

УДК 574.2

UDC 574.2

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

ЛАМПОВАЯ ФЛОРА НОВОАФОНСКОЙ ПЕЩЕРЫ**LAMPENFLORA OF NOVOAFONSKAYA CAVE**Мазина Светлана Евгеньевна
к.б.н

РИНЦ SPIN-код=7332-7021

E-mail: conophytum@mail.ru

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

Mazina Svetlana Evgenievna

Candidate of Biology,

RSCI SPIN-code =7332-7021

E-mail: conophytum@mail.ru

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Новоафонская пещера, расположенная в Абхазии, открыта для постоянных посещений в 1975 году. В пещере положен экскурсионный маршрут и установлено стационарное освещение. Постоянное освещение в экскурсионных пещерах вызывает рост ламповой флоры. В состав ламповой флоры входят папоротники, мхи, цианобактерии и водоросли, изредка встречаются высшие растения. Развитие фототрофов в пещерных экосистемах является серьезной проблемой. Целью работы было установить видовой состав ламповой флоры. В результате исследования обнаружено 69 видов фототрофов: Magnoliophyta 2 вида, Pteridophyta 6 видов, Bryophyta 11 видов, Cyanobacteria 34 вида, Bacillariophyta 9 видов, Ochrophyta 2 вида, Chlorophyta 5 видов. Определены основные местообитания ламповой флоры и даны их характеристики. Выявлено преобладание цианобактерий в составе ламповой флоры

Novoafonskaya cave is located in Abkhazia. It is equipped for visits in 1975. The cave has permanently installed lighting. In caves with artificial lighting, a vegetation of cyanobacteria and algae, bryophytes and ferns can be found around lamps. The development of lampenflora is a typical problem for cave management. We have identified 69 species of phototrophs in Novoafonskaya cave: Magnoliophyta 2 species, Pteridophyta 6 species, Bryophyta 11 species, Cyanobacteria 34 species, Bacillariophyta 9 species, Ochrophyta 2 species, Chlorophyta 5 species. The article considers main habitat of lampenflora and gives their characteristics. We have also revealed predominance of cyanobacteria in the cave

Ключевые слова: ПЕЩЕРА, ЭКОСИСТЕМА,
ЛАМПОВАЯ ФЛОРА, ВИДОВОЕ
РАЗНООБРАЗИЕ, ЭКСКУРСИОННАЯ ПЕЩЕРА

Keywords: CAVE, ECOSYSTEM, LAMP FLORA,
SPECIES DIVERSITY, EXCURSION CAVE

Введение

Особым видом экскурсионных объектов являются оборудованные для посещений пещеры. Подземные полости подвергаются изменениям в связи с прокладкой экскурсионных маршрутов и проведением освещения. К последствиям воздействия на экосистему пещер относится изменение климата полости, биоразнообразия, системы потоков внутри полости, а также между пещерой и поверхностью. Появление света приводит к росту ламповой флоры – сообществ фототрофных организмов, состоящих их мхов, папоротников, водорослей и цианобактерий, которые изучают во многих экскурсионных пещерах по всему миру. Исследования охватывают как видовой состав флоры пещер в целом [1], так и отдельные компоненты

сообществ, например, мохообразные или водоросли [2, 3]. Исследуются адаптации видов к условиям низкого освещения, разрабатываются методы борьбы с ламповой флорой [4].

С 1975 года открыта для посещений Новоафонская пещера, оборудование которой стало одним из грандиозных проектов, реализованных в СССР. В пещеру проложен туннель и проведена линия метро, экскурсионный маршрут имеет протяженность более 1.5 км и пролегает через 8 залов. Оборудование пещеры сопровождалось комплексным изучением полости, что отражено в работах Тинтилозова [5, 6]. Последующая эксплуатация проходила при планомерном мониторинге состояния полости, в том числе изменений микроклимата и подземной биоты. Несмотря на это данные по составу фототрофных организмов, располагающихся в пещере в зонах искусственного освещения, были фрагментарны. Отмечено наличие в пещере водорослей рода *Chlorella*, *Gloeocapsa* и мохообразных *Marchantia polymorpha* L., *Fissidens gracilifolius* Brugg.-Nann. et Nyth. in Nyh. (*F. minutulus*), *Eurhynchium speciosum* (Brid.) Jur, *Bryum* sp. [6].

