

УДК 631.445.25

ББК 43.4

Т 49

Тлехас Зара Рамазановна, кандидат биологических наук, заведующая кафедрой землеустройства факультета аграрных технологий Майкопского государственного технологического университета, e-mail: jemaldin@mail.ru;

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования Южного федерального университета, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ АДЫГЕИ

(рецензирована)

Загрязнение серой лесной почвы Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью приводит к ухудшению ее экологического состояния. По степени ингибирующего действия на биологические свойства серой лесной почвы тяжелые металлы образуют следующий ряд: Cr > Pb >= Cu >= Ni. Проведенное исследование позволило предложить региональные нормативы содержания Cr, Cu, Ni, Pb и нефти в серых лесных почвах.

Ключевые слова: серые лесные почвы, загрязнение, тяжелые металлы, биологические свойства почвы.

Tlekhas Zara Ramazanovna, head of the Department Land Management of the Faculty of Agricultural Technologies, Maikop State Technological University, e-mail: jemaldin@mail.ru;

Kolesnikov Sergei Ilyich, Doctor of Agricultural Sciences, professor, head of the Department of Ecology and Nature of the Faculty of Biological Sciences, Southern Federal University, e-mail: kolesnikov@sfedu.ru

EFFECT OF CHEMICAL POLLUTION ON BIOLOGICAL PROPERTIES OF GREY FOREST SOILS OF ADYGHEA

(reviewed)

Contamination of gray forest soils by Cr, Cu, Ni, Pb, oil leads to a deterioration of its ecological status. By the degree of the inhibitory effect on the biological properties of gray forest soil heavy metals form the following series: Cr > Pb >= Cu >= Ni. The study allowed to propose the regional standards of contents of Cr, Cu, Ni, Pb and oil in the gray forest soils.

Keywords: gray forest soils, pollution, heavy metals, biological properties of soil.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Адыгея обладает уникальными природными ресурсами: лесохозяйственными, сельскохозяйственными, рекреационными и т.д. В то же время, одной из усиливающихся экологических проблем в республике является химическое

загрязнение почв. Источниками загрязнения служат автотранспорт, промышленность, сельское хозяйство и др.

Существенную часть почвенного покрова Республики Адыгея занимают серые лесные почвы. При этом они, но по-прежнему остаются мало изученными, в том числе, в отношении их устойчивости к химическому загрязнению (Тлехас, Колесников 2007; Колесников и др., 2008, 2010а, 2010б).

В настоящей работе исследована устойчивость биологических свойств серых лесных почв Адыгеи к химическому загрязнению.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач был заложен ряд модельных опытов. В качестве объекта исследования была исследована серая лесная почва Республики Адыгея. Место отбора — окрестности с. Даховская.

Исследуемая почва характеризуется средним содержанием органического вещества в верхнем горизонте — 3,7 %, слабокислой реакцией среды — $pH = 6,6$, тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, средней биологической активностью (Вальков и др., 2008; Колесников и др., 2008).

Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-25 см, поскольку именно в верхнем слое почвы накапливается основное количество загрязняющих веществ.

В качестве загрязнителей были выбраны тяжелые металлы (ТМ) и нефть. Из ТМ исследовали Cr, Cu, Ni, Pb, так как именно ими в наибольшей степени загрязнены эти почвы (Дьяченко, 2004). Кроме того, выбранные ТМ интересны для сравнения, поскольку имеют схожую степень токсичности — их ПДК составляют 100 мг/кг почвы. Используются значения ПДК, разработанных в Германии (Касьяненко, 1992). Во-первых, потому, что ПДК в почве валовых форм меди и никеля в России отсутствуют. Во-вторых, «российская» ПДК свинца зачастую не может быть использована, так как меньше содержания этого элемента во многих почвах. Также не разработана ПДК в почве нефти, поэтому для выражения концентрации нефти в почве использовали ее процентное содержание.

