

УДК 57:537.531

## УСТОЙЧИВОСТЬ БУРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ К СОЧЕТАННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ СВИНЦОМ И ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Мазанко М. С., Колесников С. И., Денисова Т. В., Кузина А. А., Вернигорова Н. А., Капралова О. А., Бабаян К. С., Лаптинова А. С.

ГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия (344006, Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105), e-mail: [Mary.bio@list.ru](mailto:Mary.bio@list.ru)

Было исследовано влияние загрязнения свинцом, переменным магнитным полем, а также их сочетания на такие свойства бурой лесной почвы, как активность ферментов, фитотоксичность, количество почвенной биомассы. Концентрации свинца в почве составили 100, 500, 1000, 1500 и 2000 мг/кг, уровень индукции переменного магнитного поля – 300, 1500 и 3000 мкТл. Загрязнение оказывало существенное и разнонаправленное действие на биологические свойства почвы. Характер и степень этого влияния изменялись в зависимости от уровня воздействия каждого из факторов, при этом они не носили линейный характер. При сочетанном загрязнении наибольший вклад в изменение почвенных показателей вносило загрязнение свинцом (50–77 %), однако факт взаимодействия двух факторов также вносил свой вклад (17–25 %).

Ключевые слова: сочетанное загрязнение, почва, свинцовое загрязнение, переменное магнитное поле

## BROWN FOREST SOILS STABILITY TO THE COMBINED CONTAMINATED WITH LEAD AND ALTERNATING MAGNETIC FIELD

Mazanko M. S., Kolesnikov S. I., Denisova T. V., Kuzina A. A., Vernigorova N. A., Kapralova O. A., Babayan K. S., Laptinova A. S.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344006, Rostov-on-Don, B. Sadovaya st., 105), e-mail: [Mary.bio@list.ru](mailto:Mary.bio@list.ru)

The influence of lead contamination, an alternating magnetic field, as well as combinations of such properties on brown forest soil, the activity of enzymes phytotoxicity and the soil biomass was investigated. Lead concentrations in the soil were 100, 500, 1000, 1500 and 2000 mg/kg, the level of induction of the alternating magnetic field – 300, 1500 and 3000 mкTl. Pollution had a significant and different effect on the biological properties of the soil. Nature and extent of this effect varied with the level of exposure of each of the factors, while they were not linear. The greatest contribution to the change in indicators of combined polluted soil introduced lead (50–77 %), but the fact of the interaction of two factors also contributed (17–25 %).

Keywords: combined pollution, soil, lead pollution, the alternating magnetic field.

### Введение

Бурые лесные почвы покрывают площади высоких и средне-высоких гор как на северных, так и на южных склонах Северного Кавказа. Они формируются под мертвопокровными буковыми, буково-грабовыми, пихтовыми и пихто-еловыми лесами, также под дубовыми лесами с примесью граба, бука и дикорастущих плодовых растений [1]. Большинство исследований, посвященных бурым лесным почвам, направлено на влияние на них таких загрязнителей, как нефть, тяжелые металлы, электромагнитное излучение. Однако сочетанное воздействие этих факторов до сего момента не изучалось [2-5].

Целью нашего исследования было установить степень влияния сочетанного загрязнения свинцом и переменным магнитным полем на численность основных групп почвенных микроорганизмов серопесков, таких как аммонификаторы, азотфиксаторы, амилолитики, а также на микромицеты.

## **Объекты и методы исследований**

В качестве объекта исследований были использованы бурые лесные почвы, отобранные на территории республики Адыгея, рядом с п. Никель. Почвы расположены под буково-грабовым лесом, рН 5,4, содержание гумуса 4,4 % [1].

Из тяжелых металлов в качестве загрязнителя был выбран свинец как тяжелый металл, относящийся к 1-му классу опасности. Свинец вносили в почву в форме оксида PbO в количестве 100, 500, 1000, 1500, 2000 мг/кг. Далее почву увлажняли до 60 % от общей влагоемкости.

В качестве электромагнитного воздействия было выбрано воздействие переменным магнитным полем (ПеМП) промышленной частоты 50 Гц индукцией 300, 1500 и 3000 мкТл в установках, представляющих собой соленоиды. Почву увлажняли до 60 % от общей влагоемкости и помещали в установку.

Для того чтобы оценить сочетанное воздействие факторов, почву загрязняли оксидом свинца во всех описанных выше концентрациях и помещали в установки со всеми представленными уровнями индукции так, чтобы в эксперименте присутствовали все возможные сочетания дозы факторов. Контролем служили образцы почв не подвергавшиеся воздействию факторов.

