

УДК 57.063.7

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ  
«БАЙКАЛ-ЭМ», «ТАМИР», «ВОСТОК»****Чачина С.Б., Болтунова С.В.***ГОУ ВПО «Омский государственный технический университет», Омск, e-mail-ksb3@yandex.ru*

В лабораторном эксперименте изучалась способность трех микробиологических препаратов «Байкал-Эм», «Тамир», «Восток» к деструкции полициклических ароматических углеводородов. Наиболее эффективным из исследованных биопрепаратов для разложения полициклических ароматических углеводородов нефти, является препарат «Байкал-Эм», обеспечивающий деструкцию нефти на 37-41% при концентрации нефти в почве до 100 г/кг.

**Ключевые слова:** биоремедиация, загрязнение почв нефтью, микроорганизмы нефтеструкторы

**DEGRADATION OF PETROLEUM HYDROCARBONS USING MICROBIAL  
PREPARATIONS «BAIKAL-EM», «TAMIR», «EAST»****Chachina S.B., Boltunova S.V.***Omsk state technical University, Omsk, e-mail-ksb3@yandex.ru*

In a laboratory experiment investigated the ability of three microbiological preparations «Baikal-Em», «Tamiir», East to degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. The most effective of the studied biopreparations for the decomposition of polycyclic aromatic hydrocarbons is the drug «Baikal Em», ensured the destruction of oil 37-41% when the concentration of oil in the soil to 100 g/kg.

**Keywords:** bioremediation, soil pollution by oil, microorganisms the oil destructor

Одними из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов природной среды (поверхностных и подземных вод, почв, растительного покрова и атмосферного воздуха) являются нефть, нефтепродукты и нефтесодержащие отходы – нефтешламы. Ежегодно в мире образуются миллионы тонн жидких и твердых отходов нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. Места хранения таких отходов представляют серьезную опасность для окружающей среды, а многочисленные аварии при добыче, переработке и транспортировке нефти и нефтепродуктов являются причиной масштабных загрязнений природных объектов. Попадая в окружающую среду, ископаемые углеводороды, в частности нефть и продукты ее переработки наносят прямой вред здоровью человека (например, некоторые компоненты нефти проявляют канцерогенную активность). [1] При нефтенном загрязнении изменяется численность микроорганизмов основных физиологических групп, существенно модифицируется почвенная микробиота, ухудшаются агрофизические и агрохимические свойства почвы, снижается активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, уменьшается обеспеченность подвижными фронтами азота и фосфора [2].

Нефть не оказывает существенного влияния на почвенную микробиоту при концентрациях соответствующих зоне гомеостаза (до 1 мл/кг) и может в этих случаях выступать как

биологический стимулятор. Более высокие концентрации нефти (зона стресса 1-30 мл/кг) приводят к необратимым изменениям микробиологических свойств почвы [3,4].

В настоящее время на практике в целях рекультивации нефтезагрязнённых почв проводятся следующие мероприятия: землевание, выжигание или сгребание и вывоз загрязнённого слоя почвы [5].

До недавнего времени наиболее распространенным методом ликвидации нефтяного загрязнения было простое сжигание, которое не только не обеспечивает достаточно полного удаления нефти, но и наносит значительный экологический ущерб, разрушается почвенная экосистема, гибнет растительность, накапливаются токсичные и канцерогенные вещества. Известен приём технической рекультивации, включающий снятие загрязнённого слоя почвы, транспортировку и складирование его на специально отведённые для этой цели свалки, т.е. замена почвы. Этот приём пригоден для всех случаев загрязнения почвогрунтов и рекомендуется при разливе нефти на ограниченных участках и проникновении её на глубину не более 10 см. Однако такой метод не устраняет загрязнение, а перемещает его с одного места на другое. К физико-химическим методам обработки почвы и извлечения загрязнения *ex situ* относятся промывка, выщелачивание, экстракция и др. Извлеченные загрязнения в виде растворов могут быть переработаны, отработанная вода рецирку-

лирована в основной процесс. Для извлечения загрязнений обычно используют воду, ацетон, этилацетат, гексан жидкий CO<sub>2</sub>. Скорость извлечения может быть повышена путем облучения почвы ультразвуком или микроволнами. Термические методы обработки почвы *ex situ* – сжигание, пиролиз, газификация, не прямое сжигание, отдувка паром, термокаталитическая обработка. При прямом термическом воздействии на почву, таком как сжигание или газификация в частично-окисленной среде, большая часть органического вещества сжигается. Наиболее просто обработку проводить во вращающихся печах, в том числе и печах цементного производства [6].

