

УДК 57.044; 631.46

UDC 57.044; 631.46

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА К  
СОЧЕТАННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ НЕФТЬЮ  
И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ<sup>1</sup>**

**BLACK SOIL RESISTANCE TO COMBINED  
OIL AND ELECTROMAGNETIC POLLUTION**

Мазанко Мария Сергеевна

Mazanko Maria Sergeevna

Колесников Сергей Ильич  
д.с.-х.н., профессор

Kolesnikov Sergey Ilich  
Dr.Sci.Agr., professor

Денисова Татьяна Викторовна  
д.б.н., профессор

Denisova Tatiana Viktorovna  
Dr.Sci.Biol., professor

Кузина Анна Андреевна

Kusina Anna Andreevna

Вернигорова Наталья Александровна

Vernigorova Natalia Aleksandrovna

Капралова Ольга Анатольевна  
к.б.н.

Kapralova Olga Anatolievna  
Cand.Biol.Sci.

Бабаян Карен Середжаевич

Babayan Karen Seredzaevich

Лаптинова Алена Сергеевна  
*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Laptnova Alena Sergeevna  
*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Загрязнение почвы нефтью приводит к значительному снижению значений её биологических свойств. Высокие уровни индукции переменного магнитного поля усиливали токсические эффекты нефти

This article shows how soil contamination with oil leads to a significant decrease in the values of its biological properties. High levels of induction of the alternating magnetic field intensified oil toxic effects.

Ключевые слова: ЧЕРНОЗЕМ, СОЧЕТАННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, НЕФТЬ, ПЕРЕМЕННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ, УСТОЙЧИВОСТЬ

Keywords: CHERNOZEM, COMBINED POLLUTION, OIL, ALTERATION ELECTROMAGNETIC FIELDS, BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS, STABILITY

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современном мире всё шире используются нефть и нефтепродукты, а потому вся чаще происходят случаи их утечки, и загрязнения воды и почвы. Серьезное влияние нефтепродуктов на активность почв отмечается во многих исследованиях [1-6].

Чаще всего химическое загрязнение почв происходит в промышленных районах, где почва дополнительно подвергается

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.А18.21.0187, 14.А18.21.1269, 14.740.11.1029). Исследование выполнено в рамках реализации Программы развития Южного федерального университета (213.01-24/2013-85; 213.01-24/2013-44).

электромагнитному воздействию. Однако работ, посвященных сочетанному загрязнению почвы, очень мало [7-8].

Поэтому целью нашей работы стало изучить влияние сочетанного загрязнения почвы нефтью и переменным магнитным полем (ПеМП).

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Объектом исследований стал чернозём обыкновенный, отобранный в Ботаническом саду г.Ростова-на-Дону, на пашне, рН 7,7, содержание гумуса – 4,9%. Почву для модельных экспериментов отбирали из верхнего слоя 0-20 см. Почву высушивали до воздушно-сухого состояния, помещали в стеклянные сосуды, увлажняли до 60% от общей влагоёмкости. В увлажненную почву вносили нефть в количестве 2, 5 и 10% от массы почвы. Затем образцы подвергали воздействию ПеМП индукцией 300, 1500 и 3000 мкТл промышленной частоты 50Гц в соленоидах. Контролем служил незагрязненный образец. Помимо сочетанного загрязнения, в опыте присутствовали варианты только химического загрязнения и только электромагнитного воздействия.

Почву инкубировали 10 суток. 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].

О ферментативной активности почвы судили по активности каталазы и дегидрогеназы, которую определяли по Галстяну (1978). По рекомендации А.Ш. Галстяна (1978) активность почвенных ферментов изучали при естественной рН почвы.

Для определения фитотоксичности почвы использовали изменение показателей интенсивности начального роста: длина корней, длина побегов. В качестве тест-объектов использовали редис (*Raphanussativus*).

Для определения биомассы почвенных микроорганизмов пользовались регидротационным методом определения почвенной биомассы.

