

УДК 57.083.12:502.65:665.6

Рогозина Е.А., Моргунов П.А., Тимергазина И.Ф., Шапиро А.И.Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт» (ФГУП «ВНИГРИ»), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru

БИОПРЕПАРАТЫ СЕРИИ НАФТОКС ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

На основе живых активных штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов создана новая серия биопрепаратов торговой марки НАФТОКС для очистки почвы от нефтяного загрязнения. Биопрепараты прошли лабораторное тестирование на эффективность утилизации почвы, загрязненной дизельным топливом и нефтями. Показана высокая степень утилизации нефтяного загрязнения в целом (до 87,4% от исходного содержания) и конкретных входящих в его состав фракций (до 95,6–100%). Кроме этого установлена избирательная способность созданных биопрепаратов к утилизации конкретных фракций нефтяного загрязнителя, что позволит в дальнейшем создавать биопрепараты целевого назначения. Внедрение результатов научно-исследовательских разработок в отечественную практику нефтеочистных работ зависит от заинтересованности и волевого решения соответствующих организаций, занимающихся охраной природных экосистем от нефтяного загрязнения. Работа выполнена за счет бюджетных средств Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках контракта № 16.515.11.5042 от 12.05.2011.

Ключевые слова: почвы, нефтяное загрязнение, очистка, биопрепараты, углеводородокисляющие микроорганизмы, эффективность, балансовые расчеты процесса очистки.

Во второй половине прошлого столетия перед мировым сообществом встала очень важная и жизненно необходимая проблема – предупреждение и ликвидация загрязнения природных экосистем различными видами загрязнителей, среди которых нефтяное является наиболее распространенным. Мировая и отечественная научно-исследовательская практика располагает достаточно большим опытом в решении различных вопросов этой проблемы.

Предупреждение нефтяного загрязнения природных экосистем осуществляется, как правило, по двум направлениям:

- юридические меры воздействия;
- инженерно-конструкторские мероприятия и создание чистых технологий.

Для ликвидации нефтяного загрязнения природных экосистем, в частности почвенных, разработаны и опробованы на практике технологии, основанные на различных способах очистки [Рогозина и др., 2001]. В последнее десятилетие широкое применение нашли технологии механического (включая сорбционный) и биологического способов ликвидации нефтяного загрязнения почв.

Технологии биологической очистки зарекомендовали себя экологически чистыми и экономически выгодными. Существует два подхода к очистке почв биологическим способом:

- стимуляция оставшегося в загрязненной почве естественного нефтеокисляющего биоценоза (микроорганизмов-аборигенов) путем создания оптимальных условий для его развития;

- введение в нефтезагрязненную почву углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) наряду с созданием условий обеспечения их жизнедеятельности.

Второй подход целесообразен, если активность естественного нефтеокисляющего биоценоза в нефтезагрязненной почве низка или практически отсутствует. В этом случае необходимая численность углеводородокисляющих микроорганизмов обеспечивается за счет применения биопрепаратов.

Отечественная практика очистки нефтезагрязненных почв располагает на сегодняшний день значительным числом (марок) биопрепаратов, основу которых, как правило, составляет сухая микробная масса чистых культур (или их ассоциаций) УОМ. Альтернативой порошковой форме биопрепаратов служит жидкая форма, основу которой составляют живые штаммы УОМ, обладающая более высокой эффективностью окисления углеводородов. К сожалению, эта форма, видимо, по коммерческим причинам, не находит применения на практике, хотя производство ее экономически выгоднее, чем порошковой.

