* – 10 видов (66,6%, 1 класс, 4 порядка, 8 семейств, 10 родов), *Bacillariophyta* – 2 вида (13,3%, 1 класс, 2 порядка, 2 семейства, 2 род), *Chlorophyta* – 1 вид (6,6%). Представители отделов *Magnoliophyta* и *Pteridophyta* не обнаружены, что может свидетельствовать о недостатке освещения для развития представителей данных таксонов.

Выделение доминирующих видов проведено по показателям встречаемости и

относительного обилия. В кельях доминировал вид цианобактерий *Gloeocapsa punctata*, субдоминантами являлись представители диатомовых водорослей *Nitzschia sp.* и цианобактерий *Aphanocapsa muscicola*. Среди мохообразных наибольшее обилие имел вид *Oncophorus virens* (табл. 1, 2).

В сообществах обрастаний выявлено 10 видов микромицетов, из 8 родов (табл. 3). Таксономическая структура выявленной микобиоты представлена отделом *Basidiomycota* – 1 вид, а также группой анаморфных грибов из представителей класса *Hyphomycetes* – 9 видов из 7 родов. Все рода представлены 1 видом, за исключением рода *Penicillium*, в котором обнаружено 3 вида.



Таблица 1

Видовой состав цианобактерий

Table 1

Species composition of cyanobacteria

Вид / Species	Пещера / Cave		Поверхность / Surface	
	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %
Empire Prokaryota				
Kingdom Eubacteria				
Phylum Cyanobacteria				
Class Cyanophyceae				
Order Synechococcales				
Family Merismopediaceae				
<i>Aphanocapsa muscicola</i> (Meneghini) Wille	7,8	50,0	7,1	50,0
<i>Synechocystis pevalekii</i> Ercegovic	3,9	16,7	14,3	50,0
Family Pseudanabaenaceae				
<i>Jaaginema angustissimum</i> (West & G.S. West) Anagnostidis & Komárek	7,8	50,0	-	-
<i>Jaaginema subtilissimum</i> (Kützing ex Forti) Anagnostidis & Komárek	1,9	16,7	7,1	50,0
Order Oscillatoriales				
Family Coleofasciculaceae				
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (C. Agardh ex Gomont) Strunecký, Bohunická, J.R. Johansen & J. Komárek	2,9	16,7	-	-
Family Oscillatoriaceae				
<i>Phormidium bohneri</i> Schmidle	1,9	16,7	7,1	50,0
Order Nostocales				
Family Aphanizomenonaceae				
<i>Nodularia harveyana</i> Thuret ex Bornet & Flahault	1,9	16,7	7,1	50,0
Family Nostocaceae				
<i>Anabaena minima</i> Chernov [Tschernov]	2,9	16,7	10,7	50,0
Order Chroococcales				
Family Chroococcaceae				
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	2,9	16,7	-	-
Family Microcystaceae				
<i>Gloeocapsa punctate</i> Nägeli	15,5	66,7	-	-

В поверхностных местообитаниях в сообществах обрастаний выявлено 8 видов водорослей и цианобактерий из обнаруженных в пещере, а также лишайник *Caloplaca sp.* На поверхности доминировали мох *Homalothecium philippeanum*, лишайник *Caloplaca sp.*, цианобактерия *Synechocystis pevalekii*, к субдоминантам относились *Anabaena minima* и протонема мхов,

при этом все виды имели в поверхностных сообществах встречаемость 50%. Из сообществ обрастаний на поверхности выделено 7 видов микромицетов, причем 4 из них имели 100% встречаемость (табл. 3). Большинство выделенных микромицетов относятся к широко распространенным типичным почвенным видам.



