

## 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 диссертации обусловлена уникальностью экосистем подземных полостей и их высоким потенциалом для науки. Подземные местообитания отличаются относительной географической изоляцией и экстремальностью условий среды, в частности ограниченностью света и органических веществ. Внутренние условия и ресурсы пещер варьируют: для каждой зоны характерны специфические физико-химические условия – наличие источников освещения, температура, влажность, доступность воды, пористость и проницаемость субстрата, газовый состав атмосферы. Помимо этого входные участки подземных полостей можно рассматривать как переходные между поверхностными и подземными экосистемами. Вышеперечисленные факты обуславливают особый интерес к исследованию биоты пещер для изучения эволюционных процессов биосферы, протекающих в условиях темноты и относительной изоляции. Особенности формирования подземных сообществ предполагают наличие уникальных адаптаций у населяющих их видов, которые являются важным звеном в сохранении биоразнообразия планеты. Подобных всеобъемлющих исследований не проводилось, за исключением отдельных инвентаризаций. Диссертация Попковой А.В. посвящена изучению биологического разнообразия и особенностей экологических связей в сообществах фототрофов пещер, установлению пределов толерантности доминантных видов в пещерах Республики Абхазия, Республики Молдова и Российской Федерации (на примере Воронежской области).

**Новизна работы** связана, прежде всего, с тем, что комплексные экологические исследования некоторых пещер (Голова Отапа, Аняшка и подземных келий Старого Орхея, и грота Симона Кананита) были проведены впервые. Описаны сообщества пещер-источников, выделены типы сообществ, приуроченные к основным местообитаниям входных зон пещер,

установлены пределы толерантности для видов-доминантов по отношению к температурному фактору, межвидовые взаимодействия между микромицетами и водорослями или цианобактериями пещер.

**Практическая значимость** работы заключается в особой важности данного исследования для оптимизации путей восстановления пещер, нарушенных в результате антропогенного воздействия. Полученные автором данные об экологических особенностях видов зеленых водорослей и цианобактерий могут быть использованы для создания биопрепаратов с целью ремедиации деградированных земель.

**Апробация результатов работы и публикации.** Результаты исследований докладывались на международных конференциях России и Европы. По результатам работы опубликован 21 научный труд, в том числе 3 статьи – в изданиях, рекомендованных ВАК, а также 4 статьи – в изданиях, включенных в мировые базы научного цитирования.

**Объем и структура диссертации.** Рецензируемая диссертационная работа Попковой А.В. состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и 15 приложений. Работа изложена на 260 страницах компьютерного текста, содержит 38 таблиц, 156 рисунков.

**Основное содержание диссертации.** Во введении раскрывается актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, заключающиеся в следующем:

1) выявление состава и структуры сообществ обрастаний фототрофов входной зоны в меловых пещерах Воронежской области, известняковых пещерах Молдавии и Абхазии, Краснодарского края, а также сообществ ламповой флоры пещер Абхазии и Краснодарского края;

2) сравнительный анализ сообществ обрастаний фототрофов в экскурсионных пещерах Ахштырская и Новоафонская им. Г.Ш. Смыр;

3) выявление межвидовых взаимодействий в сообществах обрастаний пещер;

4) определение пределов толерантности выделенных видов-доминантов фототрофов по отношению к температурному фактору;

5) установление способности штаммов зеленых водорослей и цианобактерий, выделенных из подземных полостей, к миксотрофному типу питания на примере *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus bacillaris*, *Leptolyngbya foveolaria*, *Scytonema drilosiphon*.

В первой главе автором представлен обзор литературы по теме диссертации, охарактеризованы экологические условия подземных полостей, их ресурсы и биоразнообразие как фототрофной, так и гетеротрофной компоненты. Особое внимание уделено адаптациям фототрофов к условиям подземных местообитаний. Достоинством обзора можно считать широкий охват как отечественных, так и зарубежных исследований. Автор знаком с современными источниками и классическими работами по освещаемой тематике.

Вторая глава содержит подробную информацию об исследованных объектах с достаточным количеством иллюстративного материала. Дано описание методов натурных исследований и экспериментов. В заключении главы приведен обобщающий алгоритм исследования, что значительно облегчает восприятие материала.

Третья глава отведена для таксономического анализа сообществ обрастаний фототрофов пещер и оценке биоразнообразия сообществ исследованных полостей. Рассчитаны индексы биоразнообразия Шеннона и Симпсона для сообществ фототрофов, проведен корреляционный анализ зависимости видового разнообразия от температуры, влажности, концентрации CO<sub>2</sub> пещер.

В четвертой главе приведены результаты сравнительного таксономического анализа сообществ исследованных объектов. На основе встречаемости видов проведен кластерный анализ сообществ фототрофов из пещер гротового типа, исследованных автором, и сходных по морфологии пещер Европы. Проанализировано сходство сообществ обрастаний фототрофов, развивающихся в зонах искусственного и естественного освещения, в экскурсионных пещерах Ахштырская и Новоафонская имени Г.Ш. Смыр.

