

УДК 504.058

## ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ БИОПРЕПАРАТАМИ

Есенаманова М.С.<sup>1</sup>, Есенаманова Ж.С.<sup>1</sup>, Абуова А.Е.<sup>1</sup>, Рыскалиева Д.К.<sup>1</sup>, Бектемиров Д.С.<sup>2</sup>, Рысжан А.Е.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Атырауский государственный университет имени Халелы Досмухамедова, Атырау, e-mail: kense@atgu.kz;

<sup>2</sup>Российский университет дружбы народов, Москва, e-mail: dauren.94@mail.ru

Эта статья направлена на изучение практических исследований нефтезагрязненных почв микробиологическим методом очистки с использованием биопрепаратов «Бакойл-KZ» и «Мико-ойл», и проведено сравнение с контрольным участком. Например, нами исследованы степень очистки нефтезагрязненных почв в трех вариантах: на контрольных участках и на опытных участках с применением двух биопрепаратов - «Бакойл-KZ» и «Мико-ойл», которые высоко адаптированы к экстремальным условиям резко континентального климата, способны сохранять активность при высоких температурах, низком уровне почвенной влагоемкости и солености почв выше 4% и при разной кислотности (рН 5-9), безопасны для почвенного микробиоценоза, так как выделены из нефтезагрязненных почв исследуемого региона. Использование биопрепаратов для нефтезагрязненных почв приводит к снижению содержания нефти от изначального содержания: на участке с биопрепаратом «Мико-ойл» на 123 509,5 мг/кг, или 99,2%, с биопрепаратом «Бакойл KZ» на 90 461,7 мг/кг, или 72,7%.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва, биопрепарат, микроорганизмы, содержание нефти, континентальный климат.

## NEUTRALIZATION OF CONTAMINATED SOIL WITH BIOPREPARATIONS

Esenamanova M.S.<sup>1</sup>, Esenamanova Zh.S.<sup>1</sup>, Abuova A.E.<sup>1</sup>, Ryskaliyeva D.K.<sup>1</sup>, Bektemirov D.S.<sup>2</sup>, Ryszhan A.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kh. Dosmukhamedov Atyrau State University, Atyrau, e-mail: kense@atgu.kz;

<sup>2</sup>Russian University of Peoples' Friendship, Moscow, e-mail: dauren.94@mail.ru

This article aims to study the practical research of oil-contaminated soils by microbiological purification using biological preparations "Bakoyl-of KZ" and "Miko-Oil" and a comparison with the control plot. For example, we have investigated the degree of purification of oil-contaminated soil in three variants: the control plots and experimental plots using two biopreparations - "Bakoyl-of KZ" and "Miko-Oil", which are highly adapted to extreme conditions of sharply continental climate, capable of maintaining activity at high temperatures, soil wetness and salinity of soils low level above 4%, and by varying the acidity (pH 5-9), safe for soil microbiocenosis as isolated from contaminated soils of the investigated region. The use of biological preparations for contaminated soils reduces the oil content from the original content: on the plot with biopreparation "Miko-Oil" 123 509.5 mg / kg, or 99.2%, from the biopreparation "Bakoyl of KZ" 90 461.7 mg / kg or 72.7%.

Keywords: contaminated soils, a biopreparation, micro-organisms, oil content, continental climate.

Добыча нефти и газа относится к региональному типу производств, охватывающих территории в сотни и тысячи квадратных километров. Нефтяной промысел эксплуатирует несколько месторождений. На его территории размером в десятки и сотни квадратных километров функционируют и оказывают воздействие на природную среду эксплуатационные, разведочные, наблюдательные и нагнетательные скважины, сборные пункты, насосно-компрессорные скважины, пункты первичной подготовки нефти, сеть трубопроводов и другие сооружения, обеспечивающие добычу и транспортировку нефти.

При увеличении содержания в почвах нефтяных компонентов происходят изменения химического состава, физических свойств и структуры почв: резкая трансформация фракционного состава гумуса, изменение окислительно-восстановительных условий, увеличение подвижности ряда микроэлементов. Нефтяные компоненты, аккумулируясь в почвенных горизонтах, обволакивая корни, листья и стебли растений и проникая через клеточные мембраны, нарушают водно-воздушный баланс среды и организмов, разрушают сложившиеся трофические связи. Это приводит к неуклонному снижению продуктивности почв, ухудшению состояния растительности вплоть до гибели почвенных животных и растений [2].

