



DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-275-284

УДК 598.2

Научная статья

Распределение фотосинтезирующих видов в пещерах гротового типа разных регионов

С.Е. Мазина^{1,2}✉, А.В. Попкова²

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 3

²Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

✉ conophytum@mail.ru

Аннотация. В статье обсуждается экологическая значимость сообществ фототрофов входной зоны пещер гротового типа как экотонов и рефугиумов. Рассматривается вопрос интразональности видов в составе таких сообществ и зависимость видового состава от географического положения пещеры. Целью данной работы было выявление сходных пещер различных регионов на основе видового состава сообществ фототрофов на основе собственных данных и данных из источников литературы. Проанализированы списки видов собственных исследований, проведенных по стандартным методикам выявления видового состава альгофлоры и бриофлоры, а также списки видов из источников литературы. На основании таксономического анализа установлены виды, встречающиеся во всех исследованных пещерах: *Chroococcus minutus* и *Chlorella vulgaris*. Таким образом, отчасти подтверждается интразональный характер флоры входных участков пещер-гротов. Выявлено четыре кластера: меловые пещеры Воронежской области; известняковые гроты Украины и Абхазии; кельи Старого Орхья и кельи Бакотского монастыря; пещеры Италии и Венгрии. Установлена зависимость биоразнообразия фототрофов от состава пород, географического положения и генезиса полостей.

Ключевые слова: цианобактерии, водоросли, подземные местообитания, гроты

Введение

Входные участки подземных полостей рассматривают как особые местообитания, переходные между поверхностными и подземными экосистемами, — зоны экотонов [1–3]. Экотоны характеризуются наличием абиотических градиентов, для входных зон пещер основными являются градиенты освещенности, влажности и температуры. При стабилизации параметров микроклимата обнаруживаются флуктуации, значимость которых для видового состава и функционирования сообществ не исследована. Сравнительный анализ сообществ фототрофов входных зон пещер с различной морфологией входов



указывает на влияние на видовой состав и структуру сообществ таких параметров входа, как его размер, наклон и протяженность привходовой зоны [4]. На основании исследования цианобактерий и водорослей сообществ входных зон пещер высказывается предположение об интразональном характере альгофлоры этих участков пещер [5].

Пещеры принято рассматривать как среду с более стабильными, по сравнению с поверхностью, климатическими условиями, а освещенную зону, где, как правило, стабильна температура и повышена влажность, определяют как рефугиум для влаголюбивых и теневыносливых видов, особенно учитывая изолированность входа от действия снежно-ледовых масс в течение всего года или сезонно. В случае входов пещер в виде колодцев, где скапливаются снег и лед, формируется особый микроклимат пещеры, который может значительно отличаться от регионального тренда. Иная ситуация наблюдается при наличии в пещерах искусственного или естественного происхождения входов в виде гротов. Такая ландшафтная форма наиболее благоприятна для поддержания условий оптимальной повышенной влажности и стабильной положительной температуры в течение всего года [4]. В условиях средней полосы и в среднегорье фототрофы не испытывают стресса от замерзания, а в более южных регионах не высыхают в летний период. Если принять за отправную точку утверждение, что сообщества входов пещер имеют в своем составе реликтовые и интразональные виды, то можно предположить, что именно в пещерах гротового типа, как искусственного, так и естественного происхождения, можно обнаружить наивысшее сходство структуры и состава видов в сообществах.

Целью данной работы было выявление сходных пещер различных регионов на основе данных видового состава сообществ фототрофов методом кластерного анализа с применением метрики Евклидова расстояния.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований выбраны пещеры гротового типа различного генезиса и географического положения. Проанализирована таксономическая структура фотосинтезирующих видов освещенных участков ряда пещер. Пещеры Лискинского района Воронежской области искусственного происхождения, вырубленные в меловых отложениях. Пещеры хутора Дивногорье – церковь Сицилийской иконы Божией Матери (Большие Дивы) и пещерный храм Рождества Иоанна Предтечи (Малые Дивы). Пещеры в селе Костомарово: № 3, где расположены храм Спаса Нерукотворного и храм Веры, Надежды, Любви и матери их Софии; № 4, 5 и 6 – пещеры-кельи; № 7 – храм преподобного Серафима Саровского; № 8 – Покаянная. Известняковые подземные кельи скального монастыря «Успение Божьей Матери» расположены в историко-археологическом комплексе «Старый Орхей» (Молдавия). Грот Симона Кананита (заложен в известняках), находится в г. Новый Афон в Республике Абхазия.

