

УДК 622.882.2576.8

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТИВНОГО БИОПРЕПАРАТА

© 2017 Н.А. Галкина, О.А. Назаренко, В.Н. Шафран, М.В. Сулова, К.А. Вяткин

ООО «Уралэкоресурс», г. Пермь

Статья поступила в редакцию 24.05.2017

Изложены результаты опытно-промышленных испытаний по рекультивации нефтезагрязненных земель с использованием эффективного биопрепарата, содержащего активные штаммы почвенных микроорганизмов, обладающих производственно-ценными свойствами за счёт высокого содержания гуминовых, карбоновых аминокислот, полисахаридов и витаминов. Технология позволяет рекультивировать нефтезагрязнённые почвогрунты, представленные суглинками, глинами и песчаником при однократной обработке биопрепаратом за один летний сезон с наименьшими затратами по сравнению с традиционной технологией.

Ключевые слова: рекультивация, нефтезагрязнение, технология, биопрепарат, микроорганизм, растение, экология, оценка

Проблема реабилитации нефтезагрязненных земель является одной из крупных экологических проблем. Использование микробиологических средств при ликвидации нефтяных загрязнений почв является часто единственным методом ускоренного восстановления экологически чистой обстановки в природных условиях, не нарушая ее естественного биоценоза и повышая его активность путем обработки загрязненных грунтов активными штаммами микроорганизмов, разлагающих нефть [1, 2]. В ООО «Уралэкоресурс» разработана технология рекультивации нарушенных земель и технология получения высокоэффективного нефтеокисляющего препарата, содержащего микроорганизмы, выделенные из нефтезагрязненной почвы [3, 4]. Получены справки о депонировании используемых штаммов микроорганизмов препарата в международной коллекции ГНУ ВНИИСХМ Россельхозакадемии (г. Санкт-Петербург). Технология защищена патентами РФ № № 2499636 № 2529735 [5, 6]. На реализацию предлагаемой технологии имеется разрешение ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае» № 13019 от 25.10.2011г.

Цель работы: обеспечение условий для создания устойчивого фитоценоза на поверхности нефтезагрязненных земель на основе использования эффективного биопрепарата, повышающего жизнедеятельность аборигенной микрофлоры и способствующего почвообразованию с наименьшими затратами и в кратчайшие сроки для ликвидации отрицательного влияния нарушенных земель на окружающую среду.

Галкина Наталья Александровна, генеральный директор. E-mail: info@uer.su

Назаренко Ольга Александровна, коммерческий директор

Шафран Владимир Николаевич, главный инженер

Сулова Мария Владимировна, эколог

Вяткин Константин Александрович, эколог

Для получения препарата в качестве наполнителя использовались отходы бурого угля следующего гранулометрического состава: 2,5-3-(0,5%); 1,5-2,0-(0,8%); 0,5-0,1-(98%); 0,2-0,3-(1,1%). Отходы бурого угля данного состава при производстве препарата использовались без дробления, что значительно удешевляет технологию приготовления препарата [6]. К наполнителю добавлялась жидкая смесь из активных штаммов микроорганизмов: *Pseudomonas fluorescens* ВКГ с титром 10^{15} , *Pseudomonas fluorescens* ND-6 с титром 10^{10} и *Azotobacter chroococcum* АИН с титром 10^{12} в соотношении 3:1,5:0,5. Из просушенной смеси углеотходов и микроорганизмов получали биопрепарат, рецептура которого представлена в табл. 1. Производственно-ценные свойства биопрепарата представлены в табл. 2. Карбоновые кислоты содержат уксусную, пропионовую, масляную, валерьяновую кислоту, аминокислоты: аспарагиновую и глутаминовую кислоту. Такой состав органических кислот является сильным стимулятором роста и развития растений, а также аборигенной микрофлоры [4].

Перед закладкой опытно-промышленных участков отбирались пробы нефтезагрязненных грунтов по диагонали в 5 точках с глубины 15-20 см на химический и микробиологический анализы. Химический анализ включал определение количества нефти в каждой пробе гравиметрическим методом [7]. Параллельно выполнялся микробиологический анализ на содержание сапрофитной микрофлоры, являющейся показателем на плодородие почвы [8].

