

УДК 631.427.2: 502.36: 628.544 (571.642)

## ОСОБЕННОСТИ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО САХАЛИНА

**Костенков Н.М., Ознобихин В.И.**

*Биолого-почвенный институт Дальневосточного отделения Российской академии наук  
Владивосток, e-mail: kostenkov@ibss.dvo.ru*

Основными лимитирующими факторами, влияющими на процесс успешной биоремедиации нефтезагрязненных почв в условиях Северного Сахалина, являются: короткий период с положительными температурами, слабая обеспеченность загрязнённого слоя почв теплом и влагой, сильная кислотность почв и слабая их обеспеченность фосфором, калием и азотом. Поэтому наиболее приемлемым вариантом биоремедиации является компостирование в валах, грядах, буртах укрываемых теплоаккумулирующими пленками и периодически поливаемых до оптимальной влажности. В таких условиях процесс очистки заканчивается за три месяца.

**Ключевые слова:** биоремедиация, оптимизация условий, технология производства работ на полигоне

## FEATURES OF THE BIOREMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS IN THE CONDITIONS OF NORTHERN SAKHALIN

**Kostenkov N.M., Oznobikhin V.I.**

*Institute of Biology and Soil Sciences the far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences  
Vladivostok, e-mail: kostenkov@ibss.dvo.ru*

Main limiting factors affecting the process of successful bioremediation of oil-contaminated soils in the conditions of Northern Sakhalin, are: a short period of positive temperatures, poor supply of contaminated soil heat and moisture, strong acidity of soils and poor availability of phosphorus, potassium and nitrogen. Therefore, the most acceptable variant of bioremediation is composting in the shafts, ridges, covered heat accumulating special polyethylene films and periodically irrigated to optimal moisture. In such conditions, the process of purification is completed in three months.

**Keywords:** bioremediation, optimization of conditions, production engineering at the landfill

Широкое вовлечение дальневосточных территорий в добычу нефти и строительство транспортирующих её коммуникаций остро ставит вопрос о рекультивации нефтезагрязненных почв. При всех гарантиях, которые озвучиваются заинтересованными фирмами, очистка загрязненных земель от нефтепродуктов является приоритетной проблемой, которую надо решать на местном уровне с учётом местных особенностей и с привлечением богатого мирового опыта. Наиболее прогрессивной технологией очистки почв от нефти считается активация в ней аборигенной углеводородоокисляющей микрофлоры [1, 3, 5, 7].

Исследование микрофлоры почв в местах загрязнения в пределах Северо-Сахалинской низменности (табл. 1), показало, что после факта загрязнения идёт интенсивное размножение окисляющей нефть микрофлоры и снижение концентрации нефтепродуктов. Процесс самоочищения протекает, по полевым визуальным наблюдениям, за период примерно 5-6 лет. Концентрация нефти при этом падает до фонового уровня. Однако за столь длительный

период часть нефти и её компонентов будет мигрировать с водой, загрязняя грунтовые и, что наиболее опасно, поверхностные воды нерестовых рек. Поэтому были проведены лабораторные исследования по оптимизации условий минерального питания аборигенной микрофлоры применительно к основным почвам Северо-Сахалинской низменности: буротаёжным оподзоленным легкосуглинистым, подзолам иллювиально-железистым супесчаным и песчаным, торфяным моховым слабозольным. По этим лабораторным экспериментам была подготовлена программа экспериментального проекта, в рамках которого обоснован метод биоремедиации по обезвреживанию токсичных отходов в виде почвы, загрязненной нефтепродуктами, для внедрения в практику обращения с отходами на буровых площадках. Он заключался в строго контролируемом загрязнении почвы нефтью, внесении оптимальных доз удобрений, последующем компостировании в буртах при регулярном поливе и перемешивании массы компоста и мониторинге за процессами, происходящими в бурте. Часть результатов этих наблюдений опубликована ранее [2, 4, 6].

