

Маркевич Р.М., Мархотко К.Ф.

(Белорусский государственный технологический университет)

Романова Л.В.

(Институт микробиологии НАН Беларуси)

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Нефтешламы – сложные физико-химические смеси, образующиеся при добыче, транспортировке и переработке нефти. Нефтешламы состоят из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды. Соотношение составляющих нефтешлам компонентов может быть самым различным [1].

К основным методам переработки нефтешламов относятся складирование, термическое, химическое, физико-химическое и механическое воздействие, биоремедиация. Преимуществами биологического метода являются экологическая безопасность, возможность деградации загрязняющих веществ до безвредных промежуточных продуктов без дополнительного загрязнения окружающей среды. Скорость биodeградации зависит от многих факторов: температуры, влажности, растворимости и степени дисперсности углеводородов, численности и оксигеназной активности микроорганизмов [2].

Применение технологий, основанных на деструкции органических соединений биопрепаратами на основе активных штаммов микроорганизмов-нефтедеструкторов, является перспективным способом ликвидации техногенных загрязнений. Объектом исследования послужил шлам, образовавшийся в ходе бурения на Речицком месторождении. В качестве препарата использовался Родобел-ТН, разработанный в Институте микробиологии НАН Беларуси. Задача исследования заключалась в установлении условий обезвреживания образцов с различным исходным содержанием нефтепродуктов.

Препарат Родобел-ТН представляет собой консорциум высокоактивных микроорганизмов-деструкторов углеводородов нефти, титр – не менее $1,0 \cdot 10^9$ КОЕ/мл. Препарат добавляли согласно рекомендациям по применению: в образец объемом 250 см^3 вносили 13,75 мл исходного препарата, для обеспечения меньшей концентрации клеток препарат разбавляли в 10 и 100 раз, для увеличения концентрации клеток повышали дозу препарата. Подпитка микроорганизмов биогенными элементами проводилась дважды на 14 и 42 сут культивирования. Для подпитки использовались азотно-фосфатно-калийные удобрения Belfert 16-16-16 % в количестве 15 мл в виде 5 % раствора. Инкубирование

образцов проводили при температуре 20°C. Кроме того, оценивали ход деструкции нефтепродуктов при температурах 7 и 30°C.

Для определения содержания углеводов использовали мультфильный анализ, основанный на разделении и последующем измерении объемов водной, нефтяной и твердой фаз нефтешлама.

Для оценки состава микробиоты проводилось исследование суспензии, приготовленной из образцов нефтешлама: навеску массой 1 г ресуспендировали в 10 мл воды, высевали 0,1 мл суспензии на плотную среду (питательный агар) методом Коха, инкубировали в термостате при 30°C в течении 2 сут. Готовили препарат «раздавленная капля» и микроскопировали при на увеличении 100х. По морфологическим признакам оценивали долю микробиоты препарата в образцах с различным исходным содержанием нефтепродуктов.

При инкубировании образцов нефтешлама с высокой концентрации нефтепродуктов наблюдалось так называемое нефтяное зеркало, т.е. сорбирование нефти на поверхности. В ходе инкубирования данный эффект исчезал вследствие уменьшения содержания нефтепродуктов. В таблице 1 приведена степень деструкции нефтепродуктов при инкубировании образцов.

