

Заключение

объединенного диссертационного совета 99.2.028.02, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.06.2026 г. № 3

О присуждении Сачавскому Александру Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Управляемое культивирование сообществ метанооксилюющих микроорганизмов» по специальности 1.5.6. Биотехнология принята к защите 23.04.2026 г. (протокол заседания № 2) объединенным диссертационным советом 99.2.028.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68, федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18; совет утвержден приказом Минобрнауки России № 937/нк от 14.07.2016 г. (приказом Минобрнауки России №561/нк от 3.06.2021 г., диссертационному совету 99.2.028.02 установлены полномочия по защитах диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на срок действия номенклатуры научных специальностей).

Соискатель Сачавский Александр Александрович, 30.08.1997 года рождения, в 2021 году окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». В 2025 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Работает в должности ведущего инженера ООО "НПЦ "Акрон инжиниринг".

Диссертация выполнена на кафедре биотехнологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Калёнов Сергей Владимирович, профессор кафедры биотехнологии ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

– **Дедыш Светлана Николаевна**, доктор биологических наук, федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук», главный научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярной экологии и филогеномики бактерий Института микробиологии им. С.Н. Виноградского;

– **Кригер Ольга Владимировна**, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», профессор факультета биотехнологий,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» (ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»), г. Красноярск, в своем положительном отзыве, утвержденном проректором по учебной работе ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» Гуцом Денисом Сергеевичем, подготовленном и подписанном Воловой Татьяной Григорьевной, доктором биологических наук, профессором, заведующим базовой

кафедрой биотехнологии ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и Прудниковой Светланой Владиславной, доктором биологических наук, доцентом, профессором той же кафедры, указала, что в диссертационной работе Сачавского Александра Александровича разработаны методы конструирования синтетических метанотрофных сообществ и технологические режимы их управляемого культивирования для получения биомассы с высоким содержанием белка и полигидроксibuтирата. Выявленные закономерности влияния состава питательной среды и газовой фазы на продуктивность синтетических сообществ вносят вклад в понимание метаболической гибкости метаноокисляющих микроорганизмов и их ассоциаций. Предложенный подход к конструированию сообществ, основанный на количественной оценке парных взаимодействий, развивает методологию направленного формирования метанотрофных композиций с прогнозируемыми свойствами. Разработаны технологические схемы получения биомассы на основе синтетических метанотрофных сообществ, ориентированные на производство высокобелкового кормового продукта и сырья для выделения биоразлагаемого полимера (полигидроксibuтирата). Экспериментально обоснована возможность длительного непрерывного культивирования таких сообществ в нестерильных условиях с использованием технического метана, что создаёт предпосылки для снижения капитальных и эксплуатационных затрат при масштабировании. Результаты предварительного технико-экономического анализа подтверждают конкурентоспособность предложенных решений. Выявленная способность метанотрофов к фотоиндуцированному биосинтезу наночастиц серебра может быть использована в качестве экспресс-индикатора физиологического состояния культур в процессе их выращивания, а также для «зелёного» синтеза наноматериалов с антимикробными свойствами. Результаты диссертационной работы внедрены в лабораторную практику, что подтверждено соответствующими документами, а разработанный алгоритм создания синтетических метанотрофных сообществ защищён в качестве ноу-хау. Материалы, представленные в работе, по своей актуальности, новизне, теоретической и практической значимости, объёму

выполненных исследований соответствуют требованиям паспорта специальности 1.5.6. Биотехнология. Диссертация Сачавского Александра Александровича на тему «Управляемое культивирование сообществ метаноокисляющих микроорганизмов» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено научно обоснованное технологическое решение по внедрению на стадии подготовки посевного материала метода конструирования синтетических метанотрофных сообществ и оптимизации режимов их управляемого культивирования, имеющее важное значение для эффективной биоконверсии метана в бактериальную биомассу с высоким содержанием белка и полигидроксibuтирата. Диссертация отвечает критериям, установленным в пунктах 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 3 статьи с общим объемом 31 страница текста в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, а также в изданиях, индексируемых в международных базах данных и системах цитирования Web of Science и Scopus, 4 статьи в журналах, входящих в базу данных РИНЦ, 9 публикаций в сборниках материалов и тезисов Международных и Всероссийских научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения о работах, опубликованных соискателем ученой степени, заимствованный материал без ссылки на автора и/или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных Сачавским А.А. в соавторстве, без ссылок на своих соавторов. Авторский вклад соискателя составляет примерно 75 %.