Использованы данные исследований 2016–2018 годов.

Идентификацию видов сообществ обрастаний проводили с использованием культуральных и микроскопических методов. Методики описаны в [6].

Систематика мохообразных приведена по [7; 8], цианобактерий и водорослей по [9].

Для анализа сходства сообществ фототрофов различных регионов проведен кластерный анализ с применением метрики Евклидова расстояния на основе значений встречаемости видов. Кроме того, осуществлено сравнение фототрофов исследованных пещер со списками видов фототрофов ряда пещер гротового типа, описанных в литературе [10–12]:

1) пещеры *Венгрии*: Kis Vizes-barlang, Nagy Vizes-barlang, Beremendi-ordoglyuk [10];

2) пещеры *Украины*: гроты Залучанский и Бакотский, товтра «Першак», образованные скоплением крупных обломков известняка; кельи Бакотского скального монастыря, выбитые в известняковой скале [11];

3) пещеры *Италии*: Sybil's Cave и Piscina Mirabilis, вырубленные в вулканическом неаполитанском желтом туфе [12].

Результаты и их обсуждение

Сравнение таксономического состава исследованных полостей выявило преобладание представителей *Bryophyta* в известняковых пещерах и *Chlorophyta* в некоторых меловых (Большие Дивы, пещеры № 3 и 7) (рис. 1). Аналогичное явление неоднократно описано для пещер различных регионов [13–17]. Установленное преобладание цианобактерий в сообществах освещенной зоны связывают с их адаптациями к недостатку освещения [18]. Доминирование зеленых водорослей в меловых пещерах можно объяснить повышенным альбедо субстрата.

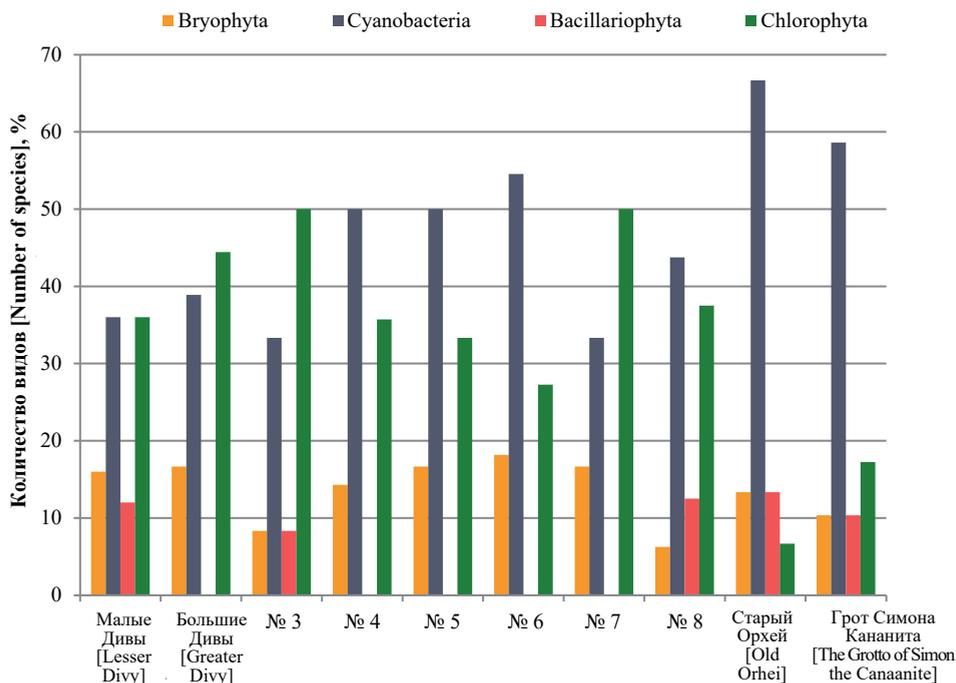


Рис. 1. Сравнение таксономической структуры пещер гротового типа
 [Figure 1. The taxonomic structure comparison of grotto type caves]

Таксономическое распределение видов фототрофов
[Table. Taxonomic distribution of phototrophic species]

