ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
**«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
ОСНОВЫ БИОТЕХНОЛОГИИ»**
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

119071, Москва, Ленинский пр-т, д. 33, стр. 2
Тел. +7 (495) 954-52-83, факс (495) 954-27-32
www.fbras.ru, info@fbras.ru

22 ИЮЛ 2026 № 85-01.19/855

На № от

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ Биотехнологии РАН

д.б.н. Федоров А.Н.

«24» июля 2026 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) по диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук на тему «Разработка биогидрометаллургических подходов переработки природного и антропогенного сырья», выполненной Колосовым Александром Владимировичем по научной специальности 1.5.6. Биотехнология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук (далее – диссертация, диссертационное исследование) на тему «Разработка биогидрометаллургических подходов переработки природного и антропогенного сырья», выполненная Колосовым Александром Владимировичем по научной специальности 1.5.6. Биотехнология подготовлена в Федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) в лаборатории хемолитотрофных микроорганизмов.

Колосов А.В. в 2022 году успешно окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по направлению подготовки 19.04.01 «Биотехнология», присвоена квалификация «Магистр». В период с 2022 по 2026 гг. Александр Владимирович обучался в очной аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН).

В 2026 году Колосов А.В. успешно окончил аспирантуру Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) по научной специальности 1.5.6. Биотехнология.

В период подготовки диссертации в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) Колосов А.В. активно участвовал в научных и научно-практических конференциях и конгрессах, а также занимал должность младшего научного сотрудника в лаборатории хемолитотрофных

микроорганизмов и группе микробных биотехнологий центра метагеномики и инженерии микробных сообществ (ЦМИМС).

Научный руководитель – заведующий лабораторией хемолитотрофных микроорганизмов Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН), кандидат биологических наук, Булаев Александр Генрихович.

По результатам работы Колосова Александра при подготовке диссертации в аспирантуре Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) и результатам прохождения итоговой аттестации подготовлено следующее заключение по диссертации:

Актуальность проблемы диссертационного исследования.

Развитие биогидрометаллургических подходов является актуальным вопросом, так как необходима разработка новых технологий для переработки различных типов сырья, а также для преодоления недостатков существующих биотехнологий. В частности, биогидрометаллургическая переработка сульфидных концентратов требует длительного времени по сравнению с конкурирующими технологиями, кроме того, при проведении биоокисления сульфидных концентратов используются относительно невысокие плотности пульпы — гетерогенной системы, состоящей из измельченных частиц минералов в выщелачивающем растворе. Поэтому биогидрометаллургические процессы обеспечивают низкую удельную производительность и требуют большого рабочего объема реакторов биоокисления. Кроме того, несмотря на успешное промышленное применение технологий биоокисления сульфидных концентратов, биогидрометаллургические технологии используются на практике для переработки ограниченного перечня минерального сырья. Таким образом, актуальными направлениями для развития биогидрометаллургии является разработка подходов для интенсификации процессов биоокисления, а также вовлечения в переработку новых типов сырья, в том числе электронного лома, что, в свою очередь, требует разработки новых технологических схем процесса. Данная диссертация, посвященная биогидрометаллургической переработке золотосодержащего пирит-арсенопиритного концентрата, сульфидного полиметаллического концентрата, а также таких антропогенных отходов, как отходы измельчения печатных компьютерных плат и хвостов флотационного обогащения, содержащих пирит, представляет собой актуальное и значимое научное исследование, которое может новые технологические подходы в области биогидрометаллургии.

Личное участие автора диссертации в получении результатов, изложенных в диссертации.

Данные, представленные в данной работе, были получены лично автором или при его непосредственном участии на всех этапах проведения работы: планировании, экспериментов и лабораторных испытаний, сборе и обработке данных, оформлении результатов и подготовке публикаций.

Степень достоверности результатов, проведенных автором диссертации исследований, их научная новизна и практическая значимость.

Научную новизну составляют следующие выявленные в работе факты:

1. Показано, что использование дополнительного источника углерода (диоксида углерода) при биоокислении медно-цинкового концентрата и упорного пирит-арсенопиритного золотосодержащего концентрата позволяет повысить скорость процесса биоокисления. Изучены сопутствующие изменения состава сообщества ацидофильных микроорганизмов в ходе процесса биоокисления медно-цинкового и упорного арсенопиритного концентратов, в зависимости от технологических параметров процесса (источник углерода, температура, плотность пульпы, время пребывания).

2. Показано негативное влияние измельченных плат на скорость роста и окисление двухвалентного железа ацидофильными микроорганизмами.

3. Предложены два варианта технологического процесса, в процессе изучения которых показана их принципиальная возможность биогидрометаллургической переработки данного типа сырья. Были выявлены ранее неизвестные эффекты измельченных печатных плат на сообщество микроорганизмов.

4. Показано влияние биокека пиритных хвостов флотации в роли биозагрузки на процесс окисления двухвалентного железа в растворах химического выщелачивания.

5. Показано влияние повторного использования растворов выщелачивания на процесс окисления двухвалентного железа в растворах химического выщелачивания.

Теоретическую и практическую значимость работы составляют разработанные принципиальные технологические подходы к повышению эффективности и стабильности существующих промышленных технологических процессов. Показано, что поддержание стабильного процесса окисления сульфидных минералов может снизить потребление серной кислоты в процессах биоокисления. Также были разработаны два технологических подхода для переработки измельченных печатных плат низкого качества, переработка которых традиционными способами экономически невыгодна и несет экологические риски. Также показа возможность вовлечения в оборот отходов обогащения, содержащих пирит, совместная переработка которых с отходами электроники позволит снизить нагрузку на хвостохранилища.

