

Мазина С.Е., кандидат биологических наук,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Попкова А.В., аспирант,  
Российский университет дружбы народов,  
Абдуллин Ш.Р., доктор биологических наук,  
Башкирский государственный университет

## ФОТОТРОФЫ МЕЛОВЫХ КУЛЬТОВЫХ ПЕЩЕР ДИВНОГОРЬЯ И КОСТОМАРОВО

**Аннотация:** проведен анализ видового состава фототрофных организмов в меловых культовых пещерах Воронежской области. Исследованы два пещерных монастыря, расположенных у хутора Дивногорье и восемь культовых пещере в селе Костомарово. Исследование проводили в 2011-2016 годах в различные сезоны. Применяли методы прямой микроскопии и культивирования фототрофов. Для культивирования водорослей и цианобактерий использовали стандартные среды и экстракт из субстратов. В результате исследования выявлен видовой состав фототрофов полостей, проведен анализ флоры пещер, определены виды, имеющие наибольшую встречаемость и обилие. В отличие от известняковых пещер, где преобладают цианобактерии, в меловых пещерах наибольшее число видов относилось к зеленым водорослям. Доминировал мох *Seligeria calcarea* и зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* и цианобактерии.

**Ключевые слова:** фототрофы, меловые пещеры, культовые пещеры, цианобактерии, водоросли

### Введение.

Пещерные экосистемы развиваются без солнечного света, при этом степень их изоляции от поверхности различается в зависимости от морфологии полости и удаленности различных участков от поверхности [21]. Фототрофные виды и их зачатки могут поступать в пещеры, но их устойчивое развитие ограничено освещенной входной зоной [16]. Микроклимат пещер, по сравнению с поверхностью, отличается стабильностью – постоянной температурой и влажностью. Даже на входных участках пещер и в гротах, за счет их особой морфологии, снижаются механические воздействия на сообщества (ветер, вода, снежно-ледовые массы), а система воздушных потоков в пещерах обеспечивает ток теплого воздуха из-под земли в холодный период, в результате ослабевает сезонное влияние [19]. В оборудованных пещерах при развитии фототрофных сообществ ламповой флоры отмечена не только высокая скорость разрастания сообществ [9], но и быстрое накопление органического вещества [8]. За счет высокой влажности и низкой освещенности в пещерных сообществах преобладают водоросли, цианобактерии, мохообразные и папоротники, практически отсутствуют лишайники [1, 16]. Сообщества входных участков пещер и ламповой флоры часто включают виды, характерные для скальных трещин и слабо освещенных каньонов [20]. Высказывается точка зрения об экстремальности пещерных условий [18], но это в полной мере относится к световому фактору, тогда как влажность и температура более благоприятны для фототрофов, по сравнению с аналогичными поверхностными местообитаниями.

Входная зона пещеры рассматривается как переходная между поверхностью и подземным пространством, то есть зона экотона [14], где формируются уникальные экосистемы. Это также относится к небольшим пещерам и к гротам. В таких местообитаниях формируются сообщества с особым видовым составом и специфическими трофическими связями. Входные участки пещер могут выполнять функцию рефугиумов и играть важную роль в сохранении биоразнообразия.

Меловые пещеры Воронежской области широко известны как памятники культового назначения. Рукотворные пещерные комплексы в Больших и Малых Дивах, а также в Костомарово представляют культурно-историческую ценность. Церковь Сицилийской иконы Божией Матери входит в комплекс объектов Природного, архитектурно-археологического музея-заповедника «Дивногорье», пещерный Храм Рождества Иоанна Предтечи, расположенный на территории Дивногорского монастыря, используется для проведения служб. В селе Костомарово находится Костомаровский Спасский женский епархиальный монастырь, в состав которого включены и пещеры, частично используемые для служб, а частично для экскурсий. Развитие в них фототрофных организмов эстетически непривлекательно и приводит к разрушению сводов пещер. Это наносит урон историческим памятникам, очистка производится механическими методами, применяются различные химические реагенты, что также приводит к разрушению поверхностей и не дает долговременного эффекта.