ФГУП «ВНИГРИ» имеет достаточно большой опыт научно-исследовательских и экспериментальных исследований в области нефтяной микробиологии, геохимии нефтей и органического вещества, в создании микробиологических препаратов для очистки почв и поверхностных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами [Рогозина Е.А. и др., 1995; РД 52.18.575-96, 1999]. В 1990-х гг. совместно с сотрудниками лаборатории технической микробиологии ВНИИСХМ была создана и запатентована серия биопрепаратов под общим коммерческим названием «НАФТОКС». Биопрепараты прошли лабораторные и полигонные испытания в естественной среде и независимую экспертизу, показали высокую эффективность утилизации нефтяного загрязнения почв [Рогозина, Хотянович, 1995; Рогозина и др., 2012]. Эти исследования проводились в 1991–2000 гг. по договору с Министерством природных ресурсов РФ, а позднее (2001–2002 гг.) – в рамках Государственного контракта ВСЕГИНГЕО с КИР «Моргео» на поставку товаров, выполнения работ и оказание услуг для федеральных нужд № 1/14 НВ от 27 апреля 2001 г.

В 2011 г. исследования по проблеме биоочистки нефтезагрязненных почв были возобновлены на бюджетные средства в рамках Государственного контракта № 16.515.11.5042 от 12.05.2011 года с Минобрнауки РФ¹.

На первом этапе этих исследований 9 штаммов УОМ, отнесенных нами к родам *Pseudomonas*, *Mycobacterium* и *Rhodococcus*, были выделены из образцов воды, почвы, а также грунтов из зон многолетнего антропогенного нефтяного загрязнения и в лабораторных условиях тестированы на активность окисления нефти и нефтепродуктов [Рогозина, Калимуллина, 2008].

Анализ результатов проведенного тестирования позволил выделить 4 штамма УОМ – 12-Р, 48-У, 1-КП и 4-Г как наиболее активных. Критерием этому послужили как максимальная степень окисления отдельных фракций в составе нефтяного загрязнителя (дизельного топлива и нефтей), так и максимальное образование промежуточных продуктов в процессе биоокисления нефтей. Выделенные штаммы УОМ были взяты за основу для создания в лабораторных условиях опытных образцов биопрепарата.

Изготовление опытных образцов биопрепарата с последующей оценкой их эффективности утилизации нефтяного загрязнения почвы проходило по предварительно разработанному лабораторному регламенту и программе моделирования процесса биоочистки почв [Матвеев, 1995]. Согласно лабораторному регламенту была создана серия опытных образцов биопрепарата НАФТОКС 12-Р, НАФТОКС 48-У, НАФТОКС 1-КП и НАФТОКС 4-Г² на основе бактерий *Pseudomonas aeruginosa* 12-Р; *Pseudomonas citronellalis* 48-У; *Rhodococcus fascias* 4-Г и *Rhodococcus erythropolis* 1-КП³. Форма биопрепаратов – жидкая.

Опытные образцы биопрепаратов были исследованы в лабораторных условиях на эффективность очистки нефтезагрязненной почвы. Объем выполненных научно-исследовательских работ по созданию опытных образцов биопрепарата и определения их эффективности по утилизации нефтяного загрязнения почвы наглядно демонстрирует рис. 1 [Матвеев, 1995].

¹ В исследованиях по контракту были задолжены сотрудники экоаналитической лаборатории ВНИГРИ Н.Б. Вишневецкая, Т.М. Нуйскова, Н.А. Орлова, Л.С. Переходова, Р.М. Свечина, Г.В. Туренкова; отдела геохимических основ прогноза нефтегазоносности и нефтеэкологических исследований О.А. Андреева; группы маркетинга и внешних связей С.И. Жаркова и Т.В. Забалуева.

² Созданная новая серия опытных образцов биопрепарата продолжает серию ранее разработанных во ВНИГРИ биопрепаратов под коммерческим названием НАФТОКС, торговая марка которого зарегистрирована 17 мая 2011 г. № 437340 в Государственном реестре товарных знаков обслуживания Российской Федерации.

³ Штаммы УОМ 12-Р, 48-У, 1-КП и 4-Г задепонированы 28.02.2012 г. в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения Россельхозакадемии (РСАМ).



Рис. 1. Научно-экспериментальный комплекс по исследованию эффективности биопрепарата по очистке нефтезагрязненных почв в лабораторных условиях

Объектом очистки от нефтяного загрязнения была выбрана садово-огородная почва, содержащая в своем составе всё необходимое для жизнеобеспечения УОМ (табл. 1).

