

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

**БИОДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ
СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ АДЫГЕИ К
ЗАГРЯЗНЕНИЮ Zn, Cd, Mo, Se**

**BIO-DIAGNOSTICS OF RESISTANCE OF
GREY FOREST SOILS OF ADYGEA TO
POLLUTION WITH Zn, Cd, Mo, Se**

Татлок Джемальдин Русланович
аспирант
РИНЦ SPIN-kod=3899-2600

¹Tatlok Dzhemaldin Ruslanovich
Postgraduate student
RSCI SPIN-code=3899-2600

Колесников Сергей Ильич
д.с.-х.н, профессор
РИНЦ Author ID=86019
Scopus Author ID: 7101992493

²Kolesnikov Sergey Ilich
Dr.Sci.Agr., professor
RSCI Author ID=86019
Scopus Author ID: 7101992493

Казеев Камиль Шагидуллоевич
д.г.н, профессор
РИНЦ Author ID=86018
Scopus Author ID: 7005896165

²Kazeev Kamil Shagidulloevich
Dr.Sci.Geol., professor
RSCI Author ID=86018
Scopus Author ID: 7005896165

Татлок Руслан Кимович
к.б.н.
РИНЦ Author ID=725468

¹Tatlok Ruslan Kimovich
Cand.Biol.Sci.
RSCI Author ID=725468

Тлехас Зара Рамазановна,
к.б.н.
РИНЦ Author ID=561832

¹Tlehas Zara Ramazanovna
Cand. Biol. Sci.
RSCI Author ID=561832

Кочеткова Анна Олеговна
студент

²Kochetkova Anna Olegovna
Student

Акименко Юлия Викторовна
аспирант
РИНЦ Author ID=652723,
Scopus Author ID: 56151926400

²Akimenko Yuliya Viktorovna
Postgraduate student
RSCI Author ID=652723
Scopus Author ID: 56151926400

¹Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

¹Maikop State Technological University, Maikop, Russia

²Южный федеральный университет, Россия

²Southern Federal University, Russia

Существенную часть почвенного покрова Республики Адыгея занимают серые лесные почвы. При этом они, по-прежнему остаются мало изученными, в том числе, в отношении их устойчивости к химическому загрязнению. Загрязнение серых лесных почв Адыгеи Zn, Cd, Mo, Se вызывает ухудшение их биологических свойств. В большинстве случаев степень снижения значений биологических показателей находится в прямой зависимости от концентрации в почве загрязняющего вещества. По степени токсичности к биологическим свойствам серой лесной почвы исследованные элементы образуют следующую последовательность: Se > Zn >= Cd > Mo. Биологические показатели, исследованные в работе (активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса), могут быть

The essential part of a soil cover of the Republic of Adygea is occupied by gray forest soils. Thus they still remain a little studied, including concerning their resistance to chemical pollution. Contamination of gray forest soils of Adygea with Zn, Cd, Mo, Se causes deterioration of their biological properties. In most cases, the degree of reduction of the values of biological indicators is directly dependent on the concentration of pollutant in the soil. According to the degree of toxicity to the biological properties of the investigated elements form the following sequence: Se > Zn >= Cd > Mo. Biological parameters investigated in research (activity of catalase and dehydrogenase, cellulolytic ability, abundance of bacteria of the genus *Azotobacter*, radish root length) may be used for purposes of monitoring, diagnosis and regulation of chemical pollution of gray forest soils Zn, Cd, Mo, Se

использованы в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения серых лесных почв Zn, Cd, Mo, Se

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЦИНК, КАДМИЙ, МОЛИБДЕН, СЕЛЕН, СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Keywords: POLLUTION, ZINC, CADMIUM, MOLYBDENUM, SELENIUM, GRAY FOREST SOILS, BIOLOGICAL PROPERTIES OF THE SOIL

ВВЕДЕНИЕ

Республика Адыгея обладает уникальными почвенными ресурсами [2, 7]. При этом активное экономическое, рекреационное и туристическое развитие региона ведет к усилению антропогенного воздействия на почвы, в том числе к химическому загрязнению. 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. Ранее была исследована устойчивость этих почв к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb [10, 11, 14, 19, 27, 28], нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом [12-18, 20-21, 22-24, 26].

