

*Е. А. ОЛЕЙНИКОВА, Т. В. КУЗНЕЦОВА,*

*Б. А. КУЛНАЗАРОВ, А. А. КУРМАНБАЕВ, С. А. АЙТКЕЛЬДИЕВА*

(РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, г. Алматы)

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СТИМУЛЯЦИИ  
ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ И РЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ  
ПОЧВЫ КОМПОСТИРОВАНИЕМ  
В УСЛОВИЯХ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Проведена очистка нефтезагрязненной почвы методом компостирования. Показана эффективность подобранных условий культивирования для улучшения темпов стимуляции почвенной микрофлоры и процессов самоочищения почвы, эффективность компостирования в буртах в условиях Кызылординской области.

**Ключевые слова:** компостирование, очистка почвы, нефтеструкторы, почвенная микрофлора.

**Тірек сөздер:** компостирлеу, топырақты тазалау, мұнайдеструкторы, топырақ микрофлорасы.

**Keywords:** composting, soil purification, oil destructors, soil microflora.

Попадание нефтепродуктов в почву при добыче и транспортировке нефти вызывает сильные и частично необратимые повреждения биогеоценозов. Очистку почвы от нефтезагрязнений проводят с помощью активизации почвенной микрофлоры созданием для нее благоприятных условий жизнедеятельности, а также с помощью специально выделенных и подготовленных штаммов микроорганизмов, способных к эффективному разложению углеводородов нефти. Считается [1], что использование штаммов-деструкторов наиболее эффективно в северных регионах с коротким периодом положительных температур.

Природные и погодные условия Казахстана позволяют проводить ремедиацию нефтезагрязнений без участия специально подготовленных микроорганизмов, однако проблема очищения нефтезагрязнений усугубляется повышенным содержанием солей и низкой долей гумуса в казахстанских почвах, такие почвы слабо подвержены самоочищению.

Очистка почвы с высокой степенью загрязнения обычно производится с извлечением загрязненных грунтов. Исследования ученых многих стран посвящены биоремедиации нефтезагрязненных почв методом компостирования [2-7].

Ранее [8] нами была показана эффективность очистки почвы из окрестностей месторождения «Кумколь» Кызылординской области, загрязненной нефтью до 10%, в модельном компостировании в сосудах с добавлением пшеничной соломы и минеральных солей, были подобраны оптимальные минеральные добавки и их концентрации, выявлена наиболее подходящая доза разрыхлителя (пшеничной соломы). Однако значительная потеря нефти приходилась на долю выветривания, особенно при усиленной аэрации.

Целью данной работы была проверка полученных в результате лабораторных экспериментов данных в полевых условиях при компостировании нефтезагрязненных почв в условиях Кызылординской области, а также определение темпов стимуляции почвенной микрофлоры и процессов самоочищения почвы при отсутствии выветривания нефти в окружающую среду.

### **Материалы и методы исследования**

Для проведения полевого эксперимента почву загрязняли искусственно. В каждый бурт по 80 кг почвы вносили по 4 л нефти. В опытные варианты внесено по 1 кг аммофоса и 0,4 кг аммиачной селитры. В один из вариантов опыта добавлена измельченная рисовая солома в количестве 0,4 кг, в другой вариант внесено такое же количество рисовой шелухи. Почву увлажняли до 60% от максимальной влагоемкости, тщательно перемешивали и закрывали пленкой, чтобы избежать выветривания нефти в окружающую среду. Аэрировали бурты перемешиванием один раз в месяц. Контрольный бурт оставлен под пленкой без увлажнения, аэрации и добавок. Определение степени нефтезагрязнения и микробный мониторинг почвы проводили через 1 и 2 месяца после постановки эксперимента. Остаточное содержание углеводородов нефти определяли с помощью гравиметрии последовательным промыванием проб гексаном и хлороформом. Для определения численности микроорганизмов навеску почвы массой 10 г встряхивали в 100 мл стерильной водопроводной воды в течение 10 минут. Из полученной суспензии готовили разведения и высевали в трех повторностях на среды МПА, Чапека, Гаузе и Ворта. Численность культур бактерий, обладающих повышенной нефтеокисляющей активностью, определяли методом пятикратных разведений на среде Ворошиловой-Диановой с добавлением 1% нефти.