Наиболее значимые работы соискателя:

1. Сачавский А.А. Фотоиндуцированный биосинтез и антимикробная

активность наночастиц серебра, синтезированных с использованием метанотрофных бактерий / А.А. Сачавский, А.С. Решетова, А.А. Кузьмицкая, А.Н. Морозов, С.В. Калёнов, В.В. Сорокин, Д.А. Складнев // Химическая промышленность сегодня. – 2026. – № 1. – С. 63-71. (№ 3011 из Перечня рецензируемых научных изданий (на 11.02.2026 г.); K2 – согласно рекомендации ВАК при Минобрнауки России от 8.12.2023 г. №3-пл/1).

2. Сачавский А.А. Оптимизация роста смешанного метанооксиляющего сообщества на основе бактерий рода *Methylosinus* / А.А. Сачавский, Е.И. Остер, А.С. Иванов, М.Д. Миронова, С.В. Калёнов // Бутлеровские сообщения. – 2025. – Т. 81. – № 2. – С. 106-116. (№ 341 из Перечня рецензируемых научных изданий (на 11.02.2026 г.); K2 – согласно рекомендации ВАК при Минобрнауки России от 8.12.2023 г. №3-пл/1).

3. Sachavskii A.A. Investigation of the role of satellite microorganisms in the functioning of methanotrophic communities / A.A. Sachavskii, M.V. Romanova, N.A. Suyasov, A.S. Reshetova, A.D. Bezyaeva, S.V. Kalenov // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2025. – Vol. 61. – № 8. – P. 1540-1552 (согласно международной классификации – WoS; Scopus (Q3); K1 – согласно рекомендации ВАК при Минобрнауки России от 08.12.2023 г., №31/1-разн).

На автореферат диссертации поступили отзывы от: доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой прикладной биотехнологии, главного научного сотрудника НИЛ пищевой и промышленной биотехнологии ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет» **Лодыгина А.Д.**; доктора биологических наук, профессора, и.о. заведующего лабораторией физико-химической и экологической патофизиологии ФГБНУ «Научно-исследовательский институт общей патологии и патофизиологии» **Карганова М.Ю.**; доктора биологических наук, профессора кафедры пищевых технологий ФГБОУ ВО «Донской государственной аграрный университет» **Алексеева А.Л.**; кандидата химических наук, доцента, доцента кафедры биотехнологии и промышленной фармации ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» **Пшеничниковой А.Б.** Все отзывы **положительные**. Имеются

замечания: 1. в разделе 4, с. 17 не указан период расчета технико-экономических показателей разработанной технологии (**Лодыгин А.Д.**); 1. В работе показана стабильность синтетических сообществ при непрерывном культивировании в течение 21 суток. Однако для промышленного процесса данный срок является скорее минимальным подтверждением устойчивости. Было бы полезно уточнить, какие именно факторы приводили к снижению стабильности при более длительном культивировании: изменение состава сообщества, накопление ингибирующих метаболитов или контаминация посторонней микрофлорой. 2. Раздел, посвященный биосинтезу наночастиц серебра, представляет интерес, но его связь с основной темой диссертации – управляемым культивированием метанооксиляющих сообществ для получения белка и ПГБ – могла бы быть обозначена более четко. В частности, следовало бы подробнее обосновать, является ли данный феномен самостоятельным направлением применения метанотрофов или вспомогательным инструментом оценки физиологического состояния культур (**Карганов М.Ю.**); 1. В автореферате недостаточно подробно раскрыты вопросы биобезопасности конечной высокобелковой биомассы с учетом присутствия в составе синтетического сообщества неметанотрофных спутников. Для потенциального кормового применения данный аспект представляет существенный практический интерес (**Пшеничникова А.Б.**).

Выбор официальных оппонентов обоснован их научными достижениями в областях, связанных с тематикой диссертации: изучением разнообразия и экологии метанотрофных бактерий, разработкой методов их культивирования и выделения; анализом микробных сообществ, ассоциированных с метанотрофами, и их синтрофных взаимодействий; выявлением новых видов метанотрофов и исследованием их биотехнологического потенциала, включая продукцию ценных метаболитов, наличием публикаций в ведущих рецензируемых российских и международных научных журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России и международные реферативные базы данных и системы цитирования, а также их компетенцией в области биотехнологии для определения научной новизны и практической значимости диссертационного исследования.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», в лице сотрудников кафедры базовой биотехнологии, известна своими работами в области биотехнологии, включая фундаментальные исследования синтеза, свойств и применения разрушаемых полимеров микробного происхождения, а также в области разработки и характеристики полимерных наночастиц для биомедицинских и технических целей, результаты которых отражены в публикациях сотрудников в российских и зарубежных научных изданиях.

