

УДК 57.083.1:[502.65:665.6]

Рогозина Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А.Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ), Санкт-Петербург, Россия, ins@vnigri.ru**Орлова Н.А.**

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии (ВНИИСХМ), Пушкин, Россия.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОПРЕПАРАТОВ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВ И ГРУНТОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Проведена сравнительная характеристика биопрепаратов, предлагаемых отечественными организациями и фирмами для очистки почв и грунтов от загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Источником информации послужили, в основном, рекламные проспекты. Сравнение биопрепаратов проводилось по параметрам, характеризующим как сам препарат, так и эффективность его при очистке нефтезагрязненных объектов. Значения выбранных для сравнения параметров изменяются в широком диапазоне, по ряду из них информация отсутствует. Отмечено отсутствие унифицированного перечня параметров-характеристик, по которым можно было бы сравнить разработанные биопрепараты и оценить их конкурентоспособность. Представлена информация о биопрепаратах серии НАФТОКС, разработанных во ВНИГРИ и ВНИИСХМ.

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, очистка, биопрепараты, эффективность очистки.

Нефть и нефтепродукты являются наиболее распространенным загрязнителем природных экосистем. К числу основных характеристик этого вида загрязнения можно отнести: органогенную природу, сложный многокомпонентный состав, токсичность ряда составляющих, масштабность распространения, высокую миграционную способность.

Загрязнение природных экосистем нефтью и нефтепродуктами происходит на всех этапах проведения геологоразведочных работ и во всех отраслях нефтегазового комплекса и хозяйственной деятельности. Согласно одной из экспертных оценок, потери нефти в мире при ее добыче, переработке и использовании превышают 45 млн. т в год, или 2 % от ее добычи, из них 22 млн. т теряется на суше, что составляет 48,9 % от общей потери, или 0,98 % от добычи. Наиболее масштабному загрязнению подвергаются почвенные экосистемы, негативные последствия которого проявляются в деградации сельскохозяйственных угодий, снижении урожайности, уменьшении продуктивности лесов и лугов, изъятии из хозяйственного землепользования плодородных земель, в токсическом воздействии на человека и все живое, в ухудшении санитарных условий и т.д.

Не меньшую опасность представляет нефтяное загрязнение водных экосистем. Трагедия в Мексиканском заливе доказательство этого.

Негативное воздействие нефтяного загрязнения проявляется в нарушении кислородного баланса и изменении газового режима в системе, снижении интенсивности фотосинтеза, замедлении минерализации органического вещества, в изменении солевого состава воды и т.д.

Но главное - в токсическом влиянии на флору и фауну.

На сегодняшний день мировое сообщество встало перед проблемой масштабной загрязненности природных экосистем нефтью и нефтепродуктами. Положение уже настолько серьезное, что стоит вопрос о том, чтобы удержать это загрязнение хотя бы на уровне сегодняшнего дня.

Как известно, нефтяные загрязнения могут быть двух типов. Первый тип – это аварийный разлив нефти, масштабы которого колеблются в широких пределах. В любом случае аварийный разлив нефти происходит внезапно, экосистема получает своего рода шоковый удар, справиться с которым и прийти в норму зависит от целого ряда обстоятельств, в том числе степени нефтяной нагрузки на почву, состава нефтяного загрязнителя, глубины его проникновения в почву и от характера самой почвы.

Для ликвидации масштабных аварийных разливов нефти и нефтепродуктов используются подготовленные бригады специалистов, специальное оборудование.

Второй тип загрязнения – это загрязнение вследствие использования неисправного оборудования или небольших выбросов нефтепродуктов. Такой тип загрязнения может быть ограниченным по площади, но глубоко проникать в почву.

Мировая и отечественная практика располагает значительным опытом по предупреждению и ликвидации нефтяного загрязнения природных экосистем.

Предупреждение нефтезагрязнения природных экосистем осуществляется, как правило, по двум направлениям:

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

Юридические меры предусматривают проведение контроля за нефтеэкологической обстановкой на предприятиях нефтегазового комплекса, при транспортировке и переработке углеводородного сырья, взыскание в соответствующих ситуациях денежных штрафов и привлечение к административной ответственности.

Инженерно-конструкторские мероприятия и разработка чистых технологий также направлены на предупреждение новых загрязнений природных экосистем нефтью и нефтепродуктами.

Для ликвидации нефтезагрязнений почвенных экосистем разработаны многочисленные методы и технологии их использования при очистке почв, грунтов.

Наиболее детальная классификация существующих методов очистки природных экосистем от нефтяного загрязнения принадлежит Ю.М. Матвееву (табл. 1) [Матвеев, 1995].

Технологии с использованием механических способов сбора нефти широко используются в практике очистных работ – от сбора разлившейся нефти различными механизмами и приспособлениями до использования различных типов сорбентов. Последний вариант сбора нефти относится к сорбционному методу удаления нефтяного загрязнения.