Цель настоящей работы — изучить изменение биологической активности серых лесных почв республики Адыгея при загрязнении цинком, кадмием, молибденом и селеном.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Место отбора серой лесной почвы для проведения модельных экспериментов — окрестности с. Даховская, Республика Адыгея. Исследуемая почва характеризуется высоким содержанием органического вещества в верхнем горизонте — 7,3 %, нейтральной реакцией среды — рН = 7,3, тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, средней биологической активностью.

Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-20 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ [6].

В качестве загрязнителей были выбраны Zn, Cd, Se, Mo, поскольку загрязнение почв этими элементами на Юге России не [5, 30]. Источниками загрязнения являются продукты сгорания угля, нефти и нефтепродуктов, минеральные удобрения, пестициды, металлургические процессы [3].

Цинк, кадмий и молибден вносили в почву в форме оксидов (ZnO, CdO, Mo₂O₃), селен — в форме селенистой кислоты (H₂SeO₃). Именно в таких формах исследованные элементы чаще поступают в почву[6].

В зависимости от формы химического соединения загрязняющие вещества вносили в почву различными способами. Оксиды, как практически нерастворимые в воде соединения, сначала растирали с небольшим количеством почвы, а затем смешивали с остальной массой почвы. Селенистую кислоту растворяли в воде и вносили в почву при первом поливе. Использованные способы внесения позволили добиться наиболее равномерного распределения элементов в почве.

Изучали действие разных концентраций загрязняющих веществ в почве: 1, 10, 100 ПДК. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии [9], поскольку ПДК в почве валовых форм цинка, молибдена и селена в России не разработаны. ПДК в почве Zn составляет 300 мг/кг воздушно-сухой почвы, Cd — 3, Mo — 10, Se — 10.

Чтобы корректно сопоставить силу воздействия различных элементов на свойства почвы за систему отсчета содержания элемента в почве была принята ПДК, а не его количество в мг/кг почвы. Во-первых, разные элементы содержатся в почве в несопоставимых, если их выражать в мг, количествах, различающихся в 100 раз. Во-вторых, они обладают различной токсичностью.

В исследовании предпринята попытка проанализировать весь диапазон концентраций исследованных элементов в почве, встречающийся в настоящее время в природе. Содержание в почве до 100 ПДК и более

нередко встречается в районах предприятий химической, металлургической и топливной промышленности. Загрязнение почвы до 10 ПДК, помимо названных источников, является следствием сельскохозяйственных мероприятий — применения минеральных и органических удобрений, сточных вод, пестицидов, стимуляторов роста растений и т.д. [1, 6].

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 [12].

Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых в биологии и экологии почв методов в модификации К.Ш. Казеева, С.И. Колесникова [8]. Определяли наиболее информативные и чувствительные биологические показатели: активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длину корней редиса. С целью выявления общих закономерностей воздействия загрязняющего вещества использовали интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы, рассчитанный на основе вышеуказанных показателей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования было установлено, что загрязнение серой лесной почвы Адыгеи Zn, Cd, Mo, Se привело к ухудшению ее состояния. Как правило, наблюдалось достоверное снижение значений всех исследованных биологических показателей: активности каталазы (рис. 1), дегидрогеназы (рис. 2), целлюлозолитической активности (рис. 3), обилия бактерий рода *Azotobacter* (рис. 4), длины корней редиса (рис. 5), ИПБС почвы (рис. 6).

Основные механизмы токсичности исследованных элементов определяются их способностью связываться с сульфгидрильными группами белков, в результате чего нарушается проницаемость клеточных мембран и происходит ингибирование ферментов [29].