Класс [Class]	Порядок [Order]	Семейство [Family]	МД	БД	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	СО	СК
			[MD]	[BD]							[SO]	[SK]
Число видов [Species number]												
BRYOPHYTA												
Bryopsida	<i>Grimmiales</i>	<i>Seligeriaceae</i>	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0
	<i>Bryales</i>	<i>Bartramiaceae</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Hypnales</i>	<i>Brachytheciaceae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	<i>Timmiales</i>	<i>Timmiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Pottiales</i>	<i>Pottiaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CHLOROPHYTA												
Chlorophyceae	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
		<i>Chlorococcaceae</i>	2	1	2	1	1	1	2	2	0	1
		<i>Coccomyxaceae</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Chlorosarcinaceae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
	<i>Sphaeropleales</i>	<i>Mychonastaceae</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Bracteococcaceae</i>	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
<i>Radiococcaceae</i>		1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	
Trebouxiophyceae	<i>Chlorellales</i>	<i>Chlorellaceae</i>	2	2	3	1	1	1	2	2	1	1
	<i>Prasiolales</i>	<i>Prasiolaceae</i>	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0
CYANOBACTERIA												
Cyanophyceae	<i>Chroococcales</i>	<i>Chroococcaceae</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
		<i>Microcystaceae</i>	2	2	2	1	1	1	0	1	1	4
		<i>Aphanothecaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Synechococcales</i>	<i>Pseudanaebanaceae</i>	1	0	1	1	1	1	0	1	2	0
		<i>Merismopediaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
		<i>Leptolyngbyaceae</i>	3	2	2	2	2	2	2	2	0	4
	<i>Nostocales</i>	<i>Nostocaceae</i>	2	2	2	2	1	1	1	2	1	2
		<i>Aphanizomenonaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Oscillatoriales</i>	<i>Coleofasciculaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		<i>Oscillatoriaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		<i>Cyanothecceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BACILLARIOPHYTA												
Bacillariophyceae	<i>Bacillariales</i>	<i>Bacillariaceae</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
	<i>Naviculales</i>	<i>Diadesmidaceae</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
		<i>Naviculaceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	<i>Tabellariales</i>	<i>Tabellariaceae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinodiscophyceae</i>	<i>Melosirales</i>	<i>Melosiraceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
<i>Mediophyceae</i>	<i>Stephanodiscales</i>	<i>Stephanodisceae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Примечание: МД – Малые Дивы; БД – Большие Дивы; СО – кельи Старого Орхея; СК – грот Симона Кананита.

Note: МД – Lesser Divy; БД – Greater Divy; СО – monastic cells of Old Orhei; СК – the grotto of Simon the Canaanite.

Проведено сравнение таксономической структуры видов внутри отделов *Bryophyta*, *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Cyanobacteria* (см. таблицу). В результате сходство на уровне отделов не установлено, но оно проявляется на уровне порядков и семейств. Виды порядков *Chlorellales* (семейство *Chlorellaceae*), *Chroococcales* (семейство *Chroococcaceae*) и *Nostocales* (семейство *Nostocaceae*) встречались во всех исследованных полостях, в то время как представители *Oscillatoriales* только в кельях Старого Орхея и гроте Симона Кананита.

Представители порядка *Synechococcales* различались на региональном уровне: виды семейств *Pseudanabaenaceae* и *Leptolyngbyaceae* отмечены в пещерах Воронежской области и Абхазии, но отсутствуют в кельях Молдавии, а виды семейства *Merismopediaceae* обнаружены в подземных полостях Молдавии и Абхазии, но не обнаружены в пещерах Воронежской области. Представители порядков *Melosirales* (семейство *Melosiraceae*) и *Stephanodisciales* (семейство *Stephanodiscaceae*) выделены из пещер Абхазии и Молдавии, но отсутствуют в Воронежской области.

Во всех исследованных пещерах встречались цианобактерия *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli и зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beyerinck.

В результате сравнения собственных данных и данных литературы [10–12] установлены виды, характерные для нескольких регионов. Цианобактерия *Aphanocapsa muscicola* (Meneghini) Wille обнаружена в гроте Симона Кананита (Абхазия), кельях Старого Орхея (Молдавия), а также гротах Залучанский, Бакотский и товтре «Першак» (Украина). *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrová выявлен в меловых пещерах Воронежской области и гротах Украины. *Chroococcus minutus* (Kützing) Nägeli и *Leptolyngbya foveolaria* (Gomont) Anagnostidis & Komárek встречалась в гротах Воронежской области, Абхазии, Венгрии.