Таблица 1

Численность трофических групп микроорганизмов в почвах

Показатели		Ед.	Образцы почв*			
Год загрязнения		-	Бтк	Бтр	Вл	Дг
Время после загрязнения **		лет	4	1	6	1
Содержание нефти в образце***		мг/100 г.	5394	12 000	1000	160 000
Оценка степени загрязнения		-	сильная	очень сильная	нет	чрезмерная
Трофические группы микроорганизмов:			-	-	-	-
	РПА	тыс.кл./1 г почвы	18,3	2,9	287	2243
	Спороносные		0,1	0,3	0,6	0,1
	Эшби		17,8	1,97	297,5	2150
	КАА		31,3	2,87	1109	1023
	Чапек-Донса		32,95	1,93	640,5	1622,4
	Ворошиловой		0,09	0,009	0,09	940
	КАА/РПА	-	1,71	0,98	3,87	0,46
Ферментативная активность:			-	-	-	-
Дегидрогеназа:	РПА	% от общей численности	0	0	11,5	3,4
	Спороносные		0	0	0	0
	Чапек-Донса		0	0	3,4	11,4
Цитохромоксидаза:	РПА		0	0	0	4,7
	Спороносные		0	0	0	0
	Чапек-Донса		0	0	0	3,1
	КАА	0	0	0	5,1	
Амилаза:	КАА		0	0	0	45,3

Примечания. \* – образцы почв – места и особенности отбора: Бтк – урочище Ботасино- дно копани – приемника аварийно разлившейся нефти с её остатками на поверхности, Бтр – там же, окраина контура разлившейся нефти, Вл – пос. Вал, площадка с цистернами на выезде, зарастающая разнотравной растительностью, Дг – промысловое месторождение Даги вблизи автотрассы Южно-Сахалинск – Охта, борт действующего земляного ковша для сбора разливающейся нефти, на границе раздела нефти и почвы откоса под «ржавой» плёнкой разлагающейся нефти на поверхности почвы. \*\* – до отбора образца на анализ. \*\*\* – на момент отбора образца.

Результаты исследований показали, что компостирование нефтезагрязненных почв в полевых условиях при оптимизации питательного, термического и влажностного режимов способствует интенсивному развитию аборигенных микроценозов и эффективной деструкции нефти. Концентрация нефтепродуктов резко уменьшается за первые 24 суток (430 мг нефти на 100 г почвы за сутки). За этот период испарилось и разложилось 74% внесённой «легкой» нефти. За весь 95-дневный период эксперимента средняя скорость разложения нефти составила 157 мг/кг почвы в сутки. После завершения процесса компостирования почва стала экологически чистой как по содержанию нефти, так и по содержанию бензо-а-

пирена и биотестированию по реакции простейших.

Для разработки технологии успешной биоремедиации необходимо учесть факторы, влияющие на этот микробиологический процесс. Результаты анализа сведены в табл. 2.

Безусловно, самым лимитирующим фактором на первом этапе биоремедиации является обеспеченность теплом микробиологических процессов. При холодных, как правило, весне и первой половине лета формирование буртов и их укрытие полисветофанами пленками должно быть сориентировано так, что бы максимально накапливалось тепло, но создаваемая температура была не выше оптимальной.

Таблица 2

Оптимизация параметров свойств почв для целей биоремедиации в условиях Северо-Сахалинской низменности (по: [7] с изменениями и дополнениями)

