



УДК 631.4

## О способе биологической очистки замазученных песчаных грунтов

Тен Хак Мун, О. А. Кириенко, Е. Л. Имранова

*Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск*

*E-mail: micro@ivep.as.khb.ru*

**Аннотация.** Описан наиболее эффективный способ очистки замазученного песчаного грунта, основанный на применении компостов в сочетании со стоком животноводства после обработки его посредством фототрофных бактерий. Показано, что введение в смесь грунта с компостом дождевых червей может служить наглядной индикацией степени загрязнения грунта нефтепродуктами.

**Ключевые слова:** песок, грунт, нефтепродукты, биологическая очистка, компост, дождевые черви, фототрофные бактерии.

### **Введение**

В последнее время участились случаи загрязнения грунта нефтепродуктами в результате различных аварийных инцидентов. В случае утечки нефти из затопленного танкера огромная территория прибрежной песчаной зоны покрывается нефтепродуктами, что приводит к вторичному загрязнению окружающей среды. В связи с этим ликвидация вредных углеводородных веществ и очистка грунта от нефтезагрязнения представляют одну из злободневных проблем обеспечения экологической безопасности.

При наблюдении почвенного профиля, загрязненного нефтепродуктами установлено, что в соответствии с гетерогенностью почвенной структуры нефтяные загрязнители распределяются неравномерно как по глубине, так и по горизонтам почвенных слоев в зависимости не только от объема загрязнителей, но и от механической структуры. Так, в песчаном и супесчаном слое масло проникает глубже, а в глинистом и суглинистом оно распределяется по порам и по поверхности распространяющихся корешков произрастающих растений. Со временем замазученная почвенная масса перераспределяется, покрываясь мелкой и тонкой структурой грунта с образованием множества комочков в виде тестообразной массы в смеси с маслом. При этом нефтезагрязнители, как правило, заполняют все поры грунта и покрывают всю поверхность корневой массы. В отдельных случаях обнаруживаются комочки с маслом в виде внутренней начинки, которые со временем покрываются толстым слоем почвенной пыли с формированием пористой структу-

ры. Такая структура благоприятствует проникновению новых корешков. Вероятно, почвенное покрытие замазученных комочков нейтрализует токсическое действие нефтепродуктов на рост корней.

В литературе имеется множество информации об эффективном влиянии корней растений на разложение нефтепродуктов и практической рекомендации по восстановлению почвы путем внесения органических удобрений и посева травянистых растений.

Однако в случае загрязнения нефтепродуктами бедных органическими веществами песчаных грунтов с низкой влагоемкостью полностью теряется способность к заселению их каким-либо видом растений.

### **Материалы и методы**

С целью разработки способа ремедиации замазученного песчаного грунта были проведены опыты. Собранный верхний слой песчаной почвы, пропитанный мазутом и отработанным маслом (средняя концентрация нефтепродуктов составляла 135 г/кг почвы) складывали в бурты. Уровень загрязнения нефтепродуктами классифицируется как высокий (зона резистентности) [1]. Грунт смешивали с компостом, содержащим достаточно большое количество красного калифорнийского гибрида дождевого червя *Eisenia foetida*. Компост был изготовлен из пищевых отходов с опилками с добавлением компостной закваски [2]. Для биологического контроля токсичности нефтепродуктов в компост дополнительно ввели дождевых червей так, чтобы в 1 л замазученного грунта содержался в среднем один экземпляр животного.

Компост, обогащенный дождевыми червями, смешивали с замазученным грунтом в количестве 25 % от всего объема.

Изготовленную смесь грунта с компостом в объеме 10 м<sup>3</sup> складировали на бетонированной площадке под навесом в виде бурта конической формы высотой около двух метров и диаметром основания около трех метров. В середину бурта до основания вставляли перфорированную поливиниловую трубу диаметром 5 см. Трубу заполняли цеолитом (можно использовать и другие многопористые минеральные материалы, например, вермикулит).