Очистка почв, при которой используются технологии механического сбора загрязнителя, применяются при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. Кроме специального оборудования эти технологии могут использовать и различные виды сорбентов. Применение последних, как правило, происходит в два этапа – размещение сорбента на загрязненной почве и последующий его сбор с сорбированной нефтью. Сорбционные методы удаления нефтяного загрязнения связаны с большими трудовыми и финансовыми затратами. При очистке почв с использованием технологий, в основе которых лежит механический способ ликвидации нефтяного загрязнения, предусмотрен вывоз загрязненного слоя почвы с последующей утилизацией загрязнителя различными способами (термическое разложение, экстракция, химическая деструкция, разложение в биореакторах). Эти технологии также достаточно трудоёмки и затратны.

К тому же следует иметь в виду, что технологии механической ликвидации нефтяного загрязнения в дальнейшем требуют доочистки.

Начиная с 70-х гг. прошлого столетия, во многих странах в ряд наиболее приоритетных среди способов очистки почвы от нефтезагрязнений выдвигаются биологические методы в силу их высокой эффективности, экологической безопасности и экономической выгоды.

Биологические методы ликвидации нефтяного загрязнения имеют определенные ограничения в плане масштабов нагрузки загрязнителя на природные экосистемы. При ликвидации на месте аварийного разлива нефти или нефтепродуктов биологические методы малоэффективны. Доочистка экосистемы после ликвидации основной массы нефтяного загрязнителя может быть проведена с использованием биотехнологии.

В практике нефтеочистных работ существует два принципиальных подхода к биодegradации нефтяных углеводородов в загрязненной среде:

- стимуляция естественного нефтеокисляющего биоценоза путем создания оптимальных условий для его развития;
- введение в загрязненную экосистему активных углеводородокисляющих микроорганизмов наряду с созданием условий обеспечения их жизнедеятельности.

Оба подхода активно разрабатываются соответствующими фирмами ряда стран.

Таблица 1

Классификация технология, используемых для ликвидации загрязнения почв и акваторий [Матвеев, 1995]

Тип	Вид	Способ и механизм очистки загрязнений
1. Механический	1.1 Механическое удаление загрязненного слоя почвы	Вывоз и складирование на специальных площадках или полигонах захоронения
	1.2 Экранизация - засыпка загрязненной поверхности слоем чистого грунта или почвы	Загрязнитель фиксируется на месте загрязнения
	1.3 Изоляция пятен загрязнения различными методами: полимерные покрытия, гидроизоляция грунтовых вод, др.	Загрязнитель фиксируется на месте загрязнения, изолирован от сопредельных сред
	1.4 Запашка (захоронение) верхнего загрязненного слоя почвы в более глубокие слои	Искусственное перераспределение загрязнителя в почве
2. Термический	2.1 Сжигание на месте	Термическое разложение
	2.2 Обработка в термокамерах	Вывоз загрязненного грунта с термическим разложением
3. Физико-механический	3.1 Сепарация частиц, содержащих поллютанты от почвенной матрицы: а) сухое просеивание б) мокрое просеивание	Термическая обработка с последующим улавливанием газов, захоронение концентратов. Возможно разложение органических компонентов в биореакторах
4. Физико-химический	4.1 Вакуумная экстракция или вентиляция почвы	Физические или химические методы удаления
	4.2 Экстракционные технологии: промывка загрязненного грунта растворами комплексообразователей, деспергентов и др.	Химическое удаление
	4.3 Иммобилизационные технологии: внесение химических осадителей, комплексообразователей, сорбентов (целиты, глины, гидроксиды железа, торф, активированный уголь и др.)	Сорбционные методы удаления
5. Химический	5.1 Методы химической детоксикации	Химическая деструкция загрязняющих веществ химическими деструктантами (катализаторы, активные радикалы и др.)
6. Биологический	6.1 Использование микроорганизмов, разлагающих органические поллютанты: а) внесение микроорганизмов в загрязненную почву на месте; б) снятие слоя почвы и компостирование его с микроорганизмами на специальной площадке или в реакторах	Разложение загрязнителей методом биологической деструкции с помощью микроорганизмов или ферментативной активности

Продолжение табл. 1

7. Агорохимический	7.1 Внесение удобрений	Ускорение разложения внесением в почву минеральных органических удобрений и мелиорантов
	7.2 Внесение удобрений совместно с сорбентами	То же с внесением активированного угля, ионообменных смол и др.
	7.3 Известкование	То же
8. Агротехнический	8.1 Фитосанитарный	Ускорение разложения и выноса загрязнителя с помощью растений
	8.2 Различного вида вспашка	То же
9. Комбинированный	9.1 Физико-химический и биологический	То же, что для п.4.2 и 6.1
	9.2 Биологический и агротехнический	То же, что для п.6.1 и 7.1-7.3
	9.3 Химический, биологический и агротехнический	То же, что для п.4.2-7.3
	9.4 Агротехнический и механический	То же, что для п.7.1-7.3 и 1.3
	9.5 Другие виды (как правило, комбинация типов 4, 5, 6, 7)	

В первом варианте технологии очистки предусматривают активизацию процесса самоочистки почвы, что способствует полному разрушению загрязнителя и является экономически целесообразным.

