

Подтверждение биodeградации красного фосфора

© Миндубаев^{1*} Антон Зуфарович, Галимова⁴ Алина Раисовна,
Гоголашвили² Эдуард Лаврентьевич, Ахбарова² Лилия Ильгизаровна,
Бабынин³ Эдуард Викторович, Бадеева² Елена Казимировна,
Минзанова² Салима Тахиятулловна, Антех⁵ Джойс Дедеи

¹ ФИЦ Казанского научного центра РАН. ул. Лобачевского, 2/31, а/я 261.
г. Казань, 420111. Россия. E-mail: mindubaev-az@yandex.ru

² Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова ФИЦ КазНЦ РАН.
ул. Арбузова, 8. г. Казань, 420088. Республика Татарстан. Россия.

³ Лаборатория МГММ ФИЦ КазНЦ РАН. Оренбургский тракт, 20а. г. Казань, 420059. Россия.

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ.
ул. К. Маркса, 10. г. Казань, 420111. Россия.

⁵ Казанский (Приволжский) федеральный университет. ул. Университетская, 18.
г. Казань, 420008. Республика Татарстан. Россия.

*Ведущий направление; *Поддерживающий переписку

Ключевые слова: биodeградация, красный фосфор, элементный фосфор, *Aspergillus niger* F-4815D.

Аннотация

Метод биodeградации широко применяется для ликвидации загрязнений токсичными поллютантами, очистки стоков, выбросов и отходов промышленных предприятий, химических и бытовых отходов. Однако, на сегодняшний день возможности биodeградации далеко не исчерпаны. В более ранних исследованиях показана способность микроорганизмов, главным образом, грибов черных аспергиллов *Aspergillus niger*, окислять до безвредных фосфат-ионов вещество первого класса опасности белый фосфор. Красный фосфор намного менее токсичен, но более термодинамически стабилен, и это затрудняет его ферментативный метаболизм. Тем не менее, более поздние исследования показали, что красный фосфор служит источником биогенного элемента для тех же самых грибов, которые обезвреживают белый фосфор. Впрочем, описания экспериментов носили, в основном, качественный характер. Количественная оценка биodeградации имеет важнейшее значение, и в представленной работе показаны первые количественные данные по биodeградации красного фосфора *A. niger* AM1 ВКМ F-4815D. Эти данные свидетельствуют о достоверном увеличении скорости окисления красного фосфора, выраженном через накопление фосфат-ионов – конечного продукта окисления, под воздействием метаболизма растущего в культуральной среде аспергилла. По сравнению с контролем – стерильной средой, содержащей красный фосфор, скорость возрастает в 1.25 раз. Разница незначительная, но достоверная и проявляющаяся в каждом повторе эксперимента. Можно предполагать, что эта разница была бы еще выше. Но исследуемый красный фосфор оказался загрязненным фосфорной кислотой. Вероятно, окислялся в процессе хранения. Поскольку аспергилл изначально рос в среде, обогащенной фосфатами, активность процесса биodeградации красного фосфора была снижена по сравнению с теоретически возможной. Тем не менее, представленная работа – первое задокументированное исследование, подтверждающее биodeградацию красного фосфора.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Миндубаев А.З., Галимова А.Р., Гоголашвили Э.Л., Ахбарова Л.И., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Антех Д.Д. Подтверждение биodeградации красного фосфора. *Бутлеровские сообщения*. 2025. Т.81. №3. С.76-88. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-81-3-76

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Миндубаев А.З., Галимова А.Р., Гоголашвили Э.Л., Ахбарова Л.И., Бабынин Э.В., Бадеева Е.К., Минзанова С.Т., Антех Д.Д. Подтверждение биodeградации красного фосфора. *Бутлеровские сообщения* С. 2025. Т.10. №1. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-81-3-76/ROI-jbc-RC/25-10-1-8

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

Anton Z. Mindubaev, Alina R. Galimova, Edward L. Gogolashvili, Lilia I. Akhbarova, Edward V. Babynin, Elena K. Badeeva, Salima T. Minzanova, Joyce D. Anteh. Confirmation of red phosphorus biodegradation. *Butlerov Communications* C. 2025. Vol.10. No.1. Id.8. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/25-81-3-76/ROI-jbc-C/25-10-1-8