Изучали действие разных концентраций загрязняющих веществ в почве: ТМ — 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно), нефть — 1, 5, 10 % от массы

почвы. ТМ вносили в почву в форме оксидов. Загрязнение почвы ТМ на 70-90% происходит в форме оксидов (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре и оптимальной влажности в трехкратной повторности.

Состояние почвы определяли через 30 суток после загрязнения. Этот срок проявил себя наиболее информативным при исследовании влияния химического загрязнения на биологические свойства почвы (Колесников и др., 1999).

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в биологии и экологии почв методов в модификации К.Ш. Казеева, С.И. Колесникова (Казеев и др., 2003). Использовали биологические показатели как наиболее чувствительные и информативные. Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели.

С целью выявления общих закономерностей воздействия загрязняющего вещества использовали интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС), который определяется на основе наиболее информативных показателей биологической активности почвы (Колесников и др., 2000). В настоящем исследовании интегральный показатель был рассчитан по следующим показателям: обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая активность, длина корней (фитотоксичность).

В исследовании были использованы дисперсионный анализ с последующим определением наименьшей существенной разности (НСР), корреляционный и регрессионный анализы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установлено, что загрязнение серой лесной почвы Cr, Cu, Ni, Pb и нефтью приводит к ухудшению ее состояния (рис. 1-6). Практически во всех случаях наблюдается достоверное снижение всех исследованных биологических показателей. Степень снижения зависит от природы загрязняющего вещества и его концентрации в почве.

Так как ПДК всех четырех исследованных ТМ одинаково (100 мг/кг), возможно корректное сравнение их ингибирующей способности по отношению к исследуемым биологическим показателям.

Наиболее значительное негативное воздействие оказывает хром. Далее по степени негативного воздействия располагаются свинец, медь, никель.

Таким образом, ряд ТМ по степени ингибирующего действия на биологические свойства серой лесной почвы выглядит следующим образом: Cr > Pb >= Cu >= Ni.

Аналогичная закономерность была получена ранее в исследованиях, проведенными по той же методике, с другими почвами юга России: черноземами, каштановыми, бурыми лесными, бурыми полупустынными, субальпийскими, дерново-карбонатными, песчаными и другими почвами (Тлехас, Колесников, 2007; Жаркова, Колесников, 2008; Колесников и др., 2010с, 2011; Ярославцев, Колесников, 2011).