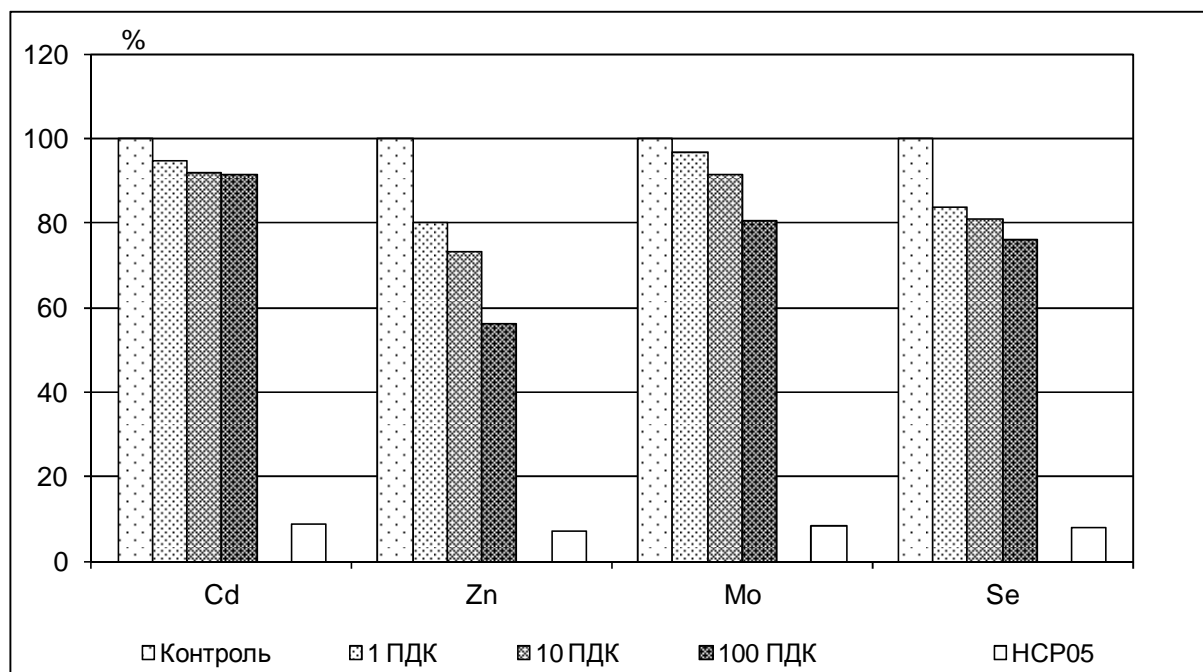


Рис. 1. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на активность каталазы серой лесной почвы, % от контроля

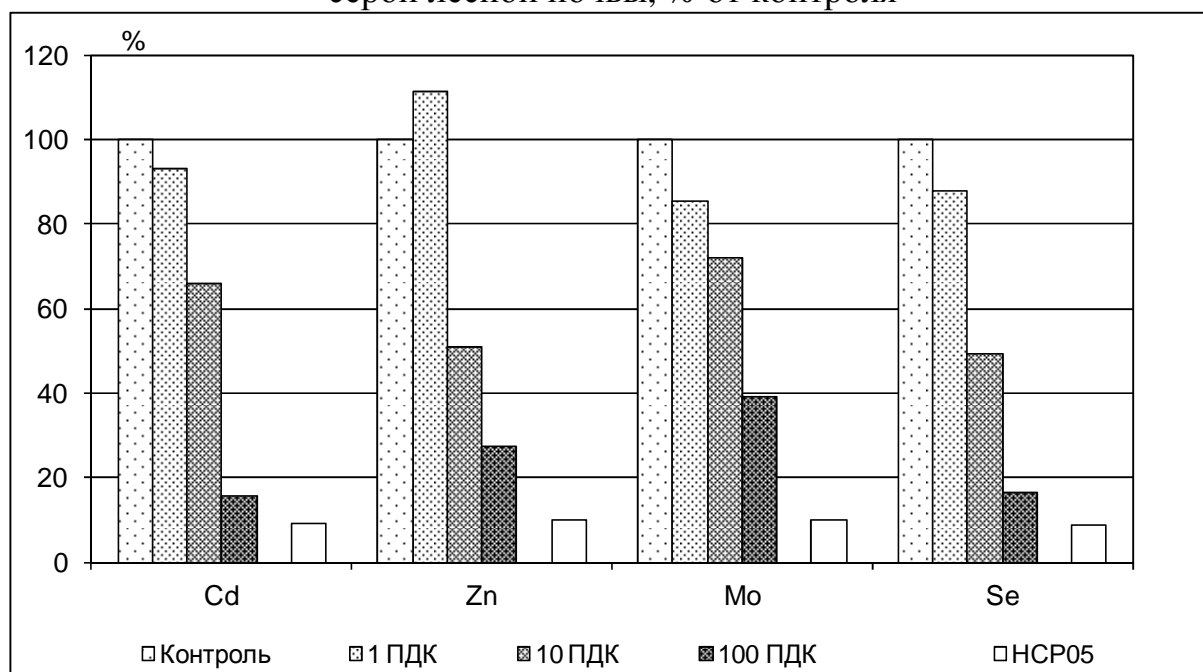


Рис. 2. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на активность дегидрогеназы серой лесной почвы, % от контроля