Изучение состава и структуры флоры пещер и особенностей составляющих пещерные сообщества обростаний видов, играет важную роль в выяв-

лении адаптаций видов к условиям подземной среды, определению специфики сообществ пещер, а также способствует разработке системы мер по предотвращению роста флоры в пещерных объектах. Целью данной работы было определить флористический состав фототрофов, развивающихся в искусственных культовых меловых пещерах, расположенных у хутора Дивногорье и в селе Костомарово.

#### **Объекты и методы.**

Изучены культовые меловые пещеры, расположенные в Лискинском районе Воронежской области в хуторе Дивногорье - Церковь Сицилийской иконы Божией Матери (Большие Дивы), пещерный Храм Рождества Иоанна Предтечи (Малые Дивы), и селе Костомарово - Пещера №3, где расположены храм Спаса Нерукотворного и храм Веры, Надежды, Любви и матери их Софии; Пещеры №4, 5 и 6 – пещеры-кельи, пещера №7 – храм преподобного Серафима Саровского, и пещера №8 Покаянная. Подробные описания и схемы пещер даны в работе [12].

Данные пещеры искусственного происхождения, вырублены в меловых отложениях, их входные залы освещаются дневным светом через окна и дверные проемы. Фототрофные виды образовывали визуальные сообщества обрастаний на стенах и своде полостей. Часто обрастания имели вид более-менее правильных окружностей, которые постепенно сливались в процессе их роста. В некоторых пещерах из-за их небольшого размера практически все стены и свод был покрыты фототрофами, это пещеры-кельи в Костомарово №2, 4, 5 и 6. В других сообщества обрастаний приурочены к освещенной зоне вблизи входов и окон. В Церкви Сицилийской иконы Божией Матери три участка обрастаний: вблизи входа, у окна кельи второго яруса и напротив входа; в пещерном Храме Рождества Иоанна Предтечи пять участков обрастаний: стены вблизи входа, освещенный зал, ниша у входа, дальняя часть зала, выход крестного хода. В пещере №3 пять участков: два у входа, запасной выход, вход в придел мучениц, придел мучениц. В пещерах №7 (Храм преподобного Серафима Саровского) и пещере №8 (Покаянная) фототрофы приурочены к зоне входа. Температура в пещерах положительна даже в зимний период и составляет 10-16°C. В Покаянной пещере высокая влажность и происходит интенсивная конденсация влаги на своде полости. В пещерном Храме Рождества Иоанна Предтечи, Покаянной пещере и Храме преподобного Серафима Саровского произведено частичное бетонирование привходовых зон с покраской и штукатуркой, либо покрытие штукатуркой, это же касается входных оголовков некоторых пещер-келей.

Исследование продолжалось в период с июня 2011 по апрель 2016 года в Дивногорье и с августа 2013 в Костомарово (сроки отбора проб – июнь 2011, август 2013, декабрь 2014, июль, ноябрь 2015, апрель 2016). Всего за период исследования собрано и проанализировано более 500 образцов фототрофных обрастаний. Отбор образцов проводили из каждого визуально отличимого пятна обрастания, вырезая полоску шириной 0,5-1 см по диаметру обрастания, или делая соскоб; при наличии в сообществе мохообразных, дополнительно проводили сбор мхов. Просмотр образцов под микроскопом осуществляли не позднее чем через 7 дней после отбора проб. Обрастания разделяли на фрагменты, которые помещали на предметное стекло в каплю воды и микроскопировали. Поводили оценку обилия видов в пробах с применением окуляр-микрометра или камеры Горяева. При высокой плотности организмов в образце, из фрагментов обрастания готовили суспензию, при оценке обилия учитывали разведение. Обилие видов оценивали по 5-бальной шкале (аналог шкалы Браун-Бланке). Просмотр образцов осуществляли в световом микроскопе Leica DMLS (Германия) и Биолам МБС-9 (Россия). Представленность видов оценивали по показателям относительного обилия, относительной встречаемости видов и встречаемости видов на участках обрастаний в пещерах. Обилие видов, рассчитанное в пробах, усреднялось для каждого участка обрастания в каждый момент времени проведения исследования. Эти данные легли в основу расчета относительного обилия видов. Для выделения доминантных видов использован индекс доминирования Палия-Ковнацкого [15].

