

УДК 504.53.062.4:595.1:579.2

ВЕРМИРЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ БИТУМОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЛИФОРНИЙСКИХ ЧЕРВЕЙ EISENIA ANDREI, И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ «БАЙКАЛ-ЭМ1», «ВОСТОК-ЭМ» И «ТАМИР»

Чачина С.Б., Козынец Е.Е.

ГОУ ВПО «Омский государственный технический университет», Омск, e-mail: ksb3@yandex.ru

Проведена оценка выживаемости дождевых червей *E. andrei* в почве, загрязненной, битумом в количестве 60 и 100 г/кг в течение четырех месяцев и изучена эффективность биоремедиации нефтезагрязненной почвы при использовании навозных червей *Eisenia andrei*, в присутствии микробиологического препарата «Байкал-ЭМ», «Восток-Эм» и «Тамир». Установлено, что содержание битума в почвах с навозными червями снижается на 85–95 %.

Ключевые слова: загрязнение почвы, битум, дождевые черви; *Eisenia andrei*; биологическая рекультивация

REMEDIATION OF SOILS CONTAMINATED WITH BITUMEN USING MANURE WORMS EISENIA FETIDA, AND MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS «BAIKAL-AM», «EAST-UM» AND «TAMIR»

Chachina S.B., Kozynets E.E.

Omsk state technical University, Omsk, e-mail: ksb3@yandex.ru

Evaluated survival of earthworms *E. andrei* in contaminated soil, bitumen 60 and 100 g/kg for four months and studied the effectiveness of bioremediation of oil-polluted soil using manure worms *Eisenia andrei*, in the presence of microbial drug «Baikal EM», «EastUm» and «Tamir».

Keywords: contaminated soil, bitumen, earthworms, *Eisenia Andrei*, biological recultivation

Дождевые черви могут ускорить процесс удаления загрязняющих веществ из почвы. Дождевые черви изменяют физические и химические свойства почвы, смешивая ее с органическим веществом, они улучшают аэрацию и делают загрязняющие вещества доступными для микроорганизмов. Присутствие дождевых червей в загрязненной почве указывают на то, что они могут выжить в широком спектре различных органических загрязнителей, таких, как полициклические ароматические углеводороды (Пау), полихлорированные бифенилы (Пхб), и нефть. [1].

Установлено, что дождевые черви могут сохранять жизнеспособность при высокой концентрации загрязняющих веществ. Например, *E. fetida* выжил в почве, загрязненной нефтью 3500 мг/кг [2], а *E. andrei* при концентрации карбендазима 100 мг/кг, поэтому они могут быть использованы для ремедиации загрязненных почв, хотя выживание их зависит от продолжительности экспозиции, и метаболизма [3,4]. Natal-Da-Luz, 2012 сообщили о выживании червей в загрязненной почве, но о снижении их биомассы [5]. Удаление полициклических ароматических углеводородов (Пау) в почве отмечено в большинстве исследований и выживаемость дождевых червей не изменилась даже при высоких концентрациях загрязняющих веществ (<100 мг/кг). В эксперименте отмечена высокая выживаемость

червей *E. andrei* (87,5 %), но снижение веса на 17,3 % по сравнению с начальным весом дождевых червей.

Исследования показали, что внесение органического материала оказывало положительное влияние на выживаемость дождевых червей в загрязненных почвах, но отмечено снижение веса дождевых червей. Buch et al., 2013 отметил 90% выживаемость *Eisenia andrei* при концентрации карбендазима в почве от 1 до 100 мг/кг и снижение веса на 60 % без добавления органического вещества. [6].

Цель исследования: Оценка способности калифорнийских червей к ремедиации почв, загрязненных битумом с использованием микробиологических препаратов «Байкал-Эм1», «Восток-Эм» и «Тамир».

Нашей задачей является установление максимальной концентрации битума в почве, при которой сохраняется жизнедеятельность дождевых червей и сроки полной очистки почвы от нефтепродуктов.

Тест-субстрат

Тест субстратом для трех экспериментов была черноземная почва ЗАО «СибНИИС-хоз». Почва была загрязнена в эксперименте мазутом (начальные концентрации: 50 г/кг, конечные – 150 г/кг). Состав субстрата: Содержание гумуса – 6,5 %, азот общий – 0,3 %, фосфор валовый – 1980 мг/кг, фосфор

подвижный – 92 мг/кг, калий обменный – 420 г/кг, рН – 6,45.