В настоящее время наиболее перспективным методом для очистки нефтезагрязненных почв как в экономическом так и в экологическом плане является биотехнологический подход, основанный на использовании различных групп микроорганизмов, обладающих повышенной способностью к биодegradации нефти и продуктов её переработки. Среди всего спектра методов устранения последствий углеводородных загрязнений, биологические методы справедливо признаны в мире наиболее безопасными для окружающей среды и экономически целесообразными. Особенно перспективным является метод биоремедиации, основанный на использовании микроорганизмов, способных утилизировать углеводороды в процессе своей жизнедеятельности. В процессе биоремедиации углерод из нефти и нефтепродуктов частично преобразуется в углекислый газ, частично переходит в биомассу клеток, и частично трансформируется в гумус и закрепляется в почве [7].

В настоящее время активно ведётся поиск микроорганизмов, разрушающих нефть, в особенности при низких температурах. Активные формы микроорганизмов выделяются из разнообразных водных экосистем, особенно загрязнённых углеводородами или нефтью, а также из микрофлоры нефти и пластовых вод нефтяных месторождений [7]. Углеводородоокисляющей активностью обладают также представители актиномицетов, микромицетов и дрожжей [8]. Среди актиномицетов особое внимание привлекает многочисленный род *Streptomyces*. Выделены грибы – деструкторы углеводородов, принадлежащие к 27 родам (роды *Trichoderma*, *Mortierella*, *Aspergillus*, *Penicillium* и др.). Среди деструкторов почвенного происхождения упоминаются грибы, принадлежащие к 31 роду. Устойчивость грибов к нефтяному загрязнению, а при больших концентрациях нефти увеличение численности грибов в почве, связано с тем, что pH загрязнённой почвы смещается в кислую область, что бла-

гоприятствует росту грибов. [9] Дрожжам, окисляющим углеводороды нефти, посвящено значительное количество исследований [9]. Развитие этих работ обусловлено запросами микробиологической промышленности, широко использующей *n*- парафины для синтеза белковых веществ и витаминов. Наиболее широко используемые для получения дрожжевого белка культуры относятся к роду *Candida* (*C.lipolitica*, *C.guillirmondii*).

Микроорганизмы способны трансформировать углеводороды как в аэробных, так и в анаэробных условиях [9]. Потенциальными акцепторами электронов для анаэробного окисления органических соединений в природных условиях являются нитраты, Mn (IV), Fe (III) и сульфаты [8]. Однако трансформация нефтепродуктов при попадании в почву происходит прежде всего в поверхностном слое, под воздействием кислорода, поэтому далее будут рассмотрены только процессы аэробной трансформации углеводородов.

Нами были протестированы три вида биопрепаратов: «Тамир», «Байкал-ЭМ-1», «Восток-Эм1»

Биопрепарат «Тамир» на основе ЭМ технологии широко используется для процесса утилизации отходов органического происхождения. Средство Тамир используется для быстрого приготовления (2–3 недели) компоста высокого качества из бытовых и с/х отходов (пищевых отходов, сорняков, ботвы, навоза, опилок и др.). Биопрепарат содержит молочнокислые, азотфиксирующие, нитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи и ферментирующие грибы.

Биопрепарат «Байкал-ЭМ-1». Биопрепарат содержит большое количество анабиотических (полезных) микроорганизмов, обитающих в почве: молочнокислые, азотфиксирующие, нитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи и ферментирующие грибы. Молочнокислые бактерии вырабатывают молочную кислоту, подавляющую развитие гнилостной и патогенной микрофлоры, улучшают санитарное состояние обрабатываемого участка. Молочнокислые бактерии способствуют разложению лигнинов и целлюлозы и ферментируют эти вещества. Жизнедеятельность актиномицет подавляет рост грибов. Ферментирующие грибы типа *Aspergillus* и *Penicillium* быстро разлагают органические вещества, в том числе участвуют в разрушении углеводородов нефти, выделяют антибиотики. Ферментирующие грибы подавляют запахи и предотвращают заражение почвы вредными насекомыми и их личинками, предотвращают развитие основных паразитов дождевых червей. Таким образом, внесение

## Деструкция углеводородов нефти с использованием микробиологических препаратов

Вид нефте-продукта, концентрация г/кг	Биопрепарат	Концентрация препарата мл/кг	Содержание нефтепродуктов г/кг		Степень деградации % Через 30 дней	Степень деградации % Через 60 дней
			через 30 дней	через 60 дней		
Нефть, 50 г/кг	Байкал-Эм,	1	44,87	31,12	10,26	37,76
Нефть, 50 г/кг	Тамир-Эм	1	42,2	39,23	15,6	21,54
Нефть, 50 г/кг	Восток-Эм	1	49,89	47,98	0,2	4,04
Нефть, 100 г/кг	Байкал-Эм	1	79,56	58,56	20,44	41,44
Нефть, 100 г/кг	Тамир-Эм	1	68,13	57,28	31,87	42,72
Нефть, 100 г/кг	Восток-Эм	1	89,11	76,17	10,89	23,83
Нефть, 125 г/кг	Байкал-Эм	1	141,24	133,78	5,84	10,81
Нефть, 125 г/кг	Тамир-Эм	1	142,76	136,15	4,82	9,23
Нефть, 125 г/кг	Восток-Эм	1	149,17	145,48	2,16	3,01

биопрепарата обеспечивает восстановление плодородия и экологических функций нефтезагрязненных субстратов.