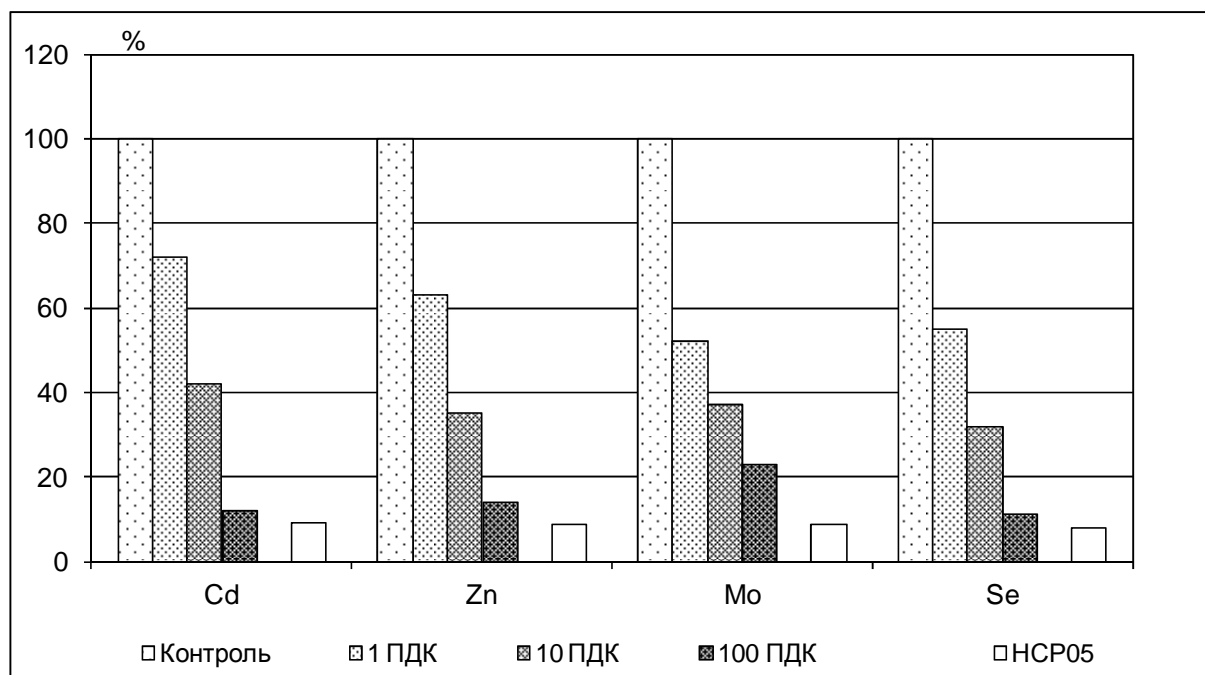


Рис. 3. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на целлюлозолитическую активность серой лесной почвы, % от контроля