### **Цели**

Почвы, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, обладают очень низкой биологической активностью, поэтому были исследованы пути очистки нефтезагрязненных почв микробиологическими методами.

### **Методы**

В работе использовались гравиметрический метод для определения содержания нефтепродуктов в исследуемой почве, агротехнические методы для агротехнических работ на участке и микробиологические методы для определения общего числа микроорганизмов в почве.

### **Результаты**

Район, где проводились исследования и расположены нефтяные месторождения Атырауской области, характеризуется резко континентальным и засушливым климатом, формирующимся под воздействием арктических, иранских и туранских воздушных масс. В холодный период года здесь господствуют массы воздуха, поступающие с западного отрога сибирского антициклона, в теплый период они сменяются перегретыми массами из пустынь Средней Азии и Ирана.

Общая равнинность рельефа не способствует задержанию теплых влажных атлантических воздушных масс, поэтому они мало влияют на увлажнение территории. Для данного региона характерны сильные ветра и бури. По агроклиматическому районированию территория относится к очень сухому, жаркому с длинным периодом району, который характеризуется следующими показателями: сумма положительных температур выше +10 °С составляет 3400-3800, продолжительность безморозного периода 165-200 дней, вегетационный период длится 200-230 дней. Осадков мало, их среднее годовое количество не превышает 137-190 мм.

Климат Атырауской области отличается резкой континентальностью, аридностью, что проявляется в больших годовых и суточных амплитудах температуры воздуха и в неустойчивости климатических показателей во времени (из года в год).

Для области характерным является изобилие тепла и преобладание ясной сухой погоды. Годовое число часов солнечного сияния составляет 2600-2700.

Основные климатические параметры (таблицы 1, 2), характерные для районов расположения месторождений, приводятся ниже, по данным метеостанции г. Атырау.

Таблица 1

Климатические параметры, характерные для районов расположения месторождений, среднемесячные и годовые температуры и абсолютная влажность воздуха

<b>Среднемесячная и годовая t° воздуха, °С</b>												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-9,6	-8,7	-1,5	9,6	18,2	23,4	25,6	23,7	16,8	8,2	-	-5,6	8,4
<b>Среднемесячная и годовая абсолютная влажность воздуха</b>												
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
3,0	3,3	4,5	7,1	10,6	13,5	15,5	14,4	10,8	7,4	5,0	3,7	8,2

Район территории по среднемесячной t° воздуха в январе – минус 10 °С

Район территории по среднемесячной t° воздуха в июле – плюс 25 °С

Среднегодовая продолжительность гроз: от 20 до 40 часов.

Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с.

Таблица 2

Климатические параметры, характерные для районов расположения месторождений, среднесуточные температуры и среднемесячная и годовая относительная влажность воздуха

Температура наружного воздуха, °С						Период со средней суточной t° воздуха ≤ 8 °С		Продолжительность периода со среднесуточной t° < 0 °С	Даты перехода средней суточной t° воздуха через 0° и 5° и число дней с t°, превышающей эти пределы						
Абсолютная, Max	Абсолютная, Min	Средняя, Max	Средняя наиболее холодной t	Средняя наиболее холодных суток	Средняя наиболее холодного периода	Продолжительность, в сутках	Средняя t °С		0°	5°					
+45	-38	31,5	-24	-30	12	182	-3,8	129	23/III 12/X 233	5/IV 25/X 202					
Средняя месячная и годовая относительная влажность воздуха, %															
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год			
85	83	78	59	51	48	48	49	58	70	79	84	66			
Годовое количество осадков, мм															
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год	Холодный период	Теплый период	Суточный, max
14	12	13	14	16	19	16	12	12	13	13	18	172			

Биологическая ремедиация основана на обработке почвы адаптированными микроорганизмами-деструкторами нефтяных углеводородов с применением комплекса агроулучшающих мероприятий. Отличительные черты и преимущества перед технологиями, основанными на механических и физико-химических методах воздействия:

1. Высокая эффективность (до 90% за один вегетационный период) при сравнительно

невысоких операционных затратах.