Виды дождевых червей

Калифорнийский червь *Eisenia andrei*

Красные калифорнийские черви способны переработать любую органику (навоз, кухонные отходы, осадки сточных вод, прошлогодняя листва, бумага и многое другое), очень быстро размножаются (в 100 раз быстрее, чем другие виды) и в 4 раза дольше живут по сравнению с дикими червями. Калифорнийские, как и другие дождевые черви ничем не болеют, не подвергаются эпидемиям. Продолжительность жизни калифорнийских червей составляет не менее 16 лет. Длина половозрелых червей 70–85 мм, ширина в области пояса 4–5 мм. Число сегментов 101–117. Имеется интенсивная пигментация красного цвета с малиновым оттенком. Головная лопасть эпилобическая открытая. Средняя масса червей составляла 0,5–0,9 г.

Микробиологический препарат

В качестве источника молочнокислых, азотфиксирующих и фотосинтезирующих бактерий использовали биопрепарат «Байкал – Эм» (Изготовлен ООО «НПОЭМ-Центр», Россия) (номер государственной регистрации 226–19,156–1) в количестве 5 мл на 1 кг субстрата при уровне загрязнения нефтепродуктами выше 50 г/кг почвы. Биопрепарат содержит большое количество анабиотических микроорганизмов, обитающих в почве: молочнокислые, азотфиксирующие, нитрифицирующие бактерии, актиномицеты, дрожжи и ферментирующие грибы.

Препарат «Восток ЭМ-1» – это концентрированная культура эффективных микроорганизмов, содержащая полезные микробы в устойчивом неактивном состоянии. Основу препарата составляют фотосинтетические и молочнокислые бактерии, дрожжи, актиномицеты и ферментные грибки. Он обладает исключительной многофункциональностью, благодаря широчайшему диапазону действия входящих в него микроорганизмов. Эти микроорганизмы обеспечивают питание растениям, подавляют вредные факторы, оздоравливают почву, создавая положительную среду вокруг себя. Взаимодействуя между собой в почве, они перерабатывают органику в легкодоступные и легкоусвояемые вещества.

Биологически активный препарат «Тамир» (серии ЭМ) предназначен для утилизации органических отходов. Применение его широко, от возрождения плодородия почвы до утилизации органических отходов. Он применяется в выгребных ямах, для очист-

ки канализационных систем и стоков от жировых отложений и засоров, восстановления дренажа, устранения неприятных запахов, а также для ускоренной (за 2–3 недели) переработки в высококачественный компост бытовых и сельскохозяйственных отходов (остатков пищи, ботвы, сорняков, опилок, навоза и т.п.). Препарат «Тамир» – это живое сообщество 86 полезных почвенных микроорганизмов с усиленной способностью к переработке и ферментации органических отходов. Применение ЭМ-препаратов позволяет решать проблемы загрязнения окружающей среды и других негативных последствий индустриализации естественными методами. ЭМ-препараты существенно улучшают экологическое состояние биосферы.

Методики анализа содержания в почве нефтепродуктов и органических веществ

Отбор проб почвы для анализа содержания нефтепродуктов и органических веществ проводили по ГОСТ 28168, ГОСТ 17.4.3.01 и ГОСТ 17.4.4.02. Почву размалывали в ступке. Из размолотой почвы отбирали пробу массой 3 – 5 г и дополнительно измельчали до размера частиц менее 0,3 мм и просеивали через сито с размерами ячеек 0,25 мм. Для определения содержания нефти или нефтепродуктов в почве была использована методика, предложенная институтом экспериментальной метрологии (ссылка). Данный метод основан на экстракции нефтепродуктов из почвы четыреххлористым углеродом с одновременной очисткой элюатов на окиси алюминия в хроматографической колонке. Концентрацию нефтепродуктов в элюате определяли методом ИК-спектрофотометрии на анализаторе нефтепродуктов ИКН-025 при длине волны 3,4 мкм.

Протоколы испытаний

Исследования проводились в течение 4 месяцев. В полипропиленовые сосуды, объемом 2 литра, на дно укладывали дренаж. Затем засыпали слой почвы толщиной 15 см (1 кг). В каждый вариант вносили по 10 половозрелых червей в каждый сосуд и поливали дистиллированной водой 1 раз в неделю по 100 мл. Червей подкармливали свежим тертым картофелем 1 раз в неделю по 5 г и увлажняли почву 2 раза в неделю по 100 мл дистиллированной воды. Разбор червей проводили через 14 дней вручную послойно. Червей инкубировали при температуре +15°C в течение 4 месяцев. Процесс контролировали по следующим показателям: численность общая, численность половозрелых особей, Полученные результаты были обработаны с использованием рангового метода Фридмана. Протоколы испытаний представлены в таблице.