Интродукцию углеводородоокисляющих микроорганизмов в загрязненную среду проводят в тех случаях, когда активность естественного биоценоза низкая и окисление нефти идет крайне медленно. В этом случае повышение численности углеводородоокисляющих микроорганизмов обеспечивают за счет использования биопрепаратов.

Действующим началом препаратов являются либо чистые культуры микроорганизмов – деструкторов нефти и нефтепродуктов, либо искусственно подобранные их ассоциации.

На сегодняшний день мировая и отечественная практика располагает различными марками биопрепаратов и технологиями их использования. Основным критерием оценки биологических методов очистки почв и грунтов является эффективность утилизации нефтяного загрязнения. В отличие от других методов, биологический метод наряду с преимуществом (экологически чистый, экономически выгоден) имеет и ряд ограничений.

Прежде всего, необходимо иметь в виду, что при биологическом методе очистки почв и грунтов взаимосвязанными оказываются три субстанции:

- почва;
- нефтяное загрязнение;
- углеводородоокисляющие микроорганизмы (аборигены или интродуцированные в загрязненную почву).

В целом это должно образовать систему, гарантирующую жизнеспособность и активность (эффективность) микроорганизмов в утилизации нефтяного загрязнения. На сегодняшний день при использовании биотехнологий достаточно четко выявлена зависимость процессов деградации нефти и нефтепродуктов от:

- рода и вида микроорганизмов;
- концентрации микроорганизмов в загрязненной почве;
- температуры окружающей среды;
- pH среды;
- содержания в загрязненных экосистемах органических и минеральных компонентов, необходимых для жизнедеятельности микроорганизмов;
- степени аэрации загрязненной почвы;
- типа и состава нефтяного загрязнения;
- глубины проникновения в почву;
- концентрации различных классов нефтяных углеводов в почве;
- устойчивости их к биодegradации и т.д.

Создание способа очистки почвенных экосистем должен опираться на результаты целенаправленных разработок в области:

- нефтяной и сельскохозяйственной микробиологии, включая технологические аспекты;
- геохимии и анализа нефтей, нефтепродуктов и органического вещества;
- агрохимии;
- агротехники;
- травосеяния и др.

По нашему убеждению, только при совместном усилии специалистов-профессионалов соответствующих областей исследования можно создать действенный способ биологической очистки и разработать технологию его использования [Рогозина и др., 1995; Рогозина, Хотянович, 1995]. Несмотря на очевидные трудности микробиологических способов интенсификации процессов разложения нефти, порой противоречивость получаемых результатов, технические сложности производства и применения микробных препаратов, в целом, следует признать, что только микроорганизмы могут выступать в качестве практически значимых катализаторов ускоренной деградации умеренных масштабов нефтяных загрязнений природных экосистем.

За последние 10–15 лет в отечественной и зарубежной практике разработано достаточно много биопрепаратов для очистки и рекультивации нефтезагрязненных земель. Однако, информация о них крайне ограничена и проходит, в основном, на уровне реклам. Гриф «коммерческая тайна», сопровождающий эти разработки, затрудняет сравнение как самих препаратов, так и способов их производства и технологий их использования, что заметно снижает возможности оценки их конкурентоспособности.

Нами была предпринята попытка оценить и сопоставить по основным характеристикам предлагаемые для использования в отечественной практике биопрепараты. Было рассмотрено 26 различных биопрепаратов, из них 5 препаратов под названием «Деворойл» и два – под названием «Экойл» (табл. 2).

Систематизация препаратов была проведена по выбранным нами параметрам, оценивающим как сами препараты, так и их эффективность очистки почв и грунтов от различного вида нефтяных загрязнений.

К сожалению, в рекламах и опубликованных материалах информация недостаточна, многие моменты не освещены и не детализированы.

Результаты проведенного анализа представлены в табл. 3. Остановимся на них более подробно.