Таблица 2

Видовой состав водорослей и мохообразных

Table 2

Species composition of algae and bryophytes

Вид / Species	Пещера / Cave		Поверхность / Surface	
	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %
Empire Eucaryota				
Kingdom Chromista				
Phylum Bacillariophyta				
Class Bacillariophyceae				
Order Naviculales				
Family Naviculaceae				
<i>Navicula sp.</i>	3,9	33,3	-	-
Order Bacillariales				
Family Bacillariaceae				
<i>Nitzschia sp.</i>	9,7	50,0	-	-
Kingdom Plantae				
Phylum Chlorophyta				
Class Trebouxiophyceae				
Order Chlorellales				
Family Chlorellaceae				
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	7,8	33,3	-	-
Class Bryopsida				
Order Timmiales				
Family Timmiaceae				
<i>Timmia bavarica</i> Hessel.	9,7	50,0	3,6	50,0
Order Hypnales				
Family Brachytheciaceae				
<i>Homalothecium philippeanum</i> (Spruce) B.S.G.	7,8	50,0	17,9	50,0
протонема мхов / mosses' protonema	7,8	66,7	10,7	50,0

Сравнение видового состава подземных местообитаний с поверхностными показало, что, за исключением лишайника, новых видов на поверхности не обнаружено. В более сухих условиях на поверхности отсутствовали зеленые водоросли и диатомовые, из цианобактерий сохранялись представители семейства *Merismopediaceae* и нитчатые формы цианобактерий. Поскольку проводился анализ только близлежащих к входам в кельи участков, то можно предположить, что при

более подробном исследовании список видов на поверхности будет увеличен и, возможно в него войдут остальные подземные виды.

Проведена сравнительная оценка флоры известняковых келий Старого Ореха, меловых культовых пещер Воронежской области и гротов и пещер Подольских Товтр. В результате показано, что количество фототрофных видов, выявленных в подземных местообитаниях, было наименьшим в полостях Старого Ореха,



тогда как в гротах Подольских Товтр оно было наибольшим и составляло 63 вида

(Грот Залучанский – 31, Товтра «Першак» – 36, Грот Бакотский – 40) [10].

Таблица 3

Видовой состав лишайников и микромицетов

Table 3

Species composition of lichens and micromycetes

Вид / Species	Пещера / Cave		Поверхность / Surface	
	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %	Относительное обилие / Relative abundance, %	Встречаемость / Occurrence, %
Kingdom Fungi				
Phylum Lichenophyta				
Class Lecanoromycetes				
Order Teloschistales				
Family Teloschistaceae				
<i>Caloplaca sp.</i>	-	-	14,3	50,0
Phylum Basidiomycota				
Class Agaricomycetes				
Order Polyporales				
Family Fomitopsidaceae				
<i>Sporotrichum pruinosum</i> J.C. Gilman & E.V. Abbott	-	16,7	-	50
Class Hyphomycetes				
<i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.	-	16,7	-	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	-	16,7	-	50
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Sigler & J.W. Carmich.	-	50,0	-	100
<i>Penicillium sp.</i>	-	16,7	-	50
<i>Penicillium viridicatum</i> Westling	-	33,3	-	-
<i>Penicillium spinulosum</i> Thom	-	66,7	-	100
<i>Scopulariopsis brumptii</i> Salv.-Duval	-	16,7	-	-
<i>Trichoderma sp.</i>	-	33,3	-	100
<i>Trichophyton terrestre</i> Durie & D. Frey	-	33,3	-	100

В Старом Орхее преобладали представители *Cyanobacteria*, тогда как в Подольских Товтрах преобладали представители *Chlorophyta* – 32, также как и в пещерах Воронежской области – 15 видов, а в кельях монастыря «Успение Божьей Матери» выявлен всего один вид *Chlorella vulgaris*. Число видов *Cyanobacteria* в культовых пещерах Воронежской области было сходно с кельями в Молдавии и составляло 11 видов, в Подольских Товтрах оно составляло 19 видов. Наименьшее число видов *Bacillariophyta* зафиксировано в Старом Орхее – 2 вида, в Во-

ронезской области 3 вида и 6 видов в Подольских Товтрах. Представители порядков *Ochrophyta* и *Charophyta* обнаружены только в гротах Подольских Товтр – по три вида каждого отдела.