Таблица 1

**Результаты агрохимического анализа исходной почвы,
используемой для испытания опытных образцов биопрепарата**

№ п/п	Наименование показателей	Образец почвы		НД на метод испытаний
		исходная	загрязненная дизельным топливом	
ВЗс Химические элементы				
1	Фосфор подвижная форма, мг/кг	477,69 ± 47,77	730,60 ± 73,06	ГОСТ 26207-91
ВЗf Другие вещества				
2	К ₂ О (калий подвижная форма, мг/кг)	82,4 ± 8,24	110,20 ± 11,02	ГОСТ 26207-91
Показатель качества				
3	Азот нитратный, мг/кг с.в.	6,56 ± 0,66	-	ГОСТ 26951-86
4	Аммонийный азот, мг/кг	2,00 ± 0,20	-	ГОСТ 26489-85
5	Влажность, %	5,00 ± 0,50	6,90 ± 0,69	ГОСТ 28268-89
6	Содержание органических веществ, %	5,80 ± 0,58	9,29 ± 0,93	ГОСТ 26213-91

Степень искусственного загрязнения почвы дизельным топливом и нефтями составляла ~2,0% (или 20 000 мг/кг почвы). Перед очисткой почвы химико-битуминологическим комплексом анализов определялись степень загрязнения и состав нефтяного загрязнителя. Результаты этих анализов (табл. 2) были исходными для расчета в дальнейшем балансовой стороны процесса биоутилизации нефтяного загрязнения.

Из табл. 2 четко видно различие в составе загрязнителей: в составе ХБА при загрязнении почвы нефтями значительно повышено содержание бензольных смол в групповом составе и Аг II – в групповом составе масел по сравнению с ХБА почвы, загрязненной дизельным топливом.

Очистка нефтезагрязненной почвы проводилась при комнатной температуре в течение 11 месяцев, при постоянном мониторинге происходящих процессов, включающем контроль следующих параметров:

- титр УОМ (кл/г) с периодичностью определения 2–3 недели;
- значение РН в очищаемой почве;
- содержание в очищаемой почве фракции органического вещества, экстрагируемой четырёххлористым углеродом, мг/кг почвы;
- содержание нефтепродуктов, мг/кг.

Таблица 2

Изменение качественного состава нефтяного загрязнителя и степень его утилизации при очистке почвы биопрепаратами серии НАФТОКС в лабораторных условиях (продолжительность опытов – 11 месяцев)