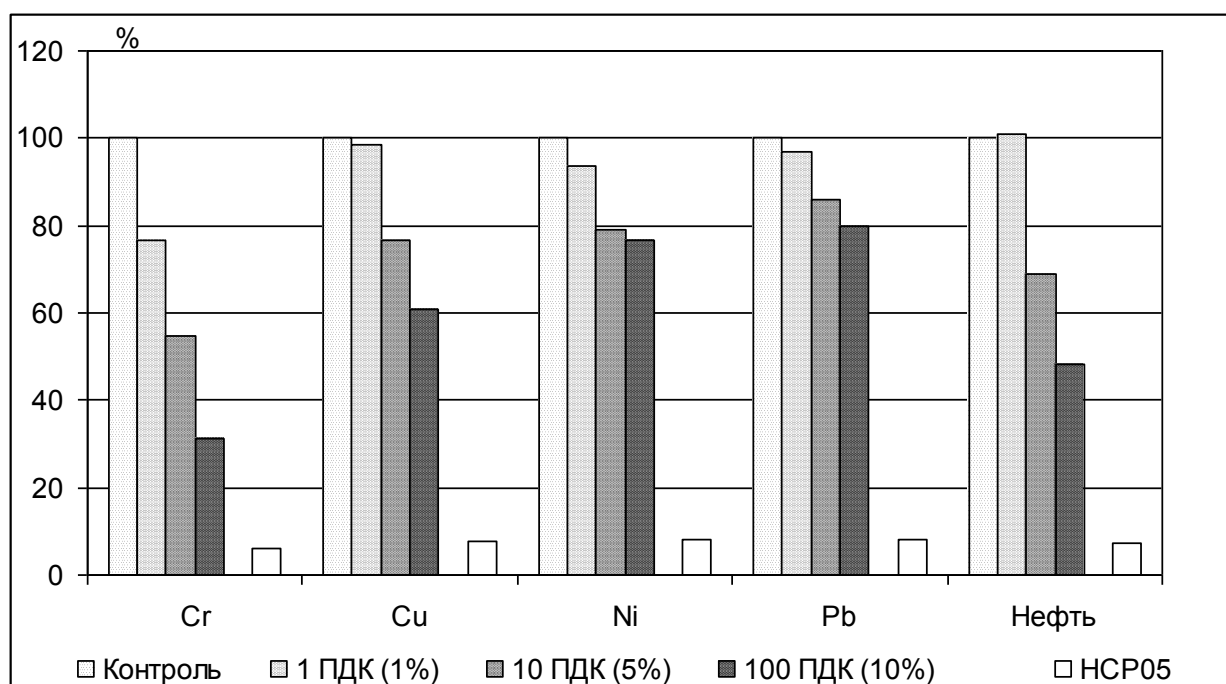


Рис. 1. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на активность каталазы, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

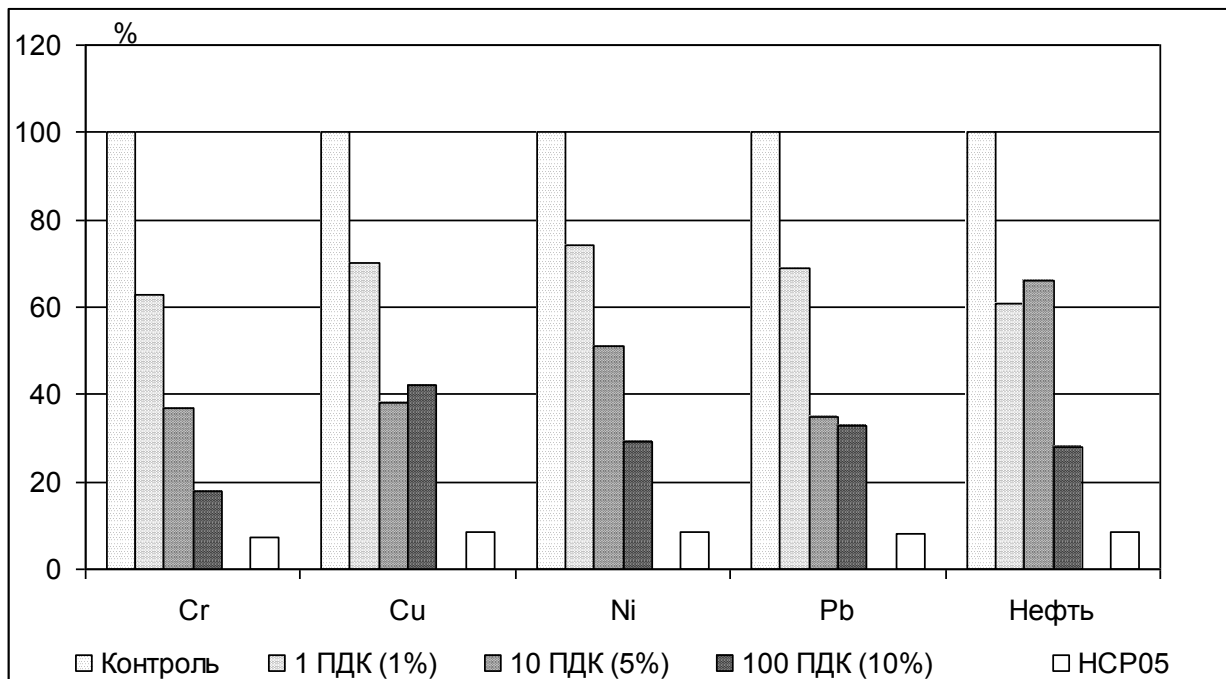


Рис. 2. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на активность дегидрогеназы, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