2. Масштабность. За один вегетационный сезон можно обработать 50-75 Га замазученных грунтов (150 000–220 000 м<sup>3</sup>) и добиться снижения загрязнения более чем на 90%.

3. Универсальность метода. Эффективность биоремедиации не лимитируется обводненностью отходов, агрегатным состоянием, механическим составом грунтов, содержанием парафинов и асфальтенов, применением химических реагентов, температурой застывания нефти и прочими факторами, ограничивающими использование большинства физико-химических методов. Сбалансированное микробное сообщество биопрепарата эффективно работает в любых условиях в широких интервалах своего адаптационного механизма.

4. Автономность. Биоремедиация не нуждается в источниках энергии (газ, электроэнергия) и может быть осуществлена на любом удалении от коммуникаций.

5. Безопасность для окружающей среды и малая инвазивность для всех ее объектов. В процессе проведения биоремедиации отсутствует вредное воздействие на другие объекты (атмосферный воздух, почвенный покров, водные ресурсы).

6. Возврат очищенной почвы в баланс экосистемы.

7. Отсутствие каких-либо вторичных отходов.

8. Сравнительно невысокая стоимость (до 15 000 тг за 1 т очищаемого грунта) при высокой эффективности и безопасности.

Первым биопрепаратом в рамках настоящего проекта рассматривается применение нефтеокисляющего биопрепарата «Бакойл-KZ» в ходе очистки нефтезагрязнений почв и грунтов, эффект заключается в деструкции органических веществ определенными культурами микрофлоры, внесенными в грунт.

Биопрепарат разработан в лаборатории «Экологии микроорганизмов» РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК [1].

Микроорганизмы, входящие в состав биопрепарата, адаптированы к природно-климатическим условиям Западного Казахстана и к средам с высокой соленостью (более 4%) и разной кислотностью (рН 5-9), безопасны для почвенного микробиоценоза, так как выделены из нефтезагрязненных почв исследуемого региона.

Препарат наносится путем распыления на загрязненную поверхность. В результате разложения нефти и нефтепродуктов на поверхности образуется экологически безопасная биомасса. При благоприятных погодных условиях через 50-60 дней нефть и нефтепродукты утилизируются на 80-90% [5].

Биопрепарат «Бакойл КЗ» состоит из культур: *Acinetobacter calcoaceticus* 2А, *Microbacterium lacticum* 41-3, *Micrococcus roseus* 49, *Arthrobacter teregens* П1. В настоящем проекте рассмотрены два биопрепарата для проведения биологической ремедиации. В качестве второго биопрепарата для проведения микробиологической ремедиации применяется «Мико-Ойл».

Биопрепарат «Мико-Ойл» состоит из аборигенных штаммов-деструкторов нефтяных углеводородов, выделенных из почв Западного Казахстана. Штаммы бактерий данного биопрепарата высоко адаптированы к экстремальным условиям резко континентального климата, способны сохранять активность при амплитуде температур до 50 °С, низком уровне почвенной влагоемкости и солености почв выше 4%. В лабораторных условиях биопрепарат продемонстрировал высокую специфичность к компонентам бузачинской нефти в загрязненной почве. Ранее аналогичные результаты (более 93% эффективности при экспозиции в 30 дней) были продемонстрированы для тяжелых условий узеньской нефти [4].

Биопрепарат «Мико-ойл» представляет собой пастообразную смесь или готовый к применению концентрированный клеточный раствор, состоящий из ассоциации углеводородоокисляющих непатогенных бактериальных и дрожжевых штаммов *Bacillus subtilis* 109КС, *Pseudomonas aeruginosa* 122АС, *Rhodococcus erythropolis* 119ГМ, *Rhodococcus globerulus* 51КС, *Trichosporon jirovecii* В2, *Trichosporonoides* sp. В1, *Trichosporon cutaneum* P20СО2, *Aureobasidium pullulans* П7 [1].

Биопрепарат вносят в виде активного водного раствора на подготовленный указанными этапами участок. Для этого концентрат с титром  $10^{21-23}$  КОЕ подвергают серии последовательных разведений с тем, чтобы в конечном активном растворе титр клеток углеводородоокисляющих микроорганизмов составлял не менее  $10^9$  КОЕ [3].