Подобная интразональность характерна для ряда видов пещер, расположенных в разных регионах и на разных континентах: *Chlorella vulgaris* Beyerinck [6; 11; 19; 20], *Scytonema julianum* Meneghini ex B.A. Whitton [4; 14; 21; 22], *Stichococcus bacillaris* Nägeli [10; 11; 20; 23–25], *Fissidens taxifolius* Hedw. [26; 27], *Eucladium verticillatum* [10; 26–28], *Gloeocapsa punctata* Nägeli [10; 11; 20; 29].

Проведен анализ сходства фототрофов по собственным данным (рис. 2). Выделены два кластера: в первый вошли пещеры Воронежской области, а второй объединил кельи Старого Орхея и грот Симона Кананита.

При сравнении флоры исследованных пещер с данными, обнаруженными в литературе, получены следующие результаты. Пещеры были объединены в четыре основных кластера (рис. 3). Первый кластер состоял из пещер Воронежской области; второй кластер включал кельи Старого Орхея и кельи Бакотского монастыря; третий кластер образовали пещеры Италии и Венгрии; в четвертый кластер вошли гроты Украины и Абхазии. Однако, третий кластер можно разделить на два кластера меньшего размера: один содержит пещеры Венгрии, а второй пещеры Италии.

Объединение в общий кластер пещер, заложенных в мелах, заставляет предположить значимость этого фактора для видового состава, однако отсутствие данных по меловым пещерам других регионов не дает возможности проверить данное предположение. Объединение пещер-келей может быть связано с влиянием на состав биоты антропогенной нагрузки.

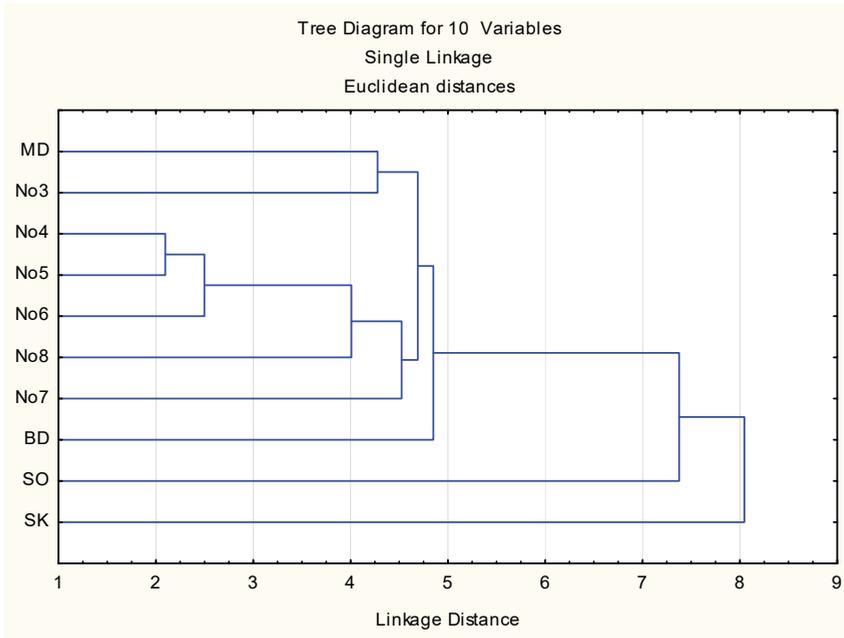


Рис. 2. Кластерный анализ пещер гротового типа на основе состава сообществ фотосинтезирующих организмов:
MD – Малые Дивы; BD – Большие Дивы; SO – кельи Старого Орхея; SK – грот Симона Кананита
[**Figure 2.** Cluster analysis of grotto type caves based on the composition of phototropic communities:
MD – Small Divas; BD – Large Divas; SO – monastic cells of Old Orhei; SK – the grotto of Simon the Canaanite]