С 2004 года в пещере начался новый этап исследований ламповой флоры. Проанализирована приуроченность видового состава сообществ обрастаний к определенным типам субстратов [7], проведена апробация известных в мировой практике методов удаления ламповой флоры и выбран оптимальный для пещеры, разработаны способы реабилитации поврежденных фототрофами минеральных образований пещеры [8, 9].

Целью данной работы было выявление видового состава ламповой флоры Новоафонской пещеры.

Объект и методы

Новоафонская пещера располагается в городе Новый Афон на территории Абхазии, естественный вход в пещеру находится на уровне 220 метров над уровнем моря. Полость заложена в нижнемеловых

толстослоистых известняках и представляет собой систему колодцев и шахт, объем благоустроенной части составляет 1.5 млн. м³ [6].

Температура воздуха в различные сезоны, составляла 11-15°C относительная влажность воздуха 96-98%. Температура субстратов была от 9° до 11°C в разных частях пещеры [6]. Участки с ламповой флорой в период исследования освещались галогеновыми лампами и лампами накаливания мощностью до 1 КВ.

Исследование проводили в 2005-2010 годах, отобрано 826 образцов со 115 участков обрастаний. Анализировали все пятна обрастаний, отбор образцов флоры вместе с субстратом проводили с каждого визуально отличимого участка пятна, отмечали площадь вырезанного участка. Обрастания разделяли на фрагменты, которые помещали на предметное стекло в каплю воды или глицерина. При высокой плотности пленки из ее фрагментов готовили суспензию. Оценку обилия видов в пробе проводили с применением окуляр-микрометра или камеры Горяева с учетом сделанных разведений. Обилие видов оценивали по 5-бальной шкале (аналог шкалы Браун-Бланке). При первичных обследованиях большинство образцов просматривали под микроскопом в течение суток. Водоросли и цианобактерии выделяли и культивировали с целью определения или уточнения их таксономической принадлежности на среде Громова №6, и экстракте из субстратов (аналог почвенной вытяжки). Применяли метод стекол обрастаний и культивирование в жидкой среде [10]. Просмотр образцов осуществляли в световом микроскопе Leica DMLS (Германия) и Биолам МБС-9 (Россия), сканирующем микроскопе JSM-25 S.

Обилие макроскопических организмов оценивали по 5-бальной шкале (Браун-Бланке) как соотношение занятой видом площади к площади пятна обрастания. Площади оценивали по фотографиям пятна с применением программы Image-Pro Plus. Представленность видов

оценивали по показателям встречаемости и относительного обилия видов в сообществах обрастаний. Жизненные формы водорослей приведены по [11]. Водоросли идентифицировали с использованием следующих определителей [12, 13, 14, 15, 16]. Для идентификации сосудистых растений использовали определитель Зернова [17], мохообразные определяли с использованием определителей [18, 19]. Названия видов сосудистых растений приводятся по Зернову [17] для мхов - по Игнатову, Афониной [20]. Систематика цианобактерий и водорослей приведена по базе данных *algaebase* [21]. В местах развития сообществ обрастаний отбирали образцы субстратов, определяли влажность субстратов (масса воды/масса абсолютно сухой почвы *100%), рН водной суспензии и количество карбонатов (титриметрическим методом) [22].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Площадь ламповой флоры в пещере в начале исследования составляла 3200 м². Сообщества фототрофов располагались на освещенных участках, которые характеризовались различными условиями, а именно типом субстрата и количеством поступающей влаги. Среди субстратов преобладали известняки (вмещающие породы пещеры) которые могли быть разной структуры – плотные и рыхлые. Площадь известняковых пород составляла 1548,8 м², Вторыми по распространенности были глинистые субстраты (976 м²), которые имели различный генезис. В основном преобладали водные механические отложения, привнесенные с поверхности и различные виды остаточных отложений [23]. Они различались по мощности и химическому составу, варьировало содержание влаги (14.9-66.7), рН субстрата находилась в пределах 7.4-8.6. Часть глинистых отложений представляла собой смесь с известняком, отмечены маломощные глинистые отложения на известняке и кальците толщиной до 1 см.

