

УДК 579.26

ВЛИЯНИЕ БИОДЕСТРУКТОРОВ В ПРОЦЕССЕ ДЕТОКСИКАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ

Тавадзе Б.Д.

Филиал ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет» в г. Нижневартовске,
Нижневартовск, e-mail: babo.tavadze@yandex.ru

Биоремедиация (*bio* – жизнь, *remedio* – лечение) – использование биодеструкторов (биопрепаратов) для полной детоксикации поллютантов (загрязняющих веществ) или для снижения их концентрации в окружающей среде. В качестве таких биопрепаратов обычно выступают живые организмы: бактерии, дрожжи, грибы, водоросли, растения. Благодаря биоремедиации нормализуются природные процессы, а экологические показатели приближаются к исходному состоянию, как было до антропогенного воздействия. Биоремедиацию применяют для детоксикации природных (нефть) и синтетических соединений (пестицидов, отравляющих веществ, СПАВ). Объектами биоремедиации являются загрязненные почвы, грунты, водоемы, отходы горнодобывающей промышленности и т.д. В настоящее время имеются неплохие результаты в применении биоремедиации при рекультивации земель, загрязненных нефтью. Хорошие результаты показывают такие биодеструкторы, как Бак-Верад, ГлаукОйл, DOP-UNI. Поэтому данные препараты стали предметом исследования в нашей работе. Применение биодеструкторов при рекультивации земель, загрязненных нефтью, изучено достаточно хорошо, а их влияние на основные загрязнители, такие как удобрения, пестициды, нефтяной шлам, буровой раствор, требует большего внимания. В связи с этим целью нашего исследования является изучение влияния биопрепаратов на основные загрязнители земель, выявление наиболее устойчивых и продуктивных штаммов бактерий для их дальнейшей рекомендации при применении при рекультивации.

Ключевые слова: биоремедиация, бактерии, загрязнители, биодеструкторы, почва, пестициды, удобрения, нефтяной шлам, буровой раствор

INFLUENCE OF BIODESTRUCTORS IN THE PROCESS OF DETOXIFICATION OF POLLUTANTS ON CONTAMINATED SOILS

Tavadze B.D.

Industrial University of Tyumen, branch in Nizhnevartovsk, Nizhnevartovsk,
e-mail: babo.tavadze@yandex.ru

Bioremediation (*bio* – life, *remedio* – treatment) – the use of biodestructors (biological products) for the complete detoxification of pollutants or for reduction of their concentration in the environment. Living organisms – bacteria, yeast, fungi, algae, plants – usually act as such biological products. Thanks to bioremediation natural processes are normalized and environmental indicators are approaching the initial state, as it was before anthropogenic impact. Bioremediation is to detoxify natural (oil) and synthetic compounds (pesticides, toxic substances, surfactants). The objects of bioremediation are contaminated soils, soils, water bodies, mining waste, etc. Currently, there are good results in the application of bioremediation in the remediation of oil-contaminated lands. Good results are shown by such biodestructors as Bak-Verad, Glaukoil, DOP-UNI. Therefore, these drugs became the subject of research in our work. The use of biodestructors in the reclamation of oil-contaminated lands has been studied quite well, and their impact on major pollutants such as fertilizers, pesticides, oil sludge, and drilling fluid requires more attention. In this regard, the purpose of our study was to study the effect of biological products on the main land pollutants. To identify more resistant and productive strains of bacteria for their further recommendation for use in reclamation.

Keywords: bioremediation, bacteria, pollutants, biodegradants, soil, pesticides, fertilizers, oil sludge, drilling mud

В настоящее время в российской практике очистку земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, осуществляют в три этапа: подготовительный, агротехнический и биологический. На подготовительном этапе происходит подготовка загрязненной территории: очищается местность от мертвого и усыхающего древостоя и травостоя, и местность охраняется от повторного загрязнения минерализованными водами. Не разрешается выжигать нефтяные пятна и засыпать их песком. Агротехнический этап включает, по мере необходимости, снос верхнего затопленного горизонта и создание нового микрорельефа. Биологический

этап включает агротехнические и фитомелиоративные (высевают многолетние травы) мероприятия [1; 2].

