

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.В. Соромотин

**НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов
Тюменского государственного университета**



Отсутствие в настоящее время процедуры лицензирования деятельности по рекультивации нефтезагрязненных земель затрудняет контроль и оценку качества этих работ со стороны природоохранных служб. Одним из возможных механизмов "сертификации" рекультивационных технологий может стать их практическая апробация в естественных условиях на специальных полигонах. При этом основная цель создания таких полигонов — оценка эффективности различных методов восстановления замазученных участков. Подобные работы уже проводились и показали свою методическую состоятельность [1].

Весной 2002 г. Управлением по охране окружающей среды Ханты-Мансийского АО было принято решение о создании опытного полигона в естественных условиях на реальном нефтяном разливе и проведении на нем многолетних испытаний различных технологий.

Схема исследовательских работ предусматривала следующие этапы:

1. Выбор места и закладка полигона, оценка исходного состояния участка (май — июнь 2002 г.).

2. Рекультивационные работы (июнь 2002 г. и май — июнь 2003 г.).

3. Первый аналитический контроль (сентябрь 2002 г.).

4. Второй аналитический контроль (сентябрь 2003 г.).

В силу ряда обстоятельств, большая часть аварийных разливов нефти на территории Ханты-Мансийского АО, как по количеству, так и по площадям, приурочена к болотным массивам [2]. В связи с этим полигон для оценки эффективности использования различных технологий рекультивации было решено создать на верховом болоте на территории Правдинского месторождения в районе К-29 (Нефтеюганский административный район Ханты-Мансийского АО). Общая площадь полигона составила около 2 га.

Подготовительные работы включали:

- составление масштабной схемы всего загрязненного участка с использованием GPS-навигатора;

- визуальное выделение зон относительно равномерного загрязнения (по степени замазученности, глубине загрязнения и сохранности растительности), предназначенных для закладки опытных и контрольного участков полигона;

- разбивку полигона на участки для испытаний различных технологий и контрольный, с которых отбирались пробы почвы послойно: 0 — 5 и 5 — 20 см. В отобранных образцах определялось количественное содержание и качественный состав нефтепродуктов, а также проводился микробиологический анализ;

- обустройство инфраструктуры полигона (подготовка подъездных путей, отсыпка грунтом периметра и пр.).

Для оценки нефтяного загрязнения почвы использовали следующие методы:

- ✓ холодной экстракции четырёххлористым углеродом в анализаторе АН-2 с ИК-спектрофотометрическим окончанием для определения содержания нефтяных углеводородов;

- ✓ хроматографирование парафиновой фракции нефтепродуктов на газовом хроматографе "Кристалл-2000" для расчета коэффициента биодegradации K , как количественного отношения суммы изопреноидов (пристана и фитана) к сумме нормальных алканов (C_{17} и C_{18}) [3];

- ✓ тонкослойной хроматографии на пластинах Silufol для определения содержания парафинов, смол и ароматических фракций в экстрактах из почвенных образцов.

В ходе микробиологических исследований определялось общее микробное число (ОМЧ), а также титры следующих физиологических групп микроорганизмов: грибы, дрожжи, актиномицеты, углеводородокисляющие аэробы и анаэробы (УОБ), сульфатвосстанавливающие бактерии (СВБ), метанобразующие, нитрификаторы I и II фаз, денитрификаторы, аммонификаторы, целлюлозоразлагающие аэробы и анаэробы.

В проведении испытательных работ приняли участие следующие фирмы:

- ООО "Салют Технолджис-вест" (Москва) совместно с ОАО

Таблица 1. Исходная концентрация нефтепродуктов в почве различных участков полигона, г/кг

Участок	Максимальная*	Минимальная*	Средняя по горизонтам
Экспериментальный:			
ООО "Салют Технолджис-вест"	945,0/109,0	30,0/1,0	261,9
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	897,0/396,0	1,0/0,5	165,1
ООО "Газстройинвест"	971,0/919,0	74,0/3,0	296,7
ООО "Сервисэкология"	970,0/946,0	29,0/10,0	407,2
Контрольный	983,0/841,0	20,0/16,0	449,5
* Числитель — верхний горизонт (0 — 5 см), знаменатель — нижний (5 — 20 см).			