### **Результаты и обсуждение**

Поставлен эксперимент по полевому компостированию нефтезагрязненной почвы в буртах. Взяты образцы загрязненной почвы, проведен микробный мониторинг. Общее количество сапро-трофных микроорганизмов в исходной загрязненной почве составило  $(1,5 \pm 0,1) \cdot 10^7$  КОЕ/г, преобладали непигментированные формы с доминированием 2-3 видов, пигментированные формы единичны (рисунок 1).



Рисунок 1 – Бактериальный пейзаж исходной нефтезагрязненной почвы

Мицелиальные грибы содержались в почве в количестве  $(1,5 \pm 0,3) \times 10^3$  КОЕ/г, дрожжи единичны, актиномицеты не выявлены.

Через 1 месяц после постановки полевого компостирования взяты образцы почвы с буртов для анализа. Содержание нефти составило в контроле 49 г в 1 кг нефтезагрязненной почвы, в вариантах опыта с рисовой соломой и рисовой шелухой 28 и 24 г соответственно, т.е. содержание нефти снизилось на 43-51%.

Дрожжи и актиномицеты не были выявлены ни в одном из образцов как в контрольном, так и опытных. Количество мицелиальных грибов в контрольной почве снизилось в 2,5 раза. В опытных вариантах численность грибковых микроорганизмов, напротив, возросла почти на один-два порядка и достигла  $(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^5$  КОЕ/г в опыте с рисовой соломой и  $(5,1 \pm 0,5) \cdot 10^4$  КОЕ/г в варианте с рисовой шелухой.

Во всех образцах преобладали бактериальные микроорганизмы. В контроле уровень бактерий несколько снизился по сравнению с исходным и составил  $(6,5 \pm 1,3) \cdot 10^6$  КОЕ/г. Содержание бактериальных микроорганизмов в опытных образцах выше, чем в контроле, на два порядка:  $(6,5-8,0) \cdot 10^8$  КОЕ/г.

Характерна смена доминирующих микроорганизмов в опытных вариантах. Если в контрольном варианте пигментированные колонии образуют лишь единичные бактерии (рисунок 2), то в опытных образцах уровень пигментированных форм возрос в несколько раз (рисунок 3).

Таким образом, в результате постановки полевого эксперимента была показана эффективность компостирования нефтезагрязнений в буртах в условиях Кызылординской области. Через 1 месяц после постановки полевого компостирования с добавкой минеральных удобрений, поддержанием оптимального уровня влажности и внесением разрыхлителей из отходов рисоводства (рисовой шелухи и рисовой соломы) содержание нефти снизилось с 5% до 2,4-2,8%, активизировалась бактериальная и грибная микрофлора почвы, через 2 месяца уровень нефти упал до 2,0-2,3%, выделенные при компостировании культуры бактерий из опытных образцов обладают нефтеокисляющей активностью.