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, плотные агаровые среды и культивирование в жидкой среде в стандартных условиях [11]. С целью получения чистой культуры, применяли микрокапилляры, с помощью которых из фрагментов обрастаний выделяли клетки, которые переносили на среду культивирования. Поскольку установлено, что при культивировании искажаются реальные результаты обилия водорослей в сообществе [7], то обилие рассчитано исключительно по данным прямой микроскопии, а культивирование применяли для определения видовой принадлежности.

Водоросли идентифицировали с использованием следующих определителей [2, 4, 5], мхи – по Игнатову, Игнатовой (1992) [6]. Систематика циа-

нобактерий и водорослей приведена по базе данных *algaebase.org* [17], систематика мхов по [6].

#### Результаты и их обсуждение.

В результате анализа выявлен 31 вид фототрофов, из них *Bryophyta* – 4 вида (13% от видового

состава), *Cyanobacteria* – 9 видов (29%), *Bacillariophyta* – 3 вида (10%), *Chlorophyta* – 15 видов (48%) (табл. 1). Представителей *Magnoliophyta* и *Polypodiophyta* в составе фототрофов пещер не обнаружено.

Таблица 1

Таксономическая структура флоры пещер

Отдел	Класс	Порядок	Семейство	Число родов
<i>Bryophyta</i>	<i>Bryopsida</i>	<i>Grimmiales</i>	<i>Seligeriaceae</i>	1
		<i>Bryales</i>	<i>Aulacomniaceae</i>	1
			<i>Brachytheciaceae</i>	1
<i>Cyanobacteria</i>	<i>Cyanophyceae</i>	<i>Chroococcales</i>	<i>Chroococcaceae</i>	1
			<i>Microcystaceae</i>	1
		<i>Synechococcales</i>	<i>Pseudanabaenaceae</i>	1
			<i>Leptolyngbyaceae</i>	1
		<i>Nostocales</i>	<i>Nostocaceae</i>	2
		<i>Bacillariophyta</i>	<i>Bacillariophyceae</i>	<i>Bacillariales</i>
<i>Naviculales</i>	<i>Diadesmidaceae</i>			1
<i>Tabellariales</i>	<i>Tabellariaceae</i>			1
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorophyceae</i>	<i>Chlamydomonadales</i>	<i>Chlamydomonadaceae</i>	1
			<i>Chlorococcaceae</i>	1
			<i>Coccomyxaceae</i>	1
			<i>Chlorosarcinaceae</i>	1
		<i>Sphaeropleales</i>	<i>Mychonastaceae</i>	1
			<i>Bracteacoccaceae</i>	1
			<i>Radiococcaceae</i>	2
	<i>Trebouxiophyceae</i>	<i>Chlorellales</i>	<i>Chlorellaceae</i>	2
		<i>Prasiolales</i>	<i>Prasiolaceae</i>	2

Большинство семейств представлены одним родом и одним видом. Среднее число видов в семействе: *Bryophyta* – 1, *Cyanobacteria* – 1.2, *Bacillariophyta* – 1, *Chlorophyta* – 1.3. Среднее число видов в роде составляло: *Bryophyta* – 1.3, *Cyanobacteria* – 1.3, *Bacillariophyta* – 1, *Chlorophyta* – 1.25. Такие показатели пропорций флоры являются признаками иммиграции видов фотосинтезирующих организмов из сопредельных пространств [13] и характеристикой неблагоприятности место-

обитаний для развития водорослей [3]. Соотношение числа видов зеленых водорослей и цианобактерий было 1.7:1, в то время как в известняковых пещерах это соотношение смещено в сторону цианобактерий как в составе ламповой флоры [9] так и на входных участках пещер [16].

Определение доминирующей группы видов проводили с применением индекса Палия-Ковнацкого по значениям относительной встречаемости и обилия видов (табл. 2).

