УДК 631.466.1 574.32
DOI 10.26897/0021-342X-2018-3-46-60
Известия ТСХА, выпуск 3, 2018

МИКРОМИЦЕТЫ ПОРОД И ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЩЕРЫ КИНДЕРЛИНСКАЯ И ПОЧВ В РАЙОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПЕЩЕРЫ

С.Е. МАЗИНА[1,2], А.А. КОНЦЕВОВА[3], Р.Т. МАННАПОВА[3]

([1] МГУ имени М.В. Ломоносова; [2] Российский университет дружбы народов;
[3] РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Изучен состав микромицетов пород и отложений пещеры Киндерлинская, которая расположена в Республике Башкоркостан. Пещера представляет собой многоярусную систему ходов и галерей и имеет протяженность 7900 метров. Температура воздуха в пещере находится в диапазоне 4-8ºС, а влажность 60-100%. Исследование проводилось в период с 2011 по 2014 годы. Всего в исследование включено 50 участков в пещере и 80 образцов почв с поверхности. Отбор образцов проходил в различные сезоны в пещере, на поверхности непосредственно над пещерой и в зоне водозабора полости. Для выявления видового состава микромицетов использован набор стандартных сред и вытяжки из субстратов пещеры. Культивирование микромицетов проводили в широком диапазоне температур с целью выделения наибольшего количества видов. Часть посевов проводили непосредственно в пещере. В результате определено 109 видов микромицетов. Все виды грибов, обнаруженные в почве на поверхности, были найдены и в пещере. В процессе исследования отмечено увеличение численности видов в пробах, что может быть связано с антропогенным воздействием. Выявлено, что зачатки микромицетов поступают с поверхности в пещеру с водными потоками. Видовое богатство грибов наибольшее на участках богатых органическим веществом, в том числе антропогенного происхождения. Проведенные очистные работы не способствовали снижению видового разнообразия микромицетов в пещере. Виды с высокой встречаемостью в пещере, и в почвах на поверхности над пещерой и в зоне водозабора не совпадали.

Ключевые слова: *микроскопические грибы, карстовые пещеры, грибы пещер, биоразнообразие, минеральные отложения, почвенные микромицеты, анаморфные грибы.*

Введение

Микробиота подземных карстовых экосистем и особенно их микобиота, остаются слабо изученными [42]. Развитие микромицетов внутри карстовых полостей обусловлено наличием органических веществ, служащих субстратами для их роста. В литературе рассматриваются основные способы заноса в пещеру органических веществ: с водными и воздушными потоками, или с потоками твердых частиц (осыпи, обвалы), с животными и антропогенный путь [15, 26, 27, 28, 42].

При анализе внесения органических веществ в пещеру с поверхности можно говорить о неоднородности распределения запасов питательных веществ во времени и пространстве внутри полости. Приток вносимых в пещеру органических вещества непостоянен, а его распределение дискретно, что в свою очередь определяет дис-

кретное расположение микромицетов в полости [24]. Высказывается мнение об олиготрофности пещерных местообитаний [16, 36], однако, в случае обитания в пещере рукокрылых при накоплении гуано или в условиях эндогенных потоков углерода и деятельности хемолитоавтотрофных микроорганизмов наблюдается значительная продукция органического вещества [22, 31]. В итоге активно развиваются микромицеты и отмечается зависимость между наличием хемолитоавтотрофных или хемогетеротрофных бактерий и многими разновидностями грибов [17, 25]. На примере пещер Словакии показано, что в гуано большее видовое разнообразие грибов по сравнению с другими субстратами пещер [32] и выше их биомасса [41]. Высказывается мнение, что гуано является доминирующим фактором, в определении состава микофлоры пещеры [29]. Есть данные, что органическое вещество поверхностных почв вносит значительный вклад в биомассу пещерной фауны [35].

Грунты пещер могут значительно отличаться от почв на поверхности. Породы, в которых заложена полость, различные отложения и минералы, составляют спектр субстратов, потенциально пригодных для заселения грибами. В некоторых исследованиях делаются попытки характеризовать разнообразие пещерных пород и отложений как потенциальных местообитаний пещерной биоты, микромицетов [42], и ламповой флоры – сообществ фототрофов расположенных под лампами в экскурсионных пещерах [4]. Отмечена роль микромицетов в формировании вторичных минеральных отложений [12, 14].

Проблемой при анализе видового состава микромицетов пещер является выявление заносных видов, привнесенных в полость с поверхности и хранящихся в ней, и видов, способных развиваться в условиях пещер. Сложности возникают также при оценке объема поступающих с поверхности зачатков микроорганизмов и длительности их нахождения в пещере [42].

В последние годы проводятся сравнительные исследования между составом видов, выявляемых в пещере и на поверхности [10, 33]. Такой анализ дает возможность делать предположения о составе типично пещерных видов и проводить оценку антропогенной нагрузки за счет сравнения и динамики видового состава в полости и на поверхности.

Целью данной работы был сравнительный анализ видового состава микромицетов грунтов пещеры Киндерлинская и почв на поверхности в зоне заложения и водосбора пещеры.

Объекты и методика исследований

Исследование проводили в пещере Киндерлинская (имени 30-летия Победы), которая находится в Гафурийском районе Республики Башкортостан, в 5 км к востоку от деревни Таш-Асты, в пределах передовых низкогорных хребтов Южного Урала. Пещера заложена в серых и темно-серых, прослоями - битуминозных, известняках верхнего девона и располагается на восточном крыле Ташастинской синклинали Ашинско-Алимбетовской структуры Западно-Уральской внешней зоны складчатости.

Пещера представляет собой многоярусную систему ходов и галерей северо-северо-восточного и северо-западного-западного простирания. Пещера богата натечными образованиями. В привходовой части имеется ледник площадью 720 м^2 и мощностью до 8 м.

Исследование пещеры началось в 1974 г. На сегодняшний день известная длина ходов 7900 м, амплитуда 215 м, площадь пола 39400 м^2, объем 229900 м^3, средняя ширина ходов 5,4 м, средняя высота – 7,1 м. Вход в пещеру располагается в средней части правого склона долины р. Киндерля, правого притока р. Зилим, в основании

скального обнажения, на высоте 94 м над уровнем р. Зилим. Температура воздуха в пещере 4–8ºС, влажность 60–100%, кислотность субстратов пещеры находилась в диапазоне 7,8–8,2 [7].

Проводился анализ различных субстратов пещеры, были отобраны образцы вторичных минеральных отложений, глинистые отложения, субстраты с остатками органического вещества, вмещающие породы, а также почвы на поверхности над зоной расположения пещеры, и в зоне потенциального водозабора. Участки отбора проб в пещере показаны на рисунке 1.