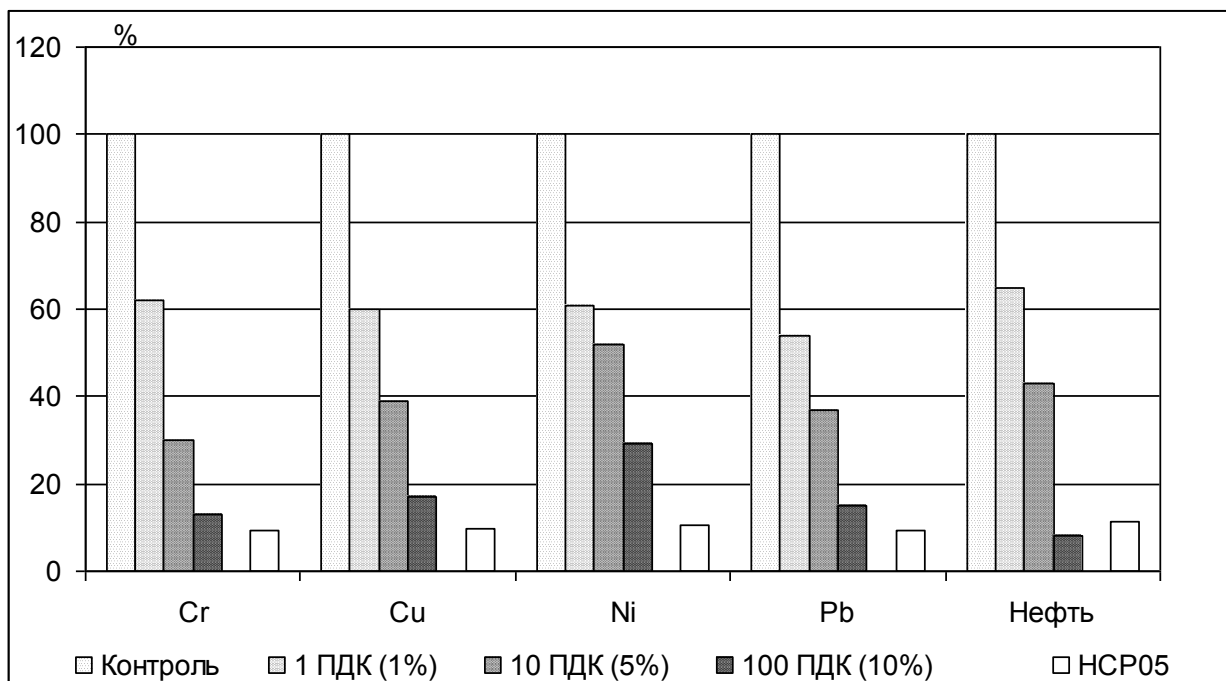


Рис. 3. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на целлюлозолитическую активность, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