Таблица 2

## Относительное обилие и встречаемость видов

	ОТН обил%	ОТН встр%	встр%	БД	МД	№3	№4	№5	№6	№7	№8
<b>Bryophyta</b>											
<i>Seligeria calcarea</i> (Hedw.) B. S. G.	12,95	7,51	88,24	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Seligeria donniana</i> (Sm.) Muell. Hal.	2,04	4,66	54,71	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Plagiopus oederianus</i> (Sw.) Crum et Anderson	0,90	0,55	6,47	+	+						
<i>Sciuro-hypnum</i> sp.	0,66	0,50	5,88		+						
протогема мхов	11,00	8,06	94,71	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Cyanobacteria</b>											
<i>Chroococcus minutus</i> (Kützing) Nägeli	5,06	5,31	62,35	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Microcystis pulverea</i> (H.C.Wood) Forti	3,46	3,76	44,12	+	+	+	+	+	+		+
<i>Gloeocapsa</i> sp.	1,67	2,40	28,24	+	+	+					
<i>Jaaginema subtilissimum</i> (Kützing ex Forti) Anagnostidis & Komárek	2,85	3,71	43,53		+	+	+	+	+		+
<i>Leptolyngbya boryana</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	0,46	0,35	4,12	+	+						
<i>Leptolyngbya foveolara</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	9,38	5,46	64,12		+	+	+	+	+	+	+
<i>Leptolyngbya tenuis</i> (Gomont) Anagnostidis & Komárek	3,86	6,11	71,76	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Anabaena minutissima</i> Lemmermann	3,59	4,71	55,29		+	+	+	+		+	+
<i>Nostoc punctiforme</i> f. <i>populorum</i> (Geitler) Hollerbach	3,64	4,76	55,88	+	+	+	+		+		+
<b>Bacillariophyta</b>											
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow	1,12	1,10	12,94		+	+					+
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, J.R.Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	1,32	1,30	15,29		+	+					+
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	0,26	0,25	2,94		+						
<b>Chlorophyta</b>											
<i>Chlamydomonas</i> sp.	1,89	3,56	41,76		+	+	+	+			+
<i>Chlorococcum minutum</i> R.C.Starr	6,44	7,56	88,82	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Meneghini	3,7 5	3,8 1	44,71		+	+				+	+
<i>Choricystis chodatii</i> (Jaag) Fott	0,3 1	0,6 0	7,06	+		+					

Продолжение таблицы 2

<i>Chlorosarcina longispinosa</i> Chantanachat & H.C.Bold	0,18	0,15	1,76	+							
<i>Mychonastes homosphaera</i> (Skuja) Kalina & Punc- ochárová	2,26	3,00	35,29	+	+	+					
<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrová	1,23	2,30	27,06		+	+	+	+	+		
<i>Gloeocystis vesiculosa</i> Nägeli	0,39	0,45	5,29			+					
<i>Sporotetras polydermatica</i> (Kützing) I.Kostikov, T.Darienko, A.Lukesová, & L.Hoffmann	1,40	2,10	24,71	+	+	+					
<i>Muriella terrestris</i> J.B.Petersen	1,34	1,95	22,94	+	+	+					+
<i>Muriella magna</i> F.E.Fritsch & R.P.John	0,79	0,90	10,59			+				+	
<i>Chlorella vulgaris</i> Beyerinck [Beijerinck]	11, 29	8,51	100,00	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stichococcus minor</i> Nägeli	3,53	3,71	43,53	+	+		+			+	+
<i>Stichococcus bacillaris</i> Nägeli	0,59	0,45	5,29							+	
<i>Desmococcus olivaceus</i> (Per- soon ex Acharius) J.R.Laundon	0,39	0,45	5,29			+					

Среди мхов доминировал вид *Seligeria calcarea* – индекс Паляя-Ковнацкого (П-К) 11.42, который выделен из всех концентрических сообществ обрастаний со сводов и стен полостей. В сообществах, где доминировали мхи помимо *S. calcarea* в небольшом количестве присутствовал мох *S. donniana*. Эти виды характеризуются теневыносливостью, приспособлены к росту в условиях высокой влажности [6] и описываются как характерные для меловых субстратов Воронежской области [10]. В течение периода исследования образование спорофитов у мхов не обнаружено. Два других вида мхов отмечены только на одном участке – в пещерном Храме Рождества Иоанна Предтечи на выходе с Крестного хода.