№ п/п	Качественный состав загрязнителя (отн.%) Степень утилизации загрязнителя (вес.% от исх. содержания)		Нефтяной загрязнитель почвы							
			дизельное топливо		нефть 1 (м-ние Русское)			нефть 2 (м-ние З. Тэбук)		
	Биопрепарат НАФТОКС		12-Р	48-У	12-Р	48-У	1-КП	4-Г	12-Р	1-КП
1	Степень нефтяного загрязнения почвы	<i>до опыта</i>	1,993	2,001	2,065	2,060	2,048	2,06	2,019	2,008
		<i>после опыта</i>	0,252	0,331	2,250	2,240	2,900	2,240	1,396	1,277
		<i>утилизация</i>	87,4*	83,5	+ 9,0	+ 8,7	+ 41,6	+ 8,7	30,9	36,4
Групповой состав ХБА										
2	масла	<i>до опыта</i>	88,57	88,57	73,31	73,31	73,31	73,31	70,40	70,40
		<i>после опыта</i>	32,74	34,83	29,04	24,96	31,34	33,45	31,13	30,55
		<i>утилизация</i>	95,3	93,5	56,8	63,0	39,5	50,4	69,4	72,4
3	бензолные смолы	<i>до опыта</i>	1,50	1,50	11,55	11,55	11,55	11,55	10,80	10,80
		<i>после опыта</i>	6,35	6,43	18,78	29,20	29,13	27,82	21,15	24,06
		<i>утилизация</i>	46,7	29,0	+ 77,2	+ 174,9	+ 257,2	+ 162,0	+ 35,5	+ 41,6
4	спиртобензолные смолы	<i>до опыта</i>	6,93	6,93	11,95	11,95	11,95	11,95	14,00	14,00
		<i>после опыта</i>	33,73	30,79	48,37	41,77	36,06	35,42	36,36	36,31
		<i>утилизация</i>	38,5	26,5	+ 341,0	+ 280,1	+ 327,3	+ 222,3	+ 79,6	+ 65,0
5	асфальтены	<i>до опыта</i>	3,00	3,00	3,19	3,19	3,19	3,19	4,80	4,80
		<i>после опыта</i>	27,18	27,95	3,81	4,07	3,47	3,31	11,36	9,08
		<i>утилизация</i>	+ 14,5**	+ 54,2	+ 30,0	+ 38,8	+ 54,1	+ 12,8	+ 63,6	+ 20,3
Углеводородный состав масел										
6	метано-нафтеновые УВ	<i>до опыта</i>	73,44	73,44	56,35	56,35	56,35	56,35	64,25	64,25
		<i>после опыта</i>	69,09	67,81	47,19	51,09	46,90	46,79	46,07	52,83
		<i>утилизация</i>	95,6	94,0	63,8	66,4	49,6	58,8	78,1	77,3
7	моноароматические УВ	<i>до опыта</i>	19,49	19,49	17,96	17,96	17,96	17,96	13,37	13,37
		<i>после опыта</i>	19,39	24,03	21,25	17,03	19,47	8,02	25,84	22,17
		<i>утилизация</i>	95,3	92,0	48,9	64,9	34,4	77,8	40,9	54,2
8	биароматические УВ	<i>до опыта</i>	3,00	3,00	25,69	25,69	25,69	25,69	22,38	22,38
		<i>после опыта</i>	11,52	8,16	31,56	27,17	28,76	37,17	28,09	25,00
		<i>утилизация</i>	82,1	82,3	47,0	60,9	32,2	28,2	61,6	69,2
9	полиароматические УВ	<i>до опыта</i>	4,07	4,07	-	-	-	-	-	-
		<i>после опыта</i>	-	-	-	4,71	4,81	8,02	-	-
		<i>утилизация</i>	100,0	100,0	-	+	+	+	-	-
* 87,4 – снижение содержания, по сравнению с доопытным.										
** + 14,5 – возрастание содержания, по сравнению с доопытным.										

Образцы очищаемой почвы на последние два вида анализов отбирались, как правило, с периодичностью 2 недели, анализы выполнялись согласно ГОСТу 17.1.4.01-80 и РД 52.18.575-96 [Алехин, Алехина, Рогозина, 1996].

По результатам анализа содержания в очищаемой почве «нефтепродуктов» можно судить, как неоднократно на это указывалось нами, только об эффективности утилизации биопрепаратом конкретно данной фракции. Более достоверные результаты по оценке эффективности биоочистки почвы от нефтяного загрязнения в целом и отдельных входящих в его состав фракций могут быть получены на основе балансовых расчетов по данным детального химико-битуминологического анализа почвы до и после её очистки.

Отбор проб очищаемой почвы на детальный химико-битуминологический анализ был произведен через 3,7 и 11 месяцев от начала постановки опытов. Комплекс детальных химико-битуминологических анализов включал экстракцию хлороформом нефтяного загрязнения до и после опытов. В составе битумоидов исследовался его групповой состав и углеводородный состав фракции масел. Метано-нафтеновая фракция масел анализировалась хроматографически на присутствие в ней идентифицируемых насыщенных углеводородов (нормальных алканов и изопреноидов). К сожалению, на сегодняшний день результаты этого вида анализов позволяют только качественно проследить изменения в составе насыщенных углеводородов при очистке нефтезагрязненных образцов почвы (рис. 2).