Таблица 2

**Список биопрепаратов для очистки почв и грунтов от нефти и нефтепродуктов,
предлагаемых различными отечественными организациями и фирмами**

№ пп	Название биопрепарата	Организация, фирма	№ пп	Название биопрепарата	Организация, фирма
1	Путидойл	ЗапСибНИГНИ, Тюмень	14	Лестан	Ун-т пищевых технологий, ин-т микробиологии и вирусологии АН Украины, Киев
2	Биоприн (олеворин)	Институт белка, Пушкино, Московская обл.	15	Без названия	МГУ им. М.В. Ломоносова, биофак, Москва
3	Деворойл	НПП «Биотехинвест», Москва	16	Ленойл СХП	Демта, Самара
4	Деворойл-1	Институт микробиологии РАН, Москва	17	Сойлекс	Фирма «Полиинформ», Санкт-Петербург
5	Деворойл-2	Институт микробиологии РАН, Москва	18	Микрозим ТМ Петро Трит	ООО «РЭС-трейдинг», Москва
6	Деворойл	ООО «Сити строй», Москва	19	Родер	МГУ, химфак, каф. химической энзимологии, Москва
7	Devoroil	Предприятие «Микробные технологии», Москва	20	Охромин	ООО «Башгеопроект», Уфа
8	Бациспектин	Институт биологии НЦ РАН, Уфа	21	Руден	ЗАО «Биоамид», ГосНИИ Генетика, Саратов
9	Биосэт	Центр экотоксиметрии ИХФ им. Н.Н. Сеченова, Санкт-Петербург	22	Никаойл	ИБФМ им. Г.К. Скрыбина РАН, Пушкино, Московской обл.
10	Микпор		23	Олеофильный биопрепарат б/н	Ин-т экологии и генетики микроорганизмов УРО РАН, Пермь
11	Экойл - 1	ГНЦ прикладной микробиологии, Оболенск, Московская обл.	24	Bio-Gel ТМ	К ^о «Водоканалстрой» совместно с датской фирмой «Cleanfield/Teamprotection», Санкт-Петербург
12	Экойл - 2	ГНЦ прикладной микробиологии, Оболенск, Московская обл.	25	Дестройл	ООО ПО «Сиббиофарм», Бердск, Новосибирская обл.
13	ЛЕССОРБЬ-био	ГНЦ прикладной микробиологии, Оболенск, Московская обл.	26	ЭКОБЕЛ	Институт микробиологии Национальной АН Беларусь, Минск

Таблица 3

**Общая характеристика отечественных биопрепаратов для очистки почв и грунтов
от загрязнения нефтью и нефтепродуктами**

№ пп	Параметр	Диапазон возможных изменений параметра	Примечание
1	Углевороодооксиляющие микроорганизмы	от монокультуры до ассоциации	
2	Титр микроорганизмов, кл/мл (кл/г)	2,8·10 ⁸ кл/г; 10 ¹⁰ – 10 ¹¹ кл/мл; плотность 10 ⁶ кл/см ²	данные по 4-м препаратам
3	Форма биопрепарата	жидкость, жидкий гель, паста, суспензия, эмульсия, порошок	
4	Характер загрязнения	нефть и нефтепродукты, керосин, сырая нефть, мазут, тяжелые фракции нефти, длительное загрязнение нефтью, нефтешлам	
5	Степень загрязнения	толщина загрязненного слоя < 3 см; 1 кг/м ² ; 10–30%; 60%; 175 г/кг; 60 – 180 м ³ /га	
6	Продолжительность очистки	от 72 часов до 4-х месяцев, в среднем 2–3 месяца	
7	pH	1,5 – 10; широкий диапазон	данные по 5 препаратам
8	T ⁰ C	3 – 50 ⁰ C; широкий диапазон	данные по 7 препаратам
9	Эффективность очистки (% от исходного загрязнения)	сырая нефть 50 – 90 нефть 25 – 94 парафины 98 дизельное топливо 85 – 95 нефтепродукты 50 – 100 нефтешлам 33 – 53 длительное загрязнение нефтью 78 – 96	

Как было отмечено выше, основу биопрепаратов составляют углеводородоксиляющие микроорганизмы. В настоящее время известно свыше 100 родов бактерий, дрожжей и мицелиарий грибов, обладающих способностью усваивать углеводороды.

Основой рассмотренных биопрепаратов являются монокультуры или ассоциации углеводородоксиляющих микроорганизмов. Бесспорно, основу биопрепаратов должны составлять микроорганизмы, обладающие наибольшей активностью по окислению нефтяных углеводородов и высокой технологичностью. Следует также отметить способность микроорганизмов дифференцированно окислять различные составляющие нефти. Это служит основанием для создания ассоциаций микроорганизмов, способных наиболее полно утилизировать нефтяное загрязнение. Поиск наиболее активных углеводородоксиляющих микроорганизмов и оценка их способности окислять различные фракции нефти и

нефтепродуктов является задачей организации-разработчика. Эта информация находится вне рекламных проспектов.