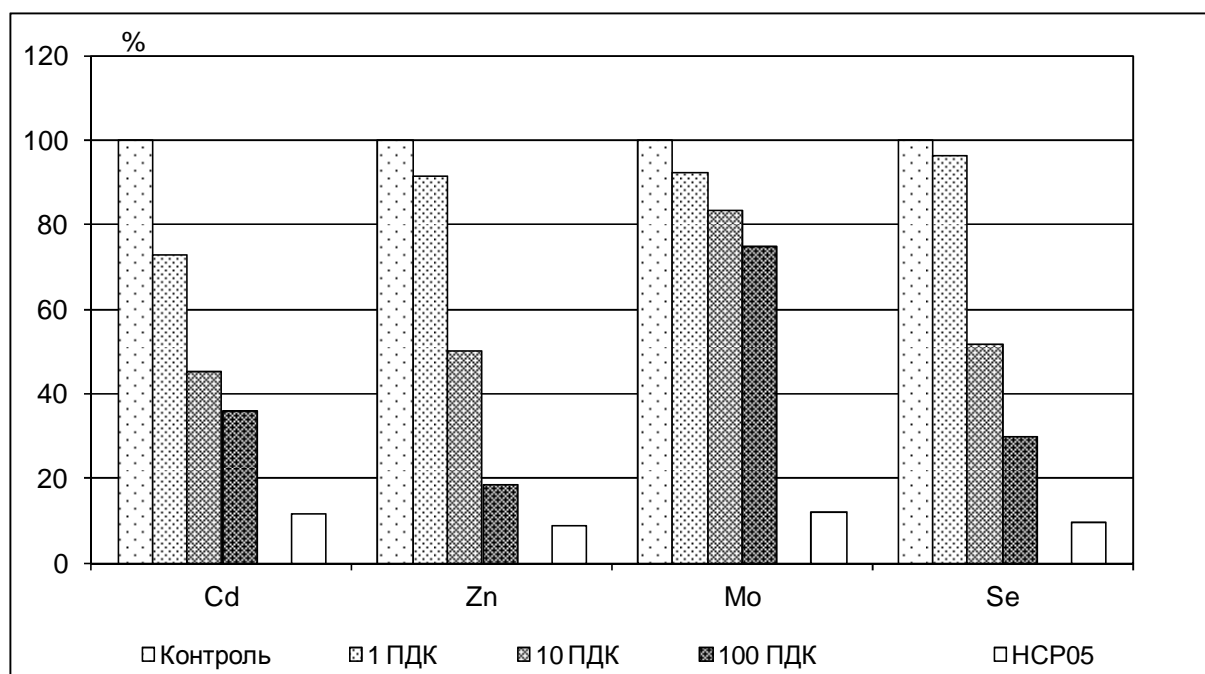


Рис. 4. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на обилие бактерий рода *Azotobacter* в серой лесной почве, % от контроля

