

УСТОЙЧИВОСТЬ АММОНИФИЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОЧВ ЮГА РОССИИ К СОЧЕТАННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ СВИНЦОМ И ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

©2013 М.С. Мазанко, Ю.В. Акименко, Т.В. Денисова, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Поступила 09.06.2013

В статье рассмотрена устойчивость почвенных аммонифицирующих бактерий к загрязнению почвы свинцом и электромагнитными полями, а так же рассмотрена чувствительность различных типов почв к сочетанному загрязнению.

Ключевые слова: почва, сочетанное загрязнение, свинец, переменное магнитное поле, чернозем, бурые лесные почвы, серопески, аммонифицирующие бактерии.

Среди химических загрязнителей окружающей среды загрязнение тяжелыми металлами признано одним из приоритетных в мире [11-14]. Электромагнитное загрязнение также способно влиять на объекты живой природы и, тем самым, является серьезным загрязнителем. В мире существует несколько миллионов источников электромагнитных полей, и их количество неуклонно ежегодно возрастает [1, 6].

В настоящее время все более актуальной становится проблема изучения сочетанного воздействия приоритетных загрязнителей окружающей среды. Работ, посвященных сочетанному воздействию загрязнителей различной природы, очень мало, работы о воздействии сочетанного загрязнения на почву практически отсутствуют. Не было установлено однозначных последствий сочетанного загрязнения – в зависимости от фактора и дозы наблюдалось как синергетическое, так и антагонистическое действие факторов [2, 8, 11, 18, 19].

Почвенная микрофлора наиболее быстро и чутко реагирует на изменение условий при загрязнении. Поэтому изменения в почвенной микрофлоре можно использовать для ранней диагностики антропогенного влияния [7, 16].

Целью настоящего исследования было определить степень устойчивости аммонифицирующих бактерий различных почв Юга России к сочетанному загрязнению свинцом и переменным магнитным полем.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования были выбраны основные типы почв Юга России: чернозем обыкновенный, бурая лесная почва, серопески.

Эти почвы значительно отличаются между собой по содержанию гумуса, реакции среды (рН), содержанию карбонатов, гранулометрическому

составу, поглонительной способности, биологической активности и другим свойствам, определяющим устойчивость почвы к антропогенному воздействию [3]. Характеристики почв и места отбора представлены в таблице.

В воздушно-сухую почву вносили оксид свинца в количестве 32, 160, 320, 480, 640 мг/кг (что соответствует 1, 5, 10, 15 и 20 ПДК согласно ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» [4]).

Далее почву увлажняли до 60% от общей влагоемкости и воздействовали ПеМП индукцией 300, 1500 и 3000 мкТл в специальных установках, представляющих собой соленоиды.

Загрязнение производили так, чтобы в опыте присутствовали все варианты загрязнения свинцом, переменным магнитным полем и их сочетания. Контролем служил незагрязненный образец.

Образцы 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.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием методов, общепринятых в биологии, почвоведении и экологии [9].

Численность нефтеокисляющих бактерий определяли методом поверхностного посева на плотную питательную среду с нефтью в качестве единственного источника углерода.

Статистическая обработка данных была произведена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 для ПК.

Двухфакторный дисперсионный анализ использовался для оценки вклада каждого из факторов и их взаимодействия в наблюдаемый эффект воздействия.

Мазанко Мария Сергеевна, аспирант, инженер, e-mail: Mary.bio@list.ru; Колесников Сергей Ильич, д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru; Денисова Татьяна Викторовна, д.б.н., профессор, преподаватель, e-mail: denisova777@inbox.com; Акименко Юлия Викторовна, лаборант, e-mail: akimenkojuliya@mail.ru

Таблица. Характеристика мест отбора исследованных почв

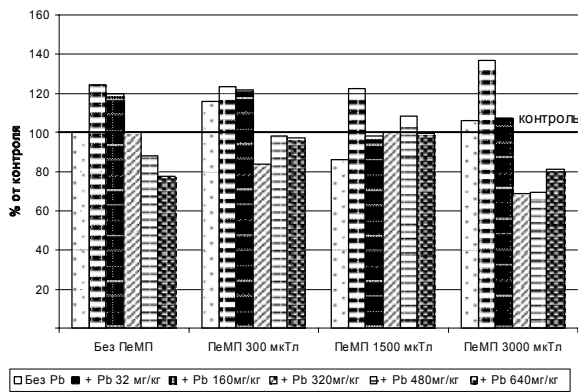
Название почвы	Место отбора	Угодье	pH	Гранулометрический состав	Содержание гумуса, %
Чернозем обыкновенный	г. Ростов-на-Дону, Ботанический сад ЮФУ	пашня	7,7	тяжелосуглинистый	4,9
Буряя лесная почва	Республика Адыгея, п. Никель	грабово-буковый лес	5,4	тяжелосуглинистый	4,4
Серопески	Ростовская область, Каменский р-он	разнотравно-злаковая степь на песках	7,4	легкий	1,3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