Титр микроорганизмов-деструкторов углеводородного загрязнения показывает концентрацию микроорганизмов в препарате (кл/г или кл/мл препарата) и позволяет судить о потенциале данного препарата по окислению загрязнения. Однако с практической точки зрения бóльший интерес представляет титр микроорганизмов, внесенных в загрязненную почву по разработанной технологии использования данного препарата. Найти эту информацию бывает весьма затруднительно.

Важной характеристикой любого биопрепарата является форма его выпуска. Как видно из табл. 3, практика нефтеочистных работ располагает биопрепаратами в виде жидкости, жидкого геля, пасты, суспензии, эмульсии и порошка. В основном используются биопрепараты в виде порошка (сухого, сыпучего). При приготовлении этой формы биопрепарата, помимо затрат на приготовление из микробной массы сухого порошка, требуются время и затраты на восстановление жизнеспособности и активности «высушенных» микроорганизмов. Сухая форма биопрепарата легко транспортируется и имеет значительный срок хранения. Использование сухой формы биопрепаратов, как и остальных (паста, гель, суспензия, эмульсия), предусматривается соответствующими технологическими инструкциями.

Жидкая форма биопрепарата намного предпочтительнее остальных, но имеет определенные ограничения (срок и условия хранения), снижающие экономическую выгоду организаций-пользователей.

Практика нефтеочистных работ накопила достаточный опыт утилизации различных углеводородных загрязнений почвенных экосистем – от керосина до тяжелых фракций нефтей, от сырой нефти до нефтешлама, также – по степени загрязнения и срокам очистки. Как следует из табл. 3, эти параметры изменяются в широком диапазоне значений конкретных характеристик. Так, 60 % нефтяного загрязнения почвы составляет 600000 мг/кг, что превышает ПДК в 6000 раз. Однако до сих пор нет единого мнения о предельных значениях нефтяного загрязнения почвы (% вес или мг/кг почвы), выше которого использование биопрепарата малоэффективно. Для решения этого вопроса были бы полезны разработки по определению предельного содержания в почве различных типов нефтяного загрязнения (керосин, дизельное топливо, тяжелая нефть и т.п.), при которых биоочистка была бы эффективной.

Согласно рекламам, в очень широких пределах изменяются значения рН и Т⁰С, при которых рекламируемые препараты работают эффективно.

Научно-исследовательская практика в области нефтяной микробиологии показала, что для жизнедеятельности углеводородокисляющих микроорганизмов наиболее оптимальной является среда при pH – 6,5–7 и $T^{\circ}\text{C} = 25\text{--}28^{\circ}\text{C}$.

Важнейшим параметром, характеризующим биопрепарат, является эффективность очистки (% от исходного содержания нефтяного загрязнителя). Мы попытались систематизировать эти данные по эффективности очистки различных загрязнителей. Согласно приведенным в рекламах данным, дизельное топливо биodeградирует наравне с нефтью, длительное время находившейся в почве. Отмечается примерно одна и та же эффективность утилизации нефтепродуктов и сырой нефти, не смотря на то, что степень устойчивости к биodeградации у них различная. Причина такого несоответствия может быть заключена в методе определения эффективности очистки. Как известно, согласно ГОСТу 17.1.4.01–80 (Охрана природы. Гидросфера.), степень утилизации нефтяного загрязнения определяется по снижению в его составе так называемых «нефтепродуктов». Под нефтепродуктами понимается сумма малополярных углеводородов (алифатические, ароматические и алициклические), входящих в состав нефтяного загрязнения. Извлечение их из почвы производится CCl_4 с последующей очисткой на хроматографической колонке с Al_2O_3 . В разных типах нефтяного загрязнения содержание фракции «нефтепродукты» различно и утилизация их касается именно этой фракции, а не в целом нефтяного загрязнения. В связи с этим и могут возникать подобные алогизмы – очистка от нефти может проходить с эффективностью 100 %, а дизельного топлива – с эффективностью 50 %.

Проведенный сравнительный анализ российских биопрепаратов, предназначенных для очистки почв и грунтов от нефти и нефтепродуктов, показал в каком широком диапазоне значений находятся рассмотренные характеристики и насколько трудно отдать предпочтение тому или иному биопрепарату.

По регламенту использование биопрепаратов возможно только при наличии разрешения Роспотребнадзора и лицензии на выполнение работ по очистке нефтезагрязненных почв и грунтов. Анализ рекламных проспектов показал, что документами на проведение очистных работ с использованием биопрепаратов располагают 5 организаций (табл. 4). Сравнительная характеристика биопрепаратов, рекламируемых вышеуказанными фирмами, как и в целом по их рекламам, показала широкий диапазон значений отдельных параметров и отсутствие значения ряда таковых в рекламных проспектах. При составлении табл. 4 использована информация о биопрепаратах, опубликованная в «Инструкции по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов» утверждена 06.02.1997 АК «Транспортнефть», разработчик: Институт проблем транспорта энергоресурсов (ИПТ ЭР).

