ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/383

ОПТИМИЗАЦИЯ БИОКАТАЛИТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОКИСЛЕНИЯ ВЯЗКОЙ НЕФТИ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРОЙ

¹Сваровская Л.И., ¹Алтунина Л.К., ²Цэвэнжав Ж.

¹ФГБУН Институт химии нефти СО РАН, Томск, Россия

²Монгольский университет науки и технологии, Улан-Батор, Монголия

В настоящее время в Монголии активно разрабатываются нефтяные месторождения: Тамсагбулаг, Цаган-Элс, Тосон-Ула, Зуунбаян и др. Нефти Монголии – вязкие, парафинистые, смолистые. Загрязнение почв, обладающих высокими сорбционными свойствами – одна из экологических проблем на территории нефтедобывающих комплексов [1]. Естественные процессы восстановления плодородия загрязненных почв осуществляются медленно, в течение десятков лет. Применение методов ремедиации значительно ускоряют каталитические процессы окисления углеводородов и восстановления почв [2]. Поиск минеральных микро- и макросубстратов, стимулирующих жизнедеятельность микрофлоры и растительного сообщества, позволил создать композицию на основе солей азота и поверхностно-активных веществ с добавлением микроэлементов – солей магния, молибдена, кобальта. В последние годы, при восстановлении растительности на загрязненной территории, возрос интерес к полимерным криогелям. Уникальное сочетание высокой пористости с образованием макропор, которые образуют систему сообщающихся сосудов, простота технологии позволяет применить криогели для восстановления растительности на загрязненных почвах [3].

Биодеструкцию углеводородов нефти в почве проводили на территории месторождения Цаган-Элс. Биоокислительные процессы в почве стимулировали введением раствора композиции. Присутствие ПАВ способствовало эмульгированию нефтяной пленки, что ускоряло процессы утилизации нефти в почве. Соли азота с добавлением микроэлементов, стимулировали биохимические процессы жизнедеятельности почвенной микрофлоры, в том числе активность ферментов. Посев многолетних трав, формирующих ризосферу с повышенной биологической активностью, дополнительно стимулирует процесс деструкции углеводородов нефти. Применение полимерных композиций, образующих криогель на поверхности почвы, при температуре, близкой к нулевой, оказывает положительное влияние на аборигенную почвенную микрофлору, её каталазную активность и развитие растений. Гелевый раствор защищает почву от высыхания, вымывания питательных веществ и посеянных семян растений. Криогели безвредны для людей и экологически безопасны для окружающей среды.

Концентрация исходного загрязнения почвы – 37 г/кг, утилизация нефти за 60 суток – 21.8 г/кг, что составляет 59 %, остаточная нефть в почве – 15.2 г/кг. Многие многолетние травы толерантны к углеводородному загрязнению и активно прорастают и создают зеленый ковер при содержании нефти в почве до 20 г/кг. Штаммы, активно утилизирующие нефть, принадлежат к родам *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*.

Деструктивные изменения в составе функциональных групп нефти, за счет выборочной утилизации микроорганизмами, исследовали методом ИК-спектроскопии [4]. Ввиду многокомпонентности состава нефтяных систем, ИК-спектр нефти представляет сложную картину полос поглощения (п.п.). Спектральный анализ показал присутствие основных функциональных групп углеводородов: общей ароматики (1600 см^{-1}), производных бензола (747 см^{-1}), алканов (722 см^{-1}), кислородсодержащих соединений (1710 и 1735 см^{-1}), метиленовых (1465 см^{-1}) и метильных групп (1377 см^{-1}) в составе парафиновых структур. Присутствие п.п. 1710 см^{-1} в составе нефти исходного загрязнения свидетельствует о естественных деструктивных процессах в условиях загрязненной почвы. После 60 суток биодеструкции увеличилось содержание ароматической группы (п.п. 1600 см^{-1}), определена п.п. 1735 см^{-1} , в состав которой входят более сложные кислородсодержащие продукты метаболизма. Для анализа деструктивных изменений в составе нефти применяли

Секция 10. Материалы и реагенты для повышения нефтеотдачи, транспортировки нефти и переработки углеводородного сырья

относительные спектральные коэффициенты, рассчитанные по оптическим данным ИК-спектра (табл.).