По результатам проведенных исследований прослеживается определенная динамика утилизации и степень эффективности конкретных биопрепаратов на фиксируемых этапах моделирования в лабораторных условиях процесса биоредемииации нефтезагрязненной почвы. Эти результаты представляют большой интерес для исследователей в области нефтяной микробиологии. Для практики очистки почв от нефтяного загрязнения более важна итоговая таблица результатов проведенных исследований (табл. 2). Согласно анализу и обобщению результатов выполненной работы мы пришли к следующим основным выводам:

- выделенные из природных нефтезагрязненных объектов штаммы УОМ показали высокую активность в окислении нефтяных углеводородов и послужили основой для создания новой серии биопрепаратов НАФТОКС для очистки природных экосистем, в данном случае – почвы, от загрязнения нефтью и нефтепродуктами;

- процесс биоредемииации нефтезагрязненной почвы сложный и, согласно законам нефтяной микробиологии, проходит через образование промежуточных продуктов с различной степенью окисления. По методике исследования экстрагированного из почвы ХБА эти новообразованные продукты фиксируются в групповом составе (смолы и

асфальтены) и в углеводородном составе масел (полиароматические УВ). Превышение содержания смол и асфальтенов в послеопытных образцах почвы, по сравнению с исходными, может достигать (табл. 2) 289,7%;