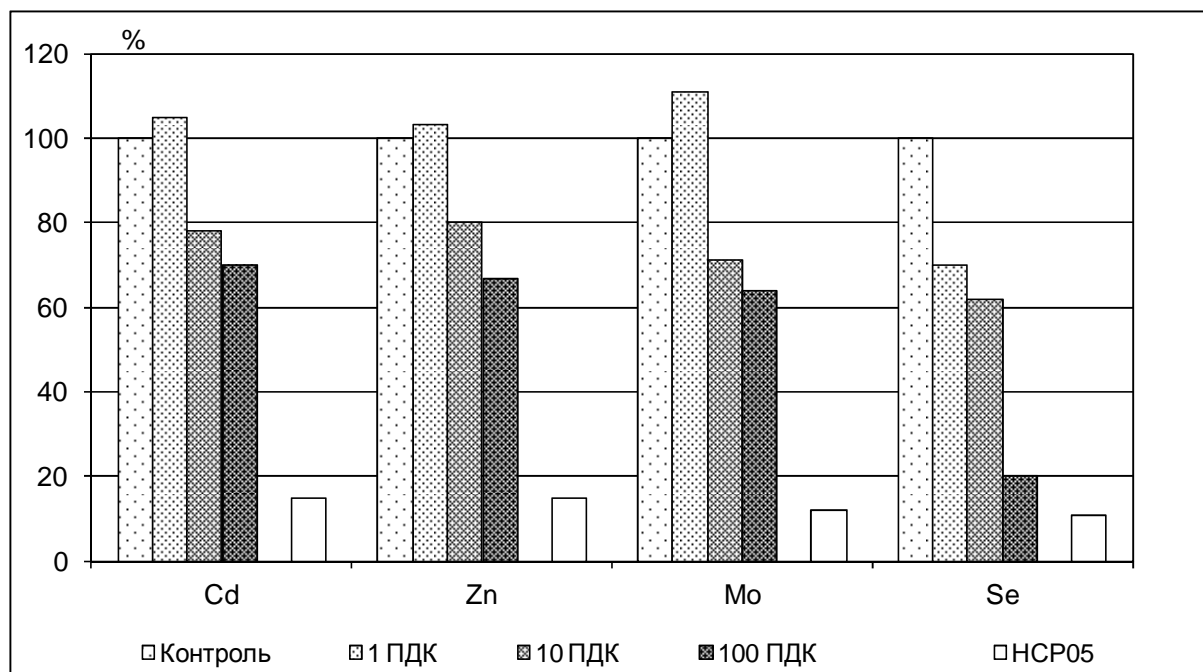


Рис. 5. Влияние загрязнения серой лесной почвы Zn, Cd, Mo, Se на длину корней редиса, % от контроля

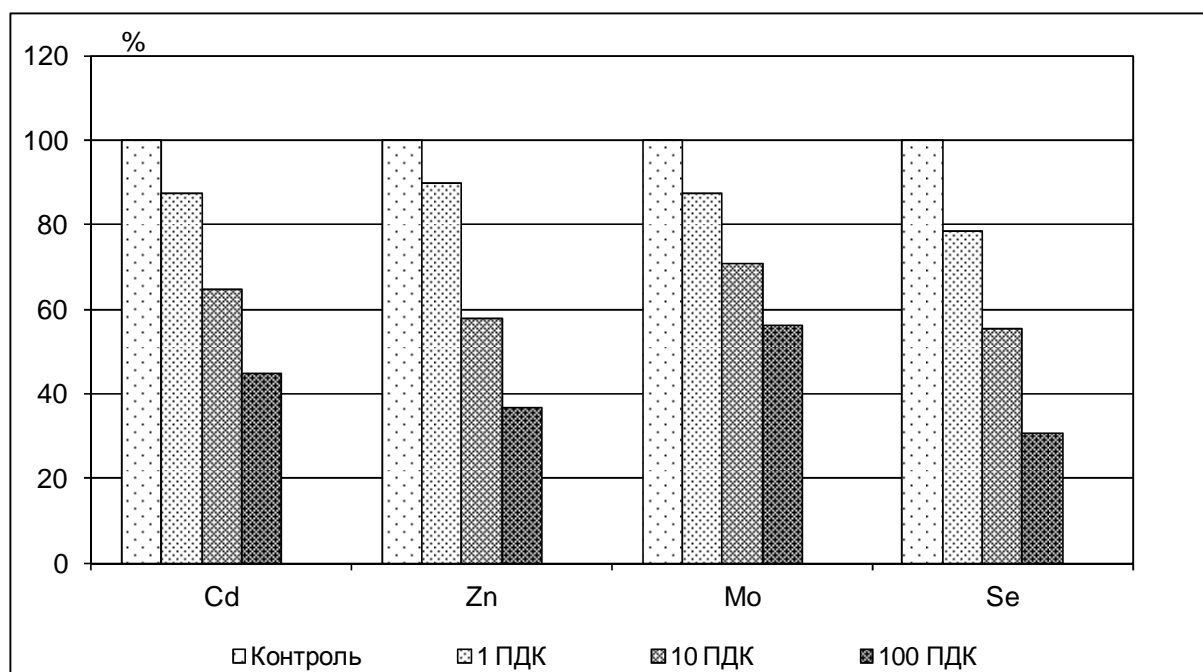
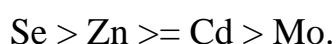


Рис. 6. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) серой лесной почвы, % от контроля

В ряде случаев наблюдалось стимулирующее действие исследуемых элементов. Оно объясняется тем, что все они являются микроэлементами, необходимыми живым организмам в малых дозах. Кроме того, в экотоксикологии описаны многочисленные факты стимулирующего действия различных веществ, взятых в малых токсичных дозах [4].

Исследованные элементы образовали следующий ряд токсичности по отношению к серой лесной почве:



Сопоставление результатов настоящего исследования с проведенными ранее [19], позволили построить ряд токсичности восьми элементов по отношению к биологическим свойствам серой лесной почвы:



Схожая последовательность элементов по степени их токсичности была получена ранее на черноземе обыкновенном [15].