"Юганскнефтегаз" (г. Нефтеюганск) — рекультивация с помощью биодеструктора "Дизойл";

- ГУП "Опытный завод АН Башкортостана" (г. Уфа) — рекультивация с использованием биопрепарата "Ленойл";

- ООО "Газстройинвест" (г. Сургут) — рекультивация биосорбентом "Униполимер-БИО";

- ООО "Сервисэкология" (г. Нефтеюганск) — комплексная

нефти по горизонтам показал — большая ее часть локализуется в верхнем горизонте, что связано с высоким уровнем грунтовых вод и адсорбционной способностью мха и торфа по отношению к нефти (табл. 1).

Анализ качественного состава исходного нефтяного загрязнения показал, что диапазон различных групп веществ нефти очень велик, причем значительную часть его



рекультивация с использованием биопрепаратов "Деградойлас", "МД" с последующим высевом трав.

При определении исходной концентрации выявлено достаточно неравномерное распределение загрязнителя по полигону. Наименьшее среднее значение концентрации нефтепродуктов наблюдалось на участке ГУП "Опытный завод АН Башкортостана", а наибольшее — на участке ООО "Сервисэкология". Анализ распределения

составляют парафины — до 90 % (215,8 — 710,0 г/кг). Это говорит о том, что нефтяное загрязнение территории полигона произошло недавно и находилось на начальной стадии трансформации. Удельное содержание аренов в экстрактах составило до 30 % (76,3 — 112,7 г/кг), удельная доля смол была низка — не более 10 % (19,1 — 70,6 г/кг).

Значения коэффициента биодegradации (K) исходных субстратов до начала испытаний ва-

Таблица 2. Концентрация нефтепродуктов в почве различных участков полигона (осень 2002 г.), г/кг

Участок	Максимальная*	Минимальная*	Средняя по горизонтам
Экспериментальный:			
ООО "Салют Технолоджис-вест"	681,8/180,8	156,2/1,6	233,5
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	704,9/97,7	1,3/0,2	145,8
ООО "Газстройинвест"	113,7/153,2	6,7/0,4	46,4
ООО "Сервисэкология"	895,1/803,0	61,3/0,8	338,9
Контрольный	903,4/740,0	98,4/20,2	592,3

* Числитель — верхний горизонт (0 — 5 см), знаменатель — нижний (5 — 20 см).

Таблица 3. Соотношение аренов к парафинам и смол к парафинам в нефтяных экстрактах (осень 2002 г.)

Участок	Арены/парафины		Смолы/парафины	
	Весна	Осень	Весна	Осень
ООО "Салют Технолоджис-вест"	0,3	0,4	0,07	0,08
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	0,45	0,65	0,08	0,09
ООО "Газстройинвест"	0,1	0,32	0,1	0,09
ООО "Сервисэкология"	0,19	0,18	0,11	0,09
Контрольный	0,16	0,15	0,06	0,06

рируют в диапазоне от 0,8 (на участках ООО "Салют технолоджис-вест" и "Опытного завода АН Башкортостана") до 2,62 (на участке ООО "Газстройинвест"). Таким образом, с одной стороны, можно говорить о сложной истории данного разлива (например, о многократном загрязнении), а с другой — о различной интенсивности естественных биохимических процессов на различных участках полигона. Этот факт опять же отражает вполне реальные и типичные условия большинства нефтяных разливов.

Микробиологические тесты показали достаточную однородность исходных количественных показателей для основных физиологических групп микроорганизмов по всему полигону.

Спустя три месяца после проведения работ (первый аналитический контроль) в целом на опытном участке полигона наблюдалось уменьшение концентрации в 1,4 раза. Надо сказать, что снижение концентрации является незначительным, особенно с учётом того, что применялись методы с внесением бактериальных препаратов. Такие ре-

зультаты объясняются тем, что после проведения обработок произошло дополнительное загрязнение полигона вследствие повторной утечки нефти из коллектора. В то же время отсутствие восстановительных работ на контрольном участке привело к увеличению содержания нефтепродуктов в 1,3 раза (табл. 2).

Наибольшее уменьшение концентрации нефтепродуктов отмечено на участке ООО "Газстройинвест" — в 6,4 раза при незначительном снижении этого показателя на других участках испытаний.