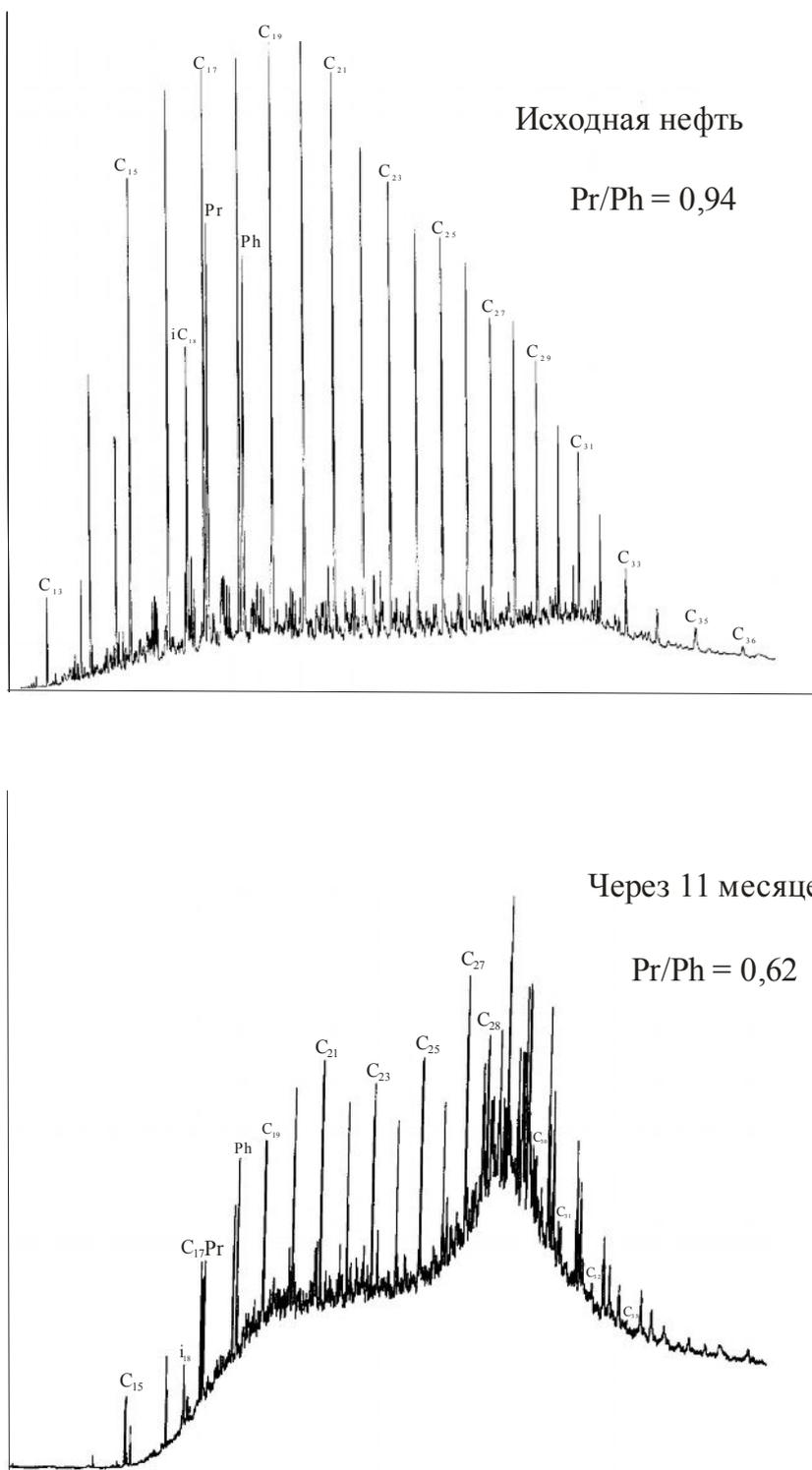


Рис. 2. Хроматограммы метано-нафтеновой фракции нефтяного загрязнителя до и после очистки почвы образцом биопрепарата НАФТОКС 1-КП в лабораторных условиях (продолжительность очистки – 11 месяцев)

Загрязнитель – нефть м-ния 3. Тэбук (нефть 2).

- образование промежуточных продуктов снижает эффективность утилизации биопрепаратами нефтяного загрязнения в целом. Чем сложнее состав исходной нефти, тем ниже эффективность биопрепарата по данным определения содержания ХБА в целом;

- об эффективности биопрепаратов более объективно можно судить по снижению в почве содержания углеводородных фракций (масла и в их составе метано-нафтеновые и ароматические углеводороды). За 11 месяцев в составе нефтяного загрязнителя содержание, по сравнению с исходным, снизилось: масел на 39,5–95,3%, Me-Nf УВ на 49,6–95,6%, Ar I – 34,4–95,3%, Ar II – 28,2–82,3%;

- степень снижения в загрязненной почве конкретных фракций нефтяного загрязнителя объясняется не только различием в их химическом составе, но и активностью и избирательной способностью штаммов УОМ. Так, в зависимости от марки биопрепарата, снижение содержания фракции масел, по сравнению с исходным, в почве, загрязненной нефтью-1, произошло на 39,5% (1-КП), 50,4% (4-Г) и на 63,0% (48-У). Соответственно, содержание Me-Nf УВ снизилось на 49,6; 58,8 и 66,4%; Ar-I – 34,4; 77,8 и 64,9%; Ar-II – 28,2; 32,2 и 60,9%;

- в качественном составе насыщенных углеводородов метано-нафтеновой фракции нефтяного загрязнителя наблюдается снижение вплоть до полного исчезновения легкоокисляемых углеводородов и относительное возрастание содержания менее доступных к окислению. Это достаточно четко фиксируется по изменению отношения \sum изопренанов / \sum n-алканов. Следует также отметить избирательную способность разных марок биопрепарата к окислению конкретных групп насыщенных углеводородов в составе нефтяного загрязнителя (табл. 3);

- избирательный подход разных штаммов УОМ к окислению определенных фракций нефтяного загрязнителя позволяет в дальнейшем создавать биопрепараты целевого назначения.

В заключение следует отметить, что в результате исследований по контракту с Минобрнауки РФ:

- создана серия новых высокоэффективных биопрепаратов под торговой маркой НАФТОКС. Форма биопрепаратов – жидкая;

Таблица 3

Изменение качественного состава насыщенных углеводородов метано-нафтеновой фракции нефтяного загрязнения почвы при очистке биопрепаратами серии НАФТОКС (продолжительность очистки в лабораторных условиях – 11 месяцев)

