

УДК 579.695; 546.85; 502.55; 661.63

**ТОКСИКОТОЛЕРАНТНЫЕ ГРИБЫ ПРЕВРАЩАЮТ БЕЛЫЙ ФОСФОР В ФОСФАТ****А.З. Миндубаев<sup>1</sup>, Э.В. Бабынин<sup>3</sup>, Е.К. Бадеева<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технологический университет<sup>2</sup> Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН<sup>3</sup> Татарский НИИХП ФИЦ КазНЦ РАН

Белый фосфор Р<sub>4</sub> является простым веществом, аллотропной модификацией элементного фосфора. Он – самая химически активная и термодинамически нестабильная модификация фосфора. Из всех аллотропных модификаций фосфора обладает наибольшей токсичностью.

Согласно [1], еще ранее 1985 года велись исследования биodeградации белого фосфора микроорганизмами в анаэробных условиях. Однако, авторы исследования в своей работе, содержащей интересные данные по биodeградации соединений фосфора различных степеней окисления и биологическому восстановлению фосфата, пришли к заключению об отсутствии роста микробной биомассы в присутствии белого фосфора и трансформации последнего в менее токсичные соединения. То же самое заключение сделано ими и в отношении красного фосфора. Тем не менее, авторы постулируют абиогенную деградацию белого и красного фосфора, с последующей микробиологической редукцией токсичных полупродуктов распада, т.е. признают участие микрофлоры в процессе детоксикации.

В наших работах [2, 3] впервые исследованы экстремотолерантные культуры микроорганизмов, растущих в культуральных средах с содержанием белого фосфора до 1 %. Это превышение ПДК в сточных водах в 5000 раз! Эти культуры уникальны, и имеются только у нас.

Впервые произведены посевы плесневых грибов из родов *Aspergillus* и *Trichoderma* в культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание. То есть окисляли белый фосфор до фосфата, необходимого для жизнедеятельности! Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора, и обезвреживания его живыми организмами. Причем, штамм *Aspergillus niger* AM1 был выделен из емкости, в которой хранился кусковой белый фосфор в толще воды. В этих экстремальных условиях токсического воздействия споры гриба смогли выжить.

Показана устойчивость культуры AM1 к продуктам неполного окисления Р<sub>4</sub> и метаболизм некоторых из них. Поскольку метаболизм связан с окислением кислородом, мы предполагаем, что в нем задействованы ферменты оксидазы.

**Литература**

1. Spanggord, R.J. Environmental fate of white phosphorus/felt and red phosphorus/butyl rubber military screening smokes. Final Report / R.J. Spanggord, R. Renwick, T. – W. Chou, R. Wilson, R.T. Podoll, T. Mill, R. Parnas, R. Platz, D. Roberts // SRI International, Menlo Park, CA. Contract No. DAMD17–82-C-2320. AD176922. Prepared by SRI International, Menlo Park, Calif., for U.S. Army Medical Research and Development Command. – 1985. – p. 48.
2. Миндубаев, А.З. Биологическая деградация желтого (белого) фосфора – вещества первого класса опасности / А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, Е.К. Бадеева, С.Т. Минзанова, Л.Г. Миронова, Й.А. Акосах // Журнал неорганической химии. 2021. Т.66. № 8. С. 1137–1142. DOI: 10.31857/S0044457X21080158
3. Миндубаев, А.З. Черный аспергилл AM1 – организм, приспособленный к дефициту фосфора / А.З. Миндубаев, Э.В. Бабынин, Й.А. Акосах // Актуальная биотехнология. 2022. № 1(35). С. 263.