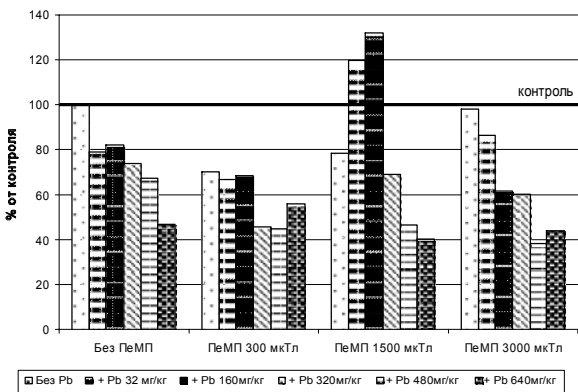
Аммонифицирующие бактерии чернозема обыкновенного при малых концентрациях свинца (32-160 мг/кг) увеличивали свою численность на 20-24% (p<0,05) (рис. 1). При дальнейшем увеличении концентрации свинца стимулирующий эффект исчезал, численность снижалась на 22% (p<0,05).

Более ярко это проявлялось на серопесках, где стимулирующий эффект достигал 40% (p<0,01), а численность снижалась на 28-34% (p<0,05). На бурых лесных почвах стимулирующего эффекта показано не было, численность снижалась на 24-30% (p<0,05). Переменное магнитное поле вызывало снижение численности аммонифицирующих бактерий чернозема на 24% (p<0,05) при индукции 1500 мкТл, стимулировало некоторое увеличение численности на 14-16% бактерий серопесков, снижало численность бактерий бурой лесной почвы на 22-30% (p<0,05) при индукции 300 и 1500 мкТл.

(А)



(Б)



(В)

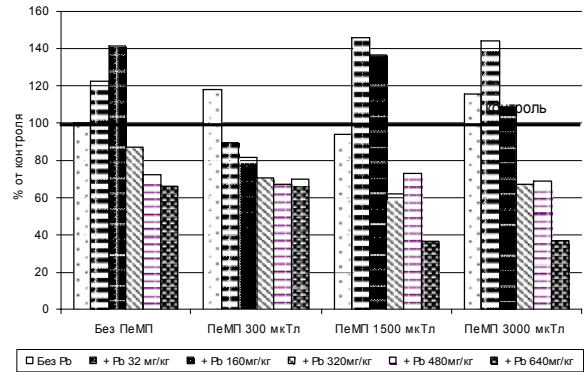


Рис. 1. Влияние сочетанного загрязнения на аммонифицирующие бактерии чернозема (А), бурой лесной почвы (Б) и серопесков (В)

При взаимодействии их с тяжелыми металлами могут нарушаться структура мембран, возникать микропоры, изменяться транспорт ионов. Тяжелые металлы способны напрямую воздействовать на её генетический аппарат, вызывая разнообразные мутации. Связывание тяжелых металлов с РНК пагубно влияет на все этапы синтеза белка в клетке. В цитоплазме клетки тяжелые металлы легко связываются с сульфгидрильными группами белков, приводя к нарушению всех биохимических процессов клетки. Однако часто при низких дозах металлов в почве количество почвенных микроорганизмов увеличивается.

Это связано с тем, что тяжелые металлы могут служить коферментами для некоторых ферментов, а так же с гибелью чувствительных к тяжелым металлам микроорганизмов, и последующим использованием их ресурсов нечувствительными бактериями [5, 15, 17].

Переменное магнитное поле при сочетанном загрязнении чернозема обыкновенного снижало токсическое действие свинца при индукции 300 и 1500 мкТл (не было отмечено достоверных изменений численности бактерий).

Однако при 3000 мкТл численность аммонифицирующих бактерий снижалась на 19-31% (p<0,05). При сочетанном загрязнении серопесков магнитное поле индукцией 300 мкТл нивелировало стимулирующее действие малых доз свинца.