Нефтяной загрязнитель	Биопрепарат	Насыщенные углеводороды, отн.% на Σ							Σ изопр. Σ н-алк.
		до C ₁₄	C ₁₅ -C ₂₀	C ₂₁ -C ₂₅	C ₂₆ -C ₃₀	> C ₃₀	изопр. до C ₁₈	изопр. C ₁₉ -C ₂₀	
дизельное топливо	исх.	4,57	54,78	18,18	1,45	-	5,48	15,54	0,27
	12-Р	-	26,81	33,21	8,23	-	3,67	28,08	0,47
	48-У	-	32,43	26,60	6,67	-	3,20	31,10	0,52
нефть 1	исх.	17,09	48,74	14,60	5,67	-	4,61	9,29	0,16
	12-Р	-	-	-	-	-	18,0	82,0	-
	48-У	-	-	-	-	-	20,0	80,0	-
	1-КП	-	-	-	-	-	16,0	84,0	-
	4-Г	-	-	-	-	-	14,0	86,0	-
нефть 2	исх.	3,15	36,77	26,16	14,61	5,67	3,40	10,24	0,16
	12-Р	0,73	24,84	31,01	22,56	2,62	2,13	16,11	0,22
	1-КП	-	24,42	29,80	25,68	4,03	2,22	13,85	0,19

- разработаны основы комплексной технологии очистки нефтезагрязненных почв, включающей оценку нефтеэкологической ситуации на загрязненной территории, мониторинг процесса биоремедиации и расчет балансовой стороны происходящих процессов по снижению содержания нефтяного загрязнителя в целом и отдельных входящих в его состав фракций;

- запатентовано четыре штамма УОМ, пригодных для создания биопрепаратов по биоремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтенпродуктами.

Практическое использование результатов выполненных исследований на сегодняшний день зависит от заинтересованности и волевого решения соответствующих структур по охране экосистем от нефтяного загрязнения.

Литература

Алехин В.Г., Алехина Л.Г., Rogozina E.A. Перспективы использования биопрепаратов при рекультивации нефтезагрязненных территорий Сургутского района // Доклады Первой международной конференции «Охрана окружающей природной среды при поисках, разведке, разработке месторождений углеводородного сырья, его переработке и транспортировке». - СПб. - 1996. – С. 92-100.

Матвеев Ю.М. Технология очистки территорий, загрязненных нефтепродуктами // Доклады Первой Всероссийской конференции «Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды. - СПб. - 1995. – С. 126-130.

РД 52.18.575-96 Методические указания. Определение валового содержания нефтепродуктов в пробах почвы методом ИКС. Методика выполнения измерений // М. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. - 1999.

Rogozina E.A., Kalimullina G.K. Динамика утилизации нефтяного загрязнения почвы биопрепаратами серии «Нафтокс» // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2008. - Т.3. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/7/7_2008.pdf

Rogozina E.A., Morgunov P.A., Perehodovala L.S., Timergazina I.F. Методические аспекты лабораторного исследования эффективности утилизации нефтяного загрязнения почв биопрепаратами // Георесурсы. – 2012. - 6 (48). – С. 13-15.

Rogozina E.A., Svecina P.M., Shapiro A.I., Perehodovala L.S., Timergazina I.F. Методические аспекты исследования активности утилизации нефти и нефтепродуктов штаммами углеводородокисляющих микроорганизмов // Нефтяная геология. Теория и практика. - 2001. – Т.6. – №4. – http://www.ngtp.ru/rub/7/43_2011.pdf

Рогозина Е.А., Хотянович А.В. Биорекреация нефтезагрязненных почвенных и водных экосистем // Доклады Первой Всероссийской конференции «Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды». - СПб. - 1995. – С. 131-136.

Рогозина Е.А., Хотянович А.В., Архангельская Р.А., Жаркова С.И., Ипатов Ю.И., Костюничева Е.В., Орлова Н.А., Свечина Р.М., Сергеенок Л.И., Шапиро А.И. Биопрепараты серии НАФТОКС для очистки почвенных и водных экосистем от нефтезагрязнений // Доклады Первой Всероссийской конференции «Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды». - СПб. - 1995. – С. 137-144.

Rogozina E.A., Morgunov P.A., Timergazina I.F., Shapiro A.I.