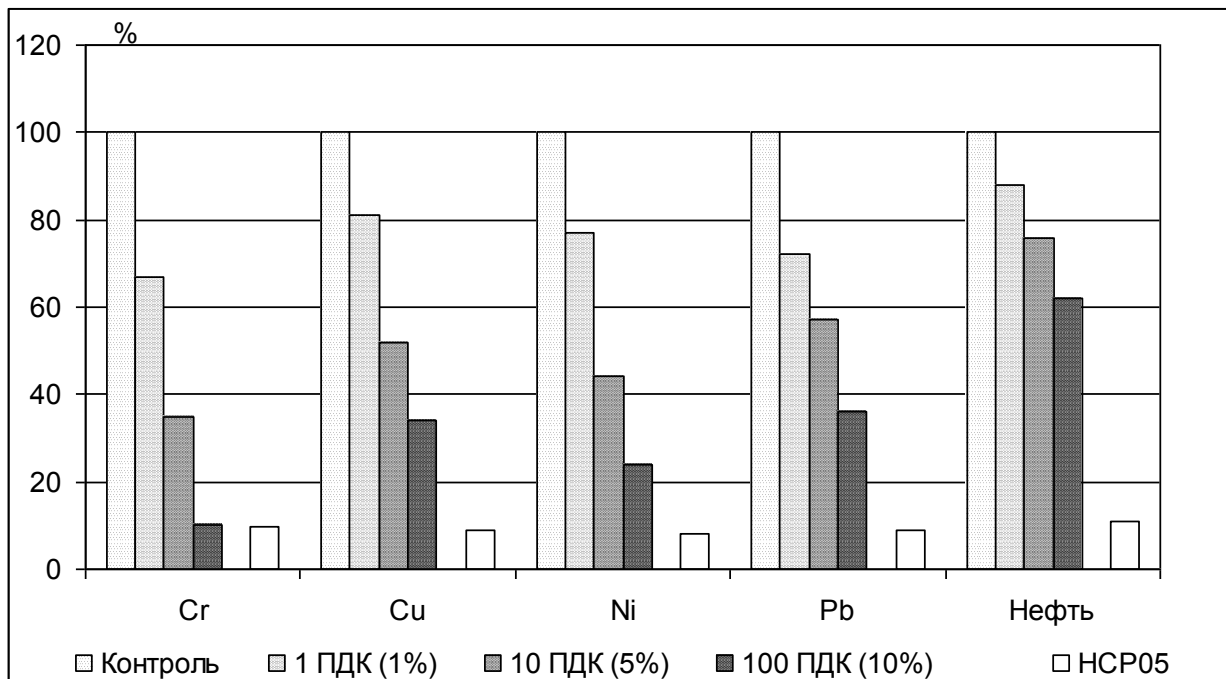


Рис. 4. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на обилие бактерий рода Azotobacter, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

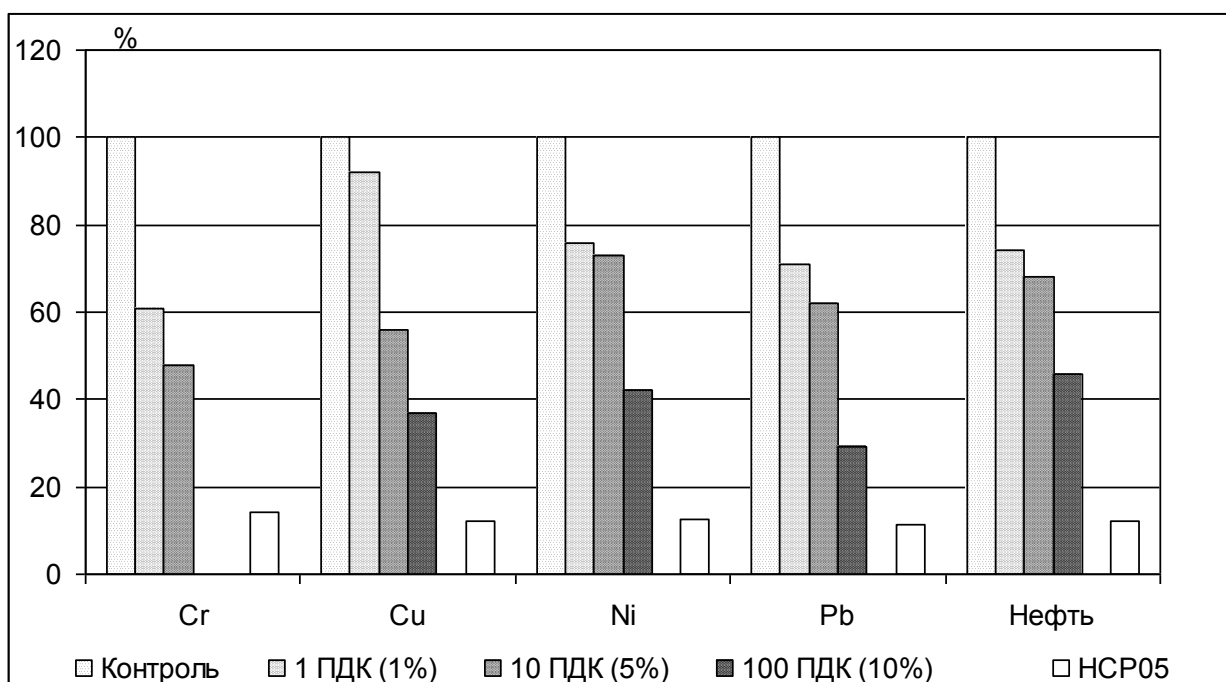


Рис. 5. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на длину корней редиса, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

