

**Томсон А. Э., Самсонова А. С., Сосновская Н. Е.,  
Соколова Т. В., Хрипович А. А., Пехтерева В. С.**

**Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск  
Институт микробиологии НАН Беларуси, г. Минск**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

## **КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ**

## **ТОРФА И МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

*Предложен новый композиционный материал на основе торфа и микроорганизмов – деструкторов нефти для рекультивации нефтезагрязненных земель. Эффективность применения апробирована в условиях полевого мелкоделяночного опыта.*

Одной из наиболее типичных проблем современности является загрязнение нефтью и нефтепродуктами почвенного покрова территорий, на которых происходит добыча, транспортировка и переработка нефти. Такое загрязнение приводит к экологическому и экономическому ущербу – падению урожайности сельскохозяйственных культур, уменьшению продуктивности лесов и лугов, изъятию из хозяйственного землепользования значительных площадей плодородных земель. Поскольку на современном уровне развития нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности не представляется возможным исключить ее воздействие на окружающую среду, возникает необходимость поиска оптимальных и адаптированных к конкретным условиям технологий рекультивации нефтезагрязненных почв.

Практика использования ряда микробных препаратов для удаления нефтяных загрязнений во многих странах подтвердила перспективность применения для этих целей активных штаммов микроорганизмов-деструкторов нефти. Имобилизация клеток микроорганизмов на твердом носителе способствует повышению их биохимической активности и скорости

деструкции загрязняющих веществ, защите их от воздействия отрицательных факторов окружающей среды, накоплению большого количества активной биомассы на единицу очищаемого объема среды, а также увеличению контакта рабочего объема биомассы с метаболизируемым ею субстратом.

Выбор торфа в качестве носителя для иммобилизации микроорганизмов – деструкторов нефти определен его высокой нефтепоглощающей способностью и свойством сорбировать на своей поверхности клетки микроорганизмов-деструкторов, обеспечивая тем самым тесный контакт их с субстратом. Более того, торф, будучи природным органометным материалом, служит источником гумуса и элементов дополнительного питания для иммобилизованных на нем микроорганизмов-деструкторов, способствуя тем самым созданию условий, необходимых для восстановления почв, нарушенных в результате загрязнения.

Сотрудниками Института микробиологии проведен скрининг микроорганизмов – деструкторов углеводов нефти в лабораторной коллекции культур-деструкторов ксенобиотиков среди 78 штаммов. Отобраны четыре наиболее активных по деструктивной и иммобилизационной способности штамма. В лабораторных условиях проведены исследования по подбору оптимальной микробной нагрузки в композиционном материале, обеспечивающей эффективное разрушение загрязнителя, а также определен наиболее подходящий вид торфа для их иммобилизации.

С целью определения возможности применения композиционного материала на основе торфа и микроорганизмов – деструкторов нефти для ускорения деградации нефти в почве на территории экспериментальной базы «Свислочь» НАН Беларуси был заложен мелкоделяночный опыт с модельным загрязнением сырой нефтью 5 г/кг, результаты которого представлены в таблице 1.

Методика определения нефтепродуктов (НП) в почве основана на экстракции НП из почвы четыреххлористым углеродом с одновременной очисткой элюатов на оксиде алюминия в колонке. Концентрации углеводов нефти в пробах определяли ИК-спектрофотометрическим методом.

Степень деградации нефти ( $S$ ) рассчитывали по формуле:

$$S = 100 - C/C_0 \cdot 100,$$

где  $C$  – остаточная концентрация нефти, мг/г;  $C_0$  – исходная концентрация нефти, мг/г.

Результаты химических и микробиологических анализов почвы в динамике приведены в таблицах 1–3.

Содержание нефти в варианте 2 (почва + нефть) уменьшилось на 28,6 % (30-е сутки) в результате испарения ее легких фракций. Незначительное изменение степени деградации (32,5 %, 60-е сутки и 36,2 %, 90-е сутки) можно объяснить протеканием естественных деструктивных процессов в нефтезагрязненной почве. При этом общая численность микроорганизмов снижается вследствие токсического воздействия углеводов нефти, а численность микроорганизмов – деструкторов нефти увеличивается почти в 2 раза по сравнению с исходной, что согласуется с данными микробиологического анализа почвы.

Таблица 1

Степень деградации ( $S$ ) нефти  
в условиях полевого мелкоделяночного опыта

Варианты опыта	Степень деградации, %			
	30 сутки	60 сутки	90 сутки	120 сутки
1. Фон – почва	–	–	–	–
2. Почва + нефть	28,6	32,5	36,2	43,4
3. Почва + нефть + композиционный материал	38,4	41,6	46,8	63,4
4. Почва + нефть + микроорганизмы	41,2	52,2	54,1	78,3
5. Почва + нефть + композиционный материал + микроорганизмы	53,3	61,7	67,6	85,0

За период наблюдений (120 суток) степень деградации нефти в варианте опыта с применением композиционного материала в сочетании с микроорганизмами-деструкторами нефти составила 85,0 %, что на 31,6 % выше, чем в фоновой нефтезагрязненной почве. Композиционный материал на основе торфа защищает иммобилизованные микроорганизмы-

деструкторы от неблагоприятного воздействия факторов окружающей среды и создает благоприятные условия для эффективного разрушения нефти. Общая численность микроорганизмов в почве варианта 5 к 90 суткам увеличилась до  $6,29 \cdot 10^8$  КОЕ/г почвы по сравнению с контрольным вариантом –  $0,26 \cdot 10^8$  КОЕ/г почвы, что свидетельствует об активном восстановлении микробиоценоза почвы.

