

Эсоно Онгене Ф.Х.

Esono Onguene F.J

студент

Чекушина Т.В., д.к.н.

преподаватель кафедры «менеджмент»

Российский университет дружбы народов Рф, г. Москва

**УСТРАНЕНИЕ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
БИОСУРФАКТАНТОВ**

REMOVAL OIL POLLUTION USING BIOSURFACTANTS

Аннотация: Повышение осведомленности общественности о загрязнении окружающей среды влияет на поиск и разработку технологий, способствующих очистке таких органических и неорганических загрязнителей, как углеводороды и металлы, Загрязнение нефтью и нефтепродуктами наносит серьезный ущерб окружающей среде, и все больше внимания уделяется разработке и внедрению инновационных технологий устранения этих загрязняющих веществ; Биосурфактанты вещества широко используются при восстановлении воды и почвы, а также на основных этапах цепочки добычи нефти, таких, как добыча, транспортировка и хранение, такое разнообразие видов применения обусловлено главным образом такими преимуществами как биоразлагаемость, низкая токсичность и более высокая функциональность в экстремальных условиях по сравнению с синтетическими аналогами; Кроме того, биосурфактант может быть получено с использованием агропромышленных отходов в качестве субстрата, что помогает снизить общие производственные издержки.

Abstract: Increased public awareness of environmental pollution influences the identification and development of technologies that promote the clean-up of organic and inorganic pollutants such as hydrocarbons and metals, Pollution by oil and petroleum products is causing serious damage to the environment, and increasing attention is being paid to the development and implementation of innovative technologies for the removal of these pollutants; Biosurfactants of the substance is widely used in the recovery of water and soil, as well as in the main stages of the oil production chain, such as extraction, transportation and storage, and this diversity of uses is mainly due to benefits such as biodegradability, Low toxicity and higher functionality under extreme conditions compared to synthetic analogues; In addition, a biosurfactants can be produced using agro-industrial waste as a substrate, thus reducing overall production costs.

Ключевые слова: Биосурфактанты, Загрязнение окружающей среды, биоразлагаемость, окружающей среды, субстрата.

Keywords : Biosurfactants, Pollution, Biodegradability, Environment pollution, Substrate

Загрязнение нефтью является все более серьезной экологической проблемой, микроорганизмы, разлагающие углеводороды и приспособленные к росту и процветанию в нефтесодержащих средах, играют важную роль в биологической обработке этого загрязнения, одним из ограничивающих факторов в этом процессе является биодоступность многих фракций нефти, микроорганизмы, разлагающие углеводороды, производят биосурфактантов различной химической природы и молекулярных размеров, эти поверхностно-активные материалы

увеличивают площадь поверхности гидрофобных водонерастворимых субстратов и увеличивают их биодоступность, тем самым повышая рост бактерий и скорость биовосстановления. Микроорганизмы производят большое количество поверхностно-активных материалов. Биоэмульгаторы часто производятся бактериями, способными расти на углеводородах, и, как было показано, стимулируют рост этих бактерий и ускоряют биовосстановление [1].

Бактерии разлагающие нефть

Биовосстановление нефти осуществляется микроорганизмами, способными использовать углеводороды в качестве источника энергии и углерода, эти микроорганизмы вездесущи по своему характеру и способны разрушать различные типы углеводородов - короткоцепные, длинноцепные и многочисленные ароматические соединения, включая полициклические ароматические углеводороды, эти соединения имеют низкую растворимость в воде [2]. Этот факт в сочетании с тем фактом, что первый этап разложения углеводородов связан с мембранной оксигеназой, делает необходимым прямой контакт бактерий с углеводородными субстратами. Одной из биологических стратегий, способных усилить контакт между бактериями и водонерастворимыми углеводородами, является эмульгация углеводородов. Поэтому неудивительно, что бактерии, растущие на нефти, обычно производят мощные эмульгаторы. Эти поверхностно-активные вещества способствуют диспергированию нефти, увеличению площади поверхности для роста и помогают отделить бактерии от масляных капель после истощения утилизируемых углеводородов [2].

Типы бактериальных биосурфактантов

Биосурфактанты с низким молекулярным весом, как правило, представляют собой гликолипиды, в которых углеводы прикрепляются к длинноцепной алифатической кислоте или липопептидам. Гликолипидные биоэмульгаторы, такие как рамнолипиды, трегалозные липиды и софоролипиды, представляют собой дисахариды, к которым добавляются длинноцепные жирные кислоты или гидроксифирные кислоты [3].