В группе доминирующих видов в сравниваемых пещерах совпадений не обнаружено. Единственным видом, выявленных во всех трех объектах, была *Chlorella vulgaris*, этот вид является космополитом и убикистом и неоднократно был отмечен в пещерных сообществах [22; 23].



С помощью индекса Жаккара проанализировано сходство флоры келий Старого Орхея и культовых пещер Воронежской области, индекс равен 0,087. При анализе сходства альгофлоры Старого Орхея с пещерами Подольских Товтр индекс Жаккара составил 0,041, а при сравнении альгофлоры пещер Подольских Товтр и Воронежской области индекс Жаккара равнялся 0,136. К сожалению, отсутствие данных по другим группам фототрофов пещер Подольских Товтр не дает возможности провести анализ всей флоры. Однако и из полученных данных видно, что по видовому составу пещеры Воронежской области и Украины ближе, чем пещеры Молдавии, хотя значения индексов сходства демонстрирует различие пещер по видовому составу. В результате сравнения видовой структуры подземных местообита-

ний Старого Орхея и Воронежской области также выявлено ее низкое сходство (Индекс Шорыгина 0,191).

Таким образом, в результате анализа обнаружено, что существует географический тренд в распределении флоры в небольших подземных полостях типа келий и гротов. Аналогичное предположение сделано в результате исследования входных участков карстовых пещер [24]. Возможно, что значительную роль в формировании видовой состава фототрофов играют породы, на которых развиваются сообщества обрастаний, а также температура и влажность, которая несколько выше в пещерах Молдавии, по сравнению с Воронежской областью (10-16°C, влажность около 100%) и Подольскими Товтрами (температура 12-15°C, влажность 50%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение необходимо отметить, что структура флоры в кельях скального монастыря «Успение Божьей Матери» соответствует большинству пещер – в ней преобладают цианобактерии. Микромицеты сообществ обрастаний представлены широко распространенными почвенными видами. Видовой состав келий сходен с составом видов на поверхности. Анализ сходства флоры

молдавских пещер с Воронежской областью и Украиной показал их различие. Можно предположить, что состав видов подземных местообитаний определяется комплексом условий, среди которых наиболее важным является освещённость, температура и влажность, качество субстрата и видовой состав на поверхности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment // Science. 1969. V. 165. pp. 971–981.
2. Culver D. Cave Life: Ecology and Evolution. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 1982. 189 p.
3. Northup D.E., Lavoie K.H. Geomicrobiology of Caves: A Review // Geomicrobiology Journal. 2001. V. 18, iss. 3. P. 199–222. DOI: 10.1080/01490450152467750
4. Sarbu S.M., Kane T.C., Kinkle B.K. A chemoautotrophically based cave ecosystem // Science. 1996. V. 272. P. 1953–1955.
5. Engel A.S. Chemoautotrophy. In: Culver D.C. and White W.B. eds., Encyclopedia of caves. Amsterdam: Elsevier Academic Press. 2005. P. 90–102.
6. Pentecost A., Zhouhui Z. The distribution of plants in Scosca Cave, North Yorkshire, and their relationship to light intensity // International Journal of Speleology. 2001. V. 30 A. iss. 1/4. P. 27–37. doi: 10.5038/1827-806X.30.1.3
7. Prous X., Lopes Ferreira R., Jacobi C.M. The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave // International Journal of Speleology. 2015. V. 44, iss. 2. P. 177–189. doi: 10.5038/1827-806X.44.2.7
8. Мазина С.Е., Попкова А.В., Абдуллин Ш.Р. Фототрофы меловых культовых пещер Дивногорья и Костомарово // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 1. N 8. С. 151–157.
9. Мазина С.Е. Сообщества фототрофов меловых культовых пещер сел Костомарово и Вязники и хутора Дивногорье // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. N 3. С. 72–78.
10. Виноградова О.Н., Михайлюк Т.И. Альгофлора пещер и гротов национального природного парка «Подольские Товтры» (Украина) // Альгология. 2009. Т. 19. N2. С. 155–171.
11. Практикум по микробиологии: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.
12. Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). СПб.: Наука, 1998. 351 с.
13. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР.