Следующим по площади зарастаний были кальцитовые натечные образования - 643,2 м². В их состав входили кальцитовые отложения, периодически увлажняемые паводковыми водами, такие как натечные коры, сталактиты, сталагмиты, гуровые ванночки. На кальците отмечены глинистые отложения малой мощности преимущественно приуроченные к неровностям рельефа и трещинам кальцита (рН 7.4-7.5, содержание влаги 23.5-33.%). Известняк, глинистые и кальцитовые отложения увлажнялись конденсационной влагой, паводковыми потоками или фильтрационными водами. Сообщества обрастаний были обнаружены на вторичном минеральном образовании состоящем из микрокристаллических агрегатов лунном молоке [23, 24] где они имели площадь 28,8 м². Лунное молоко в Новоафонской пещере представлено карбонатной формой, глубина слоя отложения достигала 20 мм, рН 7.8-7.9, содержание влаги 127.3 %.

Ряд единичных местообитаний составляли в сумме 3,2 м² – это постоянный водный поток, протекающий по поверхности кальцитовых отложений, и гуровые ванночки со слабым течением, постоянно заполненные водой.

За время исследования в пещере обнаружено 69 видов фотосинтезирующих организмов, *Magnoliophyta* 2 вида (1 класс, 2 порядка, 2 семейства, 2 рода), *Pteridophyta* 6 видов (1 класс, 1 порядок, 3 семейства, 5 родов), *Bryophyta* 11 видов (3 класса, 5 порядков, 8 семейств, 8 родов), *Cyanobacteria* 34 вида (1 класс, 5 порядков, 11 семейств, 21 род), *Bacillariophyta* 9 видов (2 класса, 3 порядка, 6 семейств, 6 родов), *Ochrophyta* 2 вида (1 класс, 1 порядок, 1 семейство, 2 рода), *Chlorophyta* 5 видов (4 класса, 5 порядков, 5 семейств, 5 родов).

Проведена оценка пропорций флоры пещеры. В отделах *Magnoliophyta*, *Ochrophyta* и *Chlorophyta* все семейства представлены одним видом, среднее число видов в семействе было у *Polypodiophyta* – 2, *Bryophyta* – 1.4, *Cyanobacteria* – 2.6, *Bacillariophyta* – 1.5. В составе

ламповой флоры наибольшее число видов относилось к отделу *Cyanoprocarvota* (49% флоры), ведущими семействами по числу видов являлись *Nostocaceae* (6 видов) и *Phormidiaceae* (5 видов). Такое распределение видов отмечено во многих экскурсионных пещерах [25, 26, 27, 28]. Преобладание маловидовых семейств в составе флоры водорослей свидетельствует о неблагоприятных местообитаниях, а низкое число видов, приходящееся в среднем на один род является показателем иммиграции видов [29, 30]. В отделе *Bryophyta* шесть семейств представлены одним видом, семейство *Pottiaceae* 2 видами рода *Tortula*, а семейство *Fissidentaceae* 3 видами рода *Fissidens*. Эти роды выявлены среди флоры ряда пещер, в том числе Кавказа и Крыма [26, 27, 28].

С целью характеристики адаптации водорослей к условиям окружающей среды проведен анализ жизненных форм водорослей и цианобактерий ламповой флоры. Определено число видов и относительное обилие обнаруженных жизненных форм (табл. 1).