Одним из наиболее изученных гликолипидов является рамнолипиды, производимый несколькими видами *Pseudomonads*, который состоит из двух молей рамноса и двух молей β -гидроксидеканоиновой кислоты;

Недавно был описан новый класс гликолипидов, липидов глюкозы, производимых *Alcanivorax borkumensis*, они состоят из анионного липида глюкозы с тетрамерической оксиациловой боковой цепью. Бактериальные поверхностно-активные вещества с высоким молекулярным весом производятся большим числом бактериальных видов из различных родов и состоят из полисахаридов, белков, липополисахаридов, липопротеинов или комплексных смесей этих биополимеров.

Поверхностно-активные вещества с высоким молекулярным весом менее эффективны в снижении межлицевого натяжения, но эффективны в покрытии масляных капель и предотвращении их слияния. Это высокоэффективные эмульгаторы, которые работают при низких концентрациях (0,01%-0,001%), что соответствует соотношению эмульгаторов к углеводородам 1:100-1:1000.

Эти биоэмульгаторы с высоким молекулярным весом демонстрируют значительную субстратную специфичность. Например, некоторые эффективно эмульгируют смеси алифатических и ароматических (или циклических алкановых) углеводородов, но не эмульгируют чистые алифатические, ароматические или циклические углеводороды; другие также могут эмульгировать чистые углеводороды,

но только с высоким молекулярным весом. Существуют по крайней мере два способа, с помощью которых биосурфактантов участвуют в биоремедиации: увеличение площади поверхности гидрофобных водонерастворимых субстратов и увеличение биодоступности гидрофобных соединений [3].

Увеличение площади поверхности гидрофобных водонерастворимых субстратов

Для бактерий, растущих на углеводородах, скорость роста может быть ограничена межлицевой поверхностью между водой и нефтью, когда площадь поверхности становится ограниченной, биомасса увеличивается скорее арифметически, чем экспоненциально.

Вкратце, эмульгация - это явление, зависящее от плотности клеток: чем больше число клеток, тем выше концентрация внеклеточного продукта, Концентрация клеток в открытой системе, такой как загрязненный нефтью водоем, никогда не достигает достаточно высокой концентрации, чтобы эффективно эмульгировать нефть. Кроме того, любое Эмульгированное нефть рассеивалось бы в воде и не было бы более доступным для штамма, производящего эмульгатор, чем для конкурирующих микроорганизмов; Один из способов согласования существующих данных с этими теоретическими соображениями состоит в том, чтобы предположить, что эмульгаторы действительно играют естественную роль в разложении нефти, но не в производстве макроскопических эмульсий в наливной жидкости, если эмульсия происходит на поверхности клетки или очень близко к ней, и на микроскопическом уровне не происходит смешивания, то каждое кластер клеток создает свою собственную микросреду, и никакой общей зависимости от плотности клеток не ожидается [6].

Считается, что низкая растворимость в воде многих углеводородов, особенно полициклических ароматических углеводородов (ПАУ),

ограничивает их доступность для микроорганизмов, что создает потенциальную проблему для биовосстановления загрязненных участков; Аналогичный эффект был получен добавлением Tween 80 к двум штаммам *Sphingomonas* - скорость минерализации фторантена почти удвоилась. Для сравнения, это же поверхностно-активное вещество ингибировало скорость минерализации фторантена двумя штаммами *Mycobacterium*, и в других исследованиях с использованием нескольких поверхностно-активных веществ стимуляции не наблюдалось [4].

Биосурфактанты более эффективны, чем химические поверхностно-активные вещества в повышении биодоступности гидрофобных соединений. Кроме того, они являются селективными, экологически чистыми и в целом менее стабильными, чем большинство синтетических поверхностно-активных веществ. Недавно было показано, что биоэмульгатор с высоким молекулярным весом Alasan значительно повышает скорость биodeградации нескольких ПАУ; Одной из основных причин длительной стойкости гидрофобных соединений с высоким молекулярным весом является их низкая растворимость в воде, что увеличивает их сорбцию на поверхности и ограничивает их доступность для биodeградации микроорганизмов, когда органические молекулы необратимо привязаны к поверхностям, биodeградация ингибируется.

