

Идентификация и оценка активности гетеротрофных нитрифицирующих бактерий активного ила

© Кириллова¹⁺ Надежда Игоревна, Вдовина^{2*} Татьяна Владимировна,
Сироткин² Александр Семёнович

¹ Лаборатория молекулярно-генетических и микробиологических методов. ФИЦ КазНЦ РАН.
ул. Оренбургский тракт, 20а. г. Казань, 420059. Республика Татарстан. Россия.
Тел.: +7 (843) 277-82-74. E-mail: niiaxr2@mail.ru

² Кафедра промышленной биотехнологии. Казанский национальный исследовательский
технологический университет. ул. К. Маркса, 72. г. Казань, 420015. Республика Татарстан.
Россия. Тел.: +7 (843) 231-89-19.

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: гетеротрофная нитрификация, выделение бактерий, идентификация, гетеротрофные нитрифицирующие бактерии, активный ил.

Аннотация

Процесс биологического удаления азота на очистных сооружениях играет ключевую роль в предотвращении эвтрофикации природных водоёмов. Согласно современным исследованиям, помимо традиционной автотрофной нитрификации, существенную роль в биотрансформации соединений азота играют гетеротрофные аэробные нитрифицирующие бактерии. Эти микроорганизмы окисляют аммоний и другие формы азота, используя органические вещества в качестве источника энергии, а некоторые из них могут осуществлять аэробную денитрификацию, преобразуя аммоний непосредственно в газообразный азот. В ходе проведённых экспериментальных исследований было выделено 13 изолятов гетеротрофных бактерий, нитрифицирующая активность которых качественно подтверждена реакцией с реактивом Грисса. Описаны культурально-морфологические признаки изолятов гетеротрофных нитрифицирующих бактерий. Молекулярно-генетическая идентификация методом секвенирования гена 16s рРНК позволила определить видовую принадлежность изолятов. Идентифицированные чистые культуры депонированы для длительного хранения в коллекции лаборатории молекулярно-генетических и микробиологических методов ФИЦ КазНЦ РАН путем замораживания при температуре -80 °С. В процессе периодического культивирования штаммы *Brevibacillus nitrificans*, *Pseudochrobactum asaccharolyticum*, *Alcaligenes faecalis* и *Leucobacter aridicollis* характеризовались наибольшей аммонийокисляющей способностью и нитрифицирующей активностью с образованием продуктов нитрификации – нитрит- и нитрат-ионов. На основании экспериментальных исследований, данные штаммы рассматриваются как наиболее перспективные для реализации эффективной нитрификации в процессе очистки сточных вод. Полученные данные демонстрируют потенциал применения гетеротрофных нитрифицирующих бактерий в процессах биологической очистки сточных вод от соединений азота.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Кириллова Н.И., Вдовина Т.В., Сироткин А.С. Идентификация и оценка активности гетеротрофных нитрифицирующих бактерий активного ила. *Бутлеровские сообщения*. 2025. Т.83. №9. С.97-102.
DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Кириллова Н.И., Вдовина Т.В., Сироткин А.С. Идентификация и оценка активности гетеротрофных нитрифицирующих бактерий активного ила. *Бутлеровские сообщения* С. 2025. Т.11. №3. Id.21.
DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97/ROI-jbc-RC/25-11-3-21

The output for citing the English online version of the article:

Nadezhda I. Kirillova, Tatiana V. Vdovina, Alexander S. Sirotkin. Identification and activity evaluation of heterotrophic nitrifying bacteria of activated sludge. *Butlerov Communications* C. 2025. Vol.11. No.3. Id.21.
DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97/ROI-jbc-C/25-11-3-21

