

Использование поверхностно-активных веществ *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 для очистки воды от нефтяных загрязнений

Пирог Т.П., Софилканич А.П., Антонюк С.И.

Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

На сегодняшний день нефть является основным источником энергии во всем мире, вместе с тем повышается вероятность попадания этого ксенобиотика в окружающую среду, что сопровождается негативными последствиями. Начиная с 1992 г., в мире произошло более 20 аварийных разливов нефти [<http://www.endgame.org/oilspills.htm>], что привело к значительному экономическому ущербу и нарушению экологического равновесия. Для устранения последствий таких аварий обычно используются физические и механические методы, однако они не всегда являются эффективными. Согласно данным Управления оценки технологий (Office of Technology Assessment, США) механические методы позволяют удалить не более 10–15 % нефти после широкомасштабной аварии. Перспективными для ликвидации нефтяных загрязнений считаются биологические методы, включающие непосредственное внесение нефтеокисляющих микроорганизмов (биоаугментация) или использование различных веществ, стимулирующих природную (автохтонную) микробиоту (биостимуляция), например, микробных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Известно, что в присутствии тяжелых металлов эффективность деструкции нефти может снижаться, поэтому важной задачей является поиск методов очистки экосистем от таких комплексных загрязнений.

Ранее мы сообщали о выделении нефтеокисляющих бактерий *Acinetobacter calcoaceticus* К-4, *Rhodococcus erythropolis* ЭК-1, *Nocardia vaccinii* К-8 и использовании иммобилизованных на керамзите клеток штаммов ЭК-1 и К-8 для очистки воды от нефти (100 мг/л). В дальнейших исследованиях была установлена способность *A. calcoaceticus* К-4 (IMB B-7241), *R. erythropolis* ЭК-1 (IMB Ac-5017) и *N. vaccinii* К-8 (IMB B-7405) к синтезу поверхностно-активных веществ.

Цель работы – исследовать влияние ПАВ *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *R. erythropolis* IMB Ac-5017 и *N. vaccinii* IMB B-7405 на эффективность деструкции нефти в воде, а также комплексных с тяжелыми металлами нефтяных загрязнений.

Эксперименты показали, что в присутствии препаратов ПАВ в виде культуральной жидкости и супернатанта степень деструкции нефти в воде (2,6 г/л) через 30 сут составляла 80–94 %. Максимальное разложение нефти (92–94 %) наблюдалась при использовании невысоких (5 %) препаратов ПАВ всех исследуемых штаммов в виде культуральной жидкости. Дальнейшие исследования показали, что общее количество микробиоты воды к

концу эксперимента увеличивалось на один–два порядка. Такие результаты могут свидетельствовать о том, что основным механизмом, обеспечивающим активную деструкцию нефти в воде в присутствии препаратов ПАВ *A. calcoaceticus* IMB В-7241, *R. erythropolis* IMB Ас-5017 и *N. vaccinii* IMB В-7405, является активация ими природной нефтеокисляющей микробиоты воды. Установлено, что при повышении концентрации нефти в воде до 6 г/л степень деструкции нефти в присутствии препаратов ПАВ всех исследуемых штаммов в виде культуральной жидкости (5 %) снижалась незначительно (на 2–3 %) по сравнению с показателями очистки воды, содержащей 2,6 г/л нефти.

Эксперименты по деструкции нефти в воде, содержащей различные концентрации катионов меди, после обработки культуральной жидкостью, содержащей ПАВ, показали, что через 20 сут деградация нефти была существенно выше в вариантах, содержащих Cu^{2+} . Анализ микробиоты воды в течение эксперимента показал увеличение численности клеток во всех вариантах, однако в присутствии катионов меди и препаратов ПАВ исследуемых штаммов количество клеток было в 1,3–1,5 раза выше, чем без Cu^{2+} .

На следующем этапе исследовали возможность использования препаратов ПАВ в виде культуральной жидкости для очистки воды, содержащей нефть и катионы нескольких токсичных металлов. Установлено, что наиболее низкая эффективность деструкции нефти (60–65 %) наблюдалась в присутствии в загрязненной нефтью воде смеси катионов кадмия и свинца. Отметим, что при наличии катионов меди в смеси металлов степень разложения нефти в воде повышалась. Анализ микробиоты воды показал, в присутствии катионов меди и ПАВ общее количество клеток было более, чем в три раза выше, чем без Cu^{2+} .

Мы предполагаем, что одним из механизмов, обуславливающих увеличение деструкции нефти в присутствии невысоких концентраций катионов меди, может быть стимуляция Cu^{2+} активности алкангидроксилаз (первых ферментов катаболизма углеводов) как штаммов-продуцентов ПАВ, так и природной нефтеокисляющей микробиоты. Такое предположение базируется на данных литературы о том, что активаторами монооксигеназ являются катионы меди.

Таким образом, в результате проведенной работы показана высокая эффективность применения невысоких концентраций препаратов ПАВ *A. calcoaceticus* IMB В-7241, *R. erythropolis* IMB Ас-5017 и *N. vaccinii* IMB В-7405 в виде культуральной жидкости для очистки воды от нефти, в том числе и в присутствии катионов токсичных металлов.