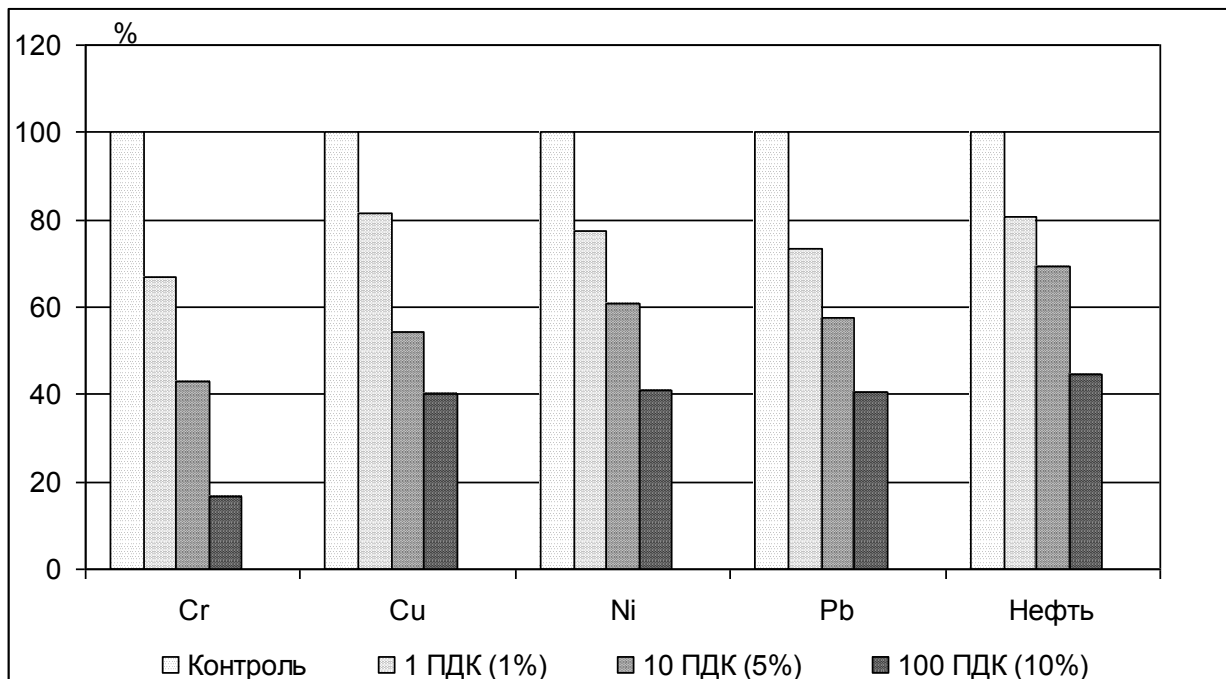


Рис. 6. Влияние химического загрязнения серой лесной почвы на интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС), % от контроля. (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

Проводить сравнение между собой токсического действия ТМ и нефти представляется неправильным, так как невозможно корректно сопоставить их концентрации в почве.

В большинстве случаев для всех исследованных веществ зарегистрирована прямая зависимость между концентрацией в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.

Проведенное исследование позволило предложить региональные нормативы содержания Cr, Cu, Ni, Pb и нефти в серых лесных почвах с учетом их эколого-генетических особенностей. Как было установлено ранее (Колесников и др., 2002), нарушение экологических функций почвы происходит в определенной очередности. По мере увеличения концентрации загрязняющего почву химического вещества срываются выполняемые ею экосистемные функции происходит в следующей последовательности: информационные → биохимические, физико-химические, химические и целостные → физические. (Классификация экосистемных функций почв дана по Г.В. Добровольскому и Е.Д. Никитину (1990)). Установлено, что если значения ИПБС уменьшились менее чем на 5 %, то почва выполняет свои экологические функции нормально, при снижении значений ИПБС на 5-10% происходит нарушение информационных экосистемных функций, на 10-25 % — биохимических,

физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических (Колесников и др., 2002).

