

Устойчивость чернозема обыкновенного к сочетанному загрязнению свинцом и электромагнитным полем

М.С. Мазанко, Т.В. Денисова, С.И. Колесников, Н.А. Вернигорова, Е.В. Чернокалова, К.А. Никитенко, А.А. Бубнова

Введение

Электромагнитные поля (ЭМП) – могут выступать как один из видов загрязнения окружающей среды – электромагнитное загрязнение. В 1995 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) внесла проблему электромагнитного загрязнения окружающей среды в перечень приоритетных для человечества [1-2].

Так же одним из приоритетным загрязнителей окружающей среды признан свинец. Основными источниками антропогенного поступления в почву тяжелых металлов являются металлургия, теплоэлектростанции и автотранспорт. С увеличением промышленного потенциала человечества, автотранспорта, количество сжигаемого топлива неуклонно растет, а с ним – и загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, в том числе и свинцом [3-7].

В связи с тем, что площади, подвергнутые антропогенному изменению и загрязнению, растут, всё чаще можно встретить почвы, загрязненные одновременно несколькими типами загрязнителей. Однако исследований, посвященных реакции почв на сочетанные загрязнения, крайне мало [8-9].

Между тем, загрязнение почв наносит существенный урон экономике страны [10].

Поэтому целью нашего исследования стало определить, как сочетанное загрязнение почвы свинцом и переменным магнитным полем (ПеМП) подействует на показатели ферментативной активности, фитотоксичности, состояние почвенной микрофлоры.

Объект и методика исследований

В качестве объекта исследования был использован чернозем обыкновенный южно-европейской фации среднemocный малогумусный на желто-бурых европейских суглинках. Гранулометрический состав тяжелосуглинистый, рН 7,8, содержание гумуса 4,2% [11]. Отбор почвы проводили на территории эталонного участка «Персиановская степь», расположенном на территории учхоза «Донское» Октябрьского района Ростовской области приблизительно в 4 км к востоку от пос. Персиановский. По растительности «Персиановская степь» относится к сухому варианту приазовских степей. Основная роль принадлежит дерновинным плотно-кустовым злакам, так же встречаются кустарники и кустарнички.

Этот тип почвы был выбран потому, что, хотя черноземы занимают менее 7% площади нашей страны, на этих территориях находится 50% пашни выращивается 2/3 сельскохозяйственной продукции [11].

Почву отбирали из горизонта 0-20 см, высушивали до воздушно-сухого состояния. После высушивания почву помещали в стеклянные сосуды и подвергали действию загрязнителей.

В воздушно-сухую почву вносили оксид свинца в количестве 100, 500, 1000, 1500 и 2000 мг/кг. Такое количество различных концентраций свинца было взято потому, что в теоретической модели сочетанного загрязнения его влияние на биологические объекты носит нелинейный характер. Тяжелые металлы вносили в почву в форме оксидов, поскольку 70-90% загрязнения почв происходит именно этой формой ТМ [12].

Далее почву увлажняли до 60% от общей влагоемкости и облучали ПемП индукцией 300, 1500 и 3000 мкТл в тех же установках.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Биологические параметры состояния почв определяли через 10 суток после загрязнения. Через указанный срок всю массу почвы извлекали из

вегетационного сосуда и перемешивали, тем самым получали «средний образец», из которого отбирали пробы на определение исследуемых показателей.

После истечения срока инкубации в почве определяли такие показатели, как активность каталазы и дегидрогеназы, почвенную биомассу, фитотоксичность. Лабораторно-аналитические исследования выполняли по общепринятым методикам [13]. Статистическая обработка данных была произведена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 для ПК. Рассчитывали основные показатели вариационной статистики: среднее \pm среднего ($M \pm m$), стандартное отклонение (s), коэффициент вариации (CV). Двухфакторный дисперсионный анализ использовали для оценки вклада каждого из факторов и их взаимодействия в наблюдаемый эффект воздействия.

Результаты и их обсуждение

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.

Свинцовое загрязнение снижало активность каталазы (Рис.1). Достоверное снижение было зафиксировано, начиная с 320 мг/кг, на 37-40% ($p < 0,05$). Переменное магнитное поле не оказывало на каталазу достоверного влияния.

