

Обезвреживание белого фосфора посредством микробиологического разложения

© Миндубаев^{1*+} Антон Зуфарович, Волошина¹ Александра Дмитриевна,
Бабынин² Эдуард Викторович, Валидов² Шамиль Завдатович,
Сапармырадов² Керемли Ашырмухаммедович, Хаяров² Хасан Рафаэлевич,
Бадеева¹ Елена Казимировна, Барсукова¹ Татьяна Александровна,
Минзанова¹ Салима Тахиятулловна, Миронова¹ Любовь Геннадьевна,
Акосах³ Йав Абайе и Яхваров¹ Дмитрий Григорьевич

¹ Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова Казанского научного центра
Российской академии наук. ул. Арбузова, 8. г. Казань, 420088. Республика Татарстан. Россия.

E-mail: mindubaev@iopc.ru; mindubaev-az@yandex.ru

² Казанский (Приволжский) федеральный университет. ул. Университетская, 18.
г. Казань, 420008. Республика Татарстан. Россия.

*Ведущий направление; +Поддерживающий переписку

Ключевые слова: биodeградация, белый фосфор, *Streptomyces sp.* A8, *Aspergillus niger* AM1, *Trichoderma asperellum* F-1087, осадки сточных вод, культуральные среды, рост устойчивости, генотоксичность, морфологическое описание.

Аннотация

Впервые показана возможность деградации белого фосфора (P₄) под действием осадка сточных вод (ОСВ) водоочистных сооружений. Показано, что белый фосфор угнетает рост микроорганизмов за счет образования токсичных промежуточных продуктов его деградации. Установлено, что снижение концентрации P₄ обратно пропорционально продолжительности лаг-фазы роста и активности метаболических процессов микрофлоры. Проведен поиск метаболитов белого фосфора и предложен путь его метаболизма. Впервые произведены посевы микроорганизмов различных таксономических групп (грибов, стрептомицетов и бактерий) в синтетические культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорного голодания. Это первый известный пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Самая высокая концентрация, примененная в данном исследовании, соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз. Впервые показан рост устойчивости культур в результате направленной селекции. Сравнение последовательностей рибосомных генов гриба, устойчиво метаболизирующего белый фосфор, с последовательностями базы данных GenBank, позволило идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *Aspergillus niger*, которому был присвоен номер *A.niger* AM1. Белый фосфор не проявляет токсических свойств в отношении этого штамма. Замедленный рост последнего в среде с белым фосфором объясняется не токсичностью P₄, а труднодоступностью его в качестве источника биогенного элемента фосфора. Наличие генотоксических свойств при исследованиях белого фосфора с использованием теста Эймса ранее не подтверждалось. Для этой цели необходимо использовать батарею тестов, включая SOS-lux тест на ДНК-повреждающую активность. В представленной работе SOS-lux тест с использованием индикаторного штамма *Salmonella typhimurium* впервые продемонстрировал генотоксичность белого фосфора при отсутствии токсичности по тесту Эймса. По предварительным данным, устойчивость к белому фосфору у *A.niger* AM1 закреплена в геноме. Дано морфологическое описание устойчивых штаммов.