По результатам исследования были определены уравнения регрессии, отражающие зависимость снижения значений ИПБС от содержания в почве загрязняющего вещества. По этим уравнениям были рассчитаны концентрации ТМ и нефти, при которых происходит нарушение тех или иных групп экологических функций почвы. В таблице предложена схема экологического нормирования загрязнения серых лесных почв ТМ и нефтью по степени нарушения экологических функций почв.

Таблица Схема экологического нормирования загрязнения серых лесных почв Адыгеи приоритетными химическими загрязнителями по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя ¹	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции ²	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические ; целостные	Физические
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-190	> 190
Cu	< 55	55-80	80-225	> 225
Ni	< 55	55-75	75-250	> 250
Pb	< 50	50-65	65-200	> 200
Вещество	Содержание нефти в почве, %			
нефть	< 0,25	0,25-0,75	0,75-3,2	> 3,2

1. Определение интегрального показателя по С.И. Колесникову с соавт. (2000).

2. Классификация экологических функций по Г.В. Добровольскому и Е.Д. Никитину (1990).

ВЫВОДЫ

1. Загрязнение серой лесной почвы Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью приводит к ухудшению ее экологического состояния. Степень воздействия зависит от природы загрязняющего вещества и его концентрации в почве.
2. По степени ингибирующего действия на биологические свойства серой лесной почвы ТМ образуют следующий ряд: Cr > Pb >= Cu >= Ni.

3. Проведенное исследование позволило предложить региональные нормативы содержания Cr, Cu, Ni, Pb и нефти в серых лесных почвах.

Исследование выполнено в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (госконтракты ПЗ22, 16.740.11.0528) и при государственной поддержке ведущей научной школы (НШ-5316.2010.4).

Литература:

1. Вальков В.Ф. Почвы юга России: генезис, география, классификация, использование и охрана / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников.- Ростов н/Д: Эверест, 2008.- 292 с.

2. Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на биологические свойства чернозема выщелоченного слитого / С.И. Колесников [и др.] // Агрохимия.- 2010.- № 7.- С. 62-67.

3. Добровольский Г.В. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв) / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин.- М.: Наука, 1990.- 261 с.

4. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа / В.В. Дьяченко.- Ростов н/Д: Комплекс, 2004.- 268 с.

5. Жаркова М.Г. Установление экологически безопасной концентрации свинца в черноземе обыкновенном / М.Г. Жаркова, С.И. Колесников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.- 2008.- № 5.- С. 89-92.

6. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас.- М.: Мир, 1989.- 439 с.

7. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колеснико, В.Ф. Вальков.- Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003.- 204 с.

8. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды / А.А. Касьяненко.- М.: Изд-во РУДН, 1992.- 136 с.

9. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Почвоведение.- 1999.- № 4.- С. 505-511.

10. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Экология. -2000.- № 3.- С. 193-201.
11. Колесников С.И. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России / С.И. Колесников, Н.А. Спивакова, К.Ш. Казеев // Почвоведение.- 2011.- № 9.- С. 1094–1101.
12. Колесников С.И. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Там же.- 2002.- № 12.- С. 1509-1514.
13. Оценка устойчивости дерново-карбонатных почв Северного Кавказа к химическому загрязнению по биологическим показателям / С.И. Колесников [и др.] // Экология и промышленность России. -2010.- № 12.- С. 48-51.
14. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы / С.И. Колесников [и др.] // Доклады РАСХН.- 2010.- № 1.- С. 27-29.
15. Тлехас З.Р. Изменение биологических свойств бурых лесных почв Адыгея при химическом загрязнении / З.Р. Тлехас, С.И. Колесников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.- 2007.- № 5.- С. 89-91.
16. Устойчивость почв Республики Адыгея к химическому загрязнению / С.И. Колесников [и др.].- Ростов н/Д: Эверест, 2008.- 156 с.
17. Ярославцев М.В. Оценка устойчивости черноземов юга России к загрязнению тяжелыми металлами по биологическим показателям / М.В. Ярославцев, С.И. Колесников // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.- 2011.- № 4.- С. 83-86.