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

Биологические показатели, исследованные в работе (активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса), могут быть использованы в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения серых лесных почв Zn, Cd, Mo, Se.

ВЫВОДЫ

1. Загрязнение серых лесных почв Адыгеи Zn, Cd, Mo, Se вызывает ухудшение их биологических свойств. В большинстве случаев степень снижения значений биологических показателей находится в прямой зависимости от концентрации в почве загрязняющего вещества.

2. По степени токсичности к биологическим свойствам серой лесной почвы исследованные элементы образуют следующую последовательность: $Se > Zn \geq Cd > Mo$.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. М.: Агропромиздат, 1987. 140 с.
2. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы юга России: генезис, география, классификация, использование и охрана. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2008. 276 с.
3. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справ. изд. Л.: Химия, 1988. 512 с.
4. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1989. 248 с.
5. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. 268 с.
6. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
7. Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И. Атлас почв юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2010. 128 с.
8. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.
9. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
10. 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.
11. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Оценка устойчивости почв Юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 995-1000.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология. 2000. № 3. С. 193-201.
13. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Азнаурьян Д.К., Жаркова М.Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2007. 192 с.

14. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Тлехас З.Р. Устойчивость почв Республики Адыгея к химическому загрязнению. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2008. 156 с.
15. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Пономарева С.В. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы // Доклады РАСХН. 2010. № 1. С. 27-29.
16. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Западного Кавказа к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами // Сибирский экологический журнал. 2014. № 3. С. 493-500.
17. Колесников С.И., Татлок Р.К. Устойчивость почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами. Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.», 2012. 160 с.
18. Колесников С.И., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // Доклады РАСХН. 2013. № 1. С. 30-34.
19. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1499-1505.
20. 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 // Агрехимия. 2010. № 7. С. 62-67.
21. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Татлок Р.К., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Оценка устойчивости дерново-карбонатных почв Северного Кавказа к химическому загрязнению по биологическим показателям // Экология и промышленность России. 2010. № 12. С. 48-51.
22. Татлок Р.К., Колесников С.И. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Северо-Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. № 1. С. 31-35.
23. Татлок Р.К., Колесников С.И. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологические свойства слитых черноземов // Труды Кубанского ГАУ. 2011. № 4 (31). С. 119-121.
24. Татлок Р.К., Колесников С.И. Изменение биологических свойств субальпийских почв Адыгеи при загрязнении нефтью, мазутом, бензином и соляркой // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2011. № 1 (76). С. 114-118.
25. 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.
26. 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.
27. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Влияние химического загрязнения на биологические свойства серых лесных почв Адыгеи // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. № 4. С. 75-80.
28. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Изменение биологических свойств бурых лесных почв Адыгеи при химическом загрязнении // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2007. № 5. С. 89-91.
29. Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. Микроэлементы, экология и здоровье человека // Успехи современной биологии. Т. 109. Вып. 2. 1990. С. 279-292.

30. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.