Таблица 1. ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОБИЛИЕ И ЧИСЛО ВИДОВ
ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Жизненная форма	С	Ch	CF	P	PF	H	M	B	X	hydr	amp h
Относительное обилие, %	10,40	35,36	21,62	12,33	4,56	2,10	2,22	6,66	0,47	1,87	2,40
Число видов	9	4	7	11	1	2	1	8	1	4	2

Наибольшее число видов принадлежало P-форме, видам ксерофитам, характерным для почвенных местообитаний. Далее шла С-форма, которую составляют требовательные к воде теневыносливые виды. Следующими были представители В-формы, диатомовые водоросли отличающиеся холодостойкостью и чувствительностью к засухе. Азотфиксирующие виды теневыносливой CF-формы, выделенной как часть С-формы, насчитывали 7 видов. По 4 вида было у hydr- формы и Ch-формы. К Ch-форме относятся колониальные водоросли способные разрастаться на поверхности почвы

при достаточной влажности, отличающиеся высокой выносливостью и часто встречаются среди первопоселенцев [11]. Hydr- форма преобладала в водных местообитаниях, гуровых ванночках постоянно заполненных водой. Несмотря на небольшое число видов Ch-форма имела максимальное обилие, далее шли CF-форма, P- и C-формы. То есть в первую очередь теневыносливые виды, в основном нуждающиеся в повышенной влажности.

Выявление доминирующих видов производили на основе показателей встречаемости и относительного обилия, учитывая заростки папоротников и протонему мхов, поскольку они составляли неотъемлемую часть сообществ в течение всего периода исследования (табл. 2).

Таблица 2. ВИДЫ НОВОАФОНСКОЙ ПЕЩЕРЫ

Вид	Встречаемость %	Относительное обилие %
Cyanobacteria		
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	11,30	0,77
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	16,52	0,71
<i>Cyanothece aeruginosa</i> (Nägeli) Komárek	28,70	1,26
<i>Geitlerinema amphibium</i> (C.Agardh ex Gomont) Anagnostidis	4,35	0,37
<i>Gloeocapsa atrata</i> Kützing	6,09	0,37
<i>Gloeocapsa</i> sp.	4,35	0,46
<i>Gloeotheca confluens</i> Nägeli	13,91	0,89
<i>Gloeocapsopsis magma</i> (Brébisson) Komárek & Anagnostidis ex Komárek	6,96	0,31
<i>Gloeotheca rupestris</i> (Lyngbye) Bornet	23,48	1,07
<i>Jaaginema subtilissimum</i> (Kützing ex Forti) Anagnostidis & Komárek	6,09	0,40
<i>Kamptonema formosum</i> (Bory de Saint-Vincent ex Gomont) Strunecký, Komárek & J.Smarda	8,70	0,37
<i>Leptolyngbya angustissima</i> (West & G.S.West) Anagnostidis & Komárek	12,17	0,68
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	27,83	1,60
<i>Microcoleus autumnalis</i> (Gomont) Strunecky, Komárek & J.R.Johansen	28,70	1,29
<i>Microcystis pulverea</i> (H.C.Wood) Forti	3,48	0,25
<i>Nodularia spumigena</i> Mertens ex Bornet & Flahault	1,74	0,21
<i>Nostoc commune</i> Vaucher ex Bornet & Flahault	35,65	2,15
<i>Nostoc microscopicum</i> Carmichael ex Bornet & Flahault	55,65	5,16
<i>Nostoc paludosum</i> Kützing ex Bornet & Flahault	19,13	1,47
<i>Nostoc punctiforme</i> Hariot	20,87	1,53
<i>Oscillatoria limosa</i> var. <i>tenuis</i> Seckt	15,65	0,89
<i>Oscillatoria rupicola</i> (Hansgirg) Hansgirg ex Forti	15,65	0,71
<i>Phormidium aerugineocoeruleum</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	6,09	0,34
<i>Phormidium irriguum</i> (Kützing ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	7,83	0,43
<i>Phormidium lividum</i> (Hansgirg) Forti	9,57	0,34
<i>Phormidium neotenue</i> G.Hällfors	0,87	0,12
<i>Phormidium</i> sp.	0,87	0,06
<i>Pseudanabaena amphigranulata</i> (Goor) Anagnostidis	2,61	0,12
<i>Schizothrix diplosiphon</i> (Woronichin) Anagnostidis	13,04	0,86