Вып. 2. Синезеленые водоросли. М.: Советская наука, 1953. 654 с.
14. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. Вып. 4. 620 с.
15. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. М.: КМК. 2003. Т. 1. С. 1–608.
16. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. М.: КМК. 2004. Т. 2. С. 609–960.
17. AlgaeBase. URL: <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 19.05.2017)
18. Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag, 2007. 672 p.
19. Ramirez C. Manual and atlas of the penicillia. Amsterdam; N.Y., Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. 874 p.

20. MycoBank Database. URL: <http://www.mycobank.org> (дата обращения: 12.06.2017).
21. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Л.: Изд. ЛГУ, 1980. 176 с.
22. Мазина С.Е., Юзбеков А.К. Видовой состав ламповой флоры пещеры Воронцовская // Естественные и технические науки. 2015. Т. 87. N 9. С. 31–38.
23. Мазина С.Е. Ламповая флора Новоафонской пещеры // Научный журнал КубГАУ. 2015. Т. 113. N9. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/16.pdf> (дата обращения: 12.06.2017).
24. Абдуллин Ш.П., Миркин Б.М. Синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и некоторых сопредельных государств // Растительность России. 2015. N 27. С. 3–23.

REFERENCES

1. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment. Science. 1969. vol. 165. pp. 971–981.
2. Culver D. Cave Life: Ecology and Evolution. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. 1982. 189 p.
3. Northup D.E., Lavoie K.H. Geomicrobiology of Caves: A Review. *Geomicrobiology Journal*. 2001, vol. 18, iss. 3. pp. 199–222. DOI: 10.1080/01490450152467750
4. Sarbu S.M., Kane T.C., Kinkle B.K. A chemoautotrophically based cave ecosystem. Science. vol. 272, 1996. pp. 1953–1955.
5. Engel A.S. Chemoautotrophy. In: Culver D.C. and White W.B. eds., *Encyclopedia of caves*. Amsterdam: Elsevier Academic Press. 2005. pp. 90–102.
6. Pentecost A., Zhouhui Z. The distribution of plants in Scosca Cave, North Yorkshire, and their relationship to light intensity. *International Journal of Speleology*. 2001, vol. 30 A. iss. 1/4. pp. 27–37. doi: 10.5038/1827-806X.30.1.3
7. Prous X., Lopes Ferreira R., Jacobi C.M. The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave. *International Journal of Speleology*. 2015, vol. 44, iss. 2. pp. 177–189. doi: 10.5038/1827-806X.44.2.7
8. Mazina S.E., Popkova A.V., Abdullin Sh.R. Phototrophs religious chalk caves of Divnogorie and Kostomarovo. *Uspekhi sovremennoi nauki i obrazovaniya* [The successes of modern science and education]. 2016, vol. 1, no. 8, pp. 151–157. (In Russian)
9. Mazina S.E. Communities of phototrophs of the cholk religious caves of villages Kostomarovo, Vyazniki and khutor Divnogorie. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* [Proceeding of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]. 2017, no. 3, pp. 72–78. (In Russian)
10. Vinogradova O.N., Mikhailyuk T.I. Algal flora of caves and grottoes in the national nature park "Podilsky Tovtry" (Ukraine). *Al'gologiya* [Algologia]. 2009, vol. 19, no. 2. pp. 155–171. (In Russian)
11. Netrusov A.I., ed. *Praktikum po mikrobiologii: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedenii* [Practical tutorial of microbiology: a textbook for students of higher educational institutions]. Moscow, Akademiya Publ., 2005, 608 p. (In Russian)
12. Andreeva V.M. *Pochvennye i aerofil'nye zelenye vodorosli (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales)* [Soil and aerophilic green algae (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales)]. SPb, Nauka Publ., 1998, 351 p. (In Russian)
13. Gollerbach M.M., Kosinskaya E.K., Polyanskii V.I. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Sinezelenye vodorosli* [Determinant of freshwater algae USSR. Cyanobacteria]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1953, iss. 2. 654 p. (In Russian)
14. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. *Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR. Diatomovye vodorosli* [Determinant of freshwater algae USSR. Diatom algae]. Moscow, Sovetskaya nauka Publ., 1951, iss. 4. 620 p. (In Russian)
15. Ignatov M.S., Ignatova E.A. *Flora mkhov srednei chasti Evropeiskoi Rossii* [Flora of mosses of the European part of Russia]. Moscow, KMK Publ., 2003, vol. 1, pp. 1–608. (In Russian)
16. Ignatov M.S., Ignatova E.A. *Flora mkhov srednei chasti Evropeiskoi Rossii* [Flora of mosses of the European part of Russia]. Moscow, KMK Publ., 2003, vol. 2, pp. 609–960. (In Russian)
17. AlgaeBase. Available at: <http://www.algaebase.org> (accessed 19.05.2017)