При индукции 1500 и 3000 мкТл стимулирующий эффект вновь обнаруживался, однако при высоких дозах было отмечено усиление падения численности бактерий. Так, если при загрязнении

свинцом в концентрации 640 мг/кг численность бактерий снизилась на 34% ($p < 0,05$), то при сочетанном действии ПеМП индукцией 3000 мкТл – на 63% ($p < 0,01$). На бурых лесных почвах при индукции ПеМП 300 и 3000 мкТл было зафиксировано несколько большее снижение численности аммонифицирующих бактерий, чем при загрязнении отдельно свинцом, однако при 1500 мкТл был отмечен стимулирующий эффект малыми дозами свинца, не установленный для загрязнения отдельно свинцом.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад взаимодействия свинца и переменного магнитного поля в изменение числа аммонифицирующих бактерий чернозема обыкновенного составил 17%, серопесков – 27% ($p < 0,05$), бурой лесной почвы – 24% ($p < 0,05$), свинца – 45%, 38%, 40% соответственно, переменного магнитного поля – 28%, 23%, 25% соответственно.

Численность спорообразующих бактерий снижалась при внесении в почву свинца (рис. 2). Снижение численности спорообразующих бактерий чернозема отмечалось при дозах 320-640 мг/кг и составило 19-46% ($p < 0,05$). Число спорообразующих бактерий бурых лесных почв снижалось уже при концентрации свинца 160 мг/кг, снижение составило, в зависимости от концентрации, 26-46% ($p < 0,01$). На серопесках был установлен рост численности на 27-45% ($p < 0,05$) при дозах 32-160 мг/кг и дальнейшее снижение на 27-37% ($p < 0,05$) при увеличении концентрации.

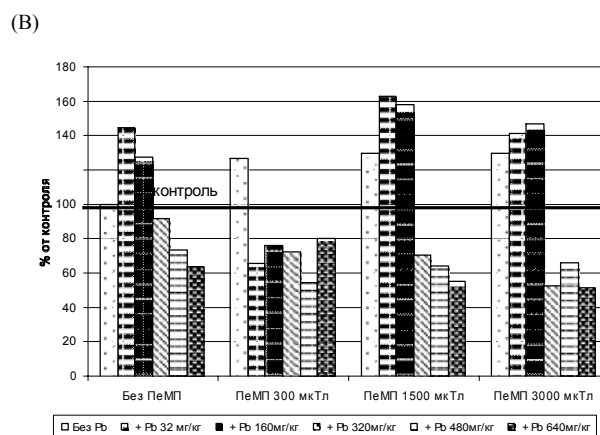
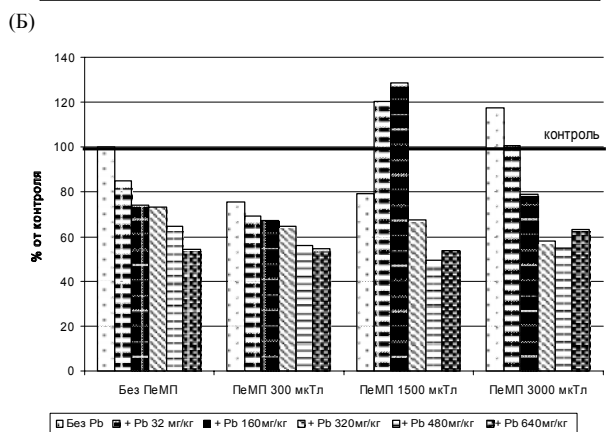
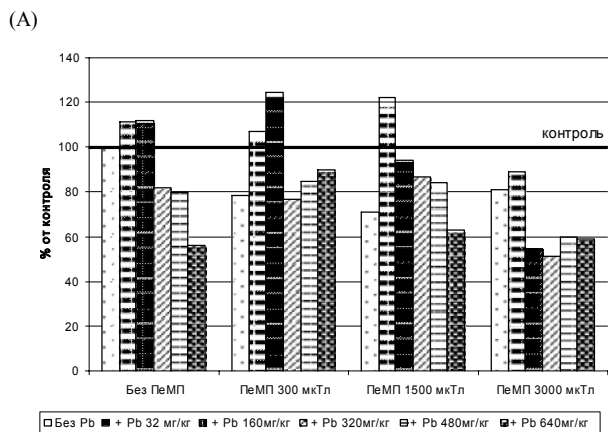


Рис. 2. Влияние сочетанного загрязнения на спорообразующие бактерии чернозема (А), бурой лесной почвы (Б) и серопесков (В)

Переменное магнитное поле снижало численность спорообразующих бактерий чернозема на 19-29% ($p < 0,05$), бурой лесной почвы – на 21-25% ($p < 0,05$), численность спорообразующих бактерий серопесков увеличивалась на 26-30% ($p < 0,05$).

Переменное магнитное поле индукцией 300 и 1500 мкТл не оказывало влияния при сочетанном загрязнении чернозема, однако при 3000 мкТл усиливало токсический эффект свинца.