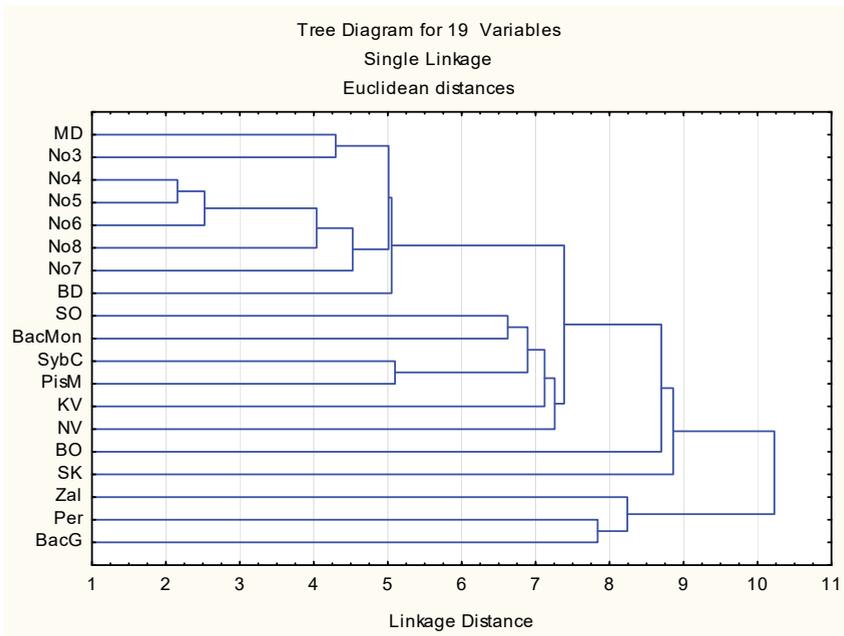


Рис. 3. Кластерный анализ пещер гротового типа на основе состава сообществ фотосинтезирующих организмов:
MD – Малые Дивы; BD – Большие Дивы; SO – кельи Старого Орхея; BacMon – Бакотский монастырь;
SybC – Sybil’s Cave; PisM – Piscina Mirabilis; KV – Kis Vizes-barlang; NV – Nagy Vizes-barlang; BO – Beremendi-ordoglyuk;
SK – грот Симона Кананита; Zal – грот Залучанский; Per – товра «Першак»; BacG – грот Бакотский
[**Figure 3.** Cluster analysis of grotto type caves based on the composition of phototropic communities:
MD – Small Divas; BD – Large Divas; SO – monastic cells of Old Orhei; BacMon – Bakotsky monastery; SybC – Sybil’s Cave;
PisM – Piscina Mirabilis; KV – Kis Vizes-barlang; NV – Nagy Vizes-barlang; BO – Beremendi-ordoglyuk;
SK – the grotto of Simon the Canaanite; Zal – the grotto Zaluchansky; Per – tovtva “Pershak”; BacG – the grotto Bakotsky]

Заключение

Полученные результаты подтверждают зависимость биоразнообразия фототрофов от географической локации, а также от морфологии входной зоны, пород и генезиса полостей. Выявлен географический тренд распределения фотосинтезирующих видов в пещерах гротового типа.