Заложено 3 варианта опытов:

1. Контроль (дважды вспаханная нефтезагрязненная почва).
2. Биопрепарат «Бакойл КЗ».
3. Биопрепарат «Мико-ойл».

Почву на каждой делянке подвергли трехкратному рыхлению, рабочая глубина которого 150-300 мм, рабочая ширина 850 мм.

Затем на территорию опытных делянок (исключая контроль) внесли органическое удобрение из расчета 9 кг на  $1 \text{ м}^3$  и минеральное удобрение (аммиачная селитра) из расчета 30 г на  $1 \text{ м}^3$ .

Для определения содержания нефти в загрязненной почве после проведения агротехнических мероприятий и внесения органо-минерального удобрения отобрали почву методом 12 проб.

По полученным результатам проведен анализ и сравнительная оценка (таблица 3) эффективности биопрепарата на основе биопрепаратов «Бакойл KZ» и «Мико-ойл» по отношению к контролю. Результаты представлены в таблице.

Таблица 3

Сравнительный анализ деструкции нефти до и после внесения биопрепаратов

Наименование участка	Исходное содержание нефти, мг/кг	Содержание нефти в почве		
		После агротехнических мероприятий	После первого внесения биопрепарата	После повторного внесения биопрепарата
Контроль	124 500,0	116 198,3	109 181,6	107 878,4
Биопрепарат «Бакойл KZ»		112 512,9	76 740,8	34 038,3
Биопрепарат «Мико-ойл»		109 151,0	38 194,5	990,5

Таким образом, после агротехнических мероприятий на контрольном участке содержание нефти снизилось на 8 301,7 мг/кг, на опытных участках с использованием первого биопрепарата «Мико-ойл» - на 15 349 мг/кг, а на участке с биопрепаратом «Бакойл KZ» - на 11 987,1 мг/кг, что связано проведением дополнительных мероприятий для улучшения аэрации нефтезагрязненных почв и термическим воздействием солнечного излучения (температура воздуха +42 °С).

После внесения биопрепарата на основе «Мико-ойл» содержание нефти в почве снизилось на 86 305,5 мг/кг, с внесением биопрепарата «Бакойл KZ» - на 47 759,2. В контрольных участках снижение нефти - на 15 318,4 мг/кг.

В конце августа провели повторное внесение биопрепарата, почву тщательно прорыхлили и увлажнили. При повторном внесении биопрепаратов идет снижение содержания нефти от изначального содержания: на участке с биопрепаратом «Мико-ойл» на 123 509,5 мг/кг, или 99,2%, с биопрепаратом «Бакойл KZ» - на 90 461,7 мг/кг, или 72,7%, на контрольном участке изменений почти не отмечается.

## **Выводы**

В условиях аридного климата Западного Казахстана наиболее эффективно применение биопрепарата «Мико-ойл», который высоко адаптирован к экстремальным условиям резко континентального климата, способен сохранять активность при амплитуде температур до 50 °С, низком уровне почвенной влагоемкости и солености почв выше 4%.

## **Список литературы**

1. Бисекенов Т. Модельный эксперимент по очистке почв биопрепаратом на основе углеводородоокисляющих микроорганизмов // Вестник АГУ имени Х. Досмухамедова. – 2010. – № 4 (19). – 6 с.
2. Назарько М.Д. Перспективы использования микроорганизмов для биодegradации нефтяных загрязнений почв / Щербаков В.Г., Александрова А.В. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2004. – № 4. - 640 с.
3. Нурмуханов Н. Модельный эксперимент по очистке почв биопрепаратом на основе углеводородоокисляющих микроорганизмов // Вестник Калмыцкого государственного университета. - 2010. – Декабрь. - 7 с.
4. Проект «Оценка воздействия на окружающую среду» к рабочему проекту «По переработке промышленных отходов (бурового шлама, замазученного грунта и нефтешлама) физико-химическими и биологическими методами на территории месторождений Атырауской области на 2016-2019 года».- Кызылорда, 2015. - URL: <http://atyrau.gov.kz/index.php/ru/> (дата обращения: 15.02.2015).
5. Проект «Очистка методом усиления естественного биоочистения и мониторинг грунтовых вод и почв в районе расположения временных производственных баз подрядчиков». - Атырау, 2016. - URL: <http://atyrau.gov.kz/index.php/ru/zxxx> (дата обращения: 24.04.2016).