Образцы почвы инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20–22 °С) и оптимальном увлажнении (60 % от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности. Длительность эксперимента 10 суток.

По окончании срока инкубации в опытных и контрольных образцах определяли микробиологические параметры состояния почв. Всю массу почвы извлекали из вегетационного сосуда и перемешивали, тем самым получали «средний образец», из которого отбирали пробы для определения исследуемых показателей.

Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием методов, общепринятых в биологии, почвоведении и экологии [6]. Статистическая обработка данных была выполнена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 для Windows.

## **Результаты и обсуждение**

Свинцовое загрязнение снижало активность каталазы (рис.1). Был зафиксирован рост активности фермента при внесении в почву свинца в концентрациях 100 и 500 мг/кг, однако дальнейшее увеличение концентрации свинца влекло за собой снижение активности на 23–30 % ( $p < 0,05$ ).

Тяжелые металлы изменяют сродство почвенных ферментов к субстрату, снижают численность почвенных микроорганизмов, отчего уменьшается производство ферментов.

Ионы тяжелых металлов способны переводить ферменты из сорбированного состояния (на гранулах почвы) в водорастворимое, что снижает скорость реакций [4].

Переменное магнитное поле снижало активность фермента на 23 % при индукции магнитного поля 3000 мкТл ( $p < 0,05$ ).

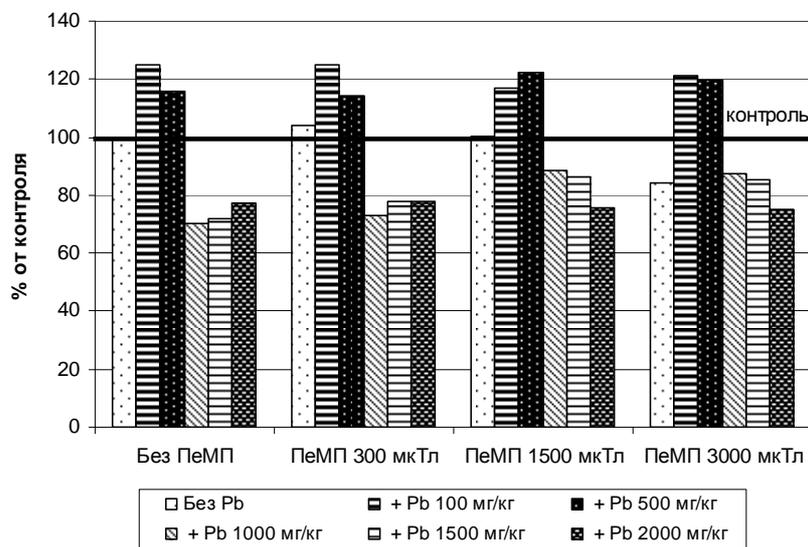


Рис. 1. Влияние сочетанного загрязнения на активность каталазы

При сочетанном загрязнении переменное магнитное поле оказывало протекторные свойства на активность каталазы: если при свинцовом загрязнении снижение активности составило 23–30 %, то при индукции 3000 мкТл – 12–25 % ( $p < 0,05$ ).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад взаимодействия свинцового и электромагнитного загрязнения составил 17 %, вклад загрязнения свинцом – 62 % соответственно. Достоверного вклада переменного магнитного поля установлено не было.

Так же, как и активность каталазы, активность дегидрогеназы снижалась при внесении в почву оксида свинца (рис. 2).

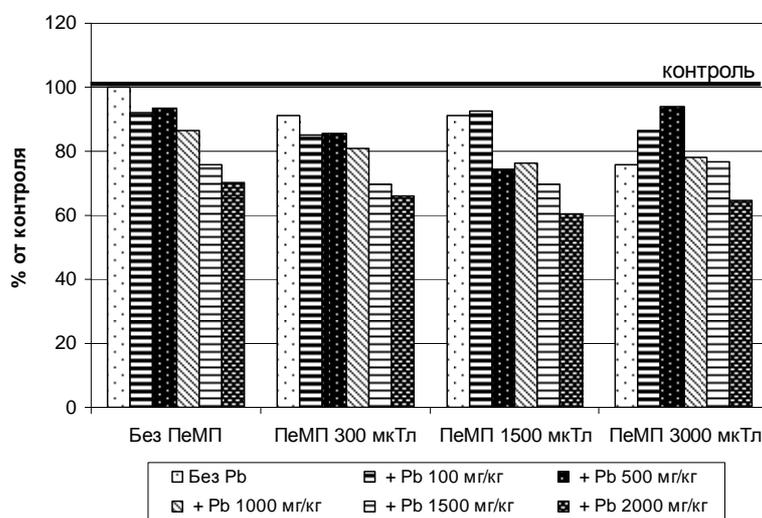


Рис. 2. Влияние сочетанного загрязнения на активность дегидрогеназы

Снижение составило 14–30 % в зависимости от дозы, при этом при низких дозах (100–500 мг/кг) достоверных изменений активности не наблюдалось.