Таблица 4

Сравнительная характеристика биопрепаратов и технологий их использования, используемых в российской практике очистки почв и грунтов от нефти и нефтепродуктов

Характеристика биопрепарата. Технологии использования	Название биопрепарата				
	Путидойл	Деворойл	Сойлекс	Bio-Gel™	Микрозим ТМ Петро Трит
1	2	3	4	5	6
Углеводород-окисляющие микроорганизмы	Putida 36	углеводородоокисляющие бактерии (5 видов м-мов) и дрожжи	Ассоциация штаммов -деструкторов	живые бактерии и питательные в-ва с конц. O ₂ до 40 частей/млн.	биоактивные компоненты консорция 12 видов м-мов
Титр микроорганизмов (кл/мл, кл/г)		2,8·10 ⁸ кл/г			
Форма биопрепарата	сухой порошок	сухой (рабочие р-ры негорючи)		жидкий гель	Сухой порошок (пластиковые ведра по 13 кг)
Характер загрязнения	1 - нефтяные загрязнения; 2 - сырая нефть, в т.ч. асф.-см. фракции	грунт, водоемы, реки, загрязнения, н/п и н/шлам соли до 150 г/л	Нефтезагрязнения, тяжелые фр. нефти	почвы, загрязненные нефтепродуктами	нефть и нефтепродукты в почве и воде
Степень загрязнения	2 – до 25 г/л			в тоще грунта под зданиями до 20 м	20 –25% (гл. до 60 см)
Продолжительность очистки	1 – до 30 дней	1 – 2 месяца			1-й этап 1–1,5 месяца
pH		4,5 – 9,5	4,5 – 8,2 1,5 – 8,2		
T ⁰ C		5 – 40 ⁰ C	3 – 40 ⁰ C	15 – 50 ⁰ C	
Эффективность очистки (% от исх. загрязнения)	1 – 33,0	85 – 92%; до 99%		1-й этап – 70–85; 2-й этап – 95–99	

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6
Токсичность	не токсичен				соотв. 5 классу опасных веществ
Срок хранения, мес.	12	12 - при +15 ⁰ С	1,5 года		1,5 года
Примечание		есть номер торговых марок	Полный эколог. мониторинг с кол. и кач. анализом		
Разработчик	ЗапСибНИГНИ, Тюмень	Ин-т микробиологии РАН, Москва			
Внедряющая организация	АООТ «Экогеос-1», Тюмень	ООО «СитиСтрой», Москва	Полиинформ, Санкт-Петербург	К ⁰ «Водоканал-строй» с датской фирмой «Cleanfield/Ttamprotection», Санкт-Петербург	ООО «РЭС Трейдинг»
Разрешение государственных служб к применению		Госсанэпиднадзор от 29.08.95; от 27.10.97		Заключение СЭС от 11.08.04	Разрешен по научному исследованию ГУНИИ МТ РАМИ

Изменению рассмотренной ситуации с характеристиками биопрепаратов, включая и эффективность утилизации ими нефтей и нефтепродуктов, может помочь проведение объективной и независимой экспертизы с привлечением специалистов различных научно-исследовательских направлений, о которых шла выше речь.

В свое время конкурсные испытания биопрепаратов-деструкторов нефтепродуктов были проведены Экологическим Центром Министерства Обороны РФ (1996 г.). Испытания прошли 11 биопрепаратов.

В 2000 г. аналогичное испытание было проведено ОАО «Сургутнефтегаз» в инженерно-внедренческом центре. В испытании участвовало 14 биопрепаратов, разработанных в России.

Результаты проведенных независимых экспертиз изложены в соответствующих актах этих организаций.

С начала 90-х гг. прошлого столетия во ВНИГРИ были начаты работы по разработке способа биологического окисления нефтей и нефтепродуктов с использованием углеводородоокисляющих микроорганизмов. Совместно с сотрудниками лаборатории технической микробиологии ВНИИСХМ были созданы биопрепараты серии НАФТОКС для ускоренной очистки почв, грунтов и водоемов от нефтяных загрязнений. Основу биопрепаратов серии НАФТОКС составляют природные активные живые культуры углеводородоокисляющих микроорганизмов, выделенные путем селекции в зонах многолетних нефтяных загрязнений.

При лабораторном тестировании была обнаружена разная активность выделенных штаммов к окислению различных по составу типов нефтяных загрязнителей, что позволяет производить биопрепараты целевого назначения. Разработаны технологии полупромышленного и промышленного изготовления биопрепаратов, обеспечивающие длительное сохранение биологической активности микроорганизмов. Форма биопрепаратов, согласно разработанной технологии, может быть жидкой, на твердом субстрате-носителе и плавающей. Последняя форма биопрепаратов предназначена для очистки водной поверхности от нефтяного загрязнения.