Выживаемость, общая численность, общая продуктивность и индивидуальная продуктивность навозных червей *E. andrei* при различных концентрациях битума в почве. Протоколы испытаний

	Выживаемость %	Общая численность	Общая продуктивность	Критерий Фишера
контроль	100	15	0	0,7
Байкал	100	25	1,3	0,7
Тамир	100	32	3,6	0,7
Восок	100	23	3	0,7
50 г/кг+Байкал	80	12	0,6	0,72
100 г/кг+Байкал	80	11	1	0,72
50 г/кг+Тамир	80	12	1	0,72
100 г/кг+Тамир	70	10	1	0,72
50 г/кг+Восток	70	12	0,6	0,72
100 г/кг+Восток	50	10	0,6	0,72

Результаты экспериментов

В контрольном варианте общая численность *E. andrei* увеличилась в 1,5 раза, а при внесении биопрепарата «Байкал-Эм-1» в 2,5 раз. В варианте с концентрацией битума 50 и 100 г/кг без биопрепарата выживаемость червей была 0%, а с микробиологическим препаратом – 80%, и общая численность составила 12 экз/сосуд. (рис. 1)

В контрольном варианте общая численность *E. andrei* увеличилась в 1,5 раза, а при внесении биопрепарата «Тамир» в 3,2 раз. В варианте с концентрацией битума 50 г/кг без биопрепарата выживаемость червей была 0%, а с микробиологическим препаратом – 80%, и общая численность составила 12 экз/сосуд. При внесении в почву 100 г/кг битума и биопрепарата «Тамир»,

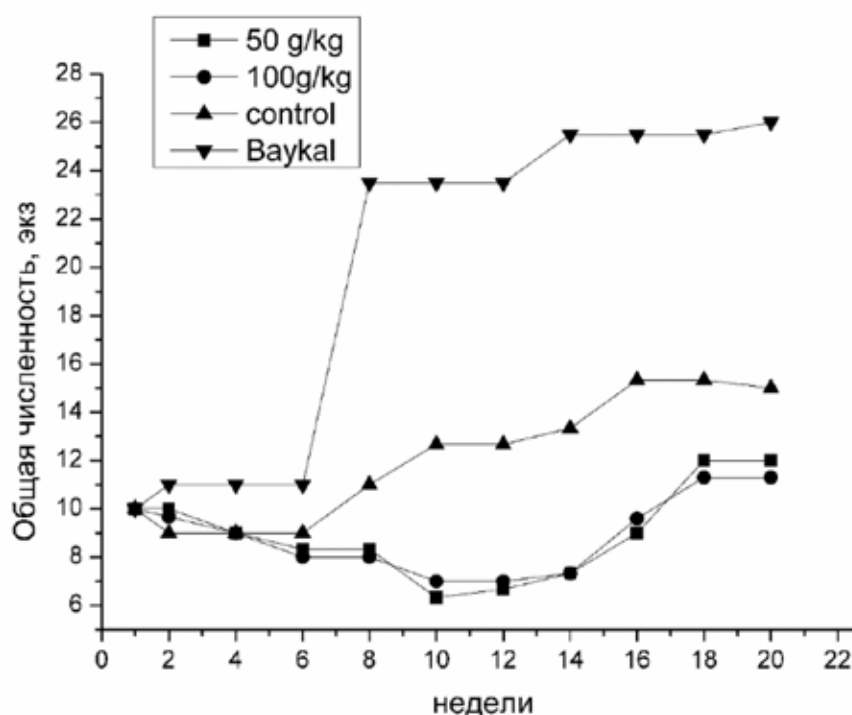


Рис. 1. Общая численность *E. andrei* и микробиологический препарат «Байкал-Эм»

выживаемость – 70%, и общая численность составила 10 экз./сосуд. (рис. 2).