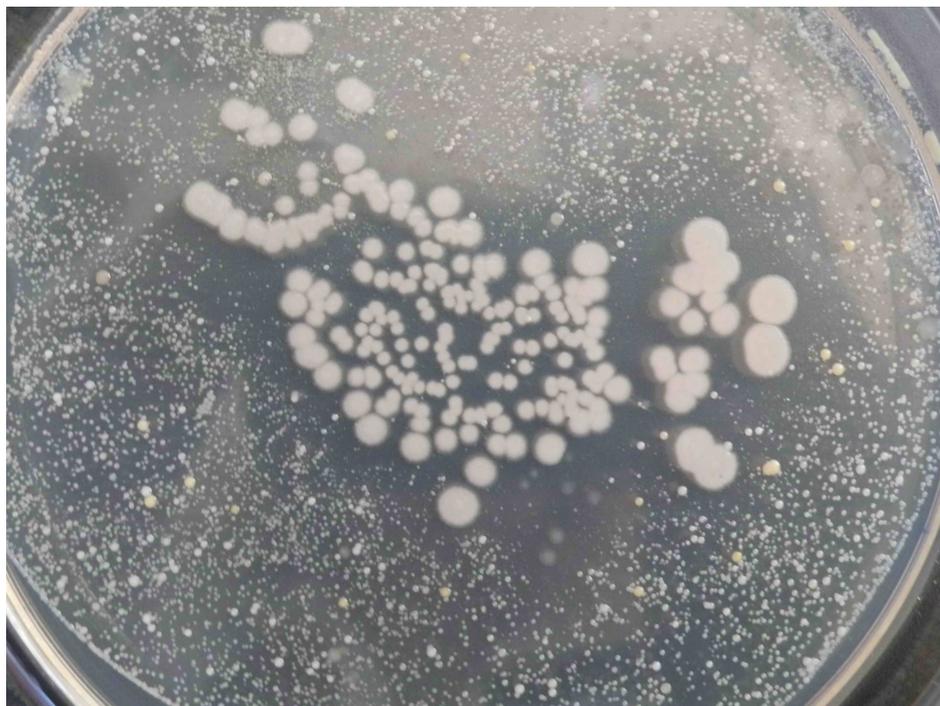


Рисунок 2 – Бактериальная микрофлора контрольного образца через 1 месяц



Рисунок 3 – Бактериальная микрофлора опытных образцов компостируемой почвы через 1 месяц

В результате полученных данных проведенного исследования выявлено, что процессы само-очистки почвы при отсутствии выветривания нефти в окружающую среду эффективны в полевых условиях при компостировании нефтезагрязненных почв в условиях Кызылординской области.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Голодяев Г.П., Костенков Н.М., Оздобихин В.И. Биоремедиация нефтезагрязненных почв методом компостирования // Почвоведение. – 2009. – № 8. – С. 996-1006.

2 [Jørgensen K.S.](#), [Puustinen J.](#), [Suortti A.-M.](#) Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by composting in biopiles // [Environmental Pollution](#). – 2000. – [Vol. 107, N 2](#). – P. 245-254.

3 [Wei Ouyang](#), [Hong Liu](#), [V. Murygina](#), [Yongyong Yu](#), [Zengde Xiu](#), [S. Kalyuzhnyi](#). Comparison of bio-augmentation and composting for remediation of oily sludge: A field-scale study in China // [Process Biochemistry](#). – 2005. – [Vol. 40, N. 12](#). – P. 3763-3768.

4 [Godoy-Faúndez A.](#), [Antizar-Ladislao B.](#), [Reyes-Bozo L.](#), [Camaño A.](#), [Sáez-Navarrete C.](#). Bioremediation of contaminated mixtures of desert mining soil and sawdust with fuel oil by aerated in-vessel composting in the Atacama Region (Chile) // [Journal of Hazardous Materials](#). – 2008. – [Vol. 151, N 2–3](#). – P. 649-657.

5 Кочергин И.Е., Ознобихин В.И., Савельев А.В., Кереев В.О. Опыт биоремедиации нефтезагрязненной почвы в рамках полевого эксперимента в условиях Северного Сахалина // Экологический мониторинг. Полевые исследования. Сб. статей РЭА. – 2009. – № 1. – С. 84-96.

6 [Wu T.](#), [Crapper M.](#) A computational fluid dynamics based model of the ex-situ remediation of hydrocarbon contaminated soils // [Desalination](#). – 2009. – [Vol. 248, N. 1–3](#). – P. 262-270.

7 [Wang X.](#), [Wang Q.](#), [Wang Sh.](#), [Li F.](#), [Guo G.](#) Effect of biostimulation on community level physiological profiles of micro-organisms in field-scale biopiles composed of aged oil sludge // [Bioresource Technology](#). – 2012. – [Vol. 111](#). – P. 308-315.

8 Олейникова Е.А., Кузнецова Т.В., Райымбекова Л.Т., Айткельдиева С.А., Курманбаев А.А., Файзулина Э.Р. Оценка эффективности стимуляции почвенной микрофлоры и самоочищения нефтезагрязненных почв в модельных экспериментах при компостировании в буртах // Сб. трудов Междун. ууаучн.-практ. конф., посв. 100-летию акад. Х. Ж. Жума-това «Актуальные проблемы микробиологии и вирусологии». – Алматы, 2012. – С. 139-141.

## REFERENCES

1 Golodjaev G.P., Kostenkov N.M., Oznobihin V.I. *Bioremediacija neftezagrijaznennyh pochv metodom kompostirovanija*. *Pochvovedenie*. **2009**, №8, S. 996-1006 (in Russ).

2 [Jørgensen K.S.](#), [Puustinen J.](#), [Suortti A.-M.](#) *Bioremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil by composting in biopiles*. [Environmental Pollution](#). **2000**, [V. 107, №2](#), P. 245–254 (in Eng).