При сочетанном загрязнении переменное магнитное поле оказывало протекторные свойства на активность каталазы, так, например, если при концентрации свинца 640 мг/кг активность каталазы снижалась на 40%, то при индукции магнитного поля 3000 мкТл – только на 23% ($p < 0,05$). В целом показатели увеличивались на 11-17%.

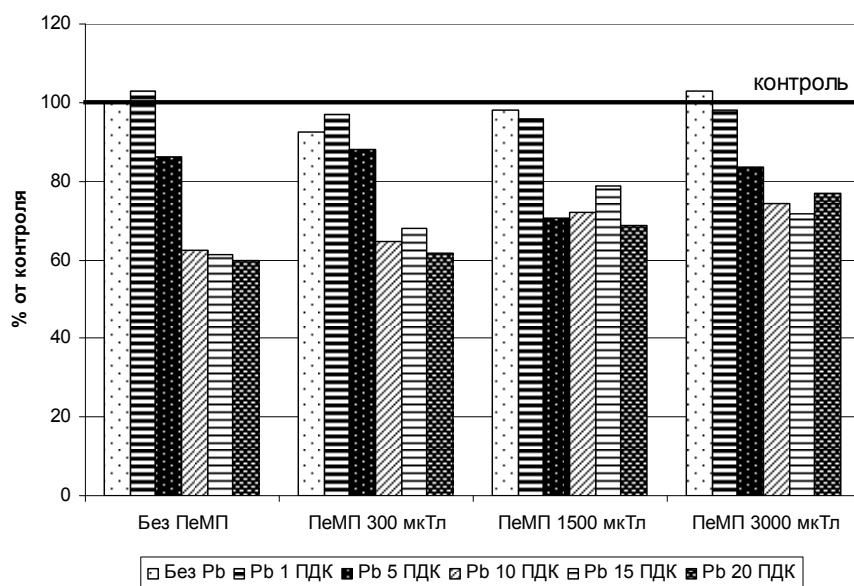


Рис 1. Влияние сочетанного загрязнения на активность каталазы, в % от контроля

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад взаимодействия свинцового и электромагнитного загрязнения составил для чернозема 22%, вклад действия свинца – 68% ($p < 0,05$).

Так же, как и активность каталазы, активность дегидрогеназы снижалась при внесении в почву оксида свинца (Рис.2). Снижение составило 12-29%, при этом при малых дозах, напротив, наблюдался рост активности на 17-27% ($p < 0,05$). Переменное магнитное поле не оказывало достоверного влияния на активность дегидрогеназы чернозема.

При сочетанном загрязнении переменное магнитное поле не оказывало протекторного действия на дегидрогеназу чернозема, к тому же, при индукции 300 и 1500 мкТл исчезал стимулирующий эффект малых доз свинца. Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад взаимодействия загрязнителей в изменение активности дегидрогеназы чернозема обыкновенного составил 15%, вклад свинцового загрязнения – 71%.

Дегидрогеназа более устойчива к загрязнению свинцом, чем каталаза. Так же она менее подвержена влиянию сочетанного действия факторов.