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 ( $CV$ ). Для оценки достоверности влияния излучений на показатели биологической активности почвы использовали дисперсионный анализ. Двухфакторный дисперсионный анализ использовали для оценки вклада каждого из факторов и их взаимодействия в наблюдаемый эффект воздействия.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

**Влияние на активность каталазы.** Переменное магнитное поле не оказывало на активность почвенной каталазы достоверного воздействия, в сочетании с нефтяным загрязнением с массовой долей 2% отмечалось снижение показателя до 80% от контрольных значений ( $p < 0,05$ ) (Рис.1). При этом нефтяное загрязнение без дополнительного действия ПеМП не казалось достоверного ингибирующего действия.

При внесении в почву нефти массовой долей 5% наблюдалось снижение активности каталазы на 33% ( $p < 0,05$ ). Подобная картина наблюдалась и в случае сочетанного загрязнения, однако при ПеМП мощностью 300 мкТл достоверных отличий активности каталазы от контроля не отмечалось.

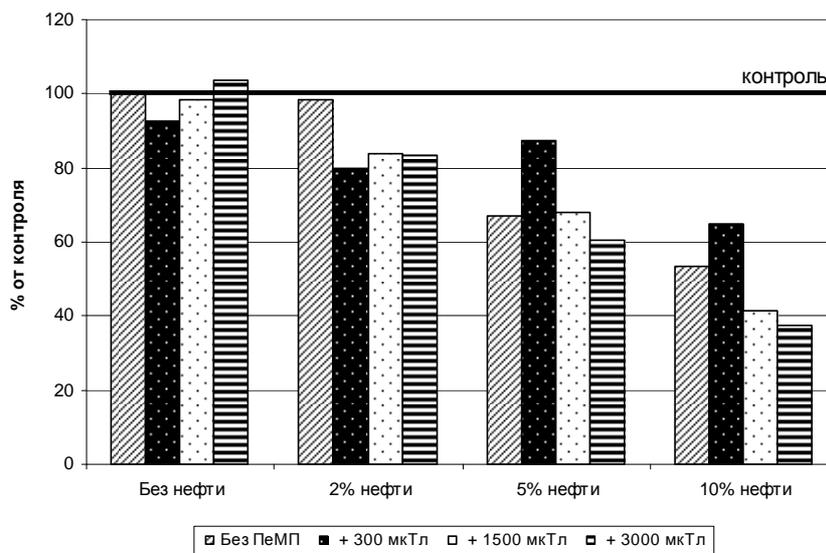


Рис 1. Влияние сочетанного загрязнения чернозема обыкновенного нефтью и переменным магнитным полем на активность каталазы, % от контроля.

Нефть в концентрации 10% от массы почвы вызывала серьезное снижение активности фермента как отдельно, так и в случае сочетанного загрязнения. При сочетании нефтяного загрязнения с ПеМП с уровнем индукции 3000 мкТл происходило ингибирование активности на 52% ( $p < 0,01$ ). Следует отметить, что и в этом случае активность каталазы присочетания нефтяного загрязнения с ПеМП с уровнем индукции 300 мкТл оказалась выше, снизившись всего на 35% ( $p < 0,05$ ).

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что основной вклад в изменение активности каталазы при сочетанном загрязнении внесло нефтяное загрязнение – 75% ( $p < 0,05$ ), достоверного влияния переменного магнитного поля установить не удалось, а влияние комплексного действия факторов составило 12%.

**Влияние на активность дегидрогеназы.** Как и на каталазу, переменное магнитное поле не оказало на дегидрогеназу достоверного влияния (Рис. 2). Внесение нефти в концентрации 2% так же не повлекло за собой достоверных изменений активности, за исключением сочетанного

загрязнения нефтью и ПеМП с уровнем индукции 300 мкТл. Активность фермента упала на 19% ( $p < 0,05$ ).

