

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Попковой Анны Владимировны на тему:  
«Экология сообществ обрастаний фототрофов в подземных полостях»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата биологических  
наук по специальности 03.02.08 – Экология (биология)

*Актуальность темы исследования.* Подземные местообитания, например, пещеры, гроты можно рассматривать как удобные модельные площадки для выявления пределов толерантности у различных видов живых организмов. Наиболее интересными и важными представляются исследования морфофизиологических характеристик фототрофных организмов, обитающих в пещерах с различной степенью лимита освещенности. Известно, что колонизация субстратов цианобактериями, водорослями и мохообразными, в основном, приурочена к входной зоне, где количество фотонных потоков намного выше, чем в глубинных участках пещеры. Важно отметить, что в настоящее время многие подземные полости используются в качестве туристических объектов, что, в свою очередь, сопровождается их оборудованием для экскурсий и установкой источников искусственного освещения, а как следствие, биотопы пещер при этом меняются. В пещерах происходит развитие ламповой флоры, которая приводит не только к разрушению натечных образований, но и к трансформации олиготрофных экосистем пещер, а соответственно, к появлению новых источников органического вещества. Прежде всего, актуальность данной темы обусловлена необходимостью изучения частично изолированных подземных экосистем. Таких работ крайне мало. Во-вторых, это важно для изучения адаптации различных видов фототрофов к уникальным условиям карстовых пещер, а это важно для понимания экологической амплитуды фототрофных организмов и сохранения биоразнообразия.

*Научная новизна диссертационного исследования.* В работе впервые получены данные о биоразнообразии фототрофных сообществ некоторых

пещер России, Абхазии и Молдовы. Показаны особенности распространения фототрофов различных пещер в зависимости от морфологии и генезиса её полостей. Дана оценка эколого-физиологических особенностей видов доминатов, выявлены их температурные оптимумы и возможность ассимилировать органические вещества.

*Практическая значимость диссертационного исследования.* Полученные результаты имеют прикладное значение, заключающееся, прежде всего, в выявлении видов с широкой экологической амплитудой. Это может быть использовано на практике при решении ряда биотехнологических задач. Данные диссертации о флоре пещер могут служить основой эффективного менеджмента экскурсионными пещерами.

*Апробация результатов работы и публикации.* Результаты исследований и основные положения, выносимые на защиту, успешно доложены А.В.Попковой на международных и всероссийских конференциях. Автором опубликована 21 научная работа, в том числе - 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, а также - 4 статьи в изданиях, включенных в мировые базы научного цитирования (Scopus).

*Структура и объем диссертации.* Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и 15 приложений. Научное исследование изложено на 260 страницах компьютерного текста, содержит 38 таблиц, 156 рисунков. Список использованной литературы состоит из 317 источников, в том числе 263 иностранных.

*Основное содержание диссертации.* Во введении показана актуальность темы, описаны цели и задачи исследования, а также научная новизна и практическая значимость. Сформулированы положения, выносимые на защиту. Приведены данные об апробации работы, структуре и объеме диссертации.

**Первая глава** «Экологические особенности видов, характерных для подземных полостей» представляет собой достаточно обширный обзор отечественной и зарубежной литературы. В главе описана специфика подземных местообитаний фототрофов. Представлены данные об особенностях

биоразнообразия сообществ пещер. Проанализирована особенность организмов, относящихся к различным функциональным группам организмов, обитающих в подземной среде. Не менее интересными являются представленные данные о морфологических и физиологических адаптациях фототрофов к условиям жизни в пещерах, а также изменениях, происходящих в их фотосинтетических аппаратах. Очень важной информацией является данные о миксотрофном питании.

**Вторая глава** «Объекты и методы исследования» дает подробную информацию об исследованных пещерах, расположенных в различных регионах страны и заложенных в различных породах. Представлены материалы о географическом положении полостей, а также карты-схемы с указанием точек отбора проб. Приведена информация о микроклиматических параметрах и особенностях субстратов исследованных объектов. Описан комплекс методов, использованных в ходе проведения диссертационной работы.

**Третья глава** «Биоразнообразие сообществ обрастаний фототрофов подземных полостей» посвящена выявлению состава и структуры исследованных сообществ. Автором проведен детальный таксономический анализ и оценка биоразнообразия. Исследовано влияние микроклиматических параметров на биоразнообразие фототрофных сообществ. Проведенные расчеты позволили выявить слабую положительную корреляцию между влажностью воздуха и биоразнообразием фототрофов, обитающих в пещерах.