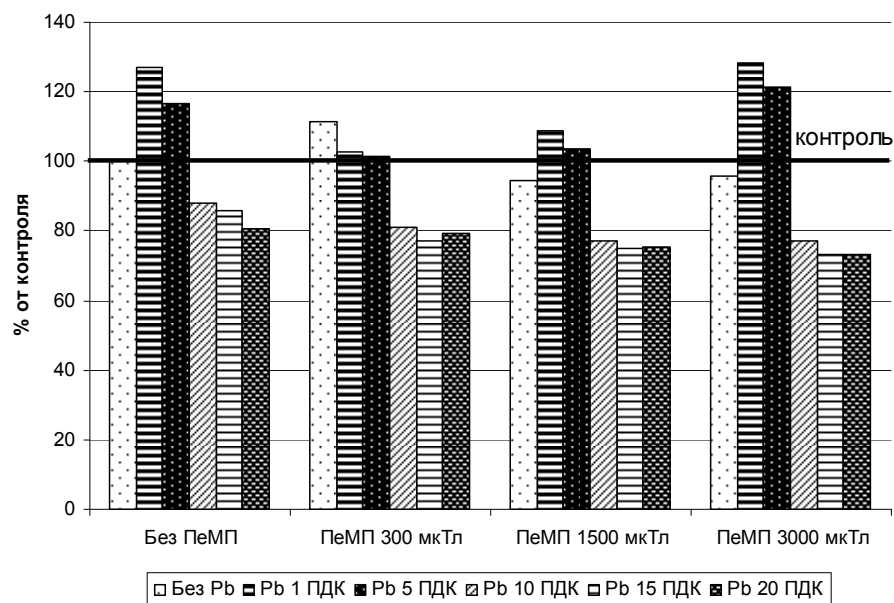


Рис 2. Влияние сочетанного загрязнения на активность дегидрогеназы, в % от контроля

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. Тяжелые металлы нарушают структуру почвы, почвенные процессы, связываются в устойчивые комплексы с различными веществами почвы, вызывая элементное голодание растения, например, фосфорное, приводят к развитию фитотоксической микрофлоры почвы.

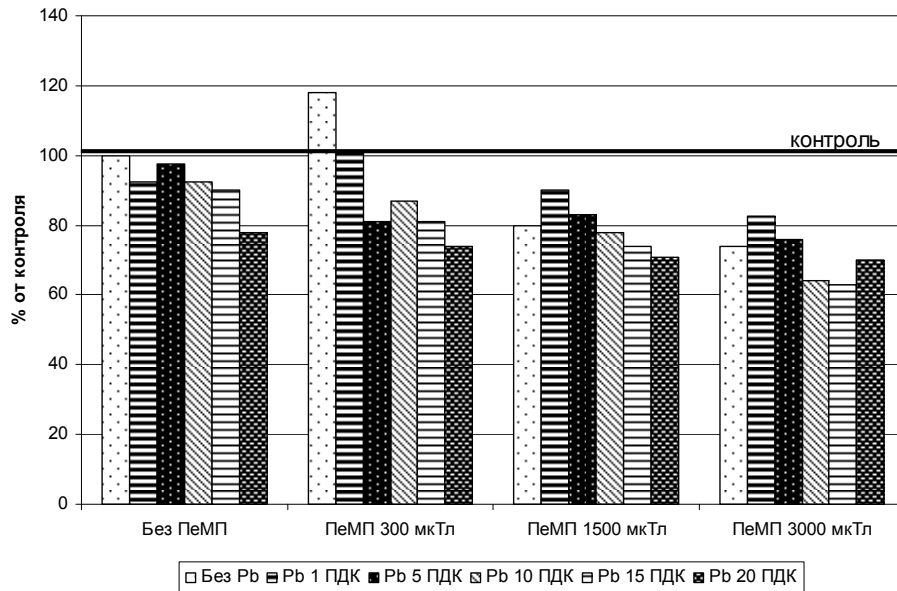
Внесение в почву свинца не вызывало достоверного снижения длины побегов и корней проростков редиса (Рис.3), за исключением концентрации в 640 мг/кг, когда происходило снижение длины побегов и корней на 22 и 23% соответственно ($p < 0,05$).

Переменное магнитное поле индукцией 300 мкТл приводило к увеличению длины побегов и корней редиса на 16-18%, при усилении индукции до 1500-3000 мкТл длина побегов и корней падала на 20-26% ($p < 0,05$).

Сочетанное загрязнение чернозема при индукции 300 мкТл не приводило к изменению картины, появившейся при свинцовом загрязнении. Снижение показателей на 18-27% оказалось заметно при высоких уровнях

индукции – 1500 и 3000 мкТл. Однако достоверного вклада взаимодействия загрязняющих факторов не обнаружено. Вклад свинцового загрязнения составил 52%, электромагнитного – 14%, взаимодействия факторов – 21% ($p < 0,05$).