Таблица 1. Рецептура микроорганизмов препарата

Бактериальный инокулят	Шифр	Значение
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	ВКГ	10^{15}
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	КОА-4	10^{10}
<i>Azotobacter chroococcum</i>	АИН	10^{12}

Таблица 2. Производственно-ценные свойства биопрепарата, %

Гуминовые кислоты	Карбоновые кислоты	Аминокислоты	Полисахариды	Витамины группы В
72,7	15,3	3,8	3,7	0,006

Реабилитация нефтезагрязненных почв – это процесс их рекультивации с помощью микроорганизмов. Он включает в себя планировку, выравнивание поверхности участков, рыхление на глубину корнеобитаемого слоя для улучшения физического режима влагоемкости и аэрации с одновременным внесением в почву биопрепарата, содержащего микроорганизмы рода *Pseudomonas* и *Azotobacter*. Затем проводился посев семян злаковых (овсяница луговая, костер безостый). Комплекс почвенных микроорганизмов рода *Pseudomonas* и *Azotobacter* способствует почвообразованию, так как они синтезируют ценные органические вещества и витамины, являющиеся стимуляторами роста растений. Растения костра безостого и овсяницы луговой образуют хорошую дернину, высокопродуктивны, зимостойчивы, засухоустойчивы, стойки к избыточному увлажнению, хорошо борются с сорной растительностью, долговечны, обогащают почву питательными веществами.

Полученный биопрепарат с эффективными свойствами использовался в 2015 г. для проведения опытно-промышленных испытаний на участках, загрязненных нефтью в Пермском крае Осинского района площадью 2,5 га и Бардымского – площадью 2,2 га (рис. 1). Почвогрунты были представлены типичными суглинками желтовато-бурого цвета, содержащих примесь галечного, гравийного и песчаного материала (10-15% от общей массы). Обработка почвогрунтов биопрепаратом в Осинском районе проводилась 1 раз в дозе 100 кг/га. Количество нефти в почвогрунтах через месяц снизилось от первоначального содержания в количестве 46,3 мг/кг до 4,6 мг/кг. В Бардымском районе нефтезагрязненные почвогрунты обрабатывались биопрепаратом в количестве 200 кг/га также 1 раз, как в Осинском районе. Исследования показали, что почвогрунты очистились от нефти в течение месяца. Количество нефти снизилось с 147,3 мг/кг до 8,9 мг/кг. Следует отметить, что в ранних работах [3,4] подобное количество нефти в почвогрунтах очищалось при 2х-3х-кратной обработке биопрепаратом, содержащим органические кислоты в 2 раза меньше, чем используемый биопрепарат.

Дальнейшие опытно-промышленные испытания по использованию эффективного биопрепарата проводились в 2016 г. в Усольском районе площадью 3 га, Частинском районе на площади участка 3 га и в Октябрьском площадью 2,5 га, представленных на рис. 1. В Усольском районе почва представлена суглинком, в Частинском – глиной и в Октябрьском – дерново-подзолистой почвой. На рис. 2 представлены результаты по рекультивации нарушенных земель в Усольском районе. На участке была посеяна овсяница луговая. Первоначальное

содержание нефти в почвогрунтах составило 164,3 мг/кг. После проведения рыхлительных работ на участке были посеяны семена овсяницы луговой в 3-х кратной норме в количестве 36 кг/га, обработанных биопрепаратом в дозе 200 кг/ГА [4]. Растения взошли на 5 день. Через 2 месяца корневая система достигла глубины 60 см. Стебель составил в высоту 120 см.

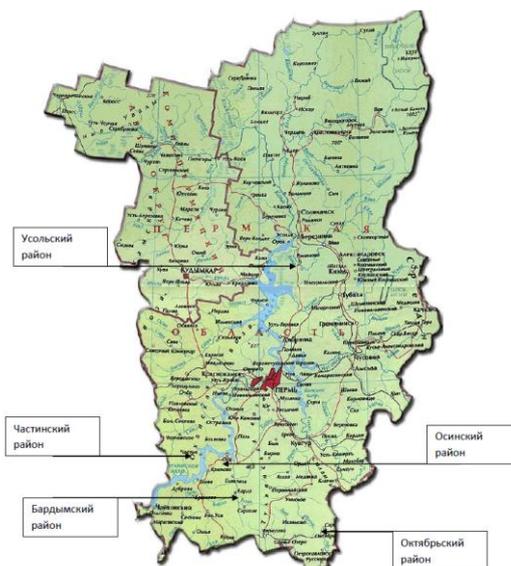


Рис. 1. Рекультивированные нефтезагрязнённые участки в Пермском крае

В почву Частинского района, представленной глиной, были посеяны семена костра безостого, также в 3-х кратной норме в количестве 30 кг/га и обрабатывались биопрепаратом в количестве 200 кг/га который отличается зимостойкостью и засухоустойчивостью, дали хороший рост. Высота стебля составила в среднем 130 см с глубиной корневой системы 48 см. В Октябрьском районе на дерново-подзолистой почве, загрязнённой нефтью, выращивалась люцерна жёлтая, семена которой также перед посевом были обработаны биопрепаратом. Загрязнённый грунт содержал 95,6 мг/кг нефти. Через месяц количество нефти уменьшилось до 12,8 мг/кг. В конце августа выросшая люцерна дала хороший урожай до 650 ц/ГА. Высота стебля люцерны составила 40-50 см. Хорошо развилась корневая система. Корень стержневой с сильно развитыми боковыми ответвлениями, уже в конце августа корневая система достигла глубины 1,5 м. Рост люцерны жёлтой на вертикальном срезе почвы показан на рис. 3. Результаты химических и микробиологических анализов представлены в табл. 3 и 4. Видно, что содержание нефти на рекультивированных участках в Усольском, Частинском, Октябрьском районах при использовании эффективного биопрепарата резко