При нефтяном загрязнении концентрацией 5% от массы почвы достоверных изменений активности так же не наблюдалось, за исключением случая сочетанного загрязнения с ПеМП с уровнем индукции 3000 мкТл. Активность дегидрогеназы упала на 15% ( $p < 0,05$ ).

Загрязнение нефтью в концентрации 10% от массы почвы приводило к снижению активности фермента на 29% ( $p < 0,05$ ). Схожая картина наблюдалась и при сочетанном загрязнении.

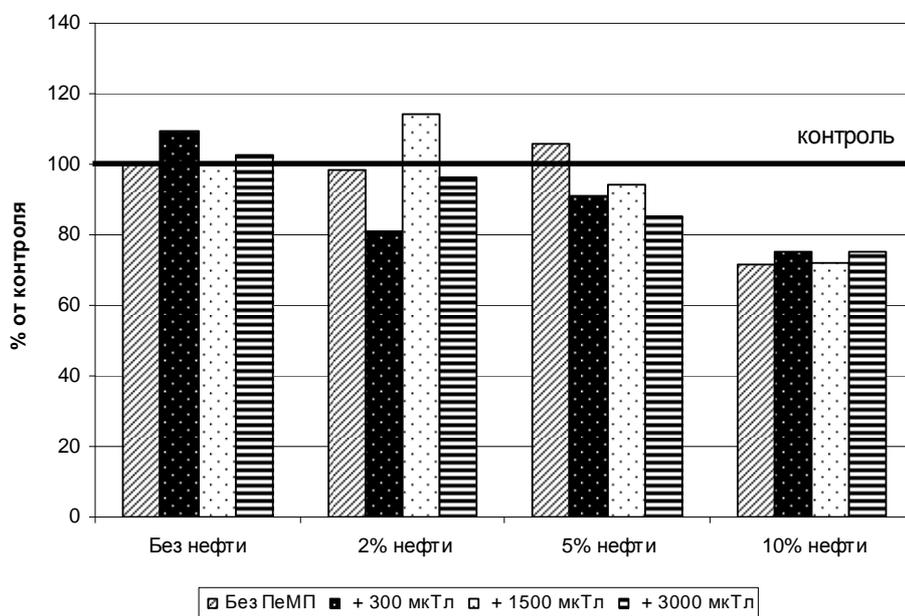


Рис 2. Влияние сочетанного загрязнения чернозема обыкновенного нефтью и переменным магнитным полем на активность дегидрогеназы, % от контроля.

При двухфакторном дисперсионном анализе было установлено, что вклад нефтяного загрязнения в снижение активности дегидрогеназы при сочетанном загрязнении составляет 84% ( $p < 0,05$ ). Достоверного влияния переменного магнитного поля обнаружено не было, как и комплексного воздействия.

Из изложенных данных можно сделать вывод, что каталаза более чувствительна к нефтяному загрязнению, чем дегидрогеназа. Переменное магнитное поле усиливает действие нефти на фермент в случае сочетанного загрязнения при высоких значениях ПемП, и снижает его при более низких значениях (300 мкТл).

**Влияние на численность аммонифицирующих бактерий.** Переменное магнитное поле не оказывало достоверного влияния на численность аммонифицирующих бактерий, за исключением магнитного поля с уровнем индукции 1500 мкТл (рис. 3). В этом случае численность бактерий снижалась на 23% относительно контроля ( $p < 0,05$ ).