References:

1. Valkov V.F. *Soils in southern Russia: genesis, geography, classification, use and protection* / Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I.- Rostov n / D: Everest. 2008.- 292 p.
2. *Effect of contamination by heavy metals and oil on the biological properties of leached fusion chernozem* / Kolesnikov S.I [and oth.] // *Agrochemistry*.- 2010. -№ 7. P. 62-67.
3. *Dobrovolski G.V. Functions of soils in the biosphere and ecosystems (ecological significance of soil)* / Dobrovolski G.V., Nikitin E.D.- M.: Nauka, 1990. 261 p.

4. Dyachenko V.V. *Geochemistry, taxonomy and assessment of the landscape of the North Caucasus*. - Rostov-on-Don:Complex, 2004. - 268 p.
5. Zharkova M.G. *The establishment of an environmentally safe level of lead in ordinary black earth* / Zharkova M.G., Kolesnikov S.I. // *Pub. of high schools. North-Caucasus region. Nat. sciences*. -2008.- № 5. P. 89-92.
6. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Microelements in soils and plants*. M.: Mir. 1989. 439 p.
7. Kazeev K.Sh. *The biological diagnosis and indication of soils: methodology and research methods* / Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F.- Rostov n / D: Publishing House of Rostov Univ., 2003. 204 p.
8. Kasyanenko A.A. *Quality control of the environment*. M.: Publishing House of the People's Friendship University. 1992. - 136 p.
9. Kolesnikov S.I. *Effect of heavy metal pollution on ecological and biological properties of ordinary black earth* / Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. // *Ecology*. 2000. № 3. P. 193-201.
10. Kolesnikov S.I. *Effect of heavy metal contamination on the germ system of black earth* / Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. // *Soil Science*. 1999. № 4. P. 505-511.
11. Kolesnikov S.I. *Ecological functions of soils and the influence of heavy metal pollution* / Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. // *Soil Science*. 2002. № 12. P.1509-1514.
12. Kolesnikov S.I. *The stability of the Republic of Adygea soils to chemical pollution* / Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F., Tlekhas Z.R. - Rostov n / D: Everest, 2008. 156 p.
13. Kolesnikov S.I. *Ranking of the chemical elements according to their degree of environmental risk for soil* / Kolesnikov S.I., Ponomareva S.V., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. // *Proceedings of the RAAS*. 2010. № 1. P. 27-29.
14. Kolesnikov S.I. *The influence of model pollution by Cr, Cu, Ni, Pb on the biological properties of soils of dry steppes and semideserts in southern Russia* / Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. // *Soil Science*. 2011. № 9. P. 1094-1101.
15. Kolesnikov S.I. *Assessment of the stability of the turf – carbonate soils of the North Caucasus to chemical pollution by biological indicators* / Kolesnikov S.I., Tlekhas Z.R., Tatlok R.K., Kazeev K.Sh. Denisova T. E., Dadenko E.V. // *Ecology and Industry of Russia*. 2010b. № 12. P. 48-51.
16. Tlekhas Z.R. *Change of the biological properties of brown forest soils of Adygea with chemical contamination* / Tlekhas Z.R., Kolesnikov S.I. // *Pub. of high schools. North-Caucasus region. Nat. science*. -2007.- № 5. - P. 89-91.
17. Yaroslavtsev M.V. *Assessment of the stability of black soils of Southern Russia to heavy metal pollution on biological parameters* / Yaroslavtsev M.V., Kolesnikov S.I. // *Pub. of high schools. North- Caucasus region. Nat. sciences*.- 2011.- № 4.- P. 83-86.