

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЦИНКОМ, КАДМИЕМ, МОЛИБДЕНОМ И СЕЛЕНОМ*

CHANGE OF BIOLOGICAL ACTIVITY OF RENDZINA SOILS OF WESTERN CAUCASUS AT POLLUTION BY ZINC, CADMIUM, MOLYBDENUM AND SELENIUM

¹Татлок Джемальдин Русланович
аспирант
РИНЦ SPIN-kod=3899-2600

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

²Колесников 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

²Казеев Камил Шагидуллоевич
д.г.н, профессор
РИНЦ Author ID=86018
Scopus Author ID: 7005896165

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

¹Татлок Руслан Кимович
к.б.н.
РИНЦ Author ID=725468

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

¹Тлехас Зара Рамазановна
к.б.н.
РИНЦ Author ID=561832

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

²Цалоева Анастасия Сергеевна
студент

²Tsaloeva Anastasia Sergeevna
student

²Акименко Юлия Викторовна
аспирант
РИНЦ Author ID=652723,
Scopus Author ID: 56151926400

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

¹Маикопский государственный технологический университет, Маикоп, Россия

¹Maikop State Technological University, Maikop, Russia

²Южный федеральный университет, Россия

²Southern Federal University, Russia

Дерново-карбонатные почвы имеют очень широкое распространение на Кавказе. В силу своих эколого-генетических особенностей дерново-карбонатных почвы обладают значительной буферной способностью к химическому загрязнению. В качестве объекта исследования была использована дерново-карбонатная выщелоченная почва. Место отбора — Азишский хребет, на границе Республики Адыгея и Краснодарского края. В качестве загрязнителей были выбраны Zn, Cd, Mo, Se, поскольку загрязнение почв этими элементами на Юге России не редкость.

Rendzina soils are very widespread in the Caucasus. Because of their ecological and genetic characteristics Rendzina has significant buffering capacity to chemical pollution. The object of investigation was calcareous leached soil. Location selection - Azishskaya ridge on the border of the Republic of Adygea and the Krasnodar region. As pollutants, we have selected Zn, Cd, Mo, Se, since soil contamination with these elements in the south of Russia is not uncommon. Contamination of zinc, cadmium, molybdenum and selenium causes deterioration in the bio-

* Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ №6.345.2014/Ки при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

Загрязнение цинком, кадмием, молибденом и селеном вызывает ухудшение биологических свойств дерново-карбонатных почв Западного Кавказа. По степени токсичности исследованные элементы образуют следующий ряд по отношению к дерново-карбонатной почве: $Zn > Se > Cd > Mo$. В исследовании предпринята попытка проанализировать весь диапазон концентраций исследованных элементов в почве, встречающийся в настоящее время в природе. В большинстве случаев для всех исследованных веществ зарегистрирована прямая зависимость между концентрацией в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей. Активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса могут быть использованы в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения почв Zn, Cd, Mo, Se

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ЦИНК, КАДМИЙ, МОЛИБДЕН, СЕЛЕН, ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

logical properties of calcareous soils of the Western Caucasus. We have investigated the toxicity of the elements formed following series due to their influence on Rendzina soils: $Zn > Se > Cd > Mo$. The study attempted to analyze the entire range of concentrations of the examined elements in the soil, currently occurring in nature. In most cases, all the investigated substances registered direct correlation between the concentration of the pollutant in the soil and the degree of reduction of biological indicators. The activity of catalase and dehydrogenase cellulolytic ability, plenty of bacteria of the genus *Azotobacter*, length of roots of radish can be used to monitor, diagnose and regulation of chemical pollution of soil Zn, Cd, Mo, Se

Keywords: POLLUTION, ZINC, CADMIUM, MOLYBDENUM, SELENIUM, RENDZINA SOIL, BIOLOGICAL PROPERTIES

ВВЕДЕНИЕ

Дерново-карбонатные почвы имеют очень широкое распространение на Кавказе [1, 2]. Их отличает высокое содержание гумуса в верхнем горизонте и карбонатов по всему профилю, слабощелочная реакция среды, тяжелосуглинистый гранулометрический состав, высокая поглотительная способность, хорошая оструктуренность. В силу своих эколого-генетических особенностей дерново-карбонатные почвы обладают значительной буферной способностью к химическому загрязнению.

В предшествующих работах было исследовано изменение биологических свойств почв Западного Кавказа в условиях загрязнения хромом, никелем, медью, свинцом [3-9], нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом, нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом [10-16].

Цель настоящей работы — исследовать изменение биологической активности дерново-карбонатных почв Западного Кавказа при загрязнении цинком, кадмием, молибденом и селеном.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования была использована дерново-карбонатная выщелоченная почва. Место отбора — Азишский хребет, на границе Республики Адыгея и Краснодарского края. Исследуемая почва характеризуется высоким содержанием органического вещества в верхнем горизонте — 14,4 %, нейтральной реакцией среды — $\text{pH} = 7,6$, среднесуглинистым гранулометрическим составом, высокой биологической активностью.

Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-20 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ [17].

В качестве загрязнителей были выбраны Zn, Cd, Mo, Se, поскольку загрязнение почв этими элементами на Юге России не редкость [18, 19].

Цинк, кадмий и молибден вносили в почву в форме оксидов (ZnO , CdO , Mo_2O_3), селен — в форме селенистой кислоты (H_2SeO_3). Именно в таких формах исследованные элементы чаще поступают в почву ([17]).

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 [20], 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. [17, 21].

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 [22].

Лабораторно-аналитические исследования были выполнены с использованием общепринятых в биологии и экологии почв методов в модификации К.Ш. Казеева, С.И. Колесникова [23]. Определяли наиболее информативные и чувствительные биологические показатели: активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длину корней редиса.

Для объединения различных биологических показателей была использована методика определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы [22, 23].

Статистическая обработка данных была проведена с использованием дисперсионного анализа с последующим определением наименьшей существенной разности (НСР). Для проведения математической обработки ре-

зультатов исследования использовали компьютерную программу Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования было установлено, что загрязнение бурой лесной почвы Северо-Западного Кавказа 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).