<i>Schizothrix vaginata</i> Gomont	12,17	1,17
<i>Scytonema drilosiphon</i> Elenkin & V.Polyanski	22,61	2,39
<i>Stigonema</i> sp.	0,87	0,03
<i>Synechocystis crassa</i> Woronichin	6,96	0,31
<i>Trichormus variabilis</i> (Kützing ex Bornet & Flahault) Komárek & Anagnostidis	13,04	0,80
Bacillariophyta		
<i>Amphora</i> sp.	0,87	0,06
<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent	12,17	0,68
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	10,43	0,74
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	11,30	0,61
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,87	0,09
<i>Navicula</i> sp.	13,04	0,86
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfizer	0,87	0,06
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	5,22	0,37
<i>Pinnularia elegans</i> (W.Smith) K.Krammer	0,87	0,09
Ochrophyta		
<i>Heterothrix bristoliana</i> Pascher	8,70	0,40
<i>Tribonema minus</i> (Wille) Hazen	13,91	0,71
Chlorophyta		
<i>Cladophora conglomerata</i> Pilger	0,87	0,09
<i>Chlamydomonas intermedia</i> Chodat	14,78	0,64
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	88,70	10,37
<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina & Puncochárová	84,35	6,63
<i>Stichococcus minor</i> Nägeli	6,09	0,25
Magnoliophyta		
<i>Erodium</i> sp.	4,35	0,37
<i>Mespilus germanica</i> L.	0,87	0,09
Pteridophyta		
<i>Asplenium ruta-muraria</i> L.	23,48	2,24
<i>Asplenium trichomanes</i> L.	9,57	0,77
<i>Dryopteris filix-mas</i> (L) Schott	10,43	0,89
<i>Phyllitis scolopendrium</i> (L) Newman	26,96	2,98
<i>Polypodium vulgare</i> L. sl.	10,43	0,74
<i>Polystichum lonchitis</i> (L) Roth	7,83	0,71
заростки папоротников	53,91	4,14
Bryophyta		
<i>Conardia compacta</i> (Drumm.) Robins.	4,35	0,37
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	20,00	2,09
<i>Fissidens gracilifolius</i> Brugg.-Nann. et Nyth. in Nyh.	67,83	7,64
<i>Fissidens taxifolium</i> Hedw.	20,87	2,09
<i>Hygroamblystegium humile</i> (P. Brauv.) Vanderpoorten	4,35	0,43
<i>Marchantia polymorpha</i> L.	38,26	3,04
<i>Plagiopus oederianus</i> (Sw.) Crum et Anderson	20,87	2,12
<i>Platydictia jungermanioides</i> (Brid.) Crum	13,04	1,29
<i>Seligeria</i> sp.	9,57	0,80
<i>Tortula muralis</i> Hedw.	3,48	0,37
<i>Tortula protobryoides</i> Zander	34,78	3,19
протонема мхов	97,39	11,14

Наибольшую встречаемость имел вид *Chlorella vulgaris* и протонема мхов, встречаемость выше 50% имели виды *Mychonastes homosphaera*, *Fissidens gracilifolius*, *Nostoc microscopicum* и заростки папоротников

Наибольшее относительное обилие имели протонема мхов, зеленая водоросль *Chl. vulgaris* и мох *F. gracilifolius*.

В группу субдоминантов входили папоротники *Phyllitis scolopendrium*, *Asplenium ruta-muraria*; мохообразные *Tortula protobryoides*, *Plagiopus oederianus*, *Marchantia polymorpha*, *Fissidens bryoides* и *F. Taxifolium*; цианобактерии *Nostoc commune*, а также *Scytonema drilosiphon* – вид, характерный для орошаемых поверхностей. Водорослей среди субдоминантов не обнаружено.