Биосурфактанты могут способствовать росту на связанных подложках, десорбируя их с поверхностей или повышая их видимую растворимость в воде; Поверхностно-активные вещества, которые резко снижают межлицевое натяжение, особенно эффективны в мобилизации связанных гидрофобных молекул и делают их доступными для биodeградации. Биосурфактанты с низким молекулярным весом, имеющие низкие критические концентрации мицелл (КМК), повышают видимую растворимость углеводов, интегрируя их в гидрофобные полости микелл. Были представлены данные, свидетельствующие о том, что

биосурфактанты могут стимулировать, тормозить или не влиять на биodeградацию углеводов, как это было рассмотрено Bruheim [4].

Использование биосурфактантов для биоремедиации

Биоремедиация предполагает ускорение естественных биodeградирующих процессов в загрязненных средах путем улучшения наличия материалов как питательных веществ и кислорода, условий тоже как, рН и содержания влаги и преобладающих микроорганизмов, таким образом биоремедиация как правило, включает внесение азотных и фосфорных удобрений, корректировку рН и содержания воды, при необходимости, подачу воздуха и нередко добавление бактерий.

Добавление эмульгаторов выгодно в случае медленного роста бактерий (например, при низких температурах или в присутствии высоких концентраций загрязняющих веществ) или когда загрязнители состоят из соединений, с трудом поддающихся разложению, таких как ПАУ. Биоэмульгаторы могут применяться в качестве добавки для стимулирования процесса биоремедиации [5].

Однако при использовании передовых генетических технологий предполагается, что увеличение концентрации биоэмульгаторов в ходе биоремедиации будет достигнуто за счет добавления бактерий, превышающих биоэмульгаторы.

Недавно этот подход успешно применялся при очистке нефтепроводов, Cultures of *A. radioresistens*, которые производят биоэмульгатор *alasan*, но не могут использовать углеводороды в качестве источника углерода, были добавлены в смесь нефтеразлагающих бактерий для улучшения биовосстановления нефти (EZ Ron and E Rosenberg, unpublished results). Бактерии, которые избыточно производят биоэмульгаторы, также могут участвовать в разложении нефти. В качестве альтернативы они могут функционировать в консорциуме бактерий,

снабжая эмульгатором другие бактерии, которые осуществляют разложение углеводов, в последнем случае биоэмульгатор может диффузираться в почве или даже передаваться другим бактериям при близком контакте, например в биопленках. Недавно горизонтальный перенос капсулы полисахарида был продемонстрирован у бактерий в результате бактерии покрыты эмульгирующей капсулой полисахарида, производимой бактериями других видов; Оптимизация этого процесса будет включать в себя выбор наилучших нефтеразрушающих микроорганизмов, наиболее подходящего биосурфактантов, лучших производителей биоэмульгаторов и наиболее эффективного сочетания этих микроорганизмов [5].

Вывод : Экосистема становится более хрупкой, и многие организмы находятся на грани исчезновения в результате деятельности человека, причем наиболее заметными из них являются разливы нефти, обнаруженные микробные поверхностно-активные вещества (биосурфактант); которые увеличивают биодоступность углеводов и не наносят ущерба окружающей среде, означают значительный прогресс как в процессе извлечения остаточной нефти из месторождений, так и в процессе биодegradации загрязненных сред.

Использованные источники:

1. Alonso S, Martin PJ (2016) Impact of foaming on surfactin production by *Bacillus subtilis*: implications on the development of integrated in situ foam fractionation removal systems. *Biochem Eng J* 110:125–133.
2. Souza E. C., Vessoni-Penna T. C., de Souza Oliveira R. P. Biosurfactant-enhanced hydrocarbon bioremediation: An overview // *International biodeterioration & biodegradation*. – 2014. – Т. 89. – С. 88-94.
3. Santos D. K. F. et al. *Candida lipolytica* UCP0988 biosurfactant: potential as a bioremediation agent and in formulating a commercial related product // *Frontiers in microbiology*. – 2017. – Т. 8. – С. 767.
4. Vijayakumar S., Saravanan V. Biosurfactants-types, sources and applications // *Research Journal of Microbiology*. – 2015. – Т. 10. – №. 5. – С. 181.
5. Roy A. Review on the biosurfactants: properties, types and its applications // *J. Fundam. Renew. Energy Appl.* – 2017. – Т. 8. – С. 1-14.
6. Коржова А. Е., Молодкина Н. Р. Исследование влияния биосурфактантов на процессы биоремедиации водных объектов // *низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке*. – 2019. – с. 255-258.