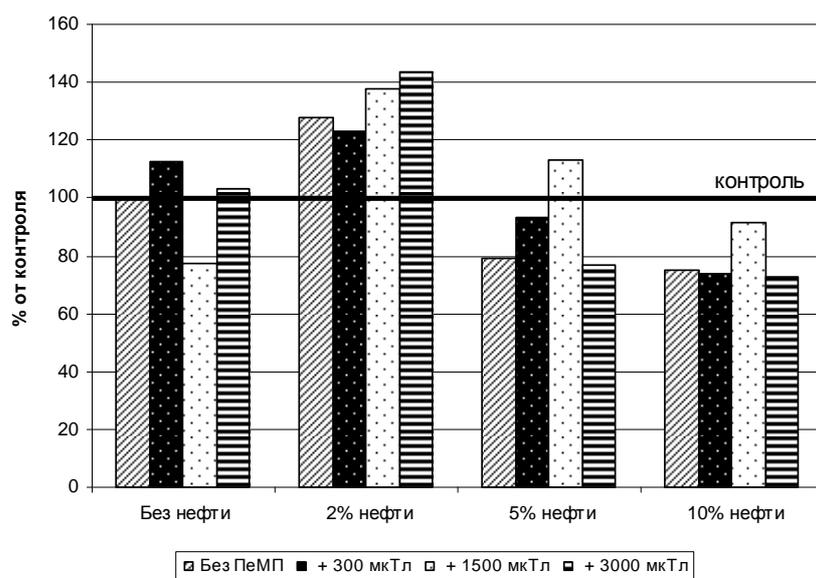


Рис 3. Влияние сочетанного загрязнения чернозема обыкновенного нефтью и переменным магнитным полем на численность аммонифицирующих бактерий, % от контроля.

Внесение в почву нефти в количестве 2% от общей массы почвы вызывало рост численности исследуемых бактерий, как под действием только нефти, так и во всех вариантах сочетанного загрязнения. Это связано с тем фактом, что нефть является питательным субстратом для многих видов бактерий, а также с тем, что за время эксперимента

бактерии, не устойчивые к нефти, успели отмереть, и устойчивые виды использовали их биомассу для своего роста. Максимальное увеличение численности было зафиксировано при сочетанном загрязнении нефтью и ПеМП с уровнем индукции 3000 мкТл и составило 44% ( $p < 0,01$ ).

Компоненты нефти в низких концентрациях способны оказывать стимулирующее воздействие на почвенную микрофлору. Многие почвенные микроорганизмы способны использовать нефть как энергетический субстрат. С другой стороны, как сама нефть, так и находящиеся в ней примеси, пагубно воздействует на почвенные микроорганизмы, а так же ухудшает структуру почв, снижает их аэрацию, а также может сама по себе являться токсикантом. Помимо этого, токсикантами могут являться посторонние вещества, растворённые в нефти, такие как тяжелые металлы.

При увеличении количества внесённой нефти до 5% от массы почвы наблюдалось снижение числа аммонифицирующих бактерий. Это связано с усилением токсического эффекта нефти. Численность бактерий снизилась на 21% ( $p < 0,05$ ). Так же падение численности было зафиксировано при дополнительном загрязнении ПеМП с уровнем индукции 3000 мкТл. При других уровнях ПеМП достоверного изменения численности не наблюдалось.

Нефть в количестве 10% от контроля приводила к подавлению роста аммонифицирующих бактерий. Их численность упала на 25% ( $p < 0,05$ ). При сочетанном загрязнении с ПеМП с уровнем индукции 300 и 3000 мкТл была зафиксирована сходная картина. При этом в случае с ПеМП индукцией 1500 мкТл достоверных отличий от контроля не наблюдалось.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что вклад нефти в изменение численности аммонифицирующих бактерий составляет 67% ( $p < 0,05$ ), достоверного вклада переменного магнитного поля не

отмечалось, а вклад комплексного действия двух факторов составил 23% ( $p < 0,05$ ).

**Влияние на фитотоксические свойства почвы.** Переменное магнитное поле негативно сказывалось на длине корней и побегов редиса (Рис. 4).