снизилась ниже санитарной нормы, что благоприятно влияет на рост и развитие сапрофитной (полезной) микрофлоры. Из табл. 4 следует, что количество сапрофитных микроорганизмов представ-

ленных микроорганизмами – деструкторами при рекультивации выше названных участков увеличилось от 27 до 85.



Рис. 2. Результаты рекультивации нарушенных земель в Усольском районе

Таблица 3. Результаты анализов на содержание нефти

Район отбора проб почвогрунтов	Содержание нефти, мг/кг почвы	
	начальное	конечное
Усольский	164,3	19,7
Частинский	137,0	15,6
Октябрьский	95,6	12,8

Таблица 4. Результаты микробиологических анализов нефтезагрязненных грунтов

Наименование района	Содержание микроорганизмов-деструкторов, тыс.клеток в 1 г грунтов	
	начальное	конечное
Усольский	115,8	9905,8
Частинский	367,4	11709,7
Октябрьский	562,7	15468,9

Экономическая эффективность от использования разработанной биотехнологии на предприятиях нефтяной промышленности довольно значительная. В результате проведенных исследований предлагаемый биопрепарат согласно патенту РФ № 2529735 [6] может использоваться при рекультивации нарушенных земель в нефтяной, угольной железнорудной и золотодобывающей промышленности. Поэтому расчёт эффективности выполнен в соответствии с «Методикой определения экономической эффективности использования в угольной промышленности новой техники, изобретений и рационализаторский предложений» [10].

Если традиционный способ рекультивации нарушенных земель включает затраты на нанесение почвенного слоя, на погрузку, транспортировку и

планировку грунта, то при восстановлении 1 га нарушенных земель затраты по данным 1992 г. [10] составляли 2282,3 руб/га при стоимости биопрепарата 32,3 руб. за кг. В настоящее время стоимость 1 кг биопрепарата составляет 3500 руб.

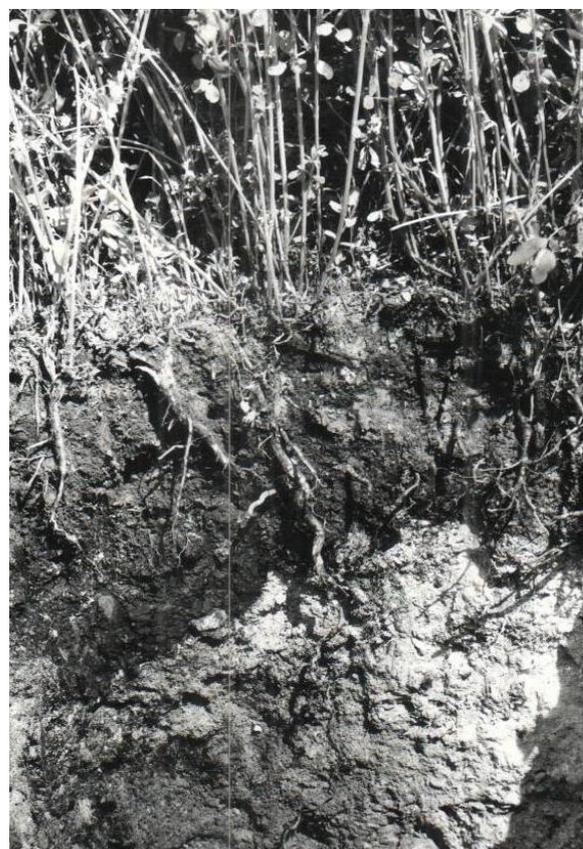


Рис. 3. Рост люцерны жёлтой на вертикальном срезе почвы

При использовании биопрепарата на 1 га в количестве 100 кг/га стоимость будет составлять 350 тыс. руб. Если эту стоимость разделить на стоимость биопрепарата изготавливаемого в 1992 г. (350 тыс. руб : 32,3 руб.), то получается 10835, т.е. во столько раз увеличилась стоимость препарата. Адекватно увеличивается стоимость нанесения почвенного слоя на 1 га рекультивируемой площади, т.е. 2282,3 руб. умножаем на 10835, получаем 24 млн.725 тыс. руб. Расчет в среднем получен при рекультивации нефтезагрязненных земель в Пермском крае.