В меловых пещерах преобладали зеленые водоросли, вид *Chlorella vulgaris* (П-К 11.29) доминировал, а водоросли *Chlorococcum minutum* (П-К 5.72) и *Stichococcus minor* (П-К 1.53), субдоминировали, эти виды образовывали разрастания на мелах, и встречались в массе других водорослей и мхов, причем *Chl. vulgaris* обнаружила 100% встречаемость на всех участках с фототрофами. Аналогичное распространение имел еще один субдоминант *Chlorococcum infusionum* (П-К 1.67), часто встречающийся на участках вместе с *Ch. minutum*. Интересно отметить, что сходное с *Chl. vulgaris* обилие имела и протонема мхов (П-К

10.41), которая встречалась не только на участках со мхами, но и среди водорослей и цианобактерий.

Большая часть субдоминантов представлена цианобактериями, так виды *Leptolyngbya* формировали характерные пленки обрастаний на поверхности субстратов, в которых преобладала *L. foveolaria* (П-К 6.01), протонема мхов и в меньшем количестве присутствовала *L. tenuis* (П-К 2.77). Вид *Chroococcus minutus* (П-К 3.15), встречался на участках вблизи входов и окон в массе водорослей *Chl. vulgaris*.

Цианобактерии *Nostoc punctiforme f. populorum* (П-К 2.03), и *Anabaena minutissima* (П-К 1.98), наблюдались на участках удаленных от входа, освещенных рассеянным светом, в частности на удаленных стенах келий в виде небольших скоплений. Только в Храме Рождества Иоанна Предтечи цианобактерии образовывали значительные обрастания в глубине пещеры, в состав которых входили еще и виды *Microcystis pulvereae* (П-К 1.52), и *Leptolyngbya boryana* (П-К 0.02). Еще одним субдоминантом оказался вид *Jaaginema subtilissimum* (П-К 1.24).

Представители Bacillariophyta обнаружены преимущественно на горизонтальных участках в летне-осенний период и не во всех пещерах. Диатомовые водоросли отмечены в сообществах, в

состав которых входили мхи, и где была повышенная влажность.

Протонема мхов, *S. calcarea* и два вида цианобактерий *Chroococcus minutus* и *Leptolyngbya tenuis* а также два вида зеленых водорослей *Chlorococcum minutum* и *Chlorella vulgaris* обнаружены во всех пещерах.

#### Заключение.

В исследованных пещерах обнаружено преобладание в видовом составе зеленых водорослей, это может быть связано с небольшим размером

большинства полостей, что обеспечивает соответствующий уровень освещения для развития видов Chlorophyta. В крупных полостях в зоне слабого освещения наблюдалось разнообразие цианобактерий.

Мхи представлены небольшим числом видов и только один из них доминировал, преобладал характерный для данных местообитаний вид-кальцефил *S. calcarea*, приспособленный к росту в условиях высокой влажности и низкой освещенности.