Таблица 2

Динамика общей численности микроорганизмов в нефтезагрязненной почве в условиях мелкоделяночного полевого опыта

Вариант опыта	Количество микроорганизмов, КОЕ · 10 <sup>8</sup> /г абс. сух. почвы			
	1-е сут	30-е сут	60-е сут	90-е сут
Контроль	0,25	0,30	0,28	0,26
Почва + нефть	0,30	0,17	0,13	0,11
Почва + нефть + композиционный материал	0,24	0,47	0,79	0,83
Почва + нефть + микроорганизмы	0,28	0,81	3,92	3,58
Почва + нефть + композиционный материал + микроорганизмы	0,28	1,69	6,83	6,29

Таблица 3

Динамика численности микроорганизмов – деструкторов нефти в почве в условиях мелкоделяночного полевого опыта

Вариант опыта	Количество микроорганизмов-деструкторов, КОЕ · 10 <sup>7</sup> /г абс. сух. почвы			
	1-е сут	30-е сут	60-е сут	90-е сут
Контроль	0,29	0,31	0,32	0,29
Почва + нефть	0,26	0,46	0,48	0,50
Почва + нефть + композиционный материал	0,30	0,98	1,01	1,07
Почва + нефть + микроорганизмы	0,28	2,13	2,16	2,18
Почва + нефть + композиционный материал + микроорганизмы	0,30	5,38	1,90	2,06

В начале второго года на опытных делянках была удалена вся сорная растительность, внесены элементы минерального питания. Подобрана и высеяна смесь травяных культур, способных сформировать устойчивый травяной покров в условиях нефтяного загрязнения. Результаты представлены на рисунке 1 и в таблице 4.



Рис. 1 – Участки мелкodelяночного полевого опыта перед первым укосом трав  
1 – почва + нефть; 2 – почва + нефть + композиционный материал + микроорганизмы

Таблица 4

Степень деградации ( $S$ ) нефти и выход биомассы травяных культур в условиях полевого мелкodelяночного опыта

Вариант опыта	$S$ , %	Выход биомассы, $10^{-3}$ кг			
		1-ый укос		2-ой укос	
		зеленая	сухая	зеленая	сухая
1. Фон – почва	–	145,0±5,0	55,4±2,1	155,5±5,0	49,5±1,7
2. Почва + нефть	55,7	8,5±0,7	4,6±0,4	13,6±0,9	7,2±0,8
3. Почва + нефть + композиционный материал	72,4	24,2±1,5	12,1±1,1	31,8±1,8	13,2±0,9
4. Почва + нефть + микроорганизмы	80,7	43,0±2,0	17,2±1,0	53,4±2,2	21,8±1,1
5. Почва + нефть + композиционный материал + микроорганизмы	93,3	68,0±2,4	25,8±1,9	86,1±3,2	33,4±1,3

Показано, что такой уровень загрязнения почвы существенно влияет на характер развития растений. Во всех вариантах опыта наблюдается значительное снижение выхода биомассы. В варианте 2 выход биомассы снизился в 11–17 раз по сравнению с не загрязненной почвой.

Заметный положительный эффект применения торфа в качестве сорбирующего материала, предотвращающего миграцию нефти, а также как дополнительного источника питания для растений, наблюдается в увеличении выхода биомассы более чем в 2-3 раза по сравнению с вариантом 2. Степень деградации составила 72,4 %.

Введение в загрязненную почву микроорганизмов-деструкторов нефти приводит к снижению степени угнетения растений, что видно по приросту выхода биомассы в 4–5 раз.

Увеличение степени деградации нефти к концу второго года в варианте 5 до 93,3 %, что на 37,6 % выше, чем в фоновой нефтезагрязненной почве приводит к снижению негативного воздействия загрязнителя на процессы развития растений, о чем свидетельствует увеличение выхода биомассы в 6–8 раз по сравнению с нефтезагрязненной почвой. Степень токсикации растений снижается с 91,3 % до 44,6 % по зеленой массе, и с 85,5 % до 32,5 % по сухой массе. Площадь зарастания травяной растительностью на опытных делянках с применением торфа составила 37,5 %, с применением культуры микроорганизмов-деструкторов нефти – 62,5 %, а с применением композиционного материала – 87,5 % по сравнению с не загрязненной почвой.

Таким образом, использование композиционного материала в сочетании с культурой микроорганизмов-деструкторов нефти позволяет не только интенсифицировать процесс очищения почвы, но и предотвратить миграцию нефти по почвенному профилю, а также сформировать устойчивый травяной покров на нефтезагрязненных землях и достичь необходимого уровня рекультивации.