

МОРСКИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ БАКТЕРИИ: МОНИТОРИНГ ТОКСИЧНОСТИ СЕЛЕНИТ-ИОНОВ И БИОСИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ СЕЛЕНА

Н. С. Кудряшева, Е. С. Сушко, А. В. Зеньков

*Институт биофизики СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия*

Селен – жизненно важный микроэлемент; он включен в активные центры ферментов и защищает организм от окислительного стресса. Однако в высоких концентрациях селен токсичен. Самыми токсичными формами селена являются его оксоанионы – селенат и селенит. В природе действует полный биогеохимический цикл соединений селена, в котором ключевую роль играют бактерии. При превышении содержания селена в окружающей среде происходит переключение метаболизма бактерий на нейтрализацию оксоанионов селена. Часто восстановленный с помощью бактерий селен образует наночастицы. Способность формировать наночастицы при восстановлении оксоанионов селена перспективна для различных областей биотехнологии, в основном в медицине. Бактериально синтезированные наночастицы селена могут быть использованы в качестве микроэлемента (в составе пищевых добавок), для адресной доставки лекарственных веществ, а также адсорбции и удаления токсикантов в организмах.

Использование бактериальной биолюминесценции является новым направлением, увеличивающим эффективность экологических мероприятий в результате одновременного проведения токсикологического мониторинга природных и сточных вод, биотрансформации оксоанионов и биосинтеза наночастиц элементарного селена.

Для исследований выбраны люминесцентные бактерии *Photobacterium phoshporeum*, широко используемые в практике экологического биотестирования, благодаря удобству и высокой скорости регистрации физиологической функции – интенсивности свечения. Исследовано влияние селенита натрия Na_2SeO_3 на интенсивность биолюминесценции бактерии, получены зависимости от времени и от концентрации Na_2SeO_3 . Выявлены фазы активации и ингибирования биолюминесценции, продемонстрировано, что зависимости соответствуют модели гормезиса. Токсический эффект Na_2SeO_3 охарактеризовали эффективной концентрацией $\text{EC}_{50}=10^{-3}$ М. Для исследования механизмов воздействия Na_2SeO_3 изучали его влияние на содержание активных форм кислорода (АФК) в бактериальной суспензии и на бактериальные ферментативные реакции. Выявлены высокие положительные корреляции между интенсивностью биолюминесценции и содержанием АФК, что указывает на определяющую роль АФК и сопутствующих редокс-процессов в биоэффектах селенит-ионов. Продemonстрировано участие ферментативных реакций в биоэффектах Na_2SeO_3 .

С помощью методов сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии выявлено наличие наноразмерных структур в бактериях, инкубированных в растворах Na_2SeO_3 . Энерго-дисперсионный спектр элементарного состава наночастиц и их окружения выявил высокое содержание элементарного селена. Распределение частиц по размерам соответствует ненормальному распределению и зависит от концентрации исходного селенита натрия. Средний размер наночастиц соответствует 50–60 нм. Таким образом, показана возможность использования морских люминесцентных бактерий в перспективном биотехнологическом процессе – биосинтезе наночастиц селена.