Диссертационный совет 99.2.028.02 отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

- *выделены* изоляты и *идентифицированы* метаноокисляющие бактерии и их неметанотрофные спутники, перспективный штамм-продуцент *Methylococcus capsulatus* KS-24 депонирован в коллекции UNIQEM под регистрационным номером UQM 42109;

- *выявлены* закономерности стимулирующего влияния бактерий-спутников на рост метанотрофов, на основе чего разработан новый метод направленного конструирования трёхкомпонентных метанотрофных сообществ, обладающих повышенными ростовыми характеристиками по сравнению с чистыми и накопительными культурами;

- *определены* оптимальные составы питательных сред и параметры культивирования сконструированных микробных сообществ, позволяющие увеличить накопление биомассы, а также биосинтез белка либо полигидроксibuтирата;

- *продемонстрирована* способность сконструированных микробных сообществ к внеклеточному биосинтезу наночастиц серебра в условиях фотоиндукции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- *расширены* фундаментальные знания о физиологии метанотрофов и их взаимодействии с гетеротрофными спутниками;

- дополнены представления о возможности направленного конструирования и управляемого культивирования метанотрофных ассоциаций.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработана технология непрерывного культивирования синтетического метанотрофного микробного сообщества в нестерильных условиях на техническом метане, обеспечивающая высокие показатели продуктивности по биомассе и содержанию в ней сырого протеина со снижением себестоимости готового продукта по сравнению с аналогом (биомасса *Methylococcus capsulatus* ВСБ-874);

- разработана биотехнология получения биомассы синтетического метанотрофного микробного сообщества с высоким содержанием полигидроксибутирата;

- показана способность метанотрофов в условиях фотоиндукции к внеклеточному биосинтезу наночастиц серебра, обладающих антимикробной активностью, что открывает перспективы использования метанотрофных культур в «зелёных» технологиях получения наноматериалов;

- разработан и утвержден лабораторный регламент на процесс получения биомассы *Methylococcus capsulatus* в составе синтетического метанооксиляющего сообщества.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность результатов обеспечена применением комплекса современных микробиологических, молекулярно-биологических и аналитических методов, а также достаточной повторностью экспериментов (не менее трёх биологических и аналитических повторностей) и воспроизводимостью их результатов;

- использование математических методов для статистической обработки полученных результатов с применением специализированного программного обеспечения (Statistica 12).

Все указанное подтверждает **достоверность и обоснованность** полученных результатов и сделанных на их основе выводов.

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном выполнении всех экспериментальных работ, включая получение накопительных культур из природных образцов, выделение и идентификацию метанотрофных и неметанотрофных микроорганизмов, конструирование синтетических сообществ, оптимизацию составов питательных сред и параметров культивирования, проведение экспериментов по периодическому и непрерывному культивированию, исследование биосинтеза наночастиц серебра; в обработке, статистическом анализе и обобщении полученных данных. Соискатель принимал участие в постановке цели и задач исследования, анализе данных, формулировке выводов, в подготовке публикаций и представлении результатов на Всероссийских и Международных научных конференциях.

По своему содержанию диссертационная работа соответствует паспорту специальности 1.5.6. Биотехнология: пункту 2 в части «Оптимизация процессов биосинтеза»; пункту 3 в части «Изучение и разработка технологических режимов выращивания микроорганизмов-продуцентов для получения биомассы, продуктов метаболизма, направленного биосинтеза биологически активных соединений», «создание эффективных композиций биопрепаратов и разработка способов их применения».

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования.

Разработанные в диссертации методы направленного конструирования синтетических метанотрофных сообществ и оптимизированные режимы их управляемого культивирования для получения биомассы с высоким содержанием белка либо полигидроксibuтирата могут быть использованы в научно-исследовательских организациях, занимающихся биоконверсией метана и разработкой экологически безопасных биотехнологий, а также на предприятиях микробиологической промышленности, производящих кормовые белки и биоразлагаемые полимеры. Результаты диссертационной работы могут быть внедрены в образовательный процесс высших учебных заведений при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Биотехнология» и «Микробиология»,

например, в ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

В ходе защиты диссертации не было высказано принципиальных критических замечаний. Сачавский Александр Александрович исчерпывающе ответил на вопросы, заданные ему в ходе заседания.

Диссертационным советом сделан вывод, что рассматриваемая диссертация является научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 24.06.2026 г. объединенный диссертационный совет 99.2.028.02 принял решение: за разработку научно обоснованных технологий создания и управляемого культивирования синтетических метанотрофных сообществ для получения биомассы с высоким содержанием белка либо полигидроксibuтирата, имеющих значение для развития биотехнологии, присудить Сачавскому Александру Александровичу учёную степень кандидата технических наук по специальности 1.5.6. Биотехнология.

При проведении тайного голосования объединенный диссертационный совет 99.2.028.02 в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.5.6. Биотехнология (технические науки), участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель диссертационного
совета 99.2.028.02

Ученый секретарь диссертационного
совета 99.2.028.02

24.06.2026 г.



 Д.Р. Хабибрахманова