Выводы:

1. Проведенные исследования свидетельствуют об эффективном разложении нефти в естественных условиях посредством инокуляции активной микрофлоры биопрепарата, что способствует ускоренному восстановлению природного потенциала загрязненных земель. Технология рекультивации с использованием активного биопрепарата не требует дефицитных компонентов и специальных устройств, дополнительных капиталовложений, исключает внесение химических удобрений и нанесение почвенного слоя, обеспечивает охрану окружающей среды, позволяет восстанавливать экологическое равновесие с наименьшими затратами в кратчайшие сроки.

2. Применение биопрепарата, содержащего активные микроорганизмы рода *Pseudomonas* и *Azotobacter*, позволяет очистить нефтезагрязненные почвогрунты до санитарной нормы с содержанием остаточной нефти до 20 мг/кг, что позволяет выращивать на очищенной от нефти почве многолетние злаковые и бобовые растения.

3. Разработанная технология рекультивации нефтезагрязненных земель позволяет использовать биопрепарат, содержащий активные культуры *Pseudomonas* и *Azotobacter* один раз после рыхления почвогрунта, загрязненного нефтью в количестве до 100 мг/кг, количество препарата составит 100 кг/га, при содержании нефти в почвогрунтах выше 100 мг/кг количество препарата составит 200 кг/га.

4. Выполненные исследования подтвердили эколого-экономическую эффективность использования активного биопрепарата для рекультивации нефтезагрязненных земель. Расчёты показали что при использовании биопрепарата, затраты на рекультивацию нефтезагрязненных земель снижаются ~ в 10000 раз по сравнению с нанесением почвенного слоя на загрязненную почвенную поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Красавин, А.П. Биотехнологические приемы обезвреживания почвогрунтов от нефтезагрязнений / А.П. Красавин, И.В. Катаева, А.П. Вяткин // Экология и здоровье человека. Тр. X Всерос. конгресса, Самара, 11-13 окт. 2005. С. 143-145.
2. Красавин, А.П. Восстановление качества нарушенных земель и деградированных почв с использованием почвенных микроорганизмов / А.П. Красавин, И.В. Катаева, В.А. Сергеев, Е.П. Седухин // Восстановление качества природных ресурсов территорий, нарушенных промышленностью. Тр. Междунар ЭКО-конференции, Санкт-Петербург, 11-15 сент. 2006. – СПб., 2006. С. 40-53.
3. Галкина, Н.А. Детоксикация загрязнённых нефтью земель с использованием препарата Биорек-РА // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. №3(6) С. 1753-1755.
4. Галкина, Н.А. Экологическая реабилитация нефтезагрязнённых земель с использованием эффективного биопрепарата // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, №2(3). С. 663-667.
5. Патент на изобретение № 2499636 Способ биоремедиации нефтезагрязнённых почвогрунтов, 2013.
6. Патент на изобретение № 2529735 Способ получения биопрепарата для очистки и восстановления плодородия почвогрунтов, загрязнённых нефтепродуктами, 2013.
7. Ариуншная, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М. Издательство МГУ, 1970. С. 487.
8. Практикум по микробиологии / под ред. проф. И.С.Егорова. – М.: Изд. Московского Университета, 1988. 342 с.
9. Красавин, А.П. Перспектива биотехнологии в угольной промышленности / А.П. Красавин, И.В. Катаева, А.И. Лелеко, В.Н. Екатеринбургский. – М.: ЦНИИ Уголь, 1992. С. 110.

THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION THE REMEDIATION TECHNOLOGY OF OIL-POLLUTED LANDS BY USING EFFECTIVE BIOLOGICAL PREPARATION

© 2017 N.A. Galkina, O.A. Nazarenko, V.N. Shafran, M.V. Suslova, K.A. Vyatkin

JSC «Uralecoresurs»

The article describes results of pilot tests of remediation the oil-polluted lands with use the efficient biological preparation, contains active strains of soil microorganisms, which has the production-valuable properties due to the high content of humic, carbon, aminoacids, polysaccharides and vitamins. The technology allows to reclaim oil-polluted soils, which are represented by loam, clay, and sandstone by a single treatment with a biologic for one summer season at the lowest cost.

Key words: remediation, oil pollution, technology, biological preparation, microorganism, plants, ecology, evaluation

Natalia Galkina, General Director. E-mail: info@uer.su; Olga Nazarenko, Commercial Director; Vladimir Shafran, Chief Engineer; Maria Suslova, Ecologist; Konstantin Vyatkin, Ecologist