При сочетанном загрязнении серопесков ПеМП индукцией 300 мкТл подавляло стимулирующий эффект малых доз свинца, однако при 1500 и 3000 мкТл усиливало его. Так же эффект малых доз не проявлялся при сочетанном загрязнении бурой лесной почвы ПеМП индукцией 300, как и в случае отдельного загрязнения свинцом, однако обнаруживался при индукции 1500 и 3000 мкТл – на 17-29% ($p < 0,05$).

Вклад сочетанного действия факторов в изменение численности спорообразующих бактерий чернозема обыкновенного составил 23%, серопесков – 15%, бурой лесной почвы – 12% ($p < 0,05$), свинца – 42%, 51%, 56%, переменного магнитного поля – 26%, 21%, 24% соответственно.

Внесение в почву свинца не оказывало достоверного воздействия на численность грамотрицательных бактерий чернозема, за исключением концентрации 640 мг/кг, которая снижала количество бактерий на 29% ($p < 0,05$) (рис. 3). Численность грамотрицательных бактерий бурой лесной почвы снижалась на 30-46% ($p < 0,05$). Внесение свинца в серопески, начиная с 320 мг/кг, снижало численность бактерий на 31-45% ($p < 0,05$).

Переменное магнитное поле снижало число грамотрицательных бактерий чернозема обыкновенного на 25-32%, бурой лесной почвы на 17-37%, серопесков на 16-34% ($p < 0,05$).

Переменное магнитное поле индукцией 1500 мкТл при сочетанном загрязнении ингибировало токсическое действие свинца, число бактерий в почве достоверно не отличалось от контроля. При сочетанном загрязнении бурой лесной почвы с

ПеМП индукцией 300 и 3000 мкТл наблюдалось некоторое усиление токсического действия свинца, при этом при индукции 1500 мкТл отмечался стимулирующий эффект 32 и 160 мг/кг свинца, рост числа бактерий составил 21-22% ($p < 0,05$).

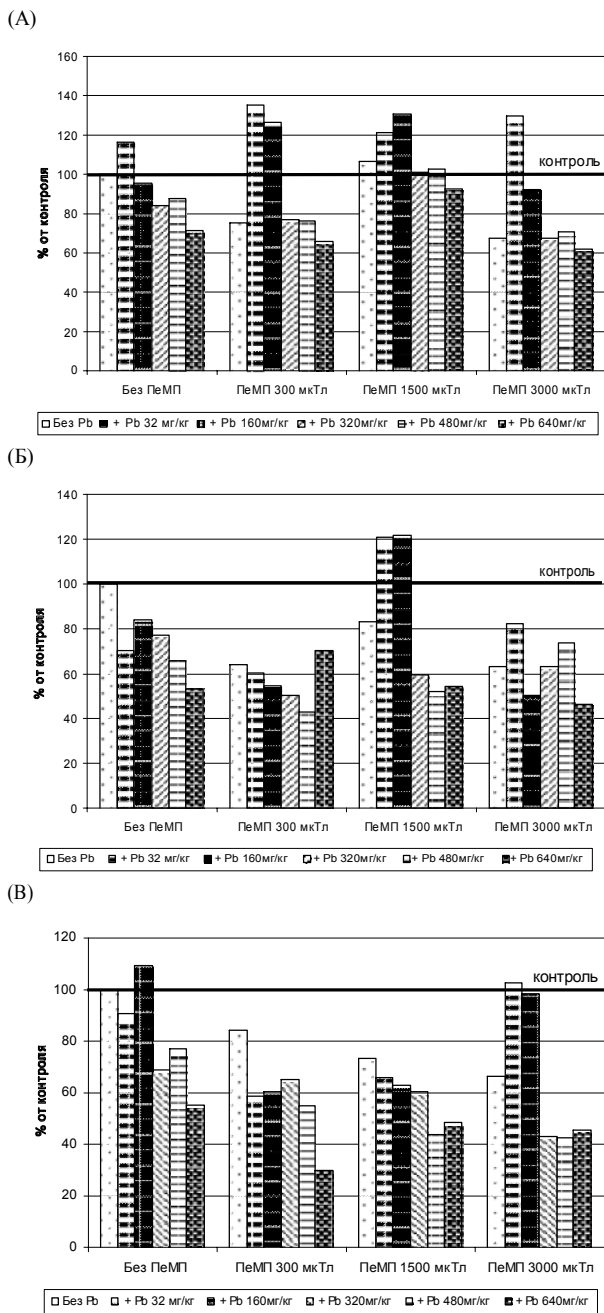


Рис. 3. Влияние сочетанного загрязнения на грамотрицательные бактерии чернозема (А), бурой лесной почвы (Б) и серопесков (В)