#### Литература

1. Абдуллин Ш.Р., Миркин Б.М. Синтаксономия цианобактериально-водорослевых ценозов пещер России и сопредельных государств // Растительность России. 2015. N27 С. 3 – 23.
2. Андреева В.М. Почвенные и аэрофильные зеленые водоросли (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). СПб.: Наука, 1998. 351 с.
3. Гецен М.В. Водоросли в экосистемах Крайнего Севера. Л.: Наука, 1985. 163 с.
4. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли. М.: Советская наука, 1953. Вып. 2. 654 с.
5. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли. М.: Советская наука, 1951. Вып. 4. 620 с.
6. Игнатов М.С., Игнатова Е.А. Флора мхов средней части Европейской России. Т. 1-2. М.:КМК, 1 (2003): 1-608 с.; 2 (2004): 609-960 с.
7. Мазина С.Е., Концеева А.А. Особенности выявления сообществ пещер включающих фотосинтезирующие виды 28-31: Материалы всероссийской молодежной конференции «Биоспелеология Кавказа и других районов России» (ИПЭЭ РАН, г. Москва, 3-4 декабря 2015 г.) / под ред. Турбанова И.С., к.б.н. Марина И.Н., к.б.н. Гонгальского К.Б. // Кострома: Костромской печатный дом, 2015. 103 с.
8. Мазина С.Е., Семиколенных А.А. Формирование почвоподобных тел на участках искусственного освещения в пещерах // Роль почв в биосфере и жизни человека: Международная научная конференция: К 100-летию со дня рождения академика Г.В. Добровольского, к Международному году почв, 2015. С. 205 – 207.
9. Мазина С.Е., Юзбеков А.К. Динамика изменения видового состава сообществ ламповой флоры Воронцовской пещеры // Экологические системы и приборы. 2015. N11. С. 29 – 37.
10. Попова Н.Н. Редкие петрофильные мхи-кальцефиты в «Красных книгах» средней полосы России // Вестник ТвГУ Серия «Биология и экология». 2015. N2. С. 104 – 120.
11. Практикум по микробиологии / под ред. Нетрусова А.И., 2005. 602 с.
12. Степкин В.В. Пещерные памятники Среднедонского региона // Искусственные пещеры Среднего Дона, Сборник статей. Вып. 4. Москва, 2004. С. 41 – 137
13. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Л.: изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
14. Шарипова М.Ю., Абдуллин Ш.Р. Альгологическое изучение экотонов пещер // Сибирский экологический журнал. 2007. N6. С. 1017 – 1023.
15. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
16. Encyclopedia Biospeleologica. Algae. Bucarest. 1994. Vol. 1. P. 371 – 380.
17. <http://www.algaebase.org> (дата обращения: 6.06.2016)
18. Lavoie K., Northup D., Boston P. Sight Unseen: Microbes in Caves. NSS News (March), 2000. P. 68 – 69.
19. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment // Scienc. 1969. Vol. 165. P. 971 – 981.
20. Reinoso F.J., Rodriguez O.J., Viera Benitez M.C. Precisions on the ecology and chorology of *Schistostega pennata* (Hedw.) Webb & Mohr // Iberian Peninsula. Lazaroa, 1994. Vol. 14. P. 13 – 19.
21. Stevens T.O., McKinley J.P. Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifers // Science. 1995. Vol. 270. P. 450 – 454.

#### References

1. Abdullin Sh.R., Mirkin B.M. Sintaksonomija cianobakterial'no-vodoroslevykh cenozov peshher Rossii i sopredel'nykh gosudarstv // Rastitel'nost' Rossii. 2015. N27 S. 3 – 23.