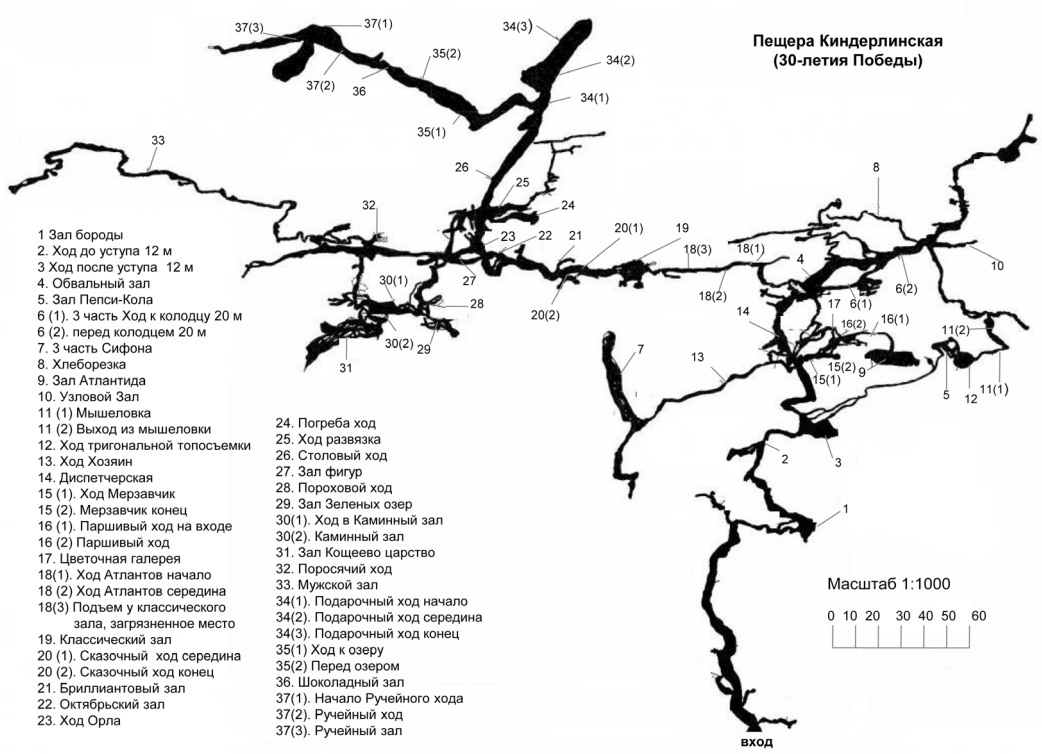

Рис. 1. Точки отбора проб Пещеры Киндерлинская (30-летия Победы)

Первый отбор образцов для исследования проводили в феврале 2011 г. (за исключением Подарочного хода, Хлеборезки и зала Атлантида), далее отборы проводили в феврале 2012 г., в феврале, апреле, июне и сентябре 2013 г., а также в январе 2014 г. В исследование не включены привходовые части пещеры, которые подвержены интенсивному воздействию поверхностных факторов и поэтому не отражают состояние пещеры. Все изученные местообитания находились вдали от основных водных потоков, в зоне стабильных температур пещеры. Образцы почв отбирали в течение 2013 года, причем в феврале отобраны образцы только в зоне у входа пещеры и в прибрежной зоне реки Зилим.

Выделяли несколько типов местообитаний, в которых различались способы отбора и анализа образцов. С поверхности пород и натечных образований делали отпечатки на среду культивирования, а также отбирали сколы породы. Глинистые отложения с низким содержанием органического вещества и глинистые отложения, загрязненные органическим веществом антропогенной природы отбирали

с глубины 0–10 см, в последнем случае отбор образцов производился на расстоянии 0,2–0,5 метра от визуальных разрастаний микромицетов и дополнительно были проведены посевы микромицетов со всех визуально видимых разрастаний непосредственно в пещере (использована среда Чапека с концентрацией сахарозы 3%). Отбор проб в пещере проводили в стерильные герметичные емкости, которые хранили в темноте при температуре пещеры [5]. На каждой точке в пещере отбирали от 3 до 20 образцов с одного типа грунта, из которых в условиях лаборатории готовили смешанный образец. Исключение составлял отбор 2011 г., когда смешанный образец грунтов готовили непосредственно в пещере, и хранили образцы в течение 3-х дней при комнатной температуре. Всего в исследование включено 50 участков в пещере (исследовано более 500 образцов) и 80 образцов почв с поверхности.

Образцы глинистых отложений, отобранных на полу полости на участках вблизи визуальных разрастаний микромицетов и почвенные пробы анализировали методом почвенных разведений З. Ваксмана в модификации Д. Г. Звягинцева с высевом и учетом на твердых агаризованных питательных средах и выделением в чистые культуры [8]. Почвы обрабатывали стандартным методом посева аликвот из серийных разведений суспензии на поверхность питательного агара [1]. Использовали стандартные агаризованные среды – Чапека и Чапека-Докса (концентрация сахарозы 0,3%), картофельно-глюкозный агар, почвенную вытяжку (или вытяжку из грунтов) и голодный агар [9].

Образцы остальных рыхлых грунтов для посевов использовали в первом разведении, кроме того для выделения микромицетов применяли метод обрастаний. Отобранные в пещере образцы пород в лабораторных условиях помещали в стерильный изотонический раствор NaCl и обрабатывали ультразвуком, после чего проводили посев на селективные среды [9].

Культивирование микромицетов осуществляли при температуре 4, 12 и 24ºС, учет выросших колоний и выделение чистых культур проводили каждую неделю, при низкой температуре время культивирования составляло не менее 4 недель (максимум 12 недель).

Идентификацию почвенных грибов проводили с использованием следующих определителей [13, 18, 19, 20, 21, 34, 37, 39, 40]. Названия видов приведены по базе данных http://www.mycobank.org.

Просмотр образцов осуществляли в световом микроскопе Leica DMLS (Германия) и Биолам МБС-9 (Россия). Оценивали встречаемость и относительную встречаемость видов, проводили корреляционный анализ, используя коэффициент линейной корреляции, связи между признаками оценивали по шкале Чеддока, вычисляли средние значения и стандартное отклонение. Статистическую обработку осуществляли с помощью программ XL и Statistica 2009.