Переменное магнитное поле снижало активность дегидрогеназы бурой лесной почвы на 24 % при индукции 3000 мкТл.

Переменное магнитное поле в сочетанном загрязнении со свинцом не оказывало влияния на активность дегидрогеназы бурой лесной почвы.

Достоверного вклада взаимодействия загрязнителей в изменение активности дегидрогеназы обнаружено не было. Вклад свинцового загрязнения составил 70 % ( $p < 0,05$ ). Достоверного вклада переменного магнитного поля установлено не было.

Из изложенных данных следует, что дегидрогеназа более устойчива к загрязнению свинцом, чем каталаза. Также она менее подвержена влиянию сочетанного действия факторов.

Тяжелые металлы могут и напрямую поступать в растение из почвы, затем накапливаться в его тканях, клетках, нарушая течение многих биологических процессов, в том числе синтез белка и фотосинтез.

Внесение в почву свинца вызывало снижение длины побегов и корней проростков редиса до 63–70 % соответственно ( $p < 0,05$ ) (рис. 3).

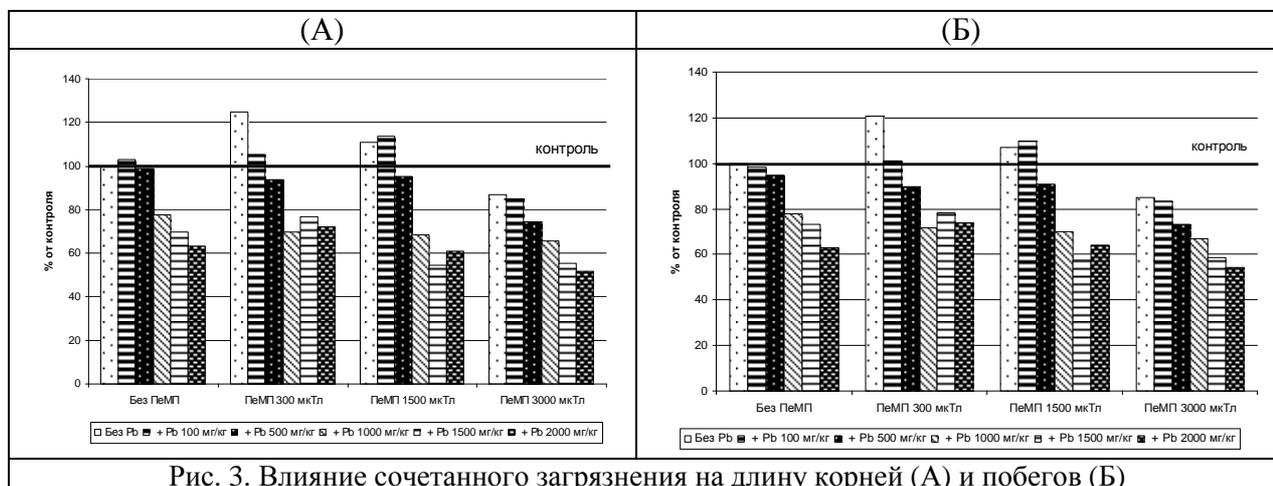


Рис. 3. Влияние сочетанного загрязнения на длину корней (А) и побегов (Б)

Переменное магнитное поле индукцией 300 мкТл приводило к увеличению длины побегов и корней редиса на 18–25 %.

Сочетанное загрязнение не приводило к изменению картины, появившейся при загрязнении отдельно свинцом. Некоторое снижение показателей стало заметно только при высоком уровне индукции – 3000 мкТл.

Достоверного вклада взаимодействия факторов в изменение фитотоксичности бурой лесной почвы обнаружено не было, как и переменного магнитного поля. Свинцовое загрязнение внесло вклад в количестве 77 % ( $p < 0,05$ ).

Внесение свинца в количестве 100–500 мг/кг в бурую лесную почву влекло за собой рост биомассы на 18–24 % (рис. 4), дальнейшее повышение концентрации свинца приводило к снижению показателя на 26–27 % ( $p < 0,05$ ).