В заключение можно отметить, что в пещере преимущественно развивались водоросли и цианобактерии вневодных местообитаний характеризующихся повышенной влажностью. Отмечено высокое число жизненных форм, характерных для начального этапа развития сообществ в поверхностных экосистемах. Среди ламповой флоры много видов папоротников и мохообразных, некоторые виды водили в доминантную группу. Обнаружено два вида высших растений, но они находились на ювенильной стадии развития. Абсолютное большинство видов в составе ламповой флоры принадлежит цианобактериям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rajczy M. Contributions to the flora of the Hungarian caves I. Flora of the entrances of the caves Lök-volgyi-barlany and Szeleta-barlany. / M. Rajczy, K. Buczko, P. Komaromy // Stud. Bot. Hung, 1986. - № 9. - P. 79-88.
2. Mulec J. Diversity of bryophytes in show caves in Slovenia and relation to light intensities / J. Mulec, S. Kubešova // Acta Carsologica, 2010. – V. 39. - № 3. - P. 587-596.
3. Czerwik-Marcinkowska J. Algae and cyanobacteria in caves of the Polish Jura / J. Czerwik-Marcinkowska, T. Mrozińska, Teresa Mrozińska // Polish Botanical Journal, 2011. – V. 56. - № 2. – P. 203–243.
4. Mulec J. Lampenflora algae and methods of growth control / J. Mulec, G. Kosi // Journal of Cave and Karst Studies, 2009. – V. 71. - № 2. - P. 109-115.
5. Тинтилозов З.К. Анакопийская пропасть (опыт комплексной спелеологической характеристики). / З.К. Тинтилозов // Изд-во «Мецниереба», Тбилиси, 1968. - 72 с.
6. Тинтилозов З.К. Новоафонская пещерная система. / З.К. Тинтилозов // Тбилиси. 1983. - 140с.
7. Мазина С.Е. Сообщества фототрофных организмов пещеры Новоафонская, развивающиеся в условиях искусственного освещения / С.Е. Мазина // Влияние

техногенных факторов на экологию: научная монография под ред. Д.В. Елисеева. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. - С. 137-160.

8. Мазина С.Е. Разработка метода реабилитации антропогенно-трансформированных подземных экосистем на примере Новоафонской пещеры. / С.Е. Мазина, А.В. Северин // Экологическая химия, 2007. – Т. 16. - № 3. – С. 175–181.

9. Мазина С.Е., Северин А.В., Божевольнов В.Е. Повышение эффективности экологически безопасных методов удаления фотосинтезирующих организмов в экскурсионных пещерах / С.Е. Мазина, А.В. Северин, В.Е. Божевольнов // Проблемы региональной экологии, 2009. - № 4.- С. 70-75.

10. Практикум по микробиологии. Под ред. Нетрусова А. И. 2005. - 602 с.

11. Алексахина Т.И. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. / Т.И. Алексахина, Э.А. Штина // М.: Наука, 1984. – 152 с.

12. Забелина М.М., Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып 4. Диатомовые водоросли. / М.М. Забелина, И.А. Киселев, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова // М., 1951. - 620 с.

13. Голлербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 2. Синезеленые водоросли. / М.М. Голлербах, Е.К. Косинская, В.И. Полянский // М., 1953. - 652 с.

14. Мошкова Н.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. Chlorophyta: Ulotrichophyceae, Ulotrichales. / Н.А. Мошкова, М.М. Голлербах // Л., 1986. - 360 с.

15. Дедусенко-Щеголева Н.Т. Желтозеленые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. / Н.Т. Дедусенко-Щеголева, М.М. Голлербах // М.; Л.: Изд-во АН СССР, Вып. 5. - 1962. - 272 с.

16. Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). / Андреева В.М. // СПб.: Наука, 1998. - 351 с.

17. Зернов А.С. Определитель сосудистых растений севера Российского Причерноморья. / А.С. Зернов // Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2002. - 283 с.

18. Савич Л.И. Определитель печеночных мхов Севера европейской части СССР / Л.И. Савич, К.И. Ладыженская // М. Л., 1936. - 310 с.

19. Игнатов М.С. Флора мхов средней части Европейской России. / М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова // Т. 1-2. М.:КМК. 1 (2003): 1-608 с.; 2 (2004): 609-960 с.

20. Игнатов М.С. Arctoa. / М. С. Игнатов, О. М. Афолина // 1992. - Т. 1. - №1-2. - С. 1-85.

21. <http://www.algaebase.org>

22. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 488 с.

23. Дублянский В.Н. Терминология спелеологии. / В.Н. Дублянский, В.Н. Андрейчук // Екатеринбург: УрО АН СССР, 1991. - 202 с.