Эффективность очистных и рекультивационных работ в значительной мере обусловлена технологией применения биопрепаратов. Во ВНИГРИ разработана базовая технология производства работ по очистке нефтезагрязненных почв. В каждом конкретном случае эта технология корректируется в зависимости от специфики нефтезагрязненного объекта. Основой для выбора регламента проведения очистных работ являются результаты детальной нефтеэкологической экспертизы загрязненной почвы, позволяющие решить такие вопросы как - целесообразен ли биологический способ очистки, если да, то:

- справится ли естественный биоценоз с нефтезагрязнением почвы или необходима интродукция углеводородокисляющих микроорганизмов (внесение в почву биопрепарата);

- какой необходим оптимальный вариант условий жизнеобеспечения естественного или интродуцированного биоценоза;

- и другие вопросы.

Согласно разработанной концепции, нефтеэкологическая экспертиза включает, с одной стороны, исследования физико-химических и агрохимических свойств нефтезагрязненной почвы, содержания и состава в ней природного биоценоза, включая углеводородокисляющие микроорганизмы, с другой стороны – детальное исследование нефтяного загрязнения, а также площадь его распространения и глубину проникновения в почву.

Разработанные биопрепараты серии НАФТОКС и базовая технология их использования, включающая в качестве одного из обязательных условий проведение перед началом нефтеочистных работ детальной нефтеэкологической экспертизы, основываются на большом научном опыте и результатах теоретических и практических исследований ВНИГРИ и ВНИИСХМ в области нефтяной и сельскохозяйственной микробиологии, химии нефти и органического вещества, агрохимии и др. Несомненно, это обеспечивает значительное преимущество представленной технологии очистки нефтезагрязненных почв с использованием биопрепаратов серии НАФТОКС.

В табл. 5 приведена характеристика биопрепаратов серии НАФТОКС по параметрам, включенным в табл. 3 и 4 при рассмотрении рекламируемых отечественных биопрепаратов.

Эффективность биопрепаратов серии НАФТОКС подтверждена многолетними исследованиями, проведенными в 1990-2008 гг.:

1993 г. – промышленное применение препарата для ликвидации последствий загрязнения дизельным топливом сельскохозяйственных угодий в Белгородской области.

1995–2002 гг. – исследования, выполненные кафедрой биологии Сургутского государственного университета, подтвердили высокую эффективность препарата для очистки сильно загрязненных нефтяным конденсатом грунтов, почв и природных водоемов в природно-климатических условиях Западной Сибири.

1999 г. – комплексные испытания эффективности 14 биопрепаратов-деструкторов, проведенные Экологическим центром ОАО «Сургутнефтегаз», показали высокую эффективность препарата НАФТОКС при высоких (до 600 г/кг) уровнях загрязнения застарелых нефтяных загрязнений.

2006–2008 гг. – испытания биопрепаратов серии НАФТОКС на нефтезагрязненном (10 л/м²) полигоне в г. Пушкин.

1996 г. – биопрепарат НАФТОКС занял 2-е место при комплексных испытаниях по оценке эффективности биопрепаратов-деструкторов нефти, представленных различными организациями, организованном Управлением экологии МО РФ.

Таблица 5

Характеристика биопрепаратов серии НАФТОКС

Характеристика биопрепарата, технологии использования	Значение параметра (характеристики)
Углеводородокисляющие микроорганизмы	Mycobacterium; Pseudomonas; Rhodococcus
Титр микроорганизмов	$(5-7) \cdot 10^9$
Форма биопрепарата	жидкая
Характер загрязнения	нефть и нефтепродукты
Степень загрязнения	до 5–8% в зависимости от состава загрязнителя
Продолжительность очистки	1–2 сельскохозяйственных сезона
pH	6,8 – 7
T ⁰ C	15 – 25, оптимальная T ⁰ C 18–25 ⁰
Эффективность очистки (% от исходного загрязнения)	60–80% и выше в зависимости от состава нефти, нефтепродуктов, степени загрязнения, времени очистки и типа почвы
Токсичность	не токсичен
Срок хранения	3 месяца
Прочее	Технология очистки предусматривает экспертную оценку загрязненной территории
Защищенность	Патенты на биопрепарат и способ применения. Акты независимых экспертиз
Разрешение государственных служб к применению	Гигиенический сертификат № 000081 от 28.04.95 г.

2005 г. – на «V Московском международном салоне инноваций и инвестиций» ВНИГРИ награжден серебряной медалью за разработку препарата ускоренной биологической очистки почв, грунтов и водоемов от нефтяных загрязнений (препарат «НАФТОКС»).

Результаты проведенных независимых экспертиз отражены в соответствующих заключениях, опубликованы в печати.