Для рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, также применяют альгофитомелиорацию. Альгофлора – это водоросли, которые чаще всего имеют местное происхождение. Они не погашают нефтепродукты и не употребляют их в пищу, они ускоряют почвообразовательные процессы. Они связывают атмосферный азот и улучшают свойства почвы, тем самым стимулируют рост растений.

Современный метод для рекультивации земель – биоремедиация, когда при ре-

культивации применяют микроорганизмы или «биодеструкторы» – организмы, которые разрушают органические вещества и перерабатывают их до конечных продуктов – углекислого газа и воды [3; 4]. До недавнего времени считали, что нефтеструкторы встречаются именно там, где расположены нефтепромыслы, нефтехранилища или нефтепроводы. Но, как выяснили исследователи, нефтеокисляющие микроорганизмы распространены в природе очень широко и могут быть выделены из любой почвы, осадочных пород, морской и речной воды. Эти гетеротрофные микроорганизмы могут усваивать разнообразные органические соединения: углеводы, белки, жиры и т.д. Применение биодеструкторов при рекультивации земель, загрязненных нефтью, изучено достаточно хорошо, а их влияние на основных загрязнителей, таких как удобрения, пестициды, нефтяной шлам, буровой раствор, требует большего внимания. В связи с этим целью нашего исследования стало изучение влияния биопрепаратов на основные загрязнители земель, выявление наиболее устойчивых и продуктивных штаммов бактерий для их дальнейшей рекомендации в применении при рекультивации.

Научная новизна данной работы заключается в том, что впервые «ГлаукОйл», «DOP-UNI» и «Бак-Верд» были использованы не только для дезоксидации поллютантов нефтяного происхождения, но и для пестицидов и комплексного удобрения.

Цели исследования: определение особенности влияния биодеструкторов, содержащихся в таких препаратах, как «Бак-Верд», «ГлаукОйл», «DOP-UNI», на основные загрязнители почв и выявление более продуктивных штаммов.

Задачи исследования:

1. Изучить особенности биодеструкторов, содержащихся в таких препаратах, как Бак-Верд, ГлаукОйл, DOP-UNI.

2. Изучить влияние биодеструкторов на такие загрязнители, как пестициды, удобрения, нефтяной шлам и буровой раствор.

3. Выявить более устойчивые и продуктивные штаммы бактерий для их дальнейшей рекомендации в применении при рекультивации.

Материалы и методы исследования

Для исследования мы использовали следующие биодеструкторы:

1. **Бак-Верд.** Биопрепарат содержит следующую микрофлору: *Bacillus*, *Atherobacter*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*. Область химической устойчивости: pH = 5-9 при темпе-

ратурах от +10 до +40 °С. Применяется для нефтешламов.

2. **ГлаукОйл.** Биопрепарат содержит штаммы микроорганизмов *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida*, *Rhodococcus erythropolis*. Область химической устойчивости pH = 1-10, при температурах от -40 до +50 °С. Особенность данного препарата в том, что аборигенные микроорганизмы почвы прикрепляются к частицам биопрепарата и тем самым усиливают его действие, обеспечивая себе благоприятные условия существования.

3. **DOP-UNI.** Биопрепарат содержит штаммы культур родов *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Yarrovia*, *Pseudomonas stutzeri*, *Rhodococcus maris*, *Rhodococcus eritropolis*, *Yarrovia* sp. Эффективен в условиях низких и высоких температур. Возможность применения в соленой воде (NaCl до 150 г/л), работает при pH 4,5 и до 9,5.

Для исследования мы использовали пластиковые емкости, куда мы поместили по 3 кг почвы (стандарт). Исследования проводились в несколько этапов. За время проведения исследований температура окружающей среды варьировалась в пределах 24-25 °С, влажность 40-60%.

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе, по истечении двух дней, почву искусственно насытили загрязнителями. В качестве загрязнителей мы использовали комплексное удобрение, пестицид против канадского жука, буровой раствор и нефтяной шлам. Через три дня провели качественную оценку почвенной вытяжки [5]. В ходе исследования определяли присутствие растворимых солей, таких как хлориды, сульфаты, фосфаты, кальция, карбонаты. Также определили сухой остаток (гумус), присутствие сероводорода в буровом растворе, в нефтяном шламе и кислотность почвенной вытяжки. Результаты представлены в таблице 1.