Таблица 1 – Степень деструкции нефтепродуктов

Концентрация препарата КОЕ/мл	Исходное содержание нефтепродуктов, % об.	Степень деструкции нефтепродуктов (%) при продолжительности обработки, сут						
		14	28	42	56	70	84	98
5,5·10 ⁵	1,0	0	0	5,0	10,0	20,0	25,0	30,0
5,5·10 ⁶	1,0	0	20,0	25,0	30,0	40,0	45,0	50,0
5,5·10 ⁷	1,0	10,0	25,0	35,0	50,0	60,0	65,0	70,0
1,1·10 ⁸	1,0	15,0	25,0	35,0	50,0	60,0	70,0	80,0
1,65·10 ⁸	1,0	15,0	25,0	40,0	60,0	70,0	75,0	80,0
5,5·10 ⁵	2,0	0	0	0	5,0	7,5,0	10,0	12,5
5,5·10 ⁶	2,0	2,5	5,0	10,0	15,0	20,0	27,5	30,0
5,5·10 ⁷	2,0	7,5	10,0	17,5	25,0	30,0	37,5	40,0
1,1·10 ⁸	2,0	7,5	15,0	20,0	25,0	32,5	45,0	50,0
1,65·10 ⁸	2,0	10,0	17,5	20,0	30,0	35,0	47,5	52,5
5,5·10 ⁵	4,0	0	0	0	2,5	3,8	6,3	7,5
5,5·10 ⁶	4,0	0	2,5	6,3	10,0	13,8	15,0	17,5
5,5·10 ⁷	4,0	0	3,8	3,7	7,5	16,3	23,8	25
1,1·10 ⁸	4,0	1,3	5,0	8,8	15,0	20,0	25,0	27,5
1,65·10 ⁸	4,0	1,3	3,8	8,8	17,5	25	28,8	30,0
5,5·10 ⁵	6,0	0	0	0	1,2	2,5	4,2	5,0
5,5·10 ⁶	6,0	0	0,8	2,5	6,7	9,2	10,0	11,7
5,5·10 ⁷	6,0	0,8	1,7	3,3	8,3	10,8	15,8	16,7
1,1·10 ⁸	6,0	0,8	1,7	2,5	10,0	13,3	18,3	20,0
1,65·10 ⁸	6,0	0,8	1,7	3,3	11,7	16,7	20,0	22,5

Микробиота исходных образцов представлена 5–6 морфологически различающимися группами аборигенных микроорганизмов. Результаты микроскопирования в ходе инкубирования свидетельствуют о том, что повышенное содержание нефти замедляет рост и развитие клеток препарата, однако полностью не угнетает, и аборигенная микробиота постепенно вытесняется.

Из приведенных данных следует, что при невысоком исходном содержании нефтепродуктов (1 и 2 %об.) уже к 14–28 сут наблюдается разница в степени деструкции нефтепродуктов в образцах с разной дозой препарата. Более высокое содержание нефтепродуктов оказывает ингибирующее действие на микробиоту препарата и только к 42 сут для 4 %об. и к 56 сут для 6 %об. нефтепродуктов начинается их деструкция.

К концу эксперимента (98 сут) наибольшая степень деструкции нефтепродуктов (80%) достигнута для образцов с исходным их содержанием 1 % об. при использовании дозы препарата, обеспечивающей концентрацию клеток $1,1 \cdot 10^8$ и $1,65 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. При возрастании исходного содержания нефтепродуктов степень их деструкции снижалась и составила 52,5; 30,0 и 22,5 % для образцов с исходным содержанием нефтепродуктов 2,0; 4,0 и 6,0 %об. соответственно.

Таким образом, дозу препарата необходимо подбирать в зависимости от исходного содержания нефтепродуктов и желаемой продолжительности и степени их деструкции.

Температура 7°C не благоприятна для развития микробиоты препарата, за время эксперимента значимой деструкции нефтепродуктов не зафиксировано. Инкубирование образцов при температуре 30°C ускорило процесс развития биомассы и разложения нефтепродуктов, однако с течением времени разницы между скоростью деструкции при температурах 20 и 30°C не наблюдалось. Температура 20 °C является благоприятной для инкубирования и легче достигаемой с практической точки зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов, Л.И. Переработка и утилизация нефтесодержащих отходов: монография / Л. И. Соколов – М.: Инфра-Инженерия. – 2017. – 160 с.

2. Афанасьев, С.В. Анализ методов переработки нефтешламов. Проблемы и решения / С.В. Афанасьев и др. // Инновации и «Зелёные» технологии: материалы Второй Всероссийской науч.-практ. конф. – Тольятти, 19 апреля 2019 г. – С. 22–27.