(А)



(Б)

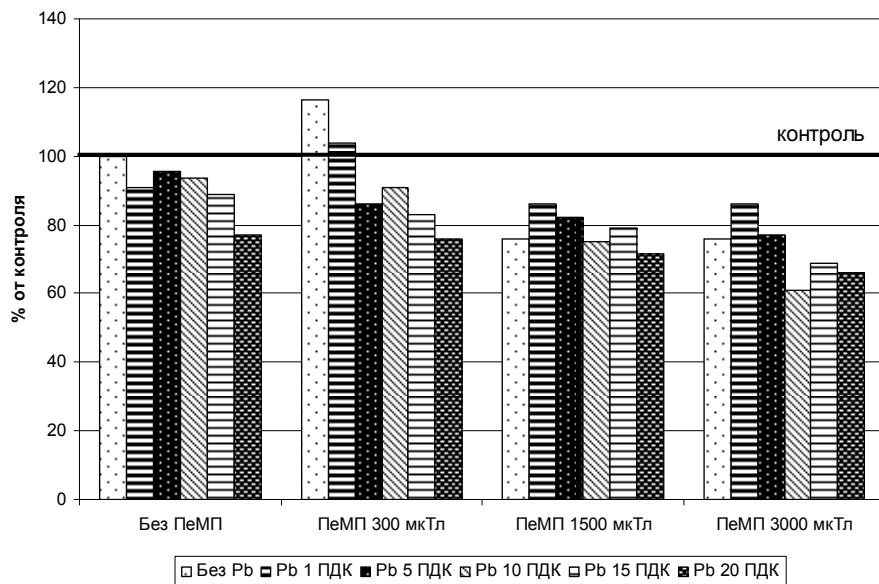


Рис.3. Влияние сочетанного загрязнения на длину проростков (А) и корней (Б) редиса, в % от контроля

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.

Внесение в чернозем свинца снижало количество почвенной биомассы на 17-38% ($p < 0,05$) (Рис. 4).

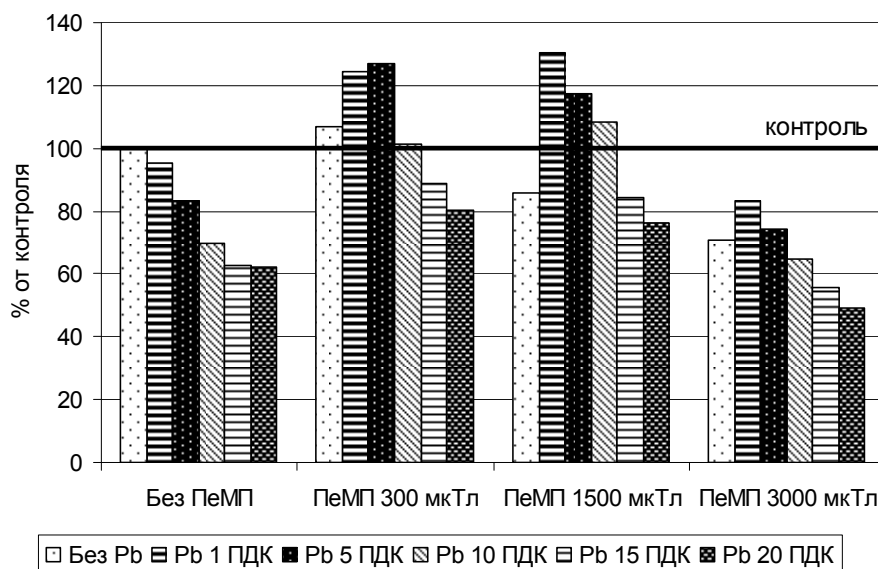


Рис.4. Влияние сочетанного загрязнения на почвенную биомассу, в % от контроля

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% ($p < 0,05$).

Переменное магнитное поле индукцией 300 и 1500 мкТл при сочетанном загрязнении приводило к увеличению количества биомассы в почве по сравнению с загрязнением отдельно свинцом на 18-26%. Более того, при малых дозах (32-160 мг/кг) внесенного свинца отмечался стимулирующий эффект (17-31%), не проявляющийся ранее. Однако дальнейшее увеличение индукции до 3000 мкТл приводило к снижению количества биомассы по сравнению с загрязнением отдельно свинцом. Следует отметить, что в тех же условиях активность почвенных ферментов несколько возрастает. Возможно, это связано с тем, что при отмирании

бактерий содержимое их клеток выходит в почву, в том числе и клеточные ферменты.