2. Andreeva V.M. Pochvennye i ajerofil'nye zelenye vodorosli (Chlorophyta: Tetrasporales, Chlorococcales, Chlorosarcinales). SPb.: Nauka, 1998. 351 s.
3. Gecen M.V. Vodorosli v jekosistemah Krajnego Severa. L.: Nauka, 1985. 163 s.
4. Gollerbah M.M., Kosinskaja E.K., Poljanskij V.I. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR.. Sinezelenye vodorosli. M.: Sovetskaja nauka, 1953. Vyp. 2. 654 s.
5. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. Opredelitel' presnovodnyh vodoroslej SSSR. Diatomovye vodorosli. M.: Sovetskaja nauka, 1951. Vyp. 4. 620 s.
6. Ignatov M.S., Ignatova E.A. Flora mhov srednej chasti Evropejskoj Rossii. T. 1-2. M.:KMK, 1 (2003): 1-608 c.; 2 (2004): 609-960 c.
7. Mazina S.E., Koncevova A.A. Osobennosti vyjavlenija soobshhestv peshher vkljuchajushhij fotosintezirujushhie vidy 28-31: Materialy vsrossijskoj molodezhnoj konferencii «Biospeleologija Kavkaza i drugih rajonov Rossii» (IPJeJe RAN, g. Moskva, 3-4 dekabrja 2015 g.) / pod red. Turbanova I.S., k.b.n. Marina I.N., k.b.n. Gongal'skogo K.B. // Kostroma: Kostromskoj pechatnyj dom, 2015. 103 s.
8. Mazina S.E., Semikolennyh A.A. Formirovanie pochvopodobnyh tel na uchastkah iskusstvennogo osveshhenija v peshherah // Rol' pochv v biosfere i zhizni cheloveka: Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencija: K 100-letiju so dnja rozhdenija akademika G.V. Dobrovolskogo, k Mezhdunarodnomu godu pochv, 2015. S. 205 – 207.
9. Mazina S.E., Juzbekov A.K. Dinamika izmenenija vidovogo sostava soobshhestv lampovoj flory Voroncovskoj peshhery // Jekologicheskie sistemy i pribory. 2015. N11. S. 29 – 37.
10. Popova N.N. Redkie petrofil'nye mhi-kal'cefity v «Krasnyh knigah» srednej polosy Rossii // Vestnik TvGU Serija «Biologija i jekologija». 2015. N2. C. 104 – 120.
11. Praktikum po mikrobiologii / pod red. Netrusova A.I., 2005. 602 s.
12. Stepkin V.V. Peshhernye pamjatniki Srednedonskogo regiona // Iskusstvennye peshhery Srednego Dona, Sbornik statej. Vyp. 4. Moskva, 2004. S. 41 – 137
13. Tolmachev A.I. Vvedenie v geografiju rastenij. L.: izd-vo LGU, 1974. 244 s.
14. Sharipova M.Ju., Abdullin Sh.R. Al'gologicheskoe izuchenie jekotonov peshher // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2007. N6. S. 1017 – 1023.
15. Shitikov V.K., Rozenberg G.S., Zinchenko T.D. Kolichestvennaja gidrojekologija: metody sistemnoj identifikacii. Tol'jatti: IJeVB RAN, 2003. 463 s.
16. Encyclopedia Biospeleologica. Algae. Bucarest. 1994. Vol. 1. P. 371 – 380.
17. <http://www.algaebase.org> (data obrashhenija: 6.06.2016)
18. Lavoie K., Northup D., Boston P. Sight Unseen: Microbes in Caves. NSS News (March), 2000. R. 68 – 69.
19. Poulson T.L., White W.B. The Cave Environment // Scienc. 1969. Vol. 165. R. 971 – 981.
20. Reinoso F.J., Rodriguez O.J., Viera Benitez M.C. Precisions on the ecology and chorology of *Schistostega pennata* (Hedw.) Webb & Mohr // Iberian Peninsula. Lazaroa, 1994. Vol. 14. R. 13 – 19.
21. Stevens T.O., McKinley J.P. Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifers // Science. 1995. Vol. 270. R. 450 – 454.

*Mazina S.E., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.),  
Lomonosov Moscow State University,  
Popkova A.V., Postgraduate,  
Peoples' Friendship University of Russia,  
Abdullin Sh.R., Doctor of Biological Sciences (Advanced Doctor),  
Bashkir State University*

#### **PHOTOTROPHS RELIGIOUS CHALK CAVES OF DIVNOGORIE AND KOSTOMAROVO**

**Abstract:** the analysis of the species composition of phototrophic organisms in religious chalk caves Voronezh region is made. We studied two cave monastery, located in the hamlet Divnogorie and eight chalk cave in the village Kostomarovo. The study was conducted in 2011-2016 years in different seasons. The methods of direct microscopy and cultivation of phototrophs were applied. For the cultivation of algae and cyanobacteria the standard environment and the extract from the substrates was used. The study identified the species composition of phototrophic cavities analyzed flora of caves identified species having the highest occurrence and abundance. In contrast to the limestone cave, which is dominated by cyanobacteria, in the chalk caves, the largest number of species belonged to the green algae. Moss *Seligeria calcarea* and green alga *Chlorella vulgaris* and cyanobacteria dominated.

**Keywords:** phototrophs, chalk caves, religious caves, cyanobacteria, algae