Таблица. Спектральные коэффициенты нефти, экстрагированной из загрязненной почвы до и после биодegradации.

Спектральные коэффициенты	Значения спектральных коэффициентов	
	исходное загрязнение	после биодеструкции
$K_1(D_{1600}/D_{720})$ -ароматичности	0.23	0.74
$K_2(D_{745}/D_{720})$ -относительное содержание производных моноаренов	0.18	0.52
$K_3(D_{720}+D_{1377})/D_{1600}$ -алифатичности	2.15	4.06
$K_p(D_{1377}/D_{1462})$ -разветвленности	0.28	0.59
$K_o(D_{1710}/D_{1462})$ -окисленности	0.07	0.47

Из данных таблицы следует, что все приведенные коэффициенты закономерно увеличиваются в соответствии с изменением соотношения содержания аренов различного строения (1600 см^{-1} и 745 см^{-1}) и уменьшением содержания нормальных алканов (722 см^{-1}). Увеличение коэффициентов разветвленности и окисленности положительно характеризует активность системы окислительных ферментов почвенной микрофлоры. Следовательно, для образца нефти, экстрагированной из почвы после биодеструкции, увеличивается содержание всех исследуемых спектральных коэффициентов, отражающих деструктивные изменения в составе алканов, ароматических и кислородсодержащих структур.

Методом ГЖХ определены деструктивные изменения в составе индивидуальных алканов нефти и рассчитаны некоторые биомаркеры, в том числе коэффициент биодеструкции ($K_i=(C_{17}+C_{18})/(Pr+Ph)$), на разных этапах рекультивации почвы. Хроматографический анализ сырой и биодegradированной нефти показал значительные изменения в содержании алканов. Коэффициент биодеструкции на 60-ые сутки культивирования увеличился на 32.8 % по сравнению с сырой нефтью. Исследования показали, что уровень биодеструкции углеводородов нефти зависит не только от численности и активности почвенной микрофлоры, но и от сроков рекультивации. Особенно это важно для северных загрязненных территорий, где низкая температура замедляет процессы утилизации нефти.

Следовательно, деструктивные изменения отмечены для парафиновых, ароматических и кислородсодержащих структур, но степень биодеструкции зависит от численности микрофлоры, сроков рекультивации и концентрации биогенных элементов. Таким образом, с применением разработанной нами схемы рекультивации нефтезагрязненных почв стимулированной естественной микрофлоры, за 60 суток концентрация загрязнения почвы понизилась на 57 %, что оказало положительное влияние на восстановление почвенно-растительного сообщества. Применение полимерной композиции, образующей криогель на поверхности почвы, стимулировало развитие корневой системы и формирование ризосферы с повышенной биологической активностью. Полученные данные позволили разработать технологию «зеленой химии» восстановления нефтезагрязненной почвы и растительности на антропогенно-нарушенной территории нефтедобывающих комплексов Монголии.

Литература

1. Van Hamme J.D., Singh A., Ward O.P. Recent advances in petroleum microbiology // Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2003. 67. 503–549.
2. Svarovskaya L.I., Altunina L.K., Serebrennikova O.V. Biodestructive processes occurring in the organic matter of lowland peat in the arctic zone // AIP Conference Proceedings. 2016. V. 1783.
3. Lau J.A., Lennon J.T. Rapid responses of soil microorganisms improve plant fitness in novel environments // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2012. V. 109(35). P. 14058–14062.
4. Тарасевич Б.Н. // ИК-спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. Изд-во: М. МГУ им. М.В. Ломоносова. 2012. 55с.