24. Мазина С.Е. Лунное молоко / С.Е. Мазина, А.И. Прохоренко, Е.С. Тюрина // Минералогия техногенеза-2010 под ред. С.С. Потапова. Миасс: ИМин УрО РАН, 2010. – С. 93-108.

25. Smith T. A taxonomic survey of lamp flora (algae and cyanobacteria) in electrically lit passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky / T. Smith , R. Olson // International Journal of Speleology, 2007. - V. 36. - № 2. - P. 105–114.

26. Мазина С.Е. Сообщества фотосинтезирующих организмов, развивающихся в условиях искусственного освещения на оборудованном участке пещеры Мраморная / С.Е. Мазина // Спелеология и карстология, 2009. - № 2. С. 92-99.

27. Мазина С.Е. Сообщества фотосинтезирующих организмов экскурсионной пещеры Ахштырская / С.Е. Мазина, В.Н. Максимов // Вестник Московского университета. Сер. 16, Биология, 2011. - № 1. - С. 41-46.
28. Мазина С.Е. Видовой состав амповой флоры пещеры Воронцовская /С.Е. Мазина, А.К Юзбеков // Естественные и технические науки, 2015. - Т.87. - № 9. - С. 31-38.
29. Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. / М.В. Гецен // Л.: Наука, 1985. - 163 с.
30. Толмачев А.И. Введение в географию растений. / А.И. Толмачев // Л.: изд-во ЛГУ, 1974. – 244 с.

References

1. Rajczy M. Contributions to the flora of the Hungarian caves I. Flora of the entrances of the caves Lök-volgyi-barlany and Szeleta-barlany. / M. Rajczy, K. Buczko, P. Komaromy // Stud. Bot. Hung, 1986. - № 9. - P. 79-88.
2. Mulec J. Diversity of bryophytes in show caves in Slovenia and relation to light intensities / J. Mulec, S. Kubešova // Acta Carsologica, 2010. – V. 39. - № 3. - P. 587-596.
3. Czerwik-Marcinkowska J. Algae and cyanobacteria in caves of the Polish Jura / J. Czerwik-Marcinkowska, T. Mrozińska, Teresa Mrozińska // Polish Botanical Journal, 2011. – V. 56. - № 2. – P. 203–243.
4. Mulec J. Lampenflora algae and methods of growth control / J. Mulec, G. Kosi // Journal of Cave and Karst Studies, 2009. – V. 71. - № 2. - P. 109-115.
5. Tintilozov Z.K. Anakopijskaja propast' (opyt kompleksnoj speleologicheskoy charakteristiki). / Z.K. Tintilozov // Izd-vo «Mecniereba», Tbilisi, 1968. - 72 s.
6. Tintilozov Z.K. Novoafonskaja peshhernaja sistema. / Z.K. Tintilozov // Tbilisi. 1983. - 140s.
7. Mazina S.E. Soobshhestva fototrofnyh organizmov peshhery Novoafonskaja, razvivajushhiesja v uslovijah iskusstvennogo osveshhenija / S.E. Mazina // Vlijanie tehnogennyh faktorov na jekologiju: nauchnaja monografija pod red. D.V. Eliseeva. Novosibirsk: Izd. «SibAK», 2014. - S. 137-160.
8. Mazina S.E. Razrabotka metoda rehabilitacii antropogenno-transformirovannyh podzemnyh jekosistem na primere Novoafonskoj peshhery. / S.E. Mazina, A.V. Severin // Jekologicheskaja himija, 2007. – Т. 16. - № 3. – S. 175–181.
9. Mazina S.E., Severin A.V., Bozhevol'nov V.E. Povyshenie jeffektivnosti jekologicheski bezopasnyh metodov udalenija fotosintezirujushhih organizmov v jekskursionnyh peshherah / S.E. Mazina, A.V. Severin, V.E. Bozhevol'nov // Problemy regional'noj jekologii, 2009. - № 4.- S. 70-75.
10. Praktikum po mikrobiologii. Pod red. Netrusova A. I. 2005. - 602 s.
11. Aleksahina T.I. Pochvennye vodorosli lesnyh biogeocenzov. / T.I. Aleksahina, Je.A. Shtina // M.: Nauka, 1984. – 152 s.
12. Zabelina M.M., Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Vyp 4. Diatomovye vodorosli. / M.M. Zabelina, I.A. Kiselev, A.I. Proshkina-Lavrenko, V.S. Sheshukova // M., 1951. - 620 s.
13. Gollerbah M.M. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Vyp. 2. Sinezelenye vodorosli. / M.M. Gollerbah, E.K. Kosinskaja, V.I. Poljanskij // M., 1953. - 652 s.
14. Moshkova N.A. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Vyp. 10 (1). Zelenye vodorosli. Klass Ulotriksovyje. Chlorophyta: Ulotrichophyceae, Ulotrichales. / N.A. Moshkova, M.M. Gollerbah // L., 1986. - 360 s.