паратом «Восток» отмечалась 70 % выживаемость червей и общая численность

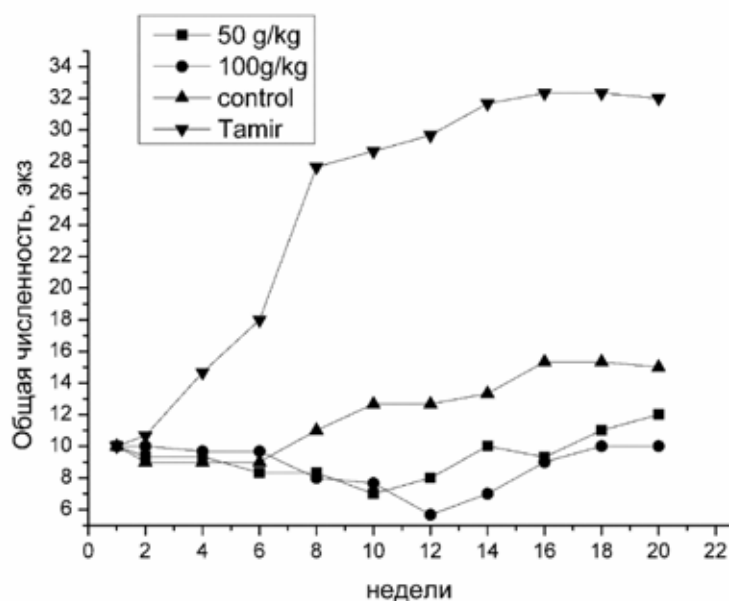


Рис. 2. Общая численность *E. andrei* и микробиологический препарат «Восток»

В контрольном варианте общая численность *E. andrei* увеличилась в 1,5 раза, а при внесении биопрепарата «Восток» в 2,3 раз. В варианте с концентрацией битума 50 г/кг, с микробиологическим пре-

составила 12 экз./сосуд. При внесении в почву 100 г/кг битума и биопрепарата «Восток», выживаемость – 50%, и общая численность составила 10 экз./сосуд. (рис. 3).

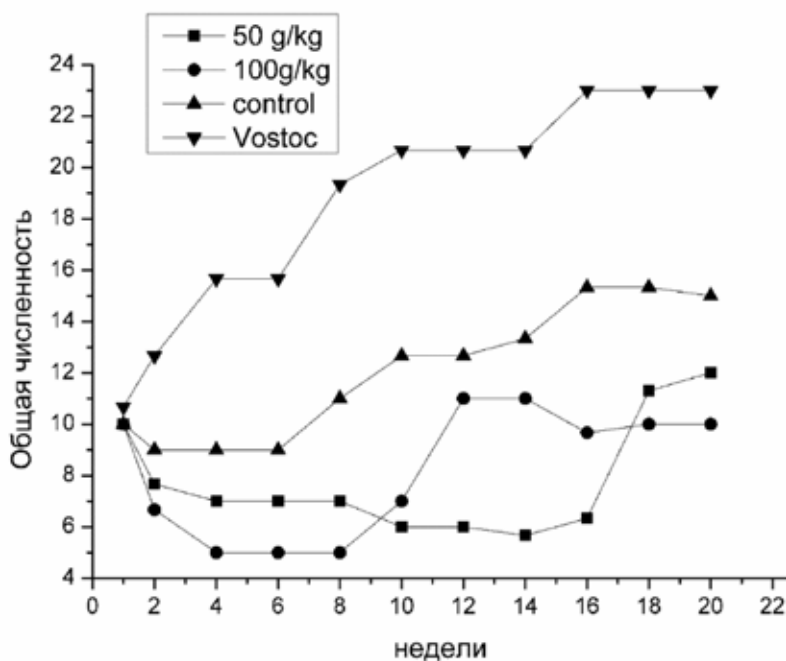


Рис. 3. Общая численность *E. Andrei* и микробиологический препарат «Восток»