### Результаты и обсуждение

Ниже приведена схема экспериментального бурта с указанием мест отбора образцов грунта для последующего определения концентрации нефтепродуктов и выживаемости животных (рис. 1).

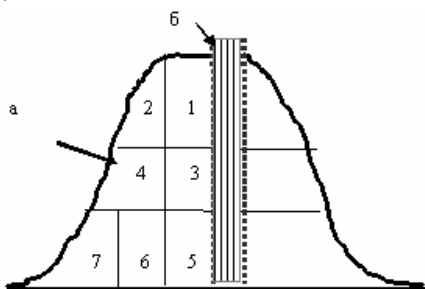


Рис. 1. Схема опыта и место отбора образцов грунта:

а – замазученный грунт, смешанный с компостом; б – перфорированная труба с многопористым материалом; 1–7 – место отбора грунта для анализа

В перфорированную трубу заливали сточную воду со свинофермы, очищенную с помощью фототрофных бактерий [4]. В 1 мл готового стока содержалось  $10^7$ – $10^8$  фототрофов. Объем одноразовой поливной сточной воды составлял 500 л (5 %). Полив бурта производили один раз в неделю. Выше указанную дозу полива определяли путем предварительно проведенного опыта с целью сохранения влажности грунта на уровне 60 % от сухого веса, т. е. оптимальной для активной биохимической деятельности, и предотвращения возможности

переувлажнения обрабатываемой смеси. Содержание нефтепродуктов определяли по методике [6].

Через месяц из-за токсичного влияния нефтепродуктов в верхней и средней части бурта черви отсутствовали. В единичных экземплярах они находились только ближе к основанию. Через 3 месяца животных обнаружили и в середине бурта, а в нижней части их количество увеличилось. Спустя 6 месяцев червей в середине бурта и ниже стало в 2–3 раза больше, по сравнению с исходным, и они присутствовали даже в верхней части штабеля. Распределение червей и их количество зависело от концентрации нефтепродуктов в грунтовой смеси, которая снизилась с течением времени от 130 до 66 г/кг грунта, т. е. более чем на 50 % от исходной (табл. 1).

Низкое содержание нефтепродуктов было отмечено в нижней части бурта, что объясняется более длительным воздействием стока, содержащего фототрофные бактерии, на деградацию нефтяных компонентов. Установлено, что при поливе сточной водой через трубу незначительная часть жидкости поглощается пористыми наполнителями, а большая доля быстро проходит вниз и застаивается здесь, постепенно распределяясь по грунтовой массе. В связи с этим средняя и нижняя часть больше пропитывается сточной водой с содержащимися в ней фототрофными бактериями, что оказывает эффективное влияние на деградацию нефтепродуктов. В зависимости от содержания мазута происходит перераспределение червей: в середине и внизу бурта, где ниже концентрация токсичного вещества, животных отмечалось больше.

Ранее проведенные опыты по выяснению степени эффективности компоста и фототрофных бактерий [4] показали, что после загрязнения почвы дизельным топливом через 30 суток было отмечено снижение его содержания всего на 10 % от исходного. В то же время добавление компоста ускоряло его разложение в 2,5 раза. Через месяц после внесения в почву жидкой культуры фототрофных бактерий осталось 50 % от исходного количества нефтепродукта.

Таблица 1

Содержание мазута в различных местах бурта до и после обработки.

Место отбора образца	Содержание мазута, г/кг грунта			
	исходное	через 1 мес.	через 3 мес.	через 6 мес.
№ 2, верхняя часть	130	111	109	86
№ 4, средняя часть	130	97	79	53
№ 6, нижняя часть, в середине	130	89	66	31
№ 7, то же снаружи	130	91	73	25

В случае одновременной обработки компостом и фототрофными бактериями наблюдалась более быстрая деградация дизельного топлива: через 30 дней в грунте оказалось не более 30 %. При этом было также установлено, что деградация нефтепродуктов в значительной мере определяется качеством компоста [3].