В заключение следует сказать, что результаты проведенного сравнительного анализа отечественных биопрепаратов для очистки почв и грунтов от нефтяного загрязнения показали:

- из рекламируемых биопрепаратов по имеющейся в нашем распоряжении информации, по крайней мере, только шесть биопрепаратов находят применение в практике нефтеочистных работ (см. табл. 4);

- остальные биопрепараты находятся на стадии лабораторных или полигонных испытаний;

- рекламные проспекты дают неполную, подчас очень расплывчатую, информацию о биопрепаратах, что затрудняет их выбор и применение.

При таком положении дел с биопрепаратами – основой экологически чистого и экономически выгодного способа ликвидации нефтяного загрязнения почв и грунтов – с учетом нефтеэкологической ситуации в стране, назрела необходимость создания при Роспотребнадзоре или Министерстве природных ресурсов и экологии Центра независимой экологической экспертизы разработанных биопрепаратов и технологий их использования.

Такого рода экспертная оценка, проведенная по единой унифицированной методике позволила бы выявить наиболее эффективные биопрепараты и рекомендовать их к использованию в практике нефтеочистных работ.

Литература

Матвеев Ю.М. Технологии очистки территорий, загрязненных нефтепродуктами //Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды: труды Первой Всероссийской конференции (17 –22 апреля 1995 г., ВНИГРИ, Санкт-Петербург). - СПб: ВНИГРИ, 1995. – С. 126-131.

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 //Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды: труды Первой Всероссийской конференции (17 –22 апреля 1995 г., ВНИГРИ, Санкт-Петербург). - СПб: ВНИГРИ, 1995. – С. 137-144.

Рогозина Е.А., Хотянович А.В. Биореакция нефтезагрязненных почвенных и водных экосистем //Поиски нефти, нефтяная индустрия и охрана окружающей среды: труды Первой Всероссийской конференции (17 –22 апреля 1995 г., ВНИГРИ, Санкт-Петербург). - СПб: ВНИГРИ, 1995. – С. 131-136.

Рецензент: Якуцени Вера Прокофьевна, доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Rogozina E.A., Andreeva O.A., Zharkova S.I., Martynova D.A.

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

Orlova N.A.

All-Russia Research Institute of Agricultural Microbiology (VNIISHM), Pushkin, Russia,

COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF NATIVE BIOPREPARATIONS PROPOSED FOR CLEANUP OF SOILS AND GROUNDS FROM POLLUTION

The comparative characteristic of biopreparations proposed by native organizations and firms for cleanup of soils and grounds from pollution by oil and oil products is performed. Mainly booklets were the sources of information. The comparison of these preparations was conducted on the parameters characterizing both the preparation itself and its efficiency in cleaning up the objects polluted by oil. The meanings of parameters selected for comparison change in a wide diapason, on some of them information is absent. It is indicated that the unified list of parameters-characteristics for the possible comparison of the worked out biopreparations and estimating their competitiveness is absent. Information on the biopreparations of NAFTOKS series worked out at the VNIGRI and VNIISHM is presented.

Key words: soil, oil pollution, cleanup, biopreparations, cleanup efficiency.

References

Matveev Ū.M. Tehnologii oĉistki territorij, zagrâznennyh nefteproduktami //Poiski nefti, neftânaâ industriâ i ohrana okružaûšej sredy: trudy Pervoj Vserossijskoj konferencii (17 –22 aprilâ 1995 g., VNIGRI, Sankt-Peterburg). - SPb: VNIGRI, 1995. – S. 126-131.

Rogozina E.A., Hotânoviĉ A.V., Arhangel'skaâ R.A., Źarkova S.I., Ipatov Ū.I., Kostûniĉeva E.V., Orlova N.A., Sveĉina R.M., Sergeenok L.I., Šapiro A.I. Biopreparaty serii Naftoks dlâ oĉistki poĉvennyh i vodnyh èkosistem ot neftezagrâznenij //Poiski nefti, neftânaâ industriâ i ohrana okružaûšej sredy: trudy Pervoj Vserossijskoj konferencii (17 –22 aprilâ 1995 g., VNIGRI, Sankt-Peterburg). - SPb: VNIGRI, 1995. – S. 137-144.

Rogozina E.A., Hotânoviĉ A.V. Bioreakciâ neftezagrâznennyh poĉvennyh i vodnyh èkosistem //Poiski nefti, neftânaâ industriâ i ohrana okružaûšej sredy: trudy Pervoj Vserossijskoj konferencii (17 –22 aprilâ 1995 g., VNIGRI, Sankt-Peterburg). - SPb: VNIGRI, 1995. – S. 131-136.

© Рогозина Е.А., Андреева О.А., Жаркова С.И., Мартынова Д.А., Орлова Н.А., 2010.