3 [Wei Ouyang](#), [Hong Liu](#), [V. Murygina](#), [Yongyong Yu](#), [Zengde Xiu](#), [S. Kalyuzhnyi](#). *Comparison of bio-augmentation and composting for remediation of oily sludge: A field-scale study in China*. [Process Biochemistry](#). **2005**, [V. 40, №12](#), P. 3763–3768 (in Eng).

4 [Godoy-Faúndez A.](#), [Antizar-Ladislao B.](#), [Reyes-Bozo L.](#), [Camaño A.](#), [Sáez-Navarrete C.](#) *Bioremediation of contaminated mixtures of desert mining soil and sawdust with fuel oil by aerated in-vessel composting in the Atacama Region (Chile)*. [Journal of Hazardous Materials](#). **2008**, [V. 151, N 2–3](#), P. 649–657(in Eng).

5 Kochergin I.E., Oznobihin V.I., Savel'ev A.V., Kereev V.O. *Opyt bioremediacii neftezagrjaznennoj pochvy v ramkah polevogo jeksperimenta v uslovijah Severnogo Sahalina. Jekologicheskij monitoring. Polevye issledovanija. Sb. statej RJeA. 2009, №1. S. 84-96 (in Russ).*

6 [Wu T.](#), [Crapper M. A.](#) *Computational fluid dynamics based model of the ex-situ remediation of hydrocarbon contaminated soils. [Desalination. 2009, V. 248, N. 1-3](#), P. 262-270 (in Eng).*

7 [X. Wang](#), [Q. Wang](#), [Sh. Wang](#), [F. Li](#), [G. Guo](#). *Effect of biostimulation on community level physiological profiles of microorganisms in field-scale biopiles composed of aged oil sludge. [Bioresource Technology. 2012, V. 111](#), P. 308-315 (in Eng).*

8 Olejnikova E.A., Kuznecova T.V., Rajymbekova L.T., Ajtkel'dieva S.A., Kurmanbaev A.A., Fajzulina Je.R. *Ocenka jeffektivnosti stimuljacii pochvennoj mikroflory i samoochishhenija neftezagrjaznennoj pochvy v model'nyh jeksperimentah pri kompostirovanii v burtah. Sb. trudov Mezhdun. Nauchn.-prakt. konf., posv. 100-letiju akademika H.Zh. Zhumatova «Aktual'nye problemy mikrobiologii i virusologii». Almaty, 2012, S. 139-141 (in Russ).*

## Резюме

*Е. А. Олейникова, Т. В. Кузнецова, Б. А. Құлназаров, А. А. Құрманбаев, С. А. Айткелдиева*

(ҚР БЖҒМ ҒК «Микробиология және вирусология институты» РМК, Алматы қ.)

## ҚЫЗЫЛОРДА ОБЛЫСЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫНДА ТОПЫРАҚ МИКРОФЛОРАСЫНЫҢ БЕЛСЕНДЕНДІРУ ӘСЕРЛІГІНЕ ЖӘНЕ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНҒАН ТОПЫРАҚ РЕМЕДИАЦИЯСЫНЫҢ КОМПОСТИРЛЕУІНЕ БАҒА БЕРУ

Мұнаймен ластанған топырақты компостирлеу әдісімен тазалау жұмыстары жүргізілді. Топырақ микро-флорасын белсендендіру деңгейлерін жақсарту мақсатында қолданған өсіру жағдайларының әсерлігі көрсетілген. Қызылорда облысының жағдайында бұрттарда компостирлеу әсерлігі дәлелденген.

**Тірек сөздер:** компостирлеу, топырақты тазалау, мұнайдефекторы, топырақ микрофлорасы.

## Summary

*Y. A. Oleynikova, T. V. Kuznetsova, B. A. Kulnazarov, A. A. Kurmanbaev, S. A. Aytgeldieva*

(«Institute of microbiology and virology» CS MES RK, Almaty)

EVALUATION OF SOIL STIMULATION BY MICROFLORA AND REMEDIATION  
OF OIL POLLUTIONS SOIL COMPOSTING CONDITIONS OF KYZYLORDA REGION

Cleaning of oil-contaminated soil by composting. The efficiency of the chosen culture conditions to improve the rate of stimulation of soil microflora and soil processes of self-purification. The efficiency of composting in piles in Kyzyl-Orda region.

**Keywords:** composting, soil purification, oil destructors, soil microflora.

*Поступила 04.09.2013 г.*