References

1. Alekseev Ju.V. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah. M.: Agropromizdat, 1987. 140 s.
2. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Pochvy juga Rossii: genezis, geografija, klassifikacija, ispol'zovanie i ohrana. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2008. 276 s.
3. Vrednye himicheskie veshhestva. Neorganicheskie soedinenija jelementov I-IV grupp: Sprav. izd. L.: Himija, 1988. 512 s.
4. Gromov B.V., Pavlenko G.V. Jekologija bakterij. L.: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1989. 248 s.
5. D'jachenko V.V. Geohimija, sistematika i ocenka sostojanija landshaftov Severnogo Kavkaza. Rostov-na-Donu: Izdatel'skij centr «Kompleks», 2004. 268 s.
6. Kabata-Pendias A., Pendias X. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah. M.: Mir, 1989. 439 s.
7. Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Kolesnikov S.I. Atlas pochv juga Rossii. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2010. 128 s.
8. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.
9. Kas'janenko A.A. Kontrol' kachestva okruzhajushhej sredy. M.: Izd-vo RUDN, 1992. 136 s.
10. Kolesnikov S.I., Aznaur'jan D.K., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ustojchivost' biologicheskikh svojstv pochv Juga Rossii k nefljanomu zagrazneniju // Jekologija. 2010. № 5. S. 357-364.
11. Kolesnikov S.I., Gajvoronskij V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ocenka ustojchivosti pochv Juga Rossii k zagrazneniju mazutom po biologicheskim pokazateljam (v uslovijah model'nogo jeksperimenta) // Pochvovedenie. 2010. № 8. S. 995-1000.
12. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Vlijanie zagraznenija tjzhelymi metallami na jekologo-biologicheskie svojstva chernozema obyknovenogo // Jekologija. 2000. № 3. S. 193-201.
13. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Aznaur'jan D.K., Zharkova M.G. Biodiagnostika jekologicheskogo sostojanija pochv, zagraznennyh нефт'ju i nefteproduktami. Rostov n/D: Izd-vo Rostizdat, 2007. 192 s.
14. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Tlehas Z.R. Ustojchivost' pochv Respubliki Adygeja k himicheskomu zagrazneniju. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2008. 156 s.
15. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Ponomareva S.V. Ranzhirovanie himicheskikh jelementov po stepeni ih jekologicheskoy opasnosti dlja pochvy // Doklady RASHN. 2010. № 1. S. 27-29.
16. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Denisova T.V., Dadenko E.V. Biodiagnostika ustojchivosti buryh lesnyh pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrazneniju tjzhelymi metallami, нефт'ju i nefteproduktami // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2014. № 3. S. 493-500.
17. Kolesnikov S.I., Tatlok R.K. Ustojchivost' pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrazneniju нефт'ju i nefteproduktami. Majkop: Izd-vo «Magarin O.G.», 2012. 160 s.
18. Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., Dadenko E.V. Biodiagnostika ustojchivosti predgornyh i gornyh pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrazneniju нефт'ju i nefteproduktami // Doklady RASHN. 2013. № 1. S. 30-34.

19. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Izmenenie biologicheskikh svojstv pochv Adygei pri himicheskom zagrjaznenii // Pochvovedenie. 2009. № 12. S. 1499-1505.

20. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Rotina E.N., Val'kov V.F. Vlijanie zagrjaznenija tjazhelymi metallami i neft'ju na biologicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo slitogo // Agrohimiya. 2010. № 7. S. 62-67.

21. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Tatlok R.K., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., Dadenko E.V. Ocenka ustojchivosti dernovo-karbonatnyh pochv Severnogo Kavkaza k himicheskomu zagrjazneniju po biologicheskim pokazateljam // Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2010. № 12. S. 48-51.

22. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika ustojchivosti buryh lesnyh pochv Severo-Zapadnogo Kavkaza k zagrjazneniju neft'ju i nefteproduktami // Vestnik Majkopskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. 2011. № 1. S. 31-35.

23. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. Vlijanie zagrjaznenija neft'ju i nefteproduktami na biologicheskie svojstva slityh chernozemov // Trudy Kubanskogo GAU. 2011. № 4 (31). S. 119-121.

24. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. Izmenenie biologicheskikh svojstv subal'pijskikh pochv Adygei pri zagrjaznenii neft'ju, mazutom, benzinom i soljarkoj // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija 4: Estestvenno-matematicheskie i tehniczeskie nauki. 2011. № 1 (76). S. 114-118.

25. 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.

26. Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Vlijanie zagrjaznenija neft'ju, mazutom, benzinom i dizel'nym toplivom na biologicheskie svojstva dernovo-karbonatnyh pochv Zapadnogo Kavkaza // Novye tehnologii. 2012. № 2. S. 97-101.

27. Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Vlijanie himicheskogo zagrjaznenija na biologicheskie svojstva seryh lesnyh pochv Adygei // Vestnik Majkopskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. 2011. № 4. S. 75-80.

28. Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Izmenenie biologicheskikh svojstv buryh lesnyh pochv Adygeja pri himicheskom zagrjaznenii // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Estestv. nauki. 2007. № 5. S. 89-91.

29. Torshin S.P., Udel'nova T.M., Jagodin B.A. Mikrojelementy, jekologija i zdorov'e cheloveka // Uspehi sovremennoj biologii. T. 109. Vyp. 2. 1990. S. 279-292.

30. Sheudzhen A.H. Biogeohimiya. Majkop: GURIPP «Adygeja», 2003. 1028 s.