Для качественной оценки обнаружения поллютантов мы использовали метод водной вытяжки. Присутствие сероводорода определяли по методу Тюрина. Для определения кислотности почвенной вытяжки мы использовали pH-метр KL-009(1).

На следующем этапе в почву внесли исследуемые биопрепараты, содержащие микроорганизмы: Бак-Верд, ГлаукОйл и DOP-UNI. После трех недель наблюдения и умеренного полива повторно провели качественную оценку почвенной вытяжки. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1

Первичные показатели стандарта и загрязненной почвы

№	Название загрязнителей	(Cl ⁻) % на 100 г почвы	(SO ₄ ²⁻) % на 100 г почвы	(NO ₃ ⁻) % на 100 г почвы	(PO ₄ ³⁻) % на 100 г почвы	(H ₂ S) мг/кг	(Ca) % на 100 г почвы	CO ₃ (тип реакции)	Гумус г/100 г почвы	pH
1	Почва (стандарт)	0,001	0,01	Нет	Нет	Нет	0,01	Нет	97	7
2	Пестицид	0,001	0,01	3000	0,001	Нет	0,01	Сред.	89,8	6,2
3	Комплексное удобрение	0,01	0,01	>3000	0,001	Нет	0,1	Слаб.	89,2	6,1
4	Шлам	0,1	0,001	3000	0,1	6,24	0,01	Бурная	89,4	6,2
5	Буровой раствор	0,001	0,001	>3000	0,1	10,8	0,1	Нет	89	6

Таблица 2

Показатели почвенной вытяжки после трех недель работы микроорганизмов в почве

Биодеструкторы	Название загрязнителей	Пестициды	Комплексное удобрение	Шлам	Буровой раствор
Cl ⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	0,01	0,1	0,001
	DOP-UNI	0,01	0,01	0,1	0,001
	Бак-Верад	Нет	Нет	0,01	Нет
SO ₄ ²⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	0,001	Нет	Нет
	DOP-UNI	0,01	0,01	Нет	0,001
	Бак-Верад	Нет	Нет	Нет	Нет
NO ₃ ⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	500	3000	250	1000
	DOP-UNI	500	500	500	Нет
	Бак-Верад	200	250	100	Нет
PO ₄ ³⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	0,001	0,1	Нет
	DOP-UNI	0,01	0,01	0,1	0,01
	Бак-Верад	Нет	Нет	0,01	Нет
H ₂ S мг/кг	Глаукойл	-	-	2,72	1,36
	DOP-UNI	-	-	3,4	1,7
	Бак-Верад	-	-	1,7	0,68
Ca г. % на 100 г почвы	Глаукойл	0,01	0,1	0,01	0,01
	DOP-UNI	0,01	0,01	0,01	0,01
	Бак-Верад	0,001	0,001	0,001	Нет
CO ₃ (тип реакции)	Глаукойл	Нет	Нет	Сред	Нет
	DOP-UNI	Слаб.	Слаб	Слаб.	Слаб
	Бак-Верад	Нет	Нет	Слаб.	Нет
Гумус г/100 г почвы	Глаукойл	81,62	77,2	68,73	79,4
	DOP-UNI	86	81,06	68,28	80,42
	Бак-Верад	85,04	80,56	73,02	80
pH	Глаукойл	6,2	6,2	5,7	6,1
	DOP-UNI	5,8	5,8	5,4	5,7
	Бак-Верад	5,4	5,4	6	6,4

Как показывают результаты, наблюдается положительная тенденция по всем показателям. Это говорит о том, что микроорганизмы работали не только с нефтесодержащими веществами, но и уменьшили содержание легкорастворимых солей. Результаты представлены в таблице 2. При сравнении результаты оказались даже лучше, чем у незагрязненной почвы, которую мы использовали в качестве стандарта.

На третьем этапе, по истечении шести недель, мы опять провели исследова-

ния, результаты еще улучшились, и почва оказалась практически чистой по содержанию легкорастворимых солей. Также улучшились показатели по содержанию сероводорода. Что касается сухого остатка и кислотности, результаты оказались чуть ниже стандарта. Результаты представлены в таблице 3 и на рисунке. При проведении сравнительного анализа самый лучший показатель имеет биопрепарат Бак-Верад. DOP-UNI и Глаукойл показали почти одинаковые результаты.