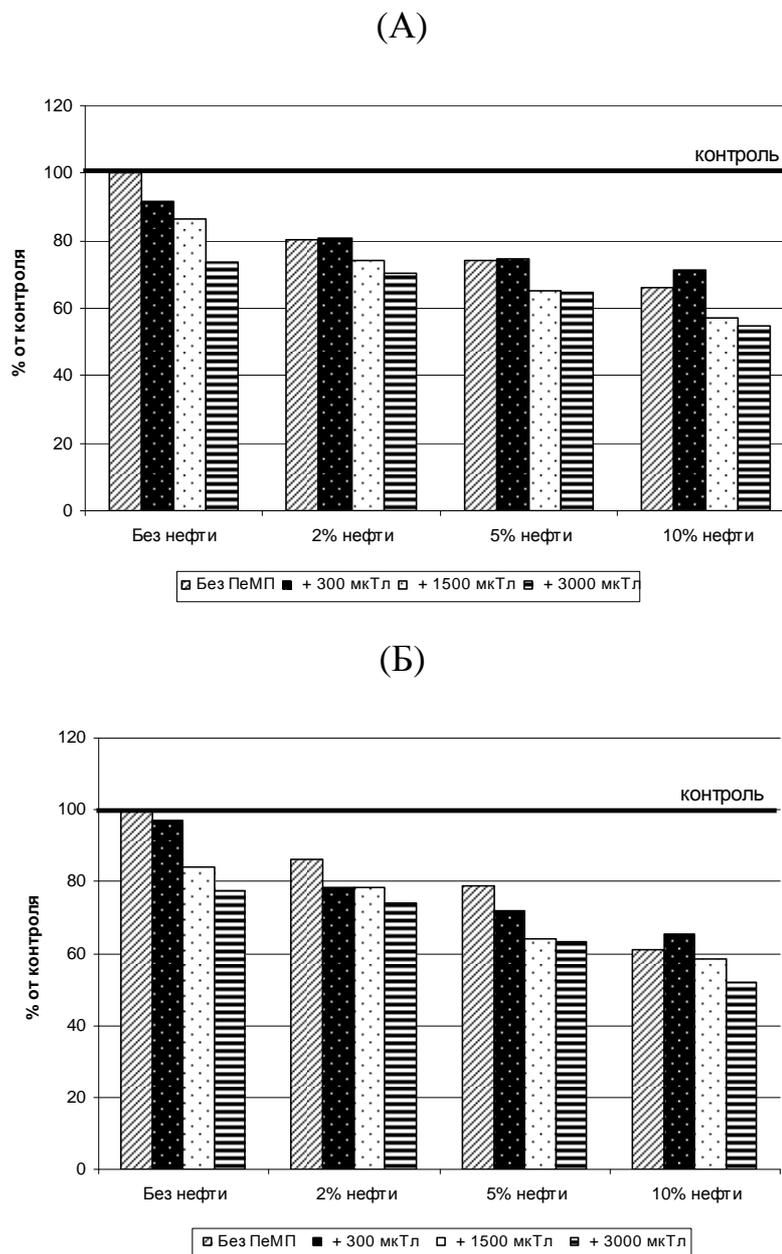


Рис 4. Влияние сочетанного загрязнения чернозема обыкновенного нефтью и переменным магнитным полем на длину побегов и корней редиса, % от контроля.

Если ПеМП индукцией 300 и 1500 мкТл не оказывало достоверного влияния, то при индукции 3000 мкТл длина побегов снижалась на 26%, а корней – на 23% ( $p < 0,05$ ).

Нефтяное загрязнение концентрацией 2% от общей массы почвы не вызывало достоверных отклонений от контроля длины корней и побегов тест-организмов, однако в сочетании с переменным магнитным полем наблюдалось снижение показателей, до 70 и 74% по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ) при уровне индукции ПеМП 3000 мкТл.

При нефтяном загрязнении концентрацией 5% от массы почвы снижение показателей происходило уже без дополнительного воздействия переменным магнитным полем, а магнитное поле только усиливало токсический эффект нефти: при индукции 3000 мкТл длина побегов и корней снизилась, соответственно, 35 и 37% ( $p < 0,05$ ).

При увеличении концентрации нефти до 10% от общей массы почвы общая картина не изменилась. Нефть вызывала снижение длины побегов и корней, эффект усиливался при сочетанном загрязнении – до 55 и 52% от контроля при индукции ПеМП 3000 мкТл.