### **Выводы**

Таким образом, показан способ очистки песчаного грунта от нефтезагрязнения путем складирования загрязненного слоя в смеси с компостом в виде бурта и обработки его сточной водой животноводческого производства, содержащей фототрофные бактерии. При этом дождевые черви распределялись в грунтовой массе в зависимости от деградации и концентрации нефтепродуктов, что отражает биологическую индикацию степени загрязнения.

### **Литература**

1. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами /

Ю. И. Пиковский [и др.] // Почвоведение. – 2003. – № 9. – С. 1132–1140.

2. Способ приготовления компостной закваски. Пат. № 2213080 РФ / Тен Хак Мун [и др.] // Б. И. ФИПС РФ. – 2003. – № 27.

3. Тен Хак Мун. Влияние качества компостов на скорость деградации нефтепродуктов в почве / Тен Хак Мун, О. А. Кириенко, Е. Л. Имранова // Вест. ДВО РАН. – 2008. – № 1. – С. 82–84.

4. Тен Хак Мун. Влияние фотосинтезирующих бактерий и компоста на деградацию нефтепродуктов в почве / Тен Хак Мун, О. А. Кириенко, Е. Л. Имранова // Прикладная биохимия и микробиология. – 2004. – № 2. – С. 214–219.

5. Тен Хак Мун. Влияние фототрофных бактерий на «цветение» воды / Тен Хак Мун // Водные ресурсы. – 2003. – № 3. – С. 357–365.

6. Эрнестова Л. С. Усовершенствование методики суммарного определения нефтепродуктов в почве / Л. С. Эрнестова // Гигиена и санитария. – 1981. – № 11. – С. 45–46.

## **On method of biological purification of sandy ground polluted with heavy oils**

Jen Khak Mun, O. A. Kirienko, E. L. Imranova

Institute of Water and Ecological Problems, FEB RAS

**Abstract.** The most effective remediation way of oil polluted sandy ground based on the application of compost in a combination to with livestock sewage after its processing by means of Phototrophic bacteria is described. Worms, entered into a mix of a sandy soil with the compost, were shown to be an evident indication of a pollution degree by the oil products.

**Key words:** sandy, ground, oil products, purification, compost, sewage, worms, phototrophic bacteria.

*Тен Хак Мун*

*Институт Водных и Экологических проблем ДВО РАН  
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65*

*доктор биологических наук*

*главный научный сотрудник*

*тел. (421 2) 21–08–37, факс (421 2) 32–57–55*

*E-mail: micro@ivep.as.khb.ru*

*Then Khak Mun*

*Institute of Water and Ecological Problems FEB  
RAS*

*680000, Khaabarovsk, 65, Kim Yu Chen St.*

*D.Sc. in Biology, senior research scientist*

*phone: (421 2) 21–08–37, fax: (421 2) 32–57–55*

*E-mail: micro@ivep.as.khb.ru*

*Кириенко Ольга Александровна*

*Институт Водных и Экологических проблем ДВО РАН  
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65*

*кандидат биологических наук*

*старший научный сотрудник*

*тел. (421 2) 21–08–37, факс (421 2) 32–57–55*

*Kirienko Olga Aleksandrovna*

*Institute of Water and Ecological Problems FEB  
RAS*

*680000, Khaabarovsk, 65, Kim Yu Chen St.*

*Ph. D. in Biology, senior research scientist*

*phone: (421 2) 21–08–37, fax: (421 2) 32–57–55*

*Имранова Елена Львовна*

*Институт Водных и Экологических проблем ДВО РАН  
680000, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65*

*кандидат биологических наук*

*старший научный сотрудник*

*тел. (421 2) 21–08–37, факс (421 2) 32–57–55*

*Imranova Elena L'vovna*

*Institute of Water and Ecological Problems FEB  
RAS*

*680000, Habarovsk, 65, Kim Yu Chen St.*

*Ph. D. in Biology, senior research scientist*

*phone: (421 2) 21–08–37, fax: (421 2) 32–57–55*