18. Domsch K.H., Gams W., Anderson T.H. Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag, 2007. 672 p.
19. Ramirez C. Manual and atlas of the penicillia. Amsterdam; N. Y., Oxford: Elsevier Biomedical Press, 1982. 874 p.
20. MycoBank Database. Available at: <http://www.mycobank.org> (accessed 12.06.2017).
21. Schmidt V. M. *Statisticheskie metody v sravnitel'noi floristike* [Statistical methods in comparative floristics]. Leningrad, LSU Publ., 1980, 176 p. (In Russian)
22. Mazina S.E., Yuzbekov A.K. Species composition of lampeflora of Vorontsovskaya Cave. *Estestvennyye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. 2015, vol. 87, no. 9, pp. 31–38. (In Russian)
23. Mazina S.E. Lampeflora of Novoafonskaya Cave. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSU]. 2015, vol. 113, no. 9. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/09/pdf/16.pdf> (accessed: 13.06.2017). (In Russian)
24. Abdullin Sh.R., Mirkin B.M. Syntaxonomy of cyanobacteria-algae coenoses of caves of Russia and some neighboring countries. *Rastitel'nost' Rossii* [Plant of Russia]. 2015, no. 27. pp. 3–23. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Светлана Е. Мазина – старший научный сотрудник, химический факультет, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия. E-mail: conophytum@mail.ru

Анна В. Попкова* – аспирант кафедры экологического мониторинга и прогнозирования, экологический факультет Российского университета дружбы народов, Подольское шоссе, 8/5, г. Москва, 115093, Россия. Тел.: +7 (968) 946 09 29; e-mail: popkova_av@mail.ru

Критерии авторства

Светлана Е. Мазина проводила определение видов; анализировала данные, участвовала в написании рукописи и несет ответственность за плагиат. Анна В. Попкова собрала флористический материал, проводила определение видов; проанализировала данные, участвовала в написании рукописи, несет ответственность за английский вариант.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 14.06.2017

Принята в печать 31.07.2017

AUTHORS INFORMATION

Affiliations

Svetlana E. Mazina – senior research fellow, faculty of chemistry, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia. E-mail: conophytum@mail.ru

Anna V. Popkova* – PhD student, Department of Environmental monitoring and forecasting, Ecological Faculty Peoples' Friendship University of Russia, 115093, Moscow, Podolsk highway 8/5. Tel. +7 (968) 946 09 29; e-mail: popkova_av@mail.ru

Attribution criteria

Svetlana E. Mazina carried out the species identification; analyzed data, wrote the manuscript and was responsible for the plagiarism. Anna V. Popkova collected floristic material, carried out the species identification; analyzed data, wrote the manuscript and was responsible for the English version.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 14.06.2017

Accepted for publication 31.07.2017