Выводы

1. Основной вклад в изменение биологических свойств почвы при сочетанном загрязнении свинцом и переменным магнитным полем вносит свинцовое загрязнение.

2. При сочетанном загрязнении переменное магнитное поле с высоким уровнем индукции (3000 мкТл) по сравнению с только свинцовым загрязнением снижает количество почвенной биомассы, однако увеличивает активность почвенных ферментов.

3. При более низком уровне индукции (300-1500 мкТл) при сочетанном загрязнении количество биомассы возрастает, активность ферментов практически не отличается от активности при загрязнении только свинцом.

4. Показатели фитотоксичности почвы при загрязнении свинцом и переменным магнитным полем индукцией 300 мкТл не отличаются от показателей загрязнения почвы только свинцом, однако при увеличении уровня индукции до 1500-3000 мкТл показатели фитотоксичности снижались по сравнению со свинцовым загрязнением на 18-27%.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.A18.21.0187, 14.740.11.1029, 14.A18.21.1269) и в рамках реализации Программы развития Южного федерального университета (213.01-24/2013-85; 213.01-24/2013-44).

Литература:

1. Григорьев О.А., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шенфильд Б.Е. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы [Текст] / Сборник трудов. «Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений». - М.: Изд-во РУДН, 2003. - С. 46-74.

2. Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Integrated evaluation of different electromagnetic impacts on biological properties of soils in Southern Russia [Текст] // Eurasian Soil Science. 2011. - Vol. 44, No. 11, - pp. 1269-1273.

3. Ярославцев М.В., Колесников С.И. Оценка устойчивости черноземов юга России к загрязнению тяжелыми металлами по биологическим показателям [Текст] // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2011. - № 4. - С. 83-86.

4. Kolesnikov S.I., Spivakova (Petrova) N.A., and Kazeev K.Sh. The Effect of Model Soil Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in the Dry Steppe and Semidesert Regions of Southern Russia [Текст] // Eurasian Soil Science, 2011, - Vol. 44, No. 9, - pp. 1001-1007.

5. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznetsova Yu.S., and Kazeev K.Sh. Modeling the Effect of Chemical Pollution on Biological Properties of Hydromorphic Solonchaks in the Dry Steppe Zone of Southern Russia // Arid Ecosystems. 2011. - Vol. 1. No. 2. - PP. 83-86.

6. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова (Петрова) Н.А., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства горных черноземов юга России [Текст] // Юг России: Экология, развитие. 2012. - № 2. - С. 103-109.

7. Капралова О.А. Влияние урбанизации на эколого-биологические свойства почв г.Ростова-на-Дону [Электронный ресурс] // Инженерный Вестник Дона. - 2011. №4. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/594> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8. Мазанко М.С., Колесников С.И., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Даденко Е.В., Кузнецова Ю.С., Кузина А.А. Изменение численности микроорганизмов серопесков под влиянием сочетанного загрязнения свинцом и переменным магнитным полем [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского

государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2012. № 08(82). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/74.pdf> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

9. Мазанко М.С., Денисова Т.В., Тащиев С.С., Колесников С.И. Влияние сочетанного воздействия СВЧ-излучения, загрязнения свинцом и нефтью на биологические свойства чернозема обыкновенного [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2012. - № 07(81). - 1471. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/18.pdf>. (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10. Последствия загрязнения окружающей среды и их влияние на экономические показатели (методы сохранения и улучшения состояния окружающей среды) [Электронный ресурс] // Инженерный Вестник Дона. - 2011. № 1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/326> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

11. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. [Текст] - Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», - 2008. - 276 с.

12. Горбатов В.С. Трансформация соединений цинка, свинца и кадмия в почвах. Дис. ... канд. биол. наук. М., 1983. 161 с.

13. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. [Текст] - Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та, - 2003. - 204 с.