№ п/п	Показатель	Ед. измерения	Нормируемые показатели			
			Оптимальный	Фактический	Технологические возможности регулирования	
Температурный режим						
1.	Продолжительность б/м п*	дни	90	96	Аккумуляция солнечной энергии**	
2.	Средняя месячная t VI- VIII	t °C	≥20	13-17		
Кислотно-щелочные условия почвы						
3.	Актуальная кислотность	pH <sub>вод</sub>	6-7	4-5	Внесение известковых материалов, доломита в расчётных дозах	
4.	Обменная кислотность	pH <sub>сол</sub>	5,5-6,0	3-5		
5.	Гидролитич. кислотность	***	≤5	3-34		
Аэрация почво-грунта						
6.	по общей пористости	%	20	5-15	Разрыхлители, регулярное перемешивание	
Гранулометрический состав						
7.	Фракция песка	%	< 70	>80	Разбавление грунтом	
Влажность почвогрунта						
8.	От полной влагоёмкости	%	60-70	-	Регулярный полив	
9.	На деструкцию 1 л нефти воды	литра	4	-	Корректировка нормы полива	
Обеспеченность элементами питания						
10.	органическое вещество	%	>0,5	0,1-1,5	Внесение спецторфокомпостов	
11.	азот (N-NH <sub>4</sub> +N-NO <sub>3</sub> )****	кг д.в. на 1 тонну нефти/мг на 100 г	63	н.о.	Вносится разово при формировании компостируемой массы	
12.	фосфор		47	>37		5-60
13.	калий		29	>12		40-327
14.	кальций			> 4	1-4,5	Внесение совмещается с известкованием
15.	магний		30	>2	0,5-2,2	
Степень загрязнения нефтью						
16.	содержание нефти *	%	<5	<5	поверхност. обработки	
17.	содержание нефти**		<15	<15	только в грядках	
			>15	>15	разбавление почвы чистым почвогрунтом	
Содержание тяжёлых металлов и микроэлементов						
18.	барий	мг/кг	<180	61	При сильном загрязнении – разбавление чистым почвогрунтом, внесенными разрыхлителями (торфа, опилок), торфокомпостов до допустимых концентраций	
19.	бор	мг/кг	<2	н.о.		
20.	кадмий	мг/кг	<26	0,78		
21.	хром	мг/кг	<1500	н.о.		
22.	медь	мг/кг	<750	1,18		
23.	молибден	мг/кг	<37	н.о.		
24.	мышьяк	мг/кг	<41	5,0		
25.	никель	мг/кг	<210	н.о.		
26.	ртуть	мг/кг	<17	0,195		
27.	свинец	мг/кг	<300	4,07		
28.	селен	мг/кг	< 100	н.о.		
29.	цинк	мг/кг	<1400	10,47		
Наличие сорбента для ускорения деструкции нефти						
30.	торфяная крошка	-	-	-	Достаточно тонко измельченная	
Обсеменённость микроорганизмами-деструкторами						
31.	аборигенная*****	мл.	4	<0,2	Добавка микробных препаратов	

Примечания: \* б/м п – безморозный период, \*\* аккумуляция солнечной энергии – за счёт применения полисветановых (теплопоглощающих) плёнок, \*\*\* – мэкв на 100 г почвы, \*\*\*\* – первая колонка – количество питательные вещества для обеспечения разложения одной тонны нефти, вторая колонка – оптимальное содержание питательных веществ в мг на 100 г почвы, \*\*\*\*\* – млрд. КОЕ на 100 г почвы.

Самым многоплановым и разносторонним является оптимизация условий биоремедиации почвенногрунтовой загрязнённой толщи. Очень важными условиями успешной очистки почв являются оптимизация влажности и аэрации. Первая из них оптимизируется регулярными поливами, а вторая – периодическим рыхлением компостируемой массы (перелопачиванием).

Наиболее разработанным является регулирование кислотно-щелочных условий почв в виде известкования. Однако дозы известковых удобрений для этих целей требуют дополнительных проработок, как и оптимизация видов, форм и соотношений элементов питания, которые, по-видимому, должны устанавливаться применительно к имеющемуся в почве микробиологическому консорциуму.

#### Список литературы

1. Вельков В.В. Биоремедиация: принципы, проблемы, подходы // Биотехнология, 1995. № 3, 4. С. 20-27.
2. Голодяев Г.П., Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Биоремедиация нефтезагрязнённых почв методом компостирования // Почвоведение, 2009. № 8. С. 996-1006.
3. Голодяев Г.П., Иванов Г.И. Биохимическая оценка почв прибрежной зоны Юга Дальнего Востока / Ред. В.И. Ознобихин. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1988. 37 с.
4. Кочергин И.Е., Ознобихин В.И., Савельев А.В., Кереев В.О. Опыт биоремедиации нефтезагрязнённой почвы в рамках полевого эксперимента в условиях Северного Сахалина // Экологические аспекты освоения нефтегазовых месторождений. – Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 84-96.
5. Никитина З.И., Голодяев Г.П. Экология микроорганизмов и санация техногенных территорий /Ред. В.И. Ознобихин. Владивосток: Дальнаука, 2003. 179 с.
6. Kostenkov N.V., Oznobikhin V.I. On specificity of soil cover and its remediation ft the Sakhalin project realization // The Proceeding of the Sixth (2004) ISOPE Pacific/Asia offshore mechanics symposium. Vladivostok, 2004. P. 35-38.
7. MacMillen S., Lambertz D. Lessons learned on E&P biotreatment: landferming guidelines, land treatment guidelines, composting guidelines. Richmond, California: Chevron Research&Technology Company. 1998. 179 p.