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад взаимодействия факторов в изменение численности грамотрицательных бактерий чернозема обыкновенного составил 14%, серопесков – 31%, бурой лесной почвы – 19%, свинца – 40, 35, 44%, переменного магнитного поля – 31, 24, 28% соответственно ($p < 0,05$). Внесение свинца в невысоких концентрациях стимулировало рост аммонифицирующих бактерий, однако увеличение кон-

центрации вызывало снижение численности. Переменное магнитное поле при определенных уровнях индукции способно оказывать протекторное действие на аммонифицирующие бактерии, в других случаях – усиливает ингибирующий эффект химического загрязнителя. Наиболее чувствительны к сочетанному загрязнению серопески, наименее чувствительны – бурые лесные почвы.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.A18.21.0187, 14.A18.21.1269, 14.740.11.1029) и в рамках реализации Программы развития Южного федерального университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов В.В., Давыдов Б.И., Тихончук В.С. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений. М.: Энергоатомиздат, 2002. 177 с.
2. Артамонова (Карагайчева) Ю. В. Сочетанное действие электромагнитного излучения 65 ГГц и ацетата свинца на лабораторных животных: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов. 2012. 24 с.
3. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга во СКНЦ ВШ, 2002. 168 с.
4. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
5. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1989. 248 с.
6. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Устойчивость ферментативной активности и численности микрофлоры разных почв Юга России к воздействию переменного магнитного поля промышленной частоты // Радиационная биология. Радиоэкология. 2008. Т. 48. № 4. С. 481-486.
7. Добровольский Г.В., Розанов Б.Г., Гришина Л.А., Орлов Д.С. Проблемы мониторинга и охраны почвы // VII делегат. съезд ВОП: Тез. докл. Кн. 6. Ташкент, 1985. С. 255-265.
8. Жвирблис В.Е. Большие эффекты малых доз // Экология и жизнь. 1999. № 2. С. 48-52.
9. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 204 с.
10. Карагайчева Ю.В., Рогачева С.М., Баулин С.И. Биохимические исследования крови животных, подвергнутых комбинированному воздействию ацетата свинца и ЭМИ 65 ГГц // Известия Самарского НЦ РАН. 2010. Т. 12. № 1 (8). С. 1973-1975.
11. Колесников С.И., Еврешинова А.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Cr, Co, Ni) // Почвоведение. 2009. № 8. С. 1007-1013.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1509-1514.
13. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема // Почвоведение. 2006. № 5. С. 616-620.
14. Осина Д.Е. Пространственное распределение подвижных форм тяжелых металлов в почвах города Калуги // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». № 4. 2012. С. 128-134.

15. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т. Изучение эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов в зоне влияния горнорудного производства // *Фундаментальные исследования*. 2011. № 11. С. 410-414.
16. Таипова О.А., Семенова И.Н. Использование микробиологических показателей для оценки экологического состояния почв в зоне влияния Сибайского карьера (республика Башкортостан) // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2012/2/25.pdf>
17. Babula P., Adam V., Opatrilova R., Zehnalek J., Havel L., Kizek R. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review // *Environ. Chemistry Lett.* 2008. V. 6. N 4. P. 189-213.
18. Somasundaran L. Ajmal K. Larval development of hermit crab *Clibanarius longitarsus*: Synergistic effect of heavy metals // *Biologia*. 2010. V. 65. N 4. P. 714-719.
19. Wyszowska J., Boros E., Kucharski J. Effect of interactions between nickel and other heavy metals on the soil microbiological properties // *Plant Soil Environ.* 2007. V. 53. N 12. P. 544-552.

STABILITY OF SOIL AMMONIFIERS UNDER COMBINED LEAD AND ELECTROMAGNETIC FIELDS CONTAMINATION OF DIFFERENT TYPES OF SOIL

©2013 M.S. Mazanko, Y.V. Akimenko, T.V. Denisova, S.I. Kolesnikov

South Federal University, Rostov-na-Donu

The article considers the stability of soil ammonifiers under combined lead and electromagnetic fields contamination of soil, as well as examined the sensitivity of different soil types to the combined pollution.

Key words: soil, combined pollution, lead, electromagnetic fields, chernozem, brown forest soil, seropesky.

Maria Mazanko, postgraduate student, engineer, e-mail: Mary.bio @ list.ru; Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, professor, head of department, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru; Tatiana Denisova, Doctor of Biology, professor, lecturer, e-mail: denisova777@inbox.com; Yuliya Akimenko, assistant, e-mail: akimenkojuliya@mail.ru