Препарат «Восток-ЭМ1»- биостимулятор роста и развития любых форм растений с биофунгицидным эффектом. Главной причиной исключительной многофункциональности препарата «Восток-ЭМ1» является широчайший диапазон действия входящих в его состав микроорганизмов. Содержит органические кислоты, микроэлементы питания Mg, Mn, Mo, Fe, Co, Zn, натуральные биологически активные вещества. «Восток ЭМ-1» содержит комплекс специально отобранных эффективных природных микроорганизмов: молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, дрожжи и продукты их жизнедеятельности. Эти полезные микроорганизмы обеспечивают питание растениям, подавляют гнилостные бактерии, оздоравливают почву. Взаимодействуя между собой в почве, они перерабатывают органику в легкодоступные и легкоусваиваемые вещества. При этом выделяется ряд всевозможных ферментов, аминокислот и прочих физиологически активных веществ, оказывающих положительное влияние на здоровье почв, рост и развитие растений.

#### Материалы и методы исследования

Для определения массовой концентрации нефтепродуктов в почве была использована методика, предложенная институтом экспериментальной метрологии (ссылка). Предложенный метод основан на экстракции нефтепродуктов из почвы четыреххлористым углеродом с одновременной очисткой элюатов на окиси алюминия в хроматографической колонке. Концентрацию нефтепродуктов в пробе определяли методом ИК-спектрофотометрии на анализаторе нефтепродуктов ИКН-025, диапазон измерений 0,1 мг/дм<sup>3</sup> до 100 мг/дм<sup>3</sup>. При превышении массовой концентрации нефтепродуктов (НП) в анализируемой пробе применялось разбавление элюата таким образом, чтобы концентрация НП соответствовала регламентированному диапазону.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Наиболее эффективным из исследованных биопрепаратов для разложения полициклических ароматических углеводородов нефти, является препарат «Байкал-Эм», обеспечивающий деструкцию нефти на 37-41 % при концентрации нефти в почве до 100 г/кг. При увеличении концентрации нефти до 150 г/кг его эффективность снижается и составляет 10,81 %. Второе место по способности к нефтедеструкции занимает препарат «Тамир», обеспечивающий деструкцию нефти на 21-42 % при концентрации нефти в почве до 100 г/кг. Микробиологический препарат «Восток-Эм» показал себя неэффективным в разложении полициклических ароматических углеводородов.

#### Список литературы

1. Орлов Д.С., Бочарникова Е.А., Амосова Я.М. Изменение физико-химических свойств почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Экотоксикология и охрана природы: Тез. докл. республиканского семинара. – Рига, 1988. – С. 128-130.
2. Солнцева Н.П., Гусева О.А., Горячкин С.В. Моделирование процессов миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундры // Вестн. Моск. Ун-та, сер. 17. Почвоведение. – 1996. – № 2. – С. 10-17.
3. Халимов Э.М., Левин С.В., Гузев В.С. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 1996. – № 2. – С. 59-64.
4. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем / Под ред. М.А. Глазковской. – М., 1988. – 264 с.
5. Гриценко А.И., Аكوпова Г.С., Максимов В.М. Экология. Нефть и газ. – М.: Наука, 1997. – 557 с.
6. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2 т. / Под ред. А.Е. Кузнецова. – М.: БИНОМ, 2012. – 629 с.
7. Лысак Л.В., Лапыгина Е.В. Деструкция нефти монокультурами и природными ассоциациями почвенных бактерий // Вест. Моск. Ун-та. Сер.17. Почвоведение. – 1994. – №1. – С.58-62.
8. Сидоров Д.Г., Борзенков И.А., Ибатуллин Р.Р., Милехина Е.И., Храмов И.Т., Беляев С.С., Иванов М.В. Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. Т.33, №5. – С.497-502.
9. Козлов Г.В., Гарабаджиу А.В., Анкудинова А.А. Разнообразие деструкторов полициклических, ароматических углеводородов // Российский химический журнал. – Том LV. – №1. – 2011. – С. 108-119.