В пятой главе изучены межвидовые взаимодействия между водорослями / цианобактериями и микромицетами, выделенными из

сообществ обрастаний пещер. Выявлены пары штаммов, в которых реализуется кооперация или антибиоз. Определена вероятность вариантов межвидовых взаимодействий между штаммами *Chlorella vulgaris*, *Leptolyngbya foveolaria*, *Nostoc punctiforme* и микромицетами, выделенными из сообществ одной пещеры и сообществ пещер различных регионов. Попковой А.В. проанализированы 273 пары «микромицеты-водоросли». Определены температурные оптимумы и экстремумы фототрофных видов, выделенных из пещер. Установлено влияние органических веществ на рост водорослей и цианобактерий. В результате эксперимента выявлено, что глюкоза, мальтоза, глицерин, малат, ацетат, сахароза стимулируют рост некоторых штаммов. Наибольший эффект зафиксирован для глюкозы и сахарозы.

**Заключение** представлено в форме выводов. Они соответствуют задачам работы, которая характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью.

В приложениях приведены данные о биоразнообразии сообществ фототрофов исследованных пещер.

Список использованной литературы (317 источников, в том числе 263 иностранных) достаточен для полноценного анализа рассматриваемой в диссертации проблемы и в целом корректно оформлен.

Следует отметить высокий научный уровень и степень проработки практических аспектов диссертации. Однако, при анализе работы, выполненной Попковой А.В. возникли некоторые замечания и вопросы.

1. При определении биоразнообразия фототрофов в изучаемых подземных полостях все сводится, в основном, к констатации фактов, и мало внимания уделяется причинам, вызвавшим его, что дополнило бы экологическую составляющую исследования.

2. Автором отмечено, что у штаммов, выделенных из подземных местообитаний, зона оптимума по отношению к температурному фактору шире, чем у поверхностных, но не сделано предположений о причинах.

3. Диссертация Попковой А.В. имеет большой практический потенциал. Однако этому вопросу следовало уделить большее внимание.

4. В пятом выводе «Для штаммов доминирующих видов *Chlorella vulgaris*, *Stichococcus bacillaris*, *Leptolyngbya foveolaria*, *Scytonema drilosiphon* при культивировании без освещения, присутствие глюкозы и сахарозы увеличивает скорость роста» пропущено слово «удельной». Судя по содержанию работы, речь идет именно об удельной скорости роста.

5. На рисунках 5.37-5.40 отсутствуют примечания с расшифровкой сокращений («...К\_тень...» - по видимому, это контрольные образцы, которые были экспонированы в отсутствие источников освещения).

6. Замечания исключительно редакторского характера и опечатки (например, стр.10 «... на основе полученных результатов было подготовлено и опубликовано 21 научный труд ...»).

Сделанные замечания вызваны научным интересом и ни в коей мере не меняют сути защищаемых автором научных положений и не снижают достоинств диссертационной работы Попковой А.В., вследствие чего не могут существенно отразиться на общей положительной оценке работы.

#### **Заключение по представленной диссертации**

Полученные Попковой А.В. результаты актуальны, обоснованы и их значение для теории и практики полностью отвечает современным требованиям. Как следует из представленной работы, диссертант реализовал комплексный экологический анализ пещерных сообществ в природных и рукотворных пещерах. Широкий географический охват позволил получить интересные и при этом объективные данные, что можно рассматривать, как новые научные результаты. Работа представляет высокую научную значимость в рамках экологии организмов, факториальной экологии и экологии сообществ.

Автореферат лаконично отражает основные положения и результаты диссертации.

Следует отметить высокую вовлеченность автора диссертации в процесс исследования: личный отбор материалов, разработку и проведение экспериментов, обработку и интерпретацию результатов.

Диссертационная работа Попковой Анны Владимировны представляет собой значимое, цельное научное исследование и вносит вклад в

комплексные исследования экологии сообществ подземных полостей, недостаточно изученных до настоящего времени. Диссертация соответствует требованиям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор – Попкова Анна Владимировна – вполне заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.08 – экология (биология).

Официальный оппонент:

доктор биологических наук по специальности 03.02.08 – экология, доцент, ведущий научный сотрудник Научно-образовательной лаборатории «Перспективных технологий» ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, мобильный тел. 89096613318, электронная почта: m.larionow2014@yandex.ru.

18.08.2021 г.

М.В. Ларионов

Сведения об учреждении:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева), 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49, тел. 8(499)976-04-80, info@rgau-msha.ru, <https://www.timacad.ru>.

*Подпись М.В. Ларионова*  
*удостоверяю*  
*руководитель службы кадровой политики*  
*и приема персонала*