Результаты и их обсуждение

В результате анализа грунтов пещеры Киндерлинская выявлено 109 видов микроскопических грибов из 40 родов и 16 стерильных форм (табл. 1). Из них к отделу *Zygomycota* относилось 10 видов из 5 родов, 4 семейств, 2 порядков, которые составляли 9% всего видового разнообразия пещеры. К отделу *Ascomycota* относился 101 вид из 35 родов, что составляло 91% от общего числа видов.

Таблица 1

Виды микромицетов, обнаруженные в пещере Киндерлинская и в почвах на поверхности

Вид	Встречаемость, %		Относительная встречаемость, %	
	Пещера	Почва	Пещера	Почва
Zygomycota				
Absidia sp.	4,00	0,00	0,29	0,00
Absidia cylindrospora Hagem	18,00	68,75	1,32	4,96
Mortierella alpina Peyronel	44,00	42,50	3,23	3,07
Mortierella hyalina (Harz) W. Gams	14,00	5,00	1,03	0,36
Mucor circinelloides Tiegh.	8,00	5,00	0,59	0,36
Mucor hiemalis Wehmer	54,00	10,00	3,96	0,72
Mucor rouxii (Calmette) Wehmer	4,00	5,00	0,29	0,36
Rhizopus arrhizus A. Fisch.	6,00	5,00	0,44	0,36
Rhyzopus stolonifer (Ehrenb.) Vuill.	4,00	10,00	0,29	0,72
Thamnidium sp.	10,00	2,50	0,73	0,18
Ascomycota				
Acremonium sp.	8,00	0,00	0,59	0,00
Acremonium charticola (Lindau) W. Gams	4,00	0,00	0,29	0,00
Acremonium furcatum (Moreau & V. Moreau) ex W. Gams	12,00	10,00	0,88	0,72
Alternaria alternata (Fr.) Keissl	56,00	15,00	4,11	1,08
Aspergillus aureolatus Munt.-Cvetk. & Bata	14,00	5,00	1,03	0,36
Aspergillus flavipes (Bainier et R. Sartory) Thom et Church	14,00	0,00	1,03	0,00
Aspergillus flavus Link	22,00	2,50	1,62	0,18
Aspergillus flavus var. oryzae (Ahlb.) Kurtzman	4,00	0,00	0,29	0,00
Aspergillus fumigatus Fresen	30,00	18,75	2,20	1,35
Aspergillus herbariorum (F.H. Wigg.) E. Fisch.	8,00	0,00	0,59	0,00
Aspergillus kanagawaensis Nehira	18,00	5,00	1,32	0,36
Aspergillus nidulans (Eidam) G. Winter	4,00	0,00	0,29	0,00
Aspergillus niger Tiegh.	12,00	1,25	0,88	0,09
Aspergillus ochraceus G. Wilh.	6,00	0,00	0,44	0,00
Aspergillus sp.	4,00	0,00	0,29	0,00
Aspergillus restrictus G. Sm.	12,00	3,75	0,88	0,27
Aspergillus sydowii (Bainier et Sartory) Thom et Church	12,00	1,25	0,88	0,09
Aspergillus terreus Thom	4,00	0,00	0,29	0,00
Aspergillus ustus (Bainier) Thom & Church	2,00	20,00	0,15	1,44
Aspergillus versicolor (Vuill.) Tirab.	20,00	12,50	1,47	0,90
Aspergillus wentii Wehmer	4,00	22,50	0,29	1,62
Aureobasidium pullulans (de Bary) G. Arnaud	16,00	6,25	1,17	0,45
Botrytis sp.	2,00	0,00	0,15	0,00
Botrytis cinerea Pers.	8,00	37,50	0,59	2,71
Cephalotrichum stemonitis (Pers.) Nees	8,00	12,50	0,59	0,90
Chaetomium globosum Kunze ex Fr.	12,00	38,75	0,88	2,80
Chaetomium cochliodes Palliser	2,00	18,75	0,15	1,35
Chaetomium sp1.	4,00	2,50	0,29	0,18
Chaetomium sp2.	4,00	2,50	0,29	0,18
Chrysosporium sp.	2,00	0,00	0,15	0,00

Продолжение таблицы 1

Вид	Встречаемость, %		Относительная встречаемость, %	
	Пещера	Почва	Пещера	Почва
Cladosporium cladosporioides (Fresenius) G.A. de Vries	20,00	8,75	1,47	0,63
Cladosporium herbarum (Persoon) Link	14,00	2,50	1,03	0,18
Cladosporium sphaerospermum Penz.	24,00	6,25	1,76	0,45
Clonostachys rosea (Link) Schroers, Samuels, Seifert & W. Gams	16,00	63,75	1,17	4,60
Cosmospora butyric (J.F.H. Beyma) Gräfenhan	2,00	2,50	0,15	0,18
Exophiala sp.	18,00	7,50	1,32	0,54
Fusarium sp.	6,00	0,00	0,44	0,00
Fusarium oxysporum Schltdl.	16,00	25,00	1,17	1,80
Fusarium sambucinum Fuckel	12,00	18,75	0,88	1,35
Fusarium solani (Mart.) Sacc.	12,00	33,75	0,88	2,43
Fusarium sporotrichioides Sherb.	14,00	8,75	1,03	0,63
Geomyces pannorum (Link) Sigler et J.W. Carmichael	30,00	18,75	2,20	1,35
Geotrichum sp.	4,00	0,00	0,29	0,00
Gliocephalotrichum simplex (J.A. Mey.) B.J. Wiley & E.G. Simmons	10,00	0,00	0,73	0,00
Gliocladium sp.	2,00	0,00	0,15	0,00
Gliomastix murorum (Corda) S. Hughes	8,00	62,50	0,59	4,51
Humicola grisea Traaen	8,00	12,50	0,59	0,90
Humicola sp.	6,00	0,00	0,44	0,00
Monodictys nigrosperma (Schwein.) W. Gams	10,00	2,50	0,73	0,18
Neurospora sitophila Shear & BO Dodge	12,00	8,75	0,88	0,63
Oidiodendron cereale (Thum.) G.L. Barron	6,00	0,00	0,44	0,00
Oidiodendron tenuissimum (Peck) S. Hughes	10,00	2,50	0,73	0,18
Oidiodendron truncatum G.L. Barron	10,00	6,25	0,73	0,45
Paecilomyces carneus (Duché et R. Heim) A.H.S. Br. et G.Sm.	10,00	72,50	0,73	5,23
Paecilomyces variotii Bainier	2,00	0,00	0,15	0,00
Paraphoma chrysanthemicola (Hollós) Gruyter	4,00	0,00	0,29	0,00
Penicillium albidum Sopp	8,00	0,00	0,59	0,00
Penicillium aurantiogriseum Dierckx	36,00	75,00	2,64	5,41
Penicillium brevicompactum Dierckx	16,00	63,75	1,17	4,60
Penicillium canescens Sopp	8,00	33,75	0,59	2,43
Penicillium chrysogenum Thom	70,00	12,50	5,14	0,90
Penicillium citreonigrum Dierckx	8,00	61,25	0,59	4,42
Penicillium citrinum Thom	10,00	6,25	0,73	0,45
Penicillium crustosum Thom	16,00	2,50	1,17	0,18
Penicillium decumbens Thom	8,00	0,00	0,59	0,00
Penicillium echinulatum Fassat.	8,00	0,00	0,59	0,00
Penicillium expansum Link	4,00	0,00	0,29	0,00
Penicillium glandicola (Oudem.) Thom	12,00	2,50	0,88	0,18
Penicillium griseolum G. Sm.	4,00	0,00	0,29	0,00
Penicillium janczewskii K.M. Zalessky	16,00	58,75	1,17	4,24
Penicillium lanosum Westling	6,00	0,00	0,44	0,00
Penicillium ochrochloron Biourge	14,00	67,50	1,03	4,87
Penicillium simplicissimum (Oudem.) Thom	24,00	11,25	1,76	0,81

