

Проблема деградации белого фосфора остро стоит перед некоторыми предприятиями, а так же важна в контексте обезвреживания схронов фосфорных снарядов. Решением данной проблемы может стать биodeградация. Описаны штаммы *Aspergillus niger*, обладающие резистентностью к белому фосфору. Нам удалось получить изоляты четырех различных видов *Aspergillus*, резистентных к белому фосфору. С увеличением концентрации белого фосфора наблюдается экспоненциальное подавление скорости роста колоний. Предельная концентрация для природных изолятов составляет не более 0.1%. Начиная с 0.2-0.5% концентрации перестают образовываться споры. Отдельные гифы на средах с белым фосфором короче и менее разветвлённые; клеточные стенки значительно утолщаются. Выявленные механизмы резистентности Ascomycota схожи между собой, механизмы биodeградации требуют уточнения.

Промышленные отходы загрязняют окружающую среду. С некоторыми загрязнителями люди научились справляться путем переработки, но до сих пор человечество не нашло методы очистки белого фосфора в загрязнённых реках и других водоёмах. Также, пути ликвидации источников заражения белым фосфором (например, от снарядов) ещё не разработаны. При этом, белый фосфор является ксенобиотиком. Он обладает высокотоксичными свойствами. Фосфор может попасть в организм через кишечно-желудочный тракт, при попадании на кожу и при вдыхании его паров. Он раздражает слизистые оболочки глаз, также может привести к их ожогам. Отравление им может привести к интоксикации организма и даже к инвалидности. ПДК паров в воздухе составляет 0,03 мг/м³. Ранее был описан штамм *Aspergillus niger* AM1, обладающий резистентностью к белому фосфору (Миндубаев и др., 2011, 2020). Мы поставили цель - проанализировать

механизмы резистентности микроорганизмов к белому фосфору.

Ранее были получены следующие результаты: клеточная стенка грибов утолщается и наблюдается изменение плотности при добавлении белого фосфора; на поверхности клеточной стенки появляется протеогликановый волокнистый слой, придающий поверхности грибов ворсистую структуру, не наблюдаемую в контроле; после получения спектров были идентифицированы три белка, функции двух из которых известны, а третьего — выясняются (Mindubaev et al., 2020). Возможно, эти признаки обуславливают резистентность организмов к белому фосфору.

Нам удалось получить различные изоляты, способные выживать на средах с белым фосфором. Морфологически идентифицировано 4 различных вида *Aspergillus* (*A.niger*, *A.flavus*, *A.fumigatus*, *A.terrus*), различающихся по строению конидий и форме спор. Идентификация требует уточнения по результатам секвенирования. Часть изолятов (предположительно, так же *Ascomycota*) по невыясненным причинам не поддается пассажированию. Так же нами был получен один неидентифицированный штамм, выживающий только на средах с белым фосфором.

С увеличением концентрации белого фосфора наблюдается экспоненциальное подавление скорости роста колоний. Предельная концентрация для большинства природных изолятов составляет 0.1%. Начиная с 0.2-0.5% концентрации колонии перестают образовывать споры. В результате пассажирования нами были получены штаммы *A.niger*, способные выживать на 0.2% белом фосфоре (что выше его предела растворимости). Большая часть микроорганизмов не переносят даже 0.001% концентрации белого фосфора, исключением являются другие представители *Ascomycota*. На средах с малыми концентрациями белого фосфора (0.001-0.01%) все исследованные штаммы *Ascomycota* переходят к активному формированию вторичных колоний, что, возможно, является просто ответом на стресс. Штаммы *A.niger*, способные выживать на 0.2% белом фосфоре, способны формировать вторичные колонии даже на 0.1% средах, но их количество невелико (2.5 ± 0.7 на 20 день эксперимента).

Колонии разных видов *Aspergillus*, растущих на белом фосфоре и на нейтральной среде, демонстрируют сходные паттерны изменений морфологии: отдельные гифы на средах с белым фосфором короче и менее разветвлённые, чем гифы грибов того же вида на нейтральной среде; аналогично клеточные стенки первых шире, чем у организмов, не подверженных воздействию ксенобиотика.

При анализе химической литературы нами было выдвинуто предположение, что деградация белого фосфора на многокомпонентных средах может ускоряться в присутствии Ni, Co или Cd, особенно — в составе ферментов. Был поставлен эксперимент с культивацией *S.cerevisiae* на средах с белым фосфором с содержанием уреазы в нативной и денатурированной форме. Темпы роста значительно не изменялись в двух линиях эксперимента, но различались формы колоний — на среде с нативной уреазой *S.cerevisiae* обладали формой, характерной для более долго существующих колоний.

Таким образом, выявленные механизмы резистентности *Ascomycota* к белому фосфору совпадают. Механизмы ускорения биodeградации требуют дальнейшего изучения