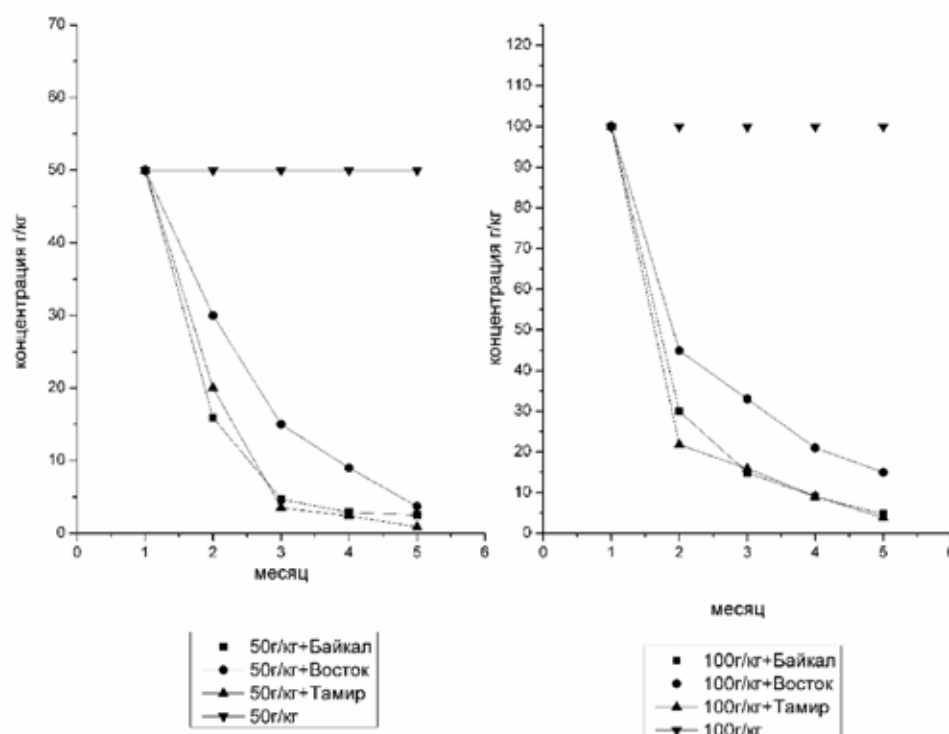


Рис. 4. Разложение битума в почве

Закключение

При внесении битума 50 г/кг, в контрольном варианте снижение концентрации битума не наблюдалось. При внесении препарата «Байкал-Эм» концентрация битума сократилась до 2,52 г/кг (эффективность 96%). При внесении препарата «Восток» концентрация битума сократилась до 3,7 г/кг (эффективность 94%). Лучшие результаты отмечены при внесении препарата «Тамир», при внесении которого концентрация битума сократилась до 0,88 г/кг (эффективность 99%).

При внесении битума 100 г/кг, в контрольном варианте снижения концентрации битума не наблюдалось. При внесении препарата «Байкал» концентрация битума сократилась до 4,7 г/кг (эффективность 95%). Самая низкая эффективность разложения битума отмечена при внесении препарата «Восток», концентрация битума сократилась до 15 г/кг (эффективность 85%). Внесение препарата «Тамир» показало высокую эффективность,

концентрация битума сократилась до 3,75 г/кг (эффективность 95%).

Список литературы

1. Jacobo Rodriguez-Campos, Luc Dendooven, Dioselina Alvarez Bernal, Silvia Maribel Contreras-Ramos, Potential of earthworms to accelerate removal of organic contaminants from soil: A review Applied Soil Ecology. 79 (2014). 10–25.
2. Geissen, V., Gomez-Rivera, P., Lwanga, E., Mendoza, R., Narcias, A.T., Marcias, E.B., 2008. Using earthworms to test the efficiency of remediation of oil-polluted soil in tropical Mexico. Ecotox. Environ. Saf. 71, 638–642.
3. Brown, S.A.E., Simpson, A.J., Simpson, M.J., 2009. H-1NMR metabolomics of earth-worm responses to sub-lethal PAH exposure. Environ. Chem. 6, 432–440.
4. Brulle, F., Morgan, A.J., Cocquerelle, C., Vandenbulcke, F., 2010. Transcriptomic underpinning of toxicant-mediated physiological function alterations in three terrestrial invertebrate taxa. A review. Environ. Pollut. 158, 2793–2808.
5. Natal-Da-Luz, T., Verweij, L.I., Morais, R.A., Van Velzen, P.V., Sousa, M.J.M., Van Gestel, J.P.C.A.M., 2012. Influence of earthworm activity on microbial communities related with the degradation of persistent pollutants. Environ. Toxicol. Chem. 31, 794–803.
6. Buch, A.C., Brown, G.G., Niva, C.C., Sautter, K.D., Sousa, J.P., 2013. Toxicity of three pesticides commonly used in Brazil to *Pontosclex corethrurus* (Muller, 1857) and *Eisenia andrei* (Bouché 1972). Appl. Soil Ecol. 69, 32–38.