15. Dedusenko-Shhegoleva N.T. Zheltozelenye vodorosli. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. / N.T. Dedusenko-Shhegoleva, M.M. Gollerbah // M.; L.: Izd-vo AN SSSR, Vyp. 5. - 1962. - 272 s.
16. Andreeva V.M. Pochvennye i ajerofil'nye zelenye vodorosli (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). / Andreeva V.M. // SPb.: Nauka, 1998. - 351 s.
17. Zernov A.S. Opredelitel' sosudistyh rastenij severa Rossijskogo Prichernomor'ja. / A.S. Zernov // Moskva: Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2002. - 283 s.
18. Savich L.I. Opredelitel' pechenochnyh mhov Severa evropejskoj chasti SSSR / L.I. Savich, K.I. Ladyzhenskaja // M. L., 1936. - 310 s.
19. Ignatov M.S. Flora mhov srednej chasti Evropejskoj Rossii. / M.S. Ignatov, E.A. Ignatova // T. 1-2. M.:KMK. 1 (2003): 1-608 c.; 2 (2004): 609-960 c.
20. Ignatov M.S. Arctoa. / M. S. Ignatov, O. M. Afonina // 1992. - T. 1. - №1-2. - S. 1-85.
21. <http://www.algaebase.org>
22. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv. M.: Izd-vo MGU, 1970. 488 s.
23. Dubljanskij V.N. Terminologija speleologii. / V.N. Dubljanskij, V.N. Andrejchuk // Ekaterinburg: UrO AN SSSR, 1991. - 202 s.
24. Mazina S.E. Lunnoe moloko / S.E. Mazina, A.I. Prohorenko, E.S. Tjurina // Mineralogija tehnogeneza-2010 pod red. S.S. Potapova. Miass: IMin UrO RAN, 2010. – S. 93-108.
25. Smith T. A taxonomic survey of lamp flora (algae and cyanobacteria) in electrically lit passages within Mammoth Cave National Park, Kentucky / T. Smith , R. Olson // International Journal of Speleology, 2007. - V. 36. - № 2. - P. 105–114.
26. Mazina S.E. Soobshhestva fotosintezirujushhih organizmov, razvivajushhihsja v uslovijah iskusstvennogo osveshhenija na oborudovannom uchastke peshhery Mramornaja / S.E. Mazina // Speleologija i karstologija, 2009. - № 2. S. 92-99.
27. Mazina S.E. Soobshhestva fotosintezirujushhih organizmov jekskursionnoj peshhery Ahshtyrskaja / S.E. Mazina, V.N. Maksimov // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 16, Biologija, 2011. - № 1. - S. 41-46.
28. Mazina S.E. Vidovoj sostav ampovoj flory peshhery Voroncovskaja /S.E. Mazina, A.K Juzbekov // Estestvennye i tehnicheckie nauki, 2015. - T.87. - № 9. - S. 31-38.
29. Gecen M.V. Vodorosli v jekosistemah Krajnego Severa. / M.V. Gecen // L.: Nauka, 1985. - 163 s.
30. Tolmachev A.I. Vvedenie v geografiju rastenij. / A.I. Tolmachev // L.: izd-vo LGU, 1974. – 244 s.