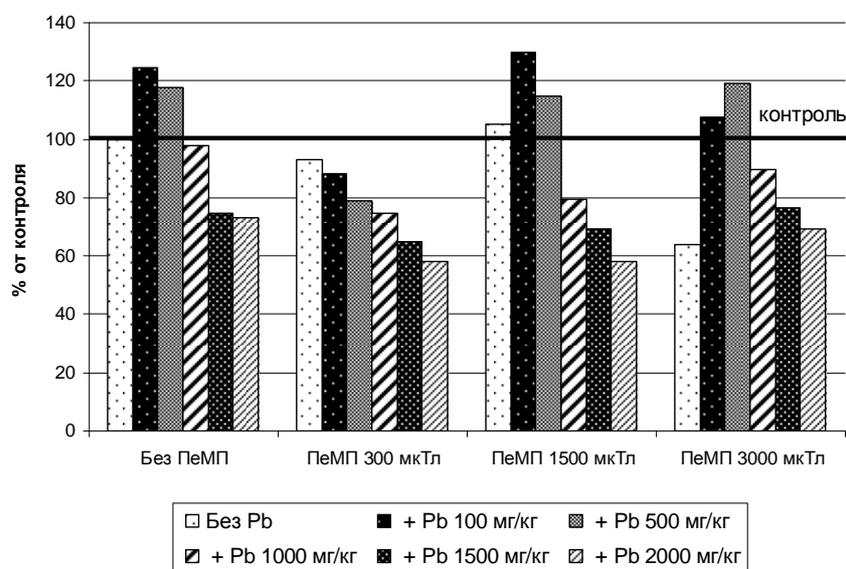


Рис. 4. Влияние сочетанного загрязнения на количество микробной биомассы почвы

Токсическое действие свинца вызывает изменения в физиологии бактериальной клетки, что приводит к изменению скоростей роста и отмирания бактерий, а значит, и количества почвенной биомассы в целом.

Переменное магнитное поле индукцией 300 и 1500 мкТл не оказывало на биомассу почвы достоверного влияния, однако с увеличением индукции до 3000 мкТл отмечалось снижение количества биомассы на 29–36 % ( $p < 0,05$ ).

Переменное магнитное поле индукцией 1500 мкТл при сочетанном загрязнении приводило к увеличению количества биомассы в почве по сравнению со случаем загрязнения отдельно свинцом. Более того, при малых дозах внесенного свинца отмечался стимулирующий эффект (17–31 %), не проявляющийся ранее ( $p < 0,05$ ). Однако дальнейшее увеличение индукции до 3000 мкТл приводило к снижению количества биомассы по сравнению с загрязнением отдельно свинцом.

Согласно двухфакторному дисперсионному анализу вклад взаимодействия загрязняющих факторов в изменение численности биомассы бурой лесной почвы составил 25 %, свинцового загрязнения – 50 %, переменного магнитного поля – 19 % ( $p < 0,05$ ).

Действие загрязнителей на почву при сочетанном загрязнении не является простой суммацией факторов. В почве происходит взаимодействие двух факторов, что влияет на итоговый показатель биологической активности. При этом результат взаимодействия зависит от дозы каждого из факторов. Основной вклад в изменение почвенных свойств вносили тяжелые металлы – 50–77 %. Взаимодействие действующих одновременно факторов составило 17–25 % для активности каталазы и микробной биомассы.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.A18.21.0187, 14.A18.21.1269, 16.740.11.0528, 14.740.11.1029), ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы" (14.515.11.0055) и в рамках реализации Программы развития Южного федерального университета.*

### Список литературы

1. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Почвы Юга России. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008. – 276 с.
2. Денисова Т. В., Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Изменение ферментативной активности и фитотоксических свойств почв Юга России под влиянием СВЧ-излучения // Агрoхимия. – 2011. – № 6. – С. 49-54.
3. Денисова Т. В., Колесников С. И. Влияние СВЧ-излучения на ферментативную активность и численность микроорганизмов почв Юга России // Почвоведение. – 2009. – № 4. – С. 479-483.
4. Колесников С. И. Биоэкологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков // Научная мысль Кавказа. – Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – № 4. – С. 31-39.
5. Колесников, С. И. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков, С. В. Пономарева // Доклады РАСХН. – 2010. – № 1. – С. 27-29.
6. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. – 204 с.

### Рецензенты:

Минкина Т. М., д.т.н., профессор кафедры почвоведения и оценки природных ресурсов ЮФУ, г. Ростов-на-Дону.

Казеев К. Ш., д.г.н., профессор кафедры экологии и природопользования ЮФУ, г. Ростов-на-Дону.