Таблица 3

Показатели почвенной вытяжки после шести недель работы микроорганизмов в почве

Биодеструкторы	Название загрязнителей	Пестициды	Комплексное удобрение	Шлам	Буровой раствор
Cl ⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	0,01	0,01	Нет
	DOP-UNI	Нет	0,01	0,01	0,001
	Бак-Верад	Нет	Нет	0,01	Нет
SO ₄ ²⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	Нет	Нет	Нет
	DOP-UNI	0,01	0,001	Нет	0,001
	Бак-Верад	Нет	Нет	Нет	Нет
NO ₃ ⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	500	1000	Нет	500
	DOP-UNI	500	250	Нет	Нет
	Бак-Верад	100	100	Нет	Нет
PO ₄ ³⁻ % на 100 г почвы	Глаукойл	Нет	Нет	0,01	Нет
	DOP-UNI	0,001	0,001	0,001	0,001
	Бак-Верад	Нет	Нет	0,001	Нет
H ₂ S мг/кг	Глаукойл	-	-	1,02	1,02
	DOP-UNI	-	-	0,34	0,17
	Бак-Верад	-	-	0,14	Нет
Ca% на 100г почвы	Глаукойл	0,01	0,001	0,001	Нет
	DOP-UNI	0,01	0,001	0,01	0,001
	Бак-Верад	0,001	Нет	Нет	Нет
CO ₃ (тип реакции)	Глаукойл	Нет	Нет	Слаб	Нет
	DOP-UNI	Нет	Нет	Нет	Нет
	Бак-Верад	Нет	Нет	Нет	Нет
Гумус г/100г почвы	Глаукойл	86,54	89,34	88,04	91,82
	DOP-UNI	91	91,12	76,72	93,56
	Бак-Верад	92,56	89,4	76,7	91,3
pH	Глаукойл	5,9	4,3	6,8	6,2
	DOP-UNI	6,3	6,3	6,3	6,2
	Бак-Верад	6,4	6	6,4	6,8



Сравнительный анализ



Сравнительный анализ (продолжение рисунка)

Выводы

1. Биопрепараты Бак-Верад, DOP-UNI и Глаукойл созданы на основе определенных микроорганизмов и обладают разными свойствами, что и выяснилось в ходе исследования.

2. Исследования доказали, что биопрепараты положительно влияют не только на загрязнителей нефтяного происхождения, но и на основных загрязнителей почв.

3. Исходя из исследования, можно сказать, что микроорганизмы можно ис-

пользовать не только при рекультивации земель, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, но и для улучшения эдафических факторов.

4. Полученные результаты доказали, что Бак-Верад превосходит DOP-UNI и Глаукойл по воздействию, именно его мы и рекомендуем, хотя DOP-UNI и Глаукойл тоже показали неплохие результаты.

Список литературы

1. Епифанова И.А., Печенов А.И. Е.Е. Левашова Очистка нефтеразливов биологическим методом // Технология и моделирование процессов подготовки и переработки природных энергоносителей. Томск, 2014. Т. 2. С. 78-79.

2. Моторин А.С., Игловиков А.В. Рост и развитие многолетних трав в условиях Крайнего Севера при применении новых агроулучшающих приемов на биологическом этапе рекультивации // Аграрный вестник Урала. 2012. №7(99). [Электронный ресурс]. URL: http://mavu.narod.ru/PDFkee/AVU_07_2012.pdf (дата обращения: 01.03.2023).

3. Николаева А.В., Трошин М.А., Мешеряков С.В., Остах С.В., Остах О.С. Идентификация и прогнозирование результативности применения наилучших доступных технологий обезвреживания нефтесодержащих отходов // Экологический вестник России. 2017. № 2. С. 14-18.

4. Тоганбай А.Н., Сарсенбаев С.О., Мусина У.Ш., Джамалова Г.А. Обзор способов биоремедиации нефтезагрязняющих почв // Научное обозрение. Реферативный журнал. 2018. № 2. С. 16-27.

5. Tavadze B.D., Valieva A.F. Comparative analysis of biodestructors used in bioremediation at land reclamation contaminated with. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2022. P. 1010012008.