Список литературы / References

- [1] Prous X, Lopes Ferreira R, Jacobi CM. The entrance as a complex ecotone in a Neotropical cave. *International Journal of Speleology*. 2015;44(2):177–189.
- [2] Hills N, Hose GC, Cantlay AJ, Murray BR. Cave invertebrate assemblages differ between native and exotic leaf litter. *Austral Ecology*. 2008;33(3):271–277.
- [3] Novak T, Perc M, Lipovsek S, Janžekovič F. Duality of terrestrial subterranean fauna. *International Journal of Speleology*. 2012;41(2):181–188.
- [4] Kozlova EV, Mazina SE, Pešić V. Biodiversity of phototrophs in illuminated entrance zones of seven caves in Montenegro. *Ecologica Montenegrina*. 2019;20:24–39.
- [5] Абдуллин Ш.Р., Миркин Б.М. Синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и некоторых сопредельных государств // Растительность России. 2015. № 27. С. 3–23.
Abdullin ShR, Mirkin BM. Syntaxonomy of cyanobacterial-algal cenoses of caves in Russia and some neighboring states. *Vegetation of Russia*. 2015;27:3–23. (In Russ.)
- [6] Попкова А, Мазина С. Microbiota of Otap Head Cave. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2019;75(3):71–82.
- [7] Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. Т. 1. М.: КМК, 2003.
Ignatov MS, Ignatova EA. *Flora mkhov srednei chasti Evropeiskoi Rossii [Flora of mosses of the European part of Russia]*. Moscow: KMK Publ.; 2003. (In Russ.)
- [8] Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. Т. 2. М.: КМК, 2004.
Ignatov MS, Ignatova EA. *Flora mkhov srednei chasti Evropeiskoi Rossii [Flora of mosses of the European part of Russia]*. Moscow: KMK Publ.; 2003. (In Russ.)
- [9] Guiry MD, Guiry GM. *AlgaeBase. World-wide electronic publication*. Ireland, Galway: National University; 2020. Available from: <http://www.algaebase.org> (accessed: 20.03.2020).
- [10] Buczkó K, Rajczy M. Contributions to the flora of the Hungarian caves II. Flora of the three caves near Beremend, Hungary. *Studia Botanica Hungarica (Antea: Fragmenta Botanica)*. 1989;21:13–26.
- [11] Виноградова О.Н., Михайлюк Т.И. Альгофлора пещер и гротов национального природного парка «Подольские Товтры» (Украина) // Альгология. 2009. Т. 19. № 2. С. 155–171.
Vinogradova ON, Mikhailyuk TI. Algal flora of caves and grottoes in the national nature park “Podilsky Tovtry” (Ukraine). *Algologia*. 2009;19(2):155–171. (In Russ.)
- [12] Cennamo P, Marzano C, Ciniglia C, Pinto G, Cappelletti P, Caputo P, Pollio A. A survey of the algal flora of anthropogenic caves of Campi Flegrei (Naples, Italy) archaeological district. *Journal of Cave and Karst Studies*. 2012;74(3):243–250.
- [13] Шарипова М.Ю. Водоросли карстовых пещер заповедника Шульган-Таш (Южный Урал, Россия) // Альгология. 2001. Т. 11. С. 441–450.
Sharipova MYu. Algae of karst caves of the Shulgan-Tash nature reserve (South Ural, Russia). *Algologia*. 2001;11:441–450. (In Russ.)

- [14] Lamprinou V, Pantazidou A, Papadogiannaki G, Radea C, Economou-Amilli A. Cyanobacteria in Leontari Cave. *Fottea*. 2009;9(1):155–164.
- [15] Martinez A, Asencio AD. Distribution of Cyanobacteria at the Gelada Cave (Spain) by physical parameters. *Journal of Cave and Karst Studies*. 2010;72(1):11–20.
- [16] Czerwik-Marcinkowska J. Observations on aerophytic cyanobacteria and algae from ten caves in the Ojców national park. *Acta Agrobotanica*. 2013;66(1):39–52.
- [17] Popović S, Simić GS, Stupar M, Unković N, Jovanović J, Grbić ML. Cyanobacteria, algae and microfungi present in biofilm from Božana Cave (Serbia). *International Journal of Speleology*. 2015;44:141–149.
- [18] Macedo MF, Miller AZ, Dionísio A, Saiz-Jimenez C. Biodiversity of cyanobacteria and green algae on monuments in the Mediterranean Basin: an overview. *Microbiology*. 2009;155:3476–3490.
- [19] Selvi B, Altuner Z. Algae of Ballica Cave (Tokat-Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 2007;1(3):99–103.
- [20] Poulickova A, Hasler P. Aerophytic diatoms from caves in central Moravia (Czech Republic). *Preslia*. 2007;79(2):185–204.
- [21] Smith TA, Olson R. Taxonomic Survey of Lamp Flora (Algae and Cyanobacteria) in Electrically Lit Passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky. *International Journal of Speleology*. 2007;36(2):105–114.
- [22] Lamprinou V, Danielidis DB, Pantazidou A, Oikonomou A, Economou-Amilli A. The show cave of Diros vs. wild caves of Peloponnese, Greece – distribution patterns of Cyanobacteria. *International Journal of Speleology*. 2014;43(3):335–342.
- [23] Mulec J, Kosi G, Vrhovšek D. Characterization of cave aerophytic algae communities and effects of irradiance levels on production of pigments. *Journal of Cave and Karst Studies*. 2008;70(1):3–12.
- [24] Mulec J, Vaupotic J, Walochnik J. Prokaryotic and eukaryotic airborne microorganisms as tracers of microclimatic changes in the underground (Postojna Cave, Slovenia). *Environmental Microbiology*. 2012;64:654–667.
- [25] Czerwik-Marcinkowska J, Mrozińska T. Epilithic algae from caves of the Krakowsko-Czestochowska upland (Southern Poland). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2009; 78(4):301–309.
- [26] Mulec J, Kubešová S. Diversity of bryophytes in show caves in Slovenia and relation to light intensities. *Acta Carsologica*. 2010;39(3):587–596.
- [27] Puglisi M, Kürschner H, Privitera M. Phytosociology and life syndromes of bryophyte communities from Sicilian caves, a clear example of relationship between bryophytes and environment. *Plant Sociology*. 2018;55(1):3–20.
- [28] Мазина С.Е., Концевова А.А., Юзбеков А.К. Фотосинтезирующие виды пещеры Новоафонская, развивающиеся в условиях искусственного освещения // Естественные и технические науки. 2015. Т. 88. № 10. С. 162–171.
Mazina SE, Kontsevova AA, Yuzbekov AK. Photosynthetic species of the Novoafonskaya cave developing in the conditions of artificial lighting. *Natural and Technical Sciences*. 2015;88(10):162–171. (In Russ.)
- [29] Pentecost A, Zhaohui Z. The distribution of plants in Scoska Cave, North Yorkshire, and their relationship to light intensity. *International Journal of Speleology*. 2001;30(1):27–37.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 16.05.2020