В вертикальном распределении загрязнения значительных изменений не произошло практически на всем полигоне, за исключением участка ООО "Газстройинвест", где вследствие использования биосорбента концентрации в верхнем и нижнем горизонтах выровнялись. При этом снижение содержания нефтепродуктов в верхнем горизонте превысило 10-кратный рубеж. Таким образом данная технология, основанная на сорбционном эффекте вносимого материала, позволяет за короткий отрезок времени, не прибегая к рыхлению, резко снизить концентрации в верхнем, наиболее загрязненном почвенном горизонте. Это главная и наиболее значимая отличительная особенность данной технологии. Причем и в нижнем горизонте этого участка концентрация нефтепродуктов снизилась более чем в 2 раза. Более того, на следующий год (2003 г.) большая часть поверхности участка, обработанного "Униполимером-БИО" приобрела зеленый цвет благодаря развитию сине-зеленых водорослей. Субстратом для водорослей и бактерий послужили частицы пеноизола, входившего в состав этого сорбента.

Интересен факт более чем трехкратного снижения концентраций в нижнем почвенном горизонте на участке ГУП "Опытный завод АН Башкортостана". На других участках значительных изменений как в верхних, так и в нижних анализируемых горизонтах не отмечено.

Анализ изменения качественного состава нефтепродуктов к осени 2002 г. показал, что на двух



опытных участках (ГУП "Опытный завод АН Башкортостана" и ООО "Газстройинвест") отношение аренов к парафинам после рекультивации заметно увеличилось, особенно в поверхностном слое. Нарастание удельной доли аренов по сравнению с парафинами свидетельствует об успешности начальных стадий трансформации нефти, когда разлагаются преимущественно парафиновые углеводороды. На участках ООО "Салют Технолоджис-вест" и ООО "Сервисэкология", а также на контрольном это отношение практически не изменилось (табл. 3).

При расчете коэффициента биодegradации (K_b) осенних проб 2002 г. выявлено его увеличение для двух участков — ООО "Салют Технолоджис-вест" и ГУП "Опытный завод АН Башкортостана" (табл. 4). На остальных участках, так же как и на контрольном, значения коэффициента снизились. Это подтверждает факт повторного и неравномерного залива значительной территории полигона свежей нефтью. Как ни прискорбно осознавать, с одной стороны, "чистота" эксперимента нарушена, а с другой — получены действительно реальные условия, как нельзя ближе соответствующие действительности.

Анализ значений K_b к осени 2003 г. показал увеличение этого показателя на двух участках — ООО "Салют Технолоджис-вест" и ГУП "Опытный завод АН Башкортостана". На остальных участках, так же как и на контрольном, значения коэффициента снизились. Это также подтверждает факт повторного загрязнения территории полигона.

Результаты эффективности различных технологий по снижению содержания нефтепродуктов за два года наблюдений (усреднено по верхнему и нижнему горизонтам) представлены в табл. 5. Очевидно, что наилучший результат показали технологические решения, представленные ООО "Газстройинвест" в первый летний сезон за счет высокой эффективности биосорбента и ООО "Сервисэкология" в результате использования комплексных агроприемов с внесением биопрепаратов. Причем применение последней технологии наиболее



эффективно при повторном загрязнении полигона.

Следует отметить, что простое внесение биопрепаратов в реальных условиях никак себя не проявило.

Анализируя данные микробиологических тестов, можно сделать следующие выводы (табл. 6):

На участке ООО "Салют Технолоджис-вест" общее микробное число (ОМЧ) в результате обработки резко возросло — от 10^3 клеток на грамм до 10^6 , вследствие наличия дрожжей (в первую очередь) и актиномицетов. Численность дрожжей увеличилась на 5 порядков — 100 000 раз! По

всей видимости, именно эта группа составляет основу внешнего препарата. В то же время титр группы УОБ, как аэробов, так и анаэробов, увеличился незначительно. Надо отметить, что промежуточный контроль на этом участке осенью 2002 г. особых отличий от исходного состояния не выявил.

На участке ГУП "Опытный завод АН Башкортостана" особых изменений по микробиологическим показателям не отмечено. Наблюдается незначительное увеличение ОМЧ, опять же за счет дрожжей.

Таблица 4. Коэффициент биодegradации для различных участков полигона (2002 г.)