Литература

- [1] S. Duan, Y. Zhang, S. Zheng. Heterotrophic nitrifying bacteria in wastewater biological nitrogen removal systems: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. **2021**. P.2302-2338.
- [2] J. Guo, Y. Peng, S. Wang, B. Ma, et. al. Pathways and Organisms Involved in Ammonia Oxidation and Nitrous Oxide Emission. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. **2013**. Vol.43(21). P.2213-2296.
- [3] D.E. Holmes, Y. Dang, J.A. Smith. Nitrogen cycling during wastewater treatment. *Advances in Applied Microbiology*. **2019**. Vol.106. P.113-192.
- [4] Q. An, Y. Zhou, B. Zhao, X.L. Huang. Efficient ammonium removal through heterotrophic nitrification-aerobic denitrification by *Acinetobacterbaumannii* strain AL-6 in the presence of Cr(VI). *Journal of Bioscience and Bioengineering*. **2020**. Vol.130(6). P.622-629.
- [5] X. Lei, Y. Jia, Y. Chen, Y. Hu. Simultaneous nitrification and denitrification without nitrite accumulation by a novel isolated *Ochrobactrum anthropic* LJ81. *Bioresource Technology*. **2019**. Vol.272. P.442-450.
- [6] X. Zhang, S. Zheng, R. Wang. Effect of dissolved oxygen concentration (microaerobic and aerobic) on community structure and activity of culturable heterotrophic nitrifying bacteria in activated sludge. *Chemistry and Ecology*. **2020**. Vol.36(10). P.953-966.
- [7] Хабибуллина А.Р., Сибиева Л.М., Кобелева Й.В., Вдовина Т.В., Перушкина Е.В., Сироткин А.С. Анализ влияния факторов среды на биологическую дефосфатацию сточных вод. *Бутлеровские сообщения*. **2023**. Т.73. №1. С.129-134. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/23-73-1-129 [Aida R. Khabibullina, Liniza M. Sibieva, Yoldyz V. Kobeleva, Alexander S. Sirotkin, Tatiana V. Vdovina, Elena V. Perushkina. Analysis of the influence of environmental factors on the biological phosphate removal of wastewater. *Butlerov Communications C*. **2023**. Vol.5. No.1. Id.6. DOI: 10.37952/ROI-jbc-C/23-5-1-6]
- [8] Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 54653-2011 «Удобрения органические. Методы микробиологического анализа». Москва: *Стандартинформ*. **2012**. 27с. [National standard of the Russian Federation GOST R 54653-2011 "Organic fertilizers. Methods of microbiological analysis". Moscow: *Standartinform*. **2012**. 27p. (Russian)]
- [9] Y. Lu, X. Wang, B. Liu, Y. Liu, X. Yang. Isolation and Characterization of Heterotrophic Nitrifying Strain W1. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. **2012**. Vol.20(5). P.995-1002.
- [10] Межгосударственный стандарт ГОСТ 33045-2014 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ». Москва: *Стандартинформ*. **2019**. 24с. [Interstate standard GOST 33045-2014 "Water. Methods for determination of nitrogen-containing substances". Moscow: *Standartinform*. **2019**. 24p. (Russian)]
- [11] Y. Zhao, W. Li, L. Chen, Y. Zhou. Characterization of heterotrophic nitrification by a thermotolerant *Brevibacillus Agri* N2 isolated from sewage sludge composting. *Environ Res*. **2022**. Vol.214(2):113903.
- [12] Nadezhda I. Kirillova, Tatiana V. Vdovina, Alexander S. Sirotkin. Identification and activity evaluation of heterotrophic nitrifying bacteria of activated sludge. *Butlerov Communications C*. **2025**. Vol.11. No.3. Id.21. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97/ROI-jbc-C/25-11-3-21
- [13] Кириллова Н.И., Вдовина Т.В., Сироткин А.С. Идентификация и оценка активности гетеротрофных нитрифицирующих бактерий активного ила. *Бутлеровские сообщения C*. **2025**. Т.11. №3. Id.21. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97/ROI-jbc-RC/25-11-3-21

The English version of the article have been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications C
Advances in Biochemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI: jbc-C/25-11-3-21

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-83-9-97/ROI-jbc-C/25-11-3-21

Identification and activity evaluation of heterotrophic nitrifying bacteria of activated sludge

Nadezhda I. Kirillova,¹⁺ Tatiana V. Vdovina,^{2*} Alexander S. Sirotkin²

¹ *Laboratory of Molecular Genetic and Microbiological Methods. FRC Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Orenburg Trakt St., 20a. Kazan, 420059. Republic of Tatarstan. Russia. Phone: +7 (843) 277-82-74. E-mail: niiexp2@mail.ru*

² *Department of Industrial Biotechnology. Kazan National Research Technological University. K. Marx St., 72. Kazan, 420015. Republic of Tatarstan. Russia. Phone: +7 (843) 231-89-19.*

*Supervising author; +Corresponding author

Keywords: heterotrophic nitrification, bacteria isolation, identification, heterotrophic nitrifying bacteria, activated sludge.

Abstract

The process of biological nitrogen removal at treatment facilities plays a key role in preventing eutrophication of natural water bodies. According to modern studies, in addition to traditional autotrophic nitrification, heterotrophic aerobic nitrifying bacteria play a significant role in the biotransformation of nitrogen compounds. These microorganisms oxidize ammonium and other forms of nitrogen, using organic matter as an energy source, and some of them can carry out aerobic denitrification, converting ammonium directly into gaseous nitrogen. In the course of experimental studies, 13 isolates of heterotrophic bacteria were isolated, the nitrifying activity of which was qualitatively confirmed by the reaction with the Griess reagent. Cultural and morphological features of isolates of heterotrophic nitrifying bacteria are described. Molecular genetic identification by sequencing the 16s rRNA gene made it possible to determine the species affiliation of the isolates. Identified pure cultures were deposited for long-term storage in the collection of the Laboratory of Molecular Genetic and Microbiological Methods of the Federal Research Center of the Kazakh Scientific Center of the Russian Academy of Sciences by freezing at -80 °C. In the process of periodic cultivation, the strains of *Brevibacillus nitrificans*, *Pseudochrobactum asaccharolyticum*, *Alcaligenes faecalis* and *Leucobacter aridicollis* were characterized by the highest ammonium-oxidizing capacity and nitrifying activity with the formation of nitrification products – nitrite and nitrate ions. Based on experimental studies, these strains are considered the most promising for the implementation of effective nitrification in the process of wastewater treatment. The obtained data demonstrate the potential for the use of heterotrophic nitrifying bacteria in the processes of biological treatment of wastewater from nitrogen compounds.