Ценность научных работ автора диссертации.

Работы автора диссертации опубликованы в 4 печатных рецензируемых научных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и систем цитирования, и соответствуют Перечню ВАК.

Соответствие диссертации требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Диссертация соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842: ссылки на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов в диссертации выполнены корректно, в диссертации отмечено, какие результаты научных работ, приведенных в диссертации, получены автором диссертации лично, а какие – в соавторстве.

Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует диссертация.

Тема и содержание диссертации соответствуют научной специальности 1.5.6. Биотехнологии и отрасли наук – Биологические науки.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором диссертации.

Материалы диссертации изложены в работах, опубликованных автором диссертации, достаточно полно. В частности, основные научные результаты диссертации отражены в 10 публикациях, включая 4 публикации в научных изданиях, входящих в перечень изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций в соответствии с п. 11, п. 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

Статьи

1. Bulaev, A.G., Artykova, A.V., Elkina, Y.A. A. V. **Kolosov, A. V.** Nechaeva, A. V. Beletski, V. V. Kadnikov, V. S. Melamud & A. V. Mardanov. Bioleaching of Copper-Zinc Concentrate at Different Temperatures//Microbiology. — 2024. — V. 93. — №. 6. — P. 826–836.
2. Bulaev, A., Artykova, A., Diubar, A., **Kolosoff, A.**, Melamud, V., Kolganova, T., Beletsky, A., Mardanov, A. Biooxidation of a Pyrite-Arsenopyrite Concentrate Under Stressful Conditions//Microorganisms. — 2024. — V. 12. — №. 12. — P. 2463.
3. Diubar A.M., Artykova A.V., **Kolosov A.V.**, Beletski A.V., Kadnikov V.V., Melamud V.S., Mardanov A.V., Bulaev A.G. Biooxidation of a refractory gold-bearing concentrate at decreased retention time. Microbiology. 2024. Т. 93. № S1. С. S121-S125.
4. **Kolosoff A.**, Melamud V., Bulaev A. Co-Bioleaching of Pyrite Flotation Tailings and Crushed Printed Circuit Boards //Molecules. — 2026. — V. 31. — №. 6. — P. 985.

Тезисы докладов

1. **Колосов А.В.** Переработка электронного лома (печатных плат) биотехнологическими методами // Сборник тезисов отчетной конференции аспирантов Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук (19–21 июня 2023 г.). М.: ВАШ ФОРМАТ, 2023. С. 127–129.
2. **Колосов А.В.** Определение оптимальных параметров одностадийного и двухстадийного выщелачивания отходов переработки электроники // Сборник тезисов отчетной конференции аспирантов Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук (18–20 июня 2024 г.). М.: Ваш Формат, 2024. С. 101–107.
3. **Колосов А.В.**, Меламуд В.С., Булаев А.Г. Переработка электронных отходов посредством двухстадийного биогидрометаллургического процесса // Сборник тезисов XXXVII зимней молодежной научной школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии». М.: Ин-т биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН, 2025. С. 100.
4. Дюбарь А.М., Булаев А.Г., Артыкова А.В., Елкина Ю.А., **Колосов А.В.**, Меламуд В.С., Нечаева А.В., Марданов А.В. Исследование микробных популяций при биоокислении упорного пирит-арсенопиритного концентрата в неблагоприятных условиях // Сборник тезисов XXXVII зимней молодежной научной школы «Перспективные направления физико-химической биологии и биотехнологии». М.: Ин-т биоорганической химии им. академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова РАН, 2025. С. 97.
5. Дюбарь А.М., Артыкова А.В., Елкина Ю.А., **Колосов А.В.**, Меламуд В.С., Нечаева А.В., Марданов А.В., Булаев А.Г. Исследование микробных популяций реакторов биоокисления упорного золотосодержащего концентрата // Сборник тезисов III Международной конференции «Геномика, метагеномика и молекулярная биология

микроорганизмов». М.: РУДН, 2024. С. 17–19.

6. **Колосов А.В.**, Дюбарь А.М., Булаев А.Г. Практические подходы переработки антропогенных отходов обогащения сульфидных руд и электронных отходов // Рациональное природопользование: наука, практика, образование: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, профессора А. В. Евсеева (Москва, МГУ, 5–6 февраля 2026 г.). М.: Изд-во Московского ун-та, 2026. С. 410–413.

Диссертация «Разработка биогидрометаллургических подходов переработки природного и антропогенного сырья», выполненная Колосовым Александром Владимировичем, является законченным самостоятельным научно-квалификационным исследованием, отвечает критериям, установленным к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук разделом II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по научной специальности 1.5.6. Биотехнология.

Заключение принято на заседании аттестационной комиссии по проведению итоговой аттестации аспирантов Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН) от «17» июля 2026 г.

На заседании присутствовало 9 человек,
в том числе 8 докторов наук, 1 кандидат наук.

Результаты открытого голосования:
«за» – 9 чел.,
«против» – 0 чел.,
«воздержавшихся» – 0 чел.,
протокол № 2 от «17» июля 2026 г.

Председатель аттестационной комиссии

Заведующий лабораторией
реликтовых микробных сообществ,
заместитель директора по научной работе,
д.б.н.
Пименов Н.В.

Ученый секретарь ФИЦ Биотехнологии РАН,
к.б.н.
Орловский А.Ф.

Федеральное государственное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии»
Российской академии наук» (ФИЦ Биотехнологии РАН)
119071, г. Москва, Ленинский проспект, д. 33, стр. 2
Тел.: 84959545283, e-mail: info@fbras.ru