В **четвертой главе** «Сравнительный анализ сообществ обрастаний фототрофов подземных полостей» представлены результаты исследований об особенностях распространения отдельных таксономических групп в пещерах различной морфологии, генезиса и географической принадлежности. Автором показано, что в таксономической структуре некоторых меловых пещер преобладают зеленые водоросли, а в остальных полостях – цианобактерии. Кластерный анализ данных, полученных при анализе пещер гротового типа (на основе встречаемости видов) позволил А.В.Попковой выявить различия, связанные с географическим положением пещер. Кроме того, в этой главе автор

достаточно подробно описал сравнение сообществ фототрофов входной и ламповой зон пещер. В качестве модельных объектов были взяты экскурсионные пещеры, такие как Новоафонская и Ахштырская. Расчет индекса Жаккара выявил высокое сходство сообществ из разных зон пещеры Ахштырская ( $I_{jc} = 0,96$ ). В Новоафонской же пещере, напротив, было отмечено различие между сообществами ламповой флоры и сообществами естественного входа ( $I_{jc} = 0,14$ ). Это явление достаточно логично объясняется автором наличием нескольких независимых путей заноса видов в разные участки пещерной полости.

В пятой главе «Межвидовые взаимодействия в сообществах обрастаний фототрофов и экофизиологические особенности видов доминантов» приведены результаты экспериментальных исследований. Проанализированы вероятности антибиоза и кооперации между фототрофами и микромицетами, которые также являются частью сообществ пещер. Выявлены температурные оптимумы видов-доминантов. Установлено, что глюкоза, мальтоза, глицерин, малат, ацетат, сахароза стимулируют рост штаммов видов-доминантов *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus bacillaris*, *Leptolyngbya foveolaria*, *Scytonema drilosiphon*, что дает преимущества выживания видов в условиях стресса, связанных с длительными периодами недостатка освещения.

Выводы диссертации полностью соответствуют задачам и полученным результатам. Применённая обработка данных с помощью статистических методов подтверждает обоснованность выводов.

Корреляционный и кластерный анализы проводились в программных пакетах «Statistica», «SPSS Statistics» и «Excel».

В приложениях приведены данные о биоразнообразии сообществ фототрофов исследованных пещер.

Автореферат соответствует содержанию диссертационного исследования и отражает основные положения, выносимые на защиту. Следует отметить высокий научный уровень диссертации.

Наряду с отмеченными достоинствами настоящей работы, хотелось бы отметить и некоторые погрешности:

- На мой взгляд, во введении (при первом упоминании латинских названий видов) следовало бы указать полные названия исследуемых объектов с указанием авторов, описавших их впервые. К счастью, к последующим главам это замечание не относится, поскольку автор правильно указал все названия.

- В разделе о практической значимости работы указано, что «Выделение организмов с широкой экологической амплитудой, а также убиквистов, космополитов, способных к миксотрофии является базой для создания алгоритма подбора микроорганизмов для создания биопрепаратов с целью ремедиации деградированных земель». К сожалению, в работе эта тема раскрыта недостаточно.

- В разделе 2.3.4 представлены интересные результаты экспериментов по определению температурных оптимумов фототрофных видов, выделенных из пещер. Однако, в тексте диссертации не приведены прогнозы, как могут измениться кривые толерантности в условиях изменения климатических условий, что является очень важным аспектом при использовании этих видов.

- Автором проанализированы вероятности реализации антибиоза и кооперации между штаммами *Leptolyngbya foveolaria* и *Penicillium chrysogenum*, *Sporotrichum pruinosum*, *Penicillium purpurogenum*; *Chlorella vulgaris* и *Penicillium chrysogenum*; *Nostoc punctiforme* и *Penicillium chrysogenum*, *Sporotrichum pruinosum*, *Penicillium purpurogenum*, но при этом, из текста не совсем ясно, какое практическое значение имеют полученные данные о межвидовых взаимодействиях между микромицетами и водорослями.

- В подписи к рисунку 3.33 пропущено слово «поток»

Хотелось бы подчеркнуть, что все приведенные замечания имеют лишь частный характер и не могут повлиять на общую высокую оценку диссертации А.В. Попковой.

## Заключение

После детального анализа исследования А.В. Попковой, можно сделать вывод о том, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, содержащей значимые научные результаты по актуальной и своевременной теме – экологии сообществ фототрофовных организмов подземных местообитаний.

Основные выводы диссертации полностью соответствуют поставленным задачам.

Полученные в работе данные можно рекомендовать для использования, при разработке планов по эксплуатации пещер, в частности, в качестве экскурсионных объектов.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата биологических наук, а ее автор – Попкова Анна Владимировна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Официальный оппонент

доктор биологических наук по специальностям 03.00.05 - ботаника, 03.00.12 - физиология растений, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный психолого-педагогический университет», профессор факультета социальной коммуникации, ул. Сретенка 29, Москва, 123290, Тел.8 985 480 08 99, Email. dr.kamnev@mail.ru

«24» 08 2021 г.



/ А.Н. Камнев /  
Александр  
Николаевич  
Камнев

Анн Верно  
Регулярно встречается  
покаран  
в стенах по работе  
с персоналом  
Туз / Руденков