Участок	Весна	Осень
Экспериментальный:		
ООО "Салют Технолоджис-вест"	0,76	1,34
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	0,71	1,76
ООО "Газстройинвест"	2,62	0,65
ООО "Сервисэкология"	1,6	0,61
Контрольный	1,02	0,56

Таблица 5. Эффективность дegradации нефтепродуктов за двухлетний период

Участок	Кратность снижения концентрации нефтепродуктов	
	Осень 2002 г.	Осень 2003 г.
ООО "Салют Технолоджис-вест"	1,12	1,17
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	1,13	0,69
ООО "Газстройинвест"	6,39	1,63
ООО "Сервисэкология"	1,20	1,58



Участок ООО "Сервисэкология" (г. Нефтеюганск)

На участке ООО "Газстройинвест" вообще никаких изменений не наблюдалось. Хотя осенью 2002 г. было отмечено незначительное возрастание ОМЧ и УОБ.

микробиоценоз. Осенью 2003 г. картина изменилась: на данной территории отмечалось незначительное увеличение ОМЧ и резкое, до четырех порядков, увеличение численности УОБ, особен-

Отличительной особенностью состояния территории полигона осенью 2003 г. является интенсивное развитие практически во всех пробах, за исключением контрольной, СВБ. Это может говорить о том, что к процессу разложения нефтепродуктов подключилась и эта группа микроорганизмов. СВБ способны усваивать, особенно в анаэробных условиях, промежуточные продукты окисления нефти. Этот процесс сопровождается образованием сероводорода, что было зафиксировано органолептически при отборе проб.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее перспективными методами рекультивации нефтяного загрязнения болотных почв в условиях Среднего Приобья следует считать использование комплексных агротехнических при-

Таблица 6. Результаты микробиологического анализа на различных участках полигона

Участок	ОМЧ	Грибы	Дрожжи	Актиномицеты	УОБ аэробы	УОБ анаэробы	СВБ
ООО "Салют Технолоджис-вест"	$10^3-10^4/10^5-10^6$	$10^4-10^5/10^6-10^7$	$10^4-10^5/10^6-10^{10}$	$10^4-10^6/10^7-10^8$	$10^4-10^5/10^6-10^7$	$10^5-10^6/10^6-10^7$	-/+
ГУП "Опытный завод АН Башкортостана"	$10^3-10^5/10^4-10^7$	$10^4-10^6/10^6-10^7$	$10^5-10^7/10^8$	$10^6-10^8/10^7-10^8$	$10^4-10^6/10^6$	$10^6-10^7/10^6-10^7$	-/+
ООО "Газстройинвест"	$10^4-10^5/10^5$	$10^5-10^6/10^6-10^7$	$10^6-10^8/10^7$	$10^6-10^8/10^6-10^8$	$10^4-10^6/10^6-10^7$	$10^5-10^7/10^6-10^7$	-/+
ООО "Сервисэкология"	$10^3-10^5/10^5-10^7$	$10^4-10^6/10^6-10^7$	$10^5-10^7/10^7-10^9$	$10^5-10^8/10^6-10^8$	$10^4-10^6/10^7-10^8$	$10^5-10^6/10^6-10^{10}$	-/+

Примечание. Числитель – до рекультивации, знаменатель – после (осень 2003 г.).

На участке ООО "Сервисэкология" результаты промежуточных анализов (осень 2002 г.) показали отсутствие какого-либо стимулирующего воздействия на

но анаэробов, а также дрожжей. Это свидетельствует о высоком биологическом потенциале данного участка относительно разложения нефтепродуктов.

емов на фоне обработки (при необходимости) бактериальными препаратами с обязательным внесением на сильнозагрязненных участках экологически нейтральных биосорбентов.

Литература

1. Загвоздкин В.К., Муляк В.В., Лукашов В.Н. Результаты испытаний технологий восстановления нефтезагрязненных земель на опытных участках в 2001 — 2003 гг. // Экология и промышленность России. 2004. Спецвыпуск.
2. Соромотин А.В. Нефтяное загрязнение земель в зоне средней тайги Западной Сибири // Экология и промышленность России. 2004. Август.
3. Гончаров И.В. Геохимия нефтей Западной Сибири. М.: Недра, 1987. ■



Участок ООО "Газстройинвест" (г. Сургут)