Дата принятия к печати: 17.06.2020

Для цитирования:

Мазина С.Е., Попкова А.В. Распределение фотосинтезирующих видов в пещерах гротового типа разных регионов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2020. Т. 28. № 3. С. 275–284. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-275-284>

Сведения об авторе:

Мазина Светлана Евгеньевна, старший научный сотрудник химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова; доцент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: conophytum@mail.ru

Попкова Анна Владимировна, ассистент кафедры экологического мониторинга и прогнозирования экологического факультета Российского университета дружбы народов. E-mail: popkova_av@mail.ru

DOI 10.22363/2313-2310-2020-28-3-275-284

Scientific article

Distribution of photosynthetic species in grotto type caves of different regions

Svetlana E. Mazina^{1,2}✉, Anna V. Popkova²

¹*Lomonosov Moscow State University,
1 Leninskiye Gory, bldg 3, Moscow, 119991, Russian Federation*
²*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),
6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation*

✉ conophytum@mail.ru

Abstract. The article discusses the ecological significance of the phototrophic communities developing in entrance zone of grotto type caves as ecotones and refugiums. Species intrazonality and the dependence of cave species' composition on geographic location were considered. The aim of present study was to identify similar caves of different regions based on the species composition of phototrophic communities using own data and data from literature. The empiric basis for investigation was present by phototrophic species lists of own studies conducted by standard methods for phototrophic species identification, as well as species lists from literature. The most frequently encountered phototrophs were species *Chroococcus minutus* and *Chlorella vulgaris*. Their occurrence in all the studied caves was revealed based on the taxonomic analysis. Thus, the intrazonal nature of the flora developed in grotto type caves is partially confirmed. Cluster analysis applying Euclidean distance was used to estimate similarity of the phototrophic communities developed in grotto caves of various genesis. Four clusters were identified: cretaceous caves of the Voronezh region; limestone grottoes of Ukraine and Abkhazia; monastic cells of Moldova and Ukraine; caves of Italy and Hungary. The dependence of the phototrophs biodiversity on the composition of the rocks and the genesis of the cavities was established. The geographical trend of photosynthetic species distribution in the grotto type caves was revealed.

Keywords: cyanobacteria, algae, hypogean habitats, grottoes

Article history:

Received: 16.05.2020

Revised: 17.06.2020

For citation:

Mazina SE, Popkova AV. Distribution of photosynthetic species in grotto type caves of different regions. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2020;28(3):275–284. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.22363/2313-2310-2020-28-3-275-284>

Bio notes:

Svetlana E. Mazina, senior research fellow of the Faculty of Chemistry of the Lomonosov Moscow State University; Associate Professor of the Department of Environmental Monitoring and Forecasting of the Ecological Faculty of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: conophytum@mail.ru

Anna V. Popkova, assistant of the Department of Environmental Monitoring and Forecasting of the Ecological Faculty of the Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). E-mail: popkova_av@mail.ru