All-Russia Petroleum Research Exploration Institute (VNIGRI), Saint Petersburg, Russia, ins@vnigri.ru

NAFTOKS BIOLOGICAL PRODUCTS FOR CLEAN UP OIL-CONTAMINATED SOIL

A new series of biologics of Naftoks brand was created on the basis of live active strains of hydrocarbon-oxidizing microorganisms to clean up oil-contaminated soil. Biological products have been laboratory tested in terms of efficiency of utilization of soil contaminated with diesel fuel and oils. The high degree of utilization of oil pollution in general (up to 87.4% of the initial content) and for specific fractions in its content (up to 95.6-100%) is shown. Moreover, the ability of created biological product to utilize specific fractions of petroleum contaminants is determined, which enable to produce biologics of target purpose. The implementation of research results into domestic oil refineries works depends on the interest and volitional decisions of the organizations involved in protection of natural ecosystems from oil pollution. The work was performed using budget of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation under the contract 16.515.11.5042 dated 12th May 2011.

Key words: soil, oil pollution, clean up, biological products, hydrocarbon-oxidizing microorganisms, efficiency, balance calculations of cleaning process.

References

Alekhin V.G., Alekhina L.G., Rogozina E.A. *Perspektivy ispol'zovaniya biopreparatov pri rekul'tivatsii neftezagryaznennykh territoriy Surgut'skogo rayona* [Prospects for the use of biologics in the remediation of oil-contaminated areas of Surgut region]. Doklady Pervoy mezhdunarodnoy konferentsii «Okhrana okruzhayushchey prirodnoy sredy pri poiskakh, razvedke, razrabotke mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya, ego pererabotke i transportirovke». Saint Petersburg, 1996, p. 92-100.

Matveev Yu.M. *Tekhnologiya ochistki territoriy, zagryaznennykh nefteproduktami* [Technology for cleaning areas contaminated with oil products]. Doklady Pervoy Vserossiyskoy konferentsii «Poiski nefti, neftyanaya industriya i okhrana okruzhayushchey sredy. Saint Petersburg, 1995, p. 126-130.

Rogozina E.A., Kalimullina G.K. *Dinamika utilizatsii neftyanogo zagryazneniya pochvy biopreparatami serii «Naftoks»* [Dynamics of utilizing the oil pollution of soil by the Naftoks biologics]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2008, vol. 3, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/7/7_2008.pdf

Rogozina E.A., Khotyanovich A.V. *Biorekreatsiya neftezagryaznennykh pochvennykh i vodnykh ekosistem* [Bio-recreation of oil-contaminated soil and water ecosystems]. Doklady Pervoy Vserossiyskoy konferentsii «Poiski nefti, neftyanaya industriya i okhrana okruzhayushchey sredy. Saint Petersburg, 1995, p. 131-136.

Rogozina E.A., Khotyanovich A.V., Arkhangel'skaya R.A., Zharkova S.I., Ipatov Yu.I., Kostyunicheva E.V., Orlova N.A., Svechina R.M., Sergeenok L.I., Shapiro A.I. *Biopreparaty serii NAFTOKS dlya ochistki pochvennykh i vodnykh ekosistem ot neftezagryazneniy* [Biologics series Naftoks for cleaning soil and water ecosystems from oil pollution]. Doklady Pervoy Vserossiyskoy konferentsii «Poiski nefti, neftyanaya industriya i okhrana okruzhayushchey sredy». Saint Petersburg, 1995, p. 137-144.

Rogozina E.A., Morgunov P.A., Perekhodova L.S., Timergazina I.F. *Metodicheskie aspekty laboratornogo issledovaniya effektivnosti utilizatsii neftyanogo zagryazneniya pochvy biopreparatami* [Methodological aspects of laboratory studies of the effectiveness of utilization of oil-contaminated soil using biological products]. Georesursy, 2012, no. 6 (48), p. 13-15.

Rogozina E.A., Svechina R.M., Shapiro A.I., Perekhodova L.S., Timergazina I.F. *Metodicheskie aspekty issledovaniya aktivnosti utilizatsii nefi i nefteproduktov shtammami uglevodorodokislyayushchikh mikroorganizmov* [Investigation of utilizing oil and oil products by strains of hydrocarbon-oxidizing microorganisms - methodological aspects]. Neftyanaya geologiya. Teoriya i praktika, 2001, vol. 6, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/7/43_2011.pdf

© Рогозина Е.А., Моргунов П.А., Тимергазина И.Ф., Шапиро А.И., 2013