Нефть способна как прямо, так и косвенно влиять на растения. В первом случае нефтепродукты поступают в сосуды и клетки растений, чем вызывают разнообразные токсические эффекты, нарушения метаболизма.

Согласно двухфакторному дисперсионному анализу, вклад нефтяного загрязнения составил 62%, магнитного поля – 21%, их сочетанного влияния – 11% ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, переменное магнитное поле усиливает токсические эффекты нефтяного загрязнения, однако в некоторых случаях способно снижать токсическое действие нефти на некоторые почвенные показатели.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Колесников С.И. Влияние загрязнения нефтью, мазутом, бензином и дизельным топливом на биологические свойства дерново-карбонатных почв Западного Кавказа // Новые технологии. 2012. № 2. С. 97-101.
2. Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Колесников С.И. Биодиагностика устойчивости серых лесных почв Адыгеи к загрязнению нефтью, мазутом, бензином и дизельным топливом // Новые технологии. 2012. № 2. С. 94-97.
3. Колесников С.И., Азнаурьян Д.К., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357-364.
4. Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment // Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43, No. 8, pp. 929 – 934.
5. Колесников С.И., Жаркова М.Г. Влияние загрязнения чернозема обыкновенного свинцом и нефтью на рост и развитие озимой пшеницы // Агрохимия. 2010. № 6. С. 69-72.
6. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Ротина Е.Н., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на биологические свойства чернозема выщелоченного слитого // Агрохимия. 2010. № 7. 2010. С. 62-67.
7. Мазанко М.С., Колесников С.И., Денисова Т.В. Влияние сочетанного загрязнения свинцом и переменным магнитным полем на численность почвенных микроорганизмов серопесков // Живые и биокосные системы. Электронное периодическое издание. 2012. № 4. <http://jbks.ru>
8. 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 // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2012. № 07(81). 1471. <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/18.pdf>.
9. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.

**References**

1. Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Vliyanie zagrjaznenija neft'ju, mazutom, benzinom i dizel'nym toplivom na biologicheskie svojstva dernovo-karbonatnyh pochv Zapadnogo Kavkaza // Novye tehnologii. 2012. № 2. S. 97-101.
2. Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika ustojchivosti seryh lesnyh pochv Adygei k zagrjazneniju neft'ju, mazutom, benzinom i dizel'nym toplivom // Novye tehnologii. 2012. № 2. S. 94-97.
3. Kolesnikov S.I., Aznaur'jan D.K., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ustojchivost' biologicheskikh svojstv pochv Juga Rossii k neftjanomu zagrjazneniju // Jekologija. 2010. № 5. S. 357-364.
4. Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment // Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43, No. 8, pp. 929 – 934.
5. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G. Vliyanie zagrjaznenija chernozema obyknovennogo svincom i neft'ju na rost i razvitie ozimoj pshenicicy // Agrohimiya. 2010. № 6. S. 69-72.

6. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Rotina E.N., Val'kov V.F. Vlijanie zagryaznenija tjazhelymi metallami i neft'ju na biologicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo slitogo // Agrohimiya. 2010. № 7. 2010. S. 62-67.
7. Mazanko M.C., Kolesnikov S.I., Denisova T.V. Vlijanie sochetannogo zagryaznenija svincom i peremennym magnitnym polem na chislennost' pochvennyh mikroorganizmov seropeskov // Zhivye i biokosnye sistemy. Jelektronnoe periodicheskoe izdanie. 2012. № 4. <http://jbks.ru>
8. Mazanko M.S., Denisova T.V., Tashhiev S.S., Kolesnikov S.I. Vlijanie sochetannogo vozdeystvija SVCh-izlucheniya, zagryaznenija svincom i neft'ju na biologicheskie svojstva chernozema obyknovennogo // Politematicheskij setevoj jelektronnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnalKubGAU). 2012. № 07(81). 1471. <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/18.pdf>.
9. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.