Продолжение таблицы 1

Вид	Встречаемость, %		Относительная встречаемость, %	
	Пещера	Почва	Пещера	Почва
Penicillium spinulosum Thom	14,00	7,50	1,03	0,54
Penicillium thomii Maire	12,00	10,00	0,88	0,72
Penicillium velutinum J.F.H. Beyma	8,00	0,00	0,59	0,00
Penicillium waksmanii K.M. Zaleski	8,00	3,75	0,59	0,27
Phialophora sp.	2,00	0,00	0,15	0,00
Phialophora verrucosa Medlar	12,00	2,50	0,88	0,18
Phoma putaminum Speg.	14,00	16,25	1,03	1,17
Purpureocillium lilacinum (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson	20,00	76,25	1,47	5,50
Sarocladium strictum (W. Gams) Summerbell	12,00	2,50	0,88	0,18
Scopulariopsis sp.	8,00	0,00	0,59	0,00
Penicillium sp.	8,00	0,00	0,59	0,00
Talaromyces diversus (Raper & Fennell) Samson	12,00	2,50	0,88	0,18
Talaromyces flavus (Klöcker) Stolk & Samson	4,00	0,00	0,29	0,00
Talaromyces luteus (Zukal) C.R. Benj.	4,00	0,00	0,29	0,00
Talaromyces purpurogenus (Stoll) Samson	30,00	6,25	2,20	0,45
Talaromyces rugulosus (Thom) Samson	4,00	7,50	0,29	0,54
Talaromyces variabilis (Sopp) Samson, Yilmaz, Frisvad et Seifert	10,00	2,50	0,73	0,18
Torula sp.	6,00	0,00	0,44	0,00
Trichoderma hamatum (Bonord.) Bainier	14,00	45,00	1,03	3,25
Trichoderma harzianum Rifai	48,00	17,50	3,52	1,26
Trichoderma koningii Oudem.	6,00	18,75	0,44	1,35
Trichoderma polysporum (Link) Rifai	8,00	8,75	0,59	0,63
Trichoderma tomentosum Bissett	4,00	0,00	0,29	0,00
Trichoderma viride Pers.	8,00	0,00	0,59	0,00
Trichothecium roseum (Pers.) Link	6,00	0,00	0,44	0,00
Ulocladium botrytis Preuss	4,00	0,00	0,29	0,00
Verticillium sp.	4,00	0,00	0,29	0,00

Наиболее богаты видами роды *Penicillium* – 29 видов (включая связанные с ним телеоморфы), и *Aspergillus* – 16 видов, далее шли рода *Trichoderma* – 6 видов и *Fusarium* – 5 видов.

В пещере встречаемость выше 50% имели виды *Penicillium chrysogenum*, *Alternaria alternata* и *Mucor hiemalis*, а встречаемость выше 25% имели виды *Trichoderma harzianum*, *Mortierella alpina*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Aspergillus fumigatus*, *Geomyces pannorum*, *Talaromyces purpurogenus*.

Из почв над пещерой и в зоне потенциального водозабора полости выделено 68 видов микромицетов. Из них к отделу *Zygomycota* относилось 9 видов из 5 родов, 4 семейств, 2 порядков, которые составляли 13% всего видового разнообразия почв. К отделу *Ascomycota* относилось 59 видов из 21 рода, что составляло 87% от общего числа почвенных видов (табл. 1).

Наибольшее видовое богатство, также как и в пещере было у родов *Penicillium* – 19 видов (включая связанные с ним телеоморфы), и *Aspergillus* – 10 видов. Рода *Fusarium*, *Chaetomium* и *Trichoderma* насчитывали по 4 вида.

В почвах встречаемость выше 50%, имели виды *Purpureocillium lilacinum,*

Penicillium aurantiogriseum, *Paecilomyces carneus*, *Absidia cylindrospora*, *Penicillium ochrochloron*, *Clonostachys rosea*, *Penicillium brevicompactum*, *Gliomastix murorum*, *Penicillium citreonigrum*, *Penicillium janczewskii*. Встречаемость 25% и выше имели виды *Trichoderma hamatum*, *Mortierella alpina*, *Chaetomium globosum*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, *Penicillium canescens*, *Fusarium oxysporum*.

Интересно отметить, что все выделенные из почвы виды были обнаружены в пещере, однако только один вид *Penicillium aurantiogriseum* имел высокую встречаемость в почвах и в пещере. Поскольку проанализировано относительно небольшое число образцов почв, это не дало возможности выявить большее видовое разнообразие, скорее всего, при дальнейшем исследовании список видов, выделенных из почв, увеличится.

Количество видов, выявляемых из отобираемых на разных участках пещеры образцов начало увеличиваться с сентября 2013 года. Если в 2011–1212 годах среднее количество видов на участке отбора составляло 6,92 (стандартное отклонение 3,78), то к 2014 году оно составило 13,62 (7,61). При этом повышение численности видов практически на всех исследованных участках произошло на фоне стабильного общего биоразнообразия в пещере. Средняя численность видов в образце с поверхности составляла 13,86 (3,04), то есть количество выявляемых видов на каждой обследованной точке пещеры к 2014 году практически достигло аналогичных значений на поверхности. Скорее всего, это отражает антропогенное вмешательство в экосистему пещеры. Известно, что в 2012–2013 гг. проходили масштабные акции по очистке пещеры, при которых не только убирался мусор, но и производились различного вида очистные работы: мытье свода и натечных образований пещеры, удаление субстратов с визуальными загрязнениями микромицетов, проводилась обработка ряда участков пероксидом водорода и биоцидами [2]. К сожалению, информацию о типах примененных биоцидов и их эффективности в условиях пещеры у организаторов очисток получить не удалось. Известно, что применение контактных методов очистки (щетки, губки и пр.) приводит к разносу загрязнений и не рекомендуется для пещер [6], а удаление визуальных разрастаний микромицетов должно проводиться специальными методами, не допускающими распространения спор. Возможно, что очистные работы привели к распространению микромицетов по пещере и повысили локальную встречаемость видов до наблюдаемой на поверхности в почвах.

Тот факт, что все виды, выделенные из почв, присутствовали в пещере, заставляет предположить, что виды заносятся в пещеру с поверхности. Возникает вопрос о сходстве сообществ в грунтах пещеры и в почвах на поверхности. Проведенный корреляционный анализ между значениями встречаемости видов в пещере и на поверхности дал значение 0,28, что по шкале Чеддока соответствует слабой корреляционной связи.

Для оценки вероятных путей заноса и антропогенного влияния на состав микромицетов пещеры были выделены три типа участков: слабо загрязненные, относительно труднодоступные или редко посещаемые – условно чистые участки; участки с потоками вод (постоянными или периодическими) или капельными водами; участки, наиболее загрязненные органическим веществом с визуальными разрастаниями микромицетов. Некоторые участки, которые было затруднительно отнести к выделенным типам, были исключены из сравнительного исследования. Выявлено, что среднее число видов на исследованных участках наибольшее в загрязненных местах пещеры, несколько меньше на обводненных участках и практически втрое меньше в незагрязненных частях пещеры (табл. 2). Корреляционный анализ выявил корреляционную связь между почвами и обводненными

участками пещеры, что свидетельствует о заносе зачатков микромицетов в пещеру водными потоками. Внутри пещеры между различными типами исследованных участков выявлена средняя корреляционная связь, которая несколько ниже с обводненными участками.

Таблица 2

Сравнительная оценка различных участков пещеры с почвой

	Чистые	**Обводненные**	**Загрязненные**
Участки исследования (рис. 1)	6(1), 6(2), 7, 8, 12, 13, 15(1), 15(2), 16(1), 16(2), 17, 20(2), 21, 23, 25, 26, 28, 30, 33, 34, 35(1), 36(1), 38(1)	5, 9, 29, 31, 35(3), 36(2), 37, 38(2), 39	1, 2, 3, 4, 18(3), 19, 22, 24, 27
Среднее число видов на участке (стандартное отклонение)			
2011-12	4,2 (1,4)	8,4 (2,1)	12,5 (4,1)
2014	7,9 (2,8)	16,7 (4,1)	24,6 (8,5)
Общее число выявленных видов	68	62	76
Коэффициент корреляции			
С почвами*	0,13	0,38	0,15
С обводненными	0,34	-	-
С загрязненными	0,48	0,36	-
Виды с наибольшей встречаемостью	*Penicillium chrysogenum*	*Penicillium chrysogenum*	*Penicillium chrysogenum*
	Mucor hiemalis	*Mortierella alpina*	*Mucor hiemalis*
	Alternaria alternata	*Alternaria alternata*	*Mortierella alpina*
	Trichoderma harzianum	*Fusarium solani*	*Alternaria alternata*

Примечание. $p \leq 0,05$

Среди видов с наибольшей встречаемостью два – *Penicillium chrysogenum* и *Alternaria alternata* - диагностировны на всех трех типах точек отбора проб, но ни один из этих видов не имел встречаемость выше 50% в почвах (табл. 2).

Существуют различные мнения относительно изменения видового состава и численности микромицетов в пещерах, которые загрязняются органическим веществом антропогенной природы. Ряд авторов утверждает, что разнообразие грибов и их численность увеличиваются с ростом количества посещений [30, 43]. Но есть работы с противоположными данными, что разнообразие грибов снижается при интенсификации посещений [11]. В данном исследовании выявлено повышение видового богатства в загрязненных местах.

Заключение

Длительные исследования, охватывающие различные сезоны позволили выявить большое число видов в пещере. Применение корреляционного анализа показало, что распространение микромицетов в пещере отлично от распространения их в почвах, несмотря на то, что многие почвенные виды были обнаружены в пещере. В качестве одного из основных путей поступления зачатков микромицетов в подземное пространство предполагается занос их с водными потоками временными или постоянными. Распространение микромицетов внутри пещеры связано с антропо-

генным воздействием. Видовое богатство грибов наибольшее на участках богатых органическим веществом, в том числе антропогенного происхождения. Проведенные очистные работы не способствовали снижению видового разнообразия микромицетов в пещере. Виды с высокой встречаемостью в пещере, и в почвах на поверхности над пещерой и в зоне водозабора не совпадали.

Авторы выражают благодарность Н.И. Рычаговой и Ш.Р. Абдуллину, благодаря которым было начато это исследование, В.О. Шадрину и Э.Р. Габбасовой за помощь в подземных работах, а также всем спелеологам, которые в разные годы участвовали в экспедициях или отбирали образцы для исследований.

Библиографический список

1. *Билай В.И.* Методы экспериментальной микологии. Наукова Думка. 1982. 550 с.

2. *Кузьмина Л.Ю., Галимзянова Н.Ф., Рябова А.С.* Пещера Киндерлинская: последствия рекреационного использования и их влияние на микробиоту // Комплексное использование и охрана подземных пространств: Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летнему юбилею науч. и туристско-экскурсионной деятельности в Кунгурской Ледяной пещере и 100-летию со дня рожд. В.С. Лукина / ГИ УрО РАН; под общ. ред. О. Кадебской, В. Андрейчука. Пермь. 2014. С. 372–281.

3. *Кураков А.В.* Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем. М.: МАКС Пресс, 2001. 91 стр.

4. *Мазина. С.Е.* Сообщества фототрофных организмов пещеры Новоафонская, развивающихся в условиях искусственного освещения // Влияние техногенных факторов на экологию: научная монография под ред. Д.В. Елисеева. Новосибирск: изд. «СибАК». 2014. С. 137–160.

5. *Мазина С.Е., Базарова Е.П., Концевова А.А.* Санитарно-показательная микробиота пещерной системы Снежная-Иллюзия-Меженного // Фундаментальные исследования. 2015. № 2 (Ч. 26). С. 5808–5814.

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

7. *Мартин В.И., Смирнов А.И., Соколов Ю.В.* Пещеры Башкирии // Пещеры. Итоги исследований: Межвуз. сб. науч. тр. / Перм. ун-т. Пермь. 1993. С. 30–59.

8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ. 1991. 304 с.

9. Практикум по микробиологии. Под ред. Нетрусова А.И. «Академия». 2005. 602 с.

10. *Семиколенных А.А., Иванова А.Е., Добровольская Т.Г.* Микробные сообщества гипсовых пещер и почв карстовых ландшафтов Архангельской области // Почвоведение. 2004. № 2. С. 224–232.

11. *Adetutu E.M, Thorpe K., Bourne S., Cao X., Shahsavari E., Kirby G., Ball A.S.* Phylogenetic diversity of fungal communities in areas accessible and not accessible to tourists in Naracoorte Caves // Mycologia. 2011. V. 103. № 5. P. 959–968.

12. *Bindschedler S., Milliere L., Cailleau G., Job D., Verrecchia E.P.* An ultrastructural approach to analogies between fungal structures and needle fiber calcite // Geomicrobiology Journal. 2012. V. 29. P. 301–313.

13. *Booth C.* The genus Fusarium. Kew: CMI. 1971. 237 p.

14. *Burford E.P., Kierans M., Gadd G.M.* Geomycology: Fungi in mineral substrata: Mycologist. 2003. V. 17. № 3. P. 98–107.

15. *Chelius M.K, Beresford G., Horton H., Quirk M., Selby G., Simpson R.T., Horrocks R., Moore J.C.* Impacts of alterations of organic inputs on the bacterial community

within the sediments of Wind Cave, South Dakota, USA // International Journal of Speleology. 2009. V. 38, № 1, Pp. 1–10.

16. *Culver D.C., Pipan T.* The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats. Oxford University Press, New York. 2009. 247 p.

17. *Cunningham K.I., Northup D.E., Pollastro R.M., Wright W.G., LaRock E.J.* Bacteria, fungi and biokarst in Lechuguilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico // Environmental Geology. – 1995. V. 25. Pp. 2–8.

18. *Domsch K.H., Gams W., Anderson T.-H.* Compendium of soil fungi. Second edition. IHW Verlag Ehing. 2007. 672 p.

19. *Ellis M.B.* Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: CMI. 1971. 608 p.

20. *Ellis M.B*. More Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: CMI. 1976. 507 p.

21. *Hoog G.S. de Guarro J., Gené J., Figueras M.J.* Atlas of clinical fungi. 2nd edit. ASM Press. 2001. 1160 p.

22. *Hill C, Forti P.* Cave Minerals of the world. Nat. SpeL Soc. 1986. Pp. 1–238.

23. http://www.mycobank.org/

24. *Gerba C.P., Bitton G.* Microbial Pollutants: Their Survival and Transport Patterns to Groundwater / In *Groundwater Pollution Microbiology*, edited by G. Bitton and C. Gerba. New York: John Wiley & Sons. 1984. Pp. 65–88.

25. *Gherman V.D., Breheret J.G., Bularda M.D.,* Microorganism associations within a thin acid solution film from an old mine in Banat Mountains // Studia Biologia. 2007. V. 2. Pp. 119–127.

26. *Griffin D.W., Gray M.A., Lyles M.B., Northup D.E.* The transport of nonindigenous microorganisms into caves by human visitation: A case study at Carlsbad Caverns National Park // Geomicrobiology Journal. 2014. V. 31. № 3. Pp. 175–185.

27. *Jurado V., Laiz L., Rodriguez-Nava V., Boiron P., Hermosin B., Sanchez-Moral S. Saiz-Jimenez C.* Pathogenic and opportunistic microorganisms in caves // International Journal of Speleology. 2010. V. 39. № 1. Pp. 15–24.

28. *Kubátová A., Dvořák L.* Entomopathogenic fungi associated with insect hibernating in underground shelters // Czech Mycology. 2005. V. 57. № 3–4. Pp. 221–237.

29. *Min K.H.* Fungus flora of Seongrya Cave in Korea // Transactions of the Mycological Society of Japan. 1988. V. 29. Pp. 479–487.

30. *Mosca A.M.L., Campanino F*. Soil mycological analyses of natural caves in the Piedmont // Allonia. 1962. V. 8. Pp. 27–43.

31. *Nieves-Rivera A.M*. Mycological survey of Rio Camuy Caves Park, Puerto Rico // Journal of Cave and Karst Studies. 2003. V. 65. № 1. P. 23–28.

32. *Novakova A*. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review // International Journal of Speleology. 2009. V. 38. № 1. Pp. 71–82.

33. *Ogórek R., Dyląg M., Višňovská Z.,* Tancˇinová *D., Zalewski D.* Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia) // Journal of Cave and Karst Studies. 2016. V. 78. № 2. Pp. 119–127.

34. *Pitt J.I.* A laboratory guide to common Penicillium species. (2nd ed.). Australia: CSIRO, Division of Food Processing. 1991. 188 p.

35. Pohlman J.M., Illife T.M., Cifuentes L.A. A stable isotope study of organic cycling and the ecology of an anchialine cave ecosystem // Marine Ecology Progress Series. 1997. V. 155. Pp. 17–27.

36. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment // Scienc. 1969. V. 165. Pp. 971–981.

37. *Ramirez C*. Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press. 1982. 874 p.

38. *Raper K.B., Fennel D.I.* The genus Aspergillus. Baltimore: Williams & Wilkins. 1965. 686 p.

39. *Raper K.B., Thom C. A* manual of the Penicillia. New York: Hefner Publishing Co. 1968. 875 p.

40. *Simmons E.G.* Alternaria: An Identification Manual. CBS Biodiversity Series no. 6. Netherlands, Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 2007. 775 p.

41. *Šustr, V., Elhottová, D., Krištůfek, V., Lukešova, A., Nováková, A., Tajovský, K., Tříska, J.,* Ecophysiology of the cave isopod Mesoniscus graniger (Frivaldszky 1865) (Crustacea: Isopoda) // European Journal of Soil Biology. 2005. V. 41. № 3–4. P. 69–75.

42. *Vanderwolf K.J., Malloch D., McAlpine D.F., Forbes G.J.* A world review of fungi, yeasts, and slime molds in caves // International Journal of Speleology. 2013. V. 42. № 1. P. 77–96.

43. *Wang W., Ma X., Ma Y., Mao L., Wu F., Ma X., An L., Feng H.* Seasonal dynamics of airborne fungi in different caves of the Mogao Grottoes, Dunhuang, China // International Biodeterioration and Biodegradation. 2010. V. 64. P. 461–466.

MICROMICETES OF ROCKS AND SEDIMENTS OF THE KINDERLINSKAYA (KINDERLE) CAVE AND SOILS IN THE CAVE LOCATION AREA

S.Ye. MAZINA[1,2], A.A. KONTSEVOVA[3], R.T. MANNAPOVA[3]

([1] Lomonosov Moscow State University; [2] Russian University of Peoples' Friendship;
[3] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The authors have studied the composition of micromycetes of rocks and sediments of the Kinderlinskaya (Kinderle) Cave, which is located in the Republic of Bashkortostan. The cave is a multi-tiered system of galleries and gates with a length of 7900 meters. The air temperature in the cave ranges from 4 to 8 °C, and the air humidity amounts to 60-100%. The study was conducted between 2011 and 2014 and included a total of 50 sites in the cave and 80 soil samples from the surface. Sampling took place in different seasons in the cave, on the surface directly above the cave and in the water intake area of the cavity. To determine the species composition of micromycetes, use was made of a set of standard environments and extracts from cave substrates. The micromycetes were cultivated in a wide range of temperatures in order to isolate the largest number of species. A part of the inoculation seeding was carried out directly in the cave. As a result, 109 species of micromycetes were identified. All kinds of fungi detected in the surface soil were found in the cave as well. During the study, the researchers observed an increase in the number of species in the samples, which could be caused by an anthropogenic impact. It was revealed that the rudiments of micromycetes came from the surface into the cave with water currents. Species diversity of fungi is the greatest in areas rich in organic matter, including that of an anthropogenic origin. The conducted clean-up efforts did not contribute to any reduction in the diversity of micromycete species in the cave. Species with a high incidence rate in the cave, in the surface soil above the cave and in the water intake zone were all different.

Key words: *microscopic fungi, karst caves, cave fungi, biodiversity, mineral deposits, soil micromycetes, anamorphic fungi.*

References

1. *Bilay V.I.* Metody eksperimental'noy mikologii [Methods of experimental mycology]. Naukova Dumka. 1982. 550 p.

2. *Kuz'mina L.Yu., Galimzyanova N.F., Ryabova A.S.* Peshchera Kinderlinskaya: posledstviya rekreatsionnogo ispol'zovaniya i ikh vliyaniye na mikrobiotu [Kinderlinskaya (Kinderle) Cave: the effects of recreational use and their effect on the microbiota] // Kompleksnoye ispol'zovaniye i okhrana podzemnykh prostranstv: Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letnemu yubileyu nauch. i turistsko-ekskursionnoy deyatel'nosti v Kungurskoy Ledyanoy peshchere i 100-letiyu so dnya rozhd. V.S. Lukina / GI UrO RAN; ed. by O. Kadebskaya, V. Andreychuk. Perm'. 2014. Pp. 372–281.

3. *Kurakov A.V.* Metody vydeleniya i kharakteristiki kompleksov mikroskopicheskikh gribov nazemnykh ekosistem [Methods of isolation and characteristics of microscopic fungi complexes of terrestrial ecosystems]. M.: MAKS Press, 2001. 91 p.

4. *Mazina S.Ye.* Soobshchestva fototrofnykh organizmov peshchery Novoafonskaya, razvivayushchikhsya v usloviyakh iskusstvennogo osveshcheniya [Communities of phototrophic organisms of the New Athos (Novoafonskaya) Cave growing in the conditions of artificial illumination] // Vliyaniye tekhnogennykh faktorov na ekologiyu: scientific monograph ed. by D.V. Eliseyev. Novosibirsk: izd. "SibAK". 2014. Pp. 137–160.

5. *Mazina S.Ye., Bazarova Ye.P., Kontsevova A.A.* Sanitarno-pokazatel'naya mikrobiota peshchernoy sistemy Snezhnaya-Illyuziya-Mezhennogo [Sanitary indicative microbiota of the Snezhnaya-Illyuziya-Mezhennogo cave system] // Fundamental'nyye issledovaniya. 2015. No. 2 (Part 26). Pp. 5808–5814.

6. *Mazina S.Ye., Severin A.V., Bozhevol'nov V.Ye.* Povysheniye effektivnosti ekologicheski bezopasnykh metodov udaleniya fotosinteziruyushchikh organizmov v ekskursionnykh peshcherakh [Increasing the efficiency of ecologically safe methods of removing photosynthetic organisms in excursion caves] // Problemy regional'noy ekologii. 2009. No. 4. Pp. 70–75.

7. *Martin V.I., Smirnov A.I., Sokolov Yu.V.* Peshchery Bashkirii [Caves of Bashkortostan] // Peshchery. Itogi issledovaniy: Mezhvuz. sb. nauch. tr. / Perm. un-t. Perm'. 1993. Pp. 30–59.

8. Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil microbiology and biochemistry] / Ed. by D.G. Zvyagintsev. M.: MGU. 1991. 304 p.

9. Praktikum po mikrobiologii [Practical training course on microbiology]. Ed. by Netrusov A.I. "Akademiya". 2005. 602 p.

10. *Semikolennykh A.A., Ivanova A.Ye., Dobrovol'skaya T.G.* Mikrobnyye soobshchestva gipsovykh peshcher i pochv karstovykh landshaftov Arkhangel'skoy oblasti [Microbial communities of gypsum caves and soils of karst landscapes of the Arkhangelsk region] // Pochvovedeniye. 2004. No. 2. Pp. 224–232.

11. *Adetutu E.M, Thorpe K., Bourne S., Cao X., Shahsavari E., Kirby G., Ball A.S.* - Phylogenetic diversity of fungal communities in areas accessible and not accessible to tourists in Naracoorte Caves // Mycologia. 2011. Vol. 103. No. 5. Pp. 959–968.

12. *Bindschedler S., Milliere L., Cailleau G., Job D., Verrecchia E.P.* An ultrastructural approach to analogies between fungal structures and needle fiber calcite // Geomicrobiology Journal. 2012. Vol. 29. Pp. 301–313.

13. *Booth C.* The genus Fusarium. Kew: CMI. 1971. 237 p.

14. *Burford E.P., Kierans M., Gadd G.M.* Geomycology: Fungi in mineral substrata: Mycologist. 2003. Vol. 17. No. 3. Pp. 98–107.

15. *Chelius M.K, Beresford G., Horton H., Quirk M., Selby G., Simpson R.T., Horrocks R., Moore J.C.* Impacts of alterations of organic inputs on the bacterial community within the sediments of Wind Cave, South Dakota, USA // International Journal of Speleology. 2009. Vol. 38, No. 1, Pp. 1–10.

16. *Culver D.C., Pipan T.* The Biology of Caves and Other Subterranean Habitats. Oxford University Press, New York. 2009. 247 p.

17. *Cunningham K.I., Northup D.E., Pollastro R.M., Wright W.G., LaRock E.J.* Bacteria, fungi and biokarst in Lechuguilla Cave, Carlsbad Caverns National Park, New Mexico

// Environmental Geology. – 1995. Vol. 25. Pp. 2–8.

18. *Domsch K.H., Gams W., Anderson T.-H.* Compendium of soil fungi. Second edition. IHW Verlag Ehing. 2007. 672 p.

19. *Ellis M.B.* Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: CMI. 1971. 608 p.

20. *Ellis M.B*. More Dematiaceous Hyphomycetes. Kew: CMI. 1976. 507 p.

21. *Hoog G.S. de Guarro J., Gené J., Figueras M.J.* Atlas of clinical fungi. 2nd edit. ASM Press. 2001. 1160 p.

22. *Hill C, Forti P.* Cave Minerals of the world. Nat. SpeL Soc. 1986. Pp. 1–238.

23. http://www.mycobank.org/

24. *Gerba C.P., Bitton G.* Microbial Pollutants: Their Survival and Transport Patterns to Groundwater / In *Groundwater Pollution Microbiology*, edited by G. Bitton and C. Gerba. New York: John Wiley & Sons. 1984. Pp. 65–88.

25. *Gherman V.D., Breheret J.G., Bularda M.D.,* Microorganism associations within a thin acid solution film from an old mine in Banat Mountains // Studia Biologia. 2007. Vol. 2. Pp. 119–127.

26. *Griffin D.W., Gray M.A., Lyles M.B., Northup D.E.* The transport of nonindigenous microorganisms into caves by human visitation: A case study at Carlsbad Caverns National Park // Geomicrobiology Journal. 2014. Vol. 31. No. 3. Pp. 175–185.

27. *Jurado V., Laiz L., Rodriguez-Nava V., Boiron P., Hermosin B., Sanchez-Moral S. Saiz-Jimenez C.* Pathogenic and opportunistic microorganisms in caves // International Journal of Speleology. 2010. Vol. 39. No. 1. Pp. 15–24.

28. *Kubátová A., Dvořák L.* Entomopathogenic fungi associated with insect hibernating in underground shelters // Czech Mycology. 2005. Vol. 57. No. 3–4. Pp. 221–237.

29. *Min K.H.* Fungus flora of Seongrya Cave in Korea // Transactions of the Mycological Society of Japan. 1988. Vol. 29. Pp. 479–487.

30. *Mosca A.M.L., Campanino F.* Soil mycological analyses of natural caves in the Piedmont // Allonia. 1962. Vol. 8. Pp. 27–43.

31. *Nieves-Rivera A.M*. Mycological survey of Rio Camuy Caves Park, Puerto Rico // Journal of Cave and Karst Studies. 2003. Vol. 65. No. 1. Pp. 23–28.

32. *Novakova A*. Microscopic fungi isolated from the Domica Cave system (Slovak Karst National Park, Slovakia). A review // International Journal of Speleology. 2009. V. 38. № 1. Pp. 71–82.

33. *Ogórek R., Dyląg M., Višňovská Z.,* Tancˇinová *D., Zalewski D.* Speleomycology of air and rock surfaces in Driny Cave (Lesser Carpathians, Slovakia) // Journal of Cave and Karst Studies. 2016. Vol. 78. No. 2. Pp. 119–127.

34. *Pitt J.I.* A laboratory guide to common Penicillium species. (2nd ed.). Australia: CSIRO, Division of Food Processing. 1991. 188 p.

35. Pohlman J.M., Illife T.M., Cifuentes L.A. A stable isotope study of organic cycling and the ecology of an anchialine cave ecosystem // Marine Ecology Progress Series. 1997. Vol. 155. Pp. 17–27.

36. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment // Scienc. 1969. Vol. 165. Pp. 971–981.

37. *Ramirez C*. Manual and atlas of the Penicillia. Amsterdam; New York; Oxford: Elsevier Biomedical Press. 1982. 874 p.

38. *Raper K.B., Fennel D.I.* The genus Aspergillus. Baltimore: Williams & Wilkins. 1965. 686 p.

39. *Raper K.B., Thom C. A* manual of the Penicillia. New York: Hefner Publishing Co. 1968. 875 p.

40. *Simmons E.G.* Alternaria: An Identification Manual. CBS Biodiversity Series No. 6. Netherlands, Utrecht: CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. 2007. 775 p.

41. *Šustr, V., Elhottová, D., Krištůfek, V., Lukešova, A., Nováková, A., Tajovský, K., Tříska, J.,* Ecophysiology of the cave isopod Mesoniscus graniger (Frivaldszky 1865) (Crustacea: Isopoda) // European Journal of Soil Biology. 2005. Vol. 41. No. 3–4. Pp. 69–75.

42. *Vanderwolf K.J., Malloch D., McAlpine D.F., Forbes G.J.* A world review of fungi, yeasts, and slime molds in caves // International Journal of Speleology. 2013. Vol. 42. No. 1. Pp. 77–96.

43. *Wang W., Ma X., Ma Y., Mao L., Wu F., Ma X., An L., Feng H.* Seasonal dynamics of airborne fungi in different caves of the Mogao Grottoes, Dunhuang, China // International Biodeterioration and Biodegradation. 2010. Vol. 64. Pp. 461–466.

Мазина Светлана Евгеньевна – к. б. н., ст. науч. сотр. химического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, доцент экологического факультета Российского университета дружбы народов (119991, Россия, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 3, ГСП-1, МГУ; e-mail: conophytum@mail.ru).

Концевова Анна Алексеевна – д. вет. н., доц. кафедры морфологии и ветеринарии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: belladonna-81@mail.ru).

Маннапова Рамзия Тимергалеевна – д. б. н., проф. кафедры микробиологии и иммунологии Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, Тимирязевская ул., 49; e-mail: mannapova55@mail.ru).

Svetlana Ye. Mazina– PhD (Bio), Senior Research Associate, the Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University; Associate Professor, the Faculty of Ecology, Russian University of Peoples' Friendship (119991, Russia, Moscow, Leninskiye Gory, Bld. 1, Bld. 3, GSP-1, Moscow State University, e-mail: conophytum@mail.ru).

Anna A. Kontsevova – DSc (Vet), Associate Professor, the Department of Morphology and Veterinary, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: belladonna-81@mail.ru).

Ramziya T. Mannapova – DSc (Bio), Professor, the Department of Microbiology and Immunology, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127550, Moscow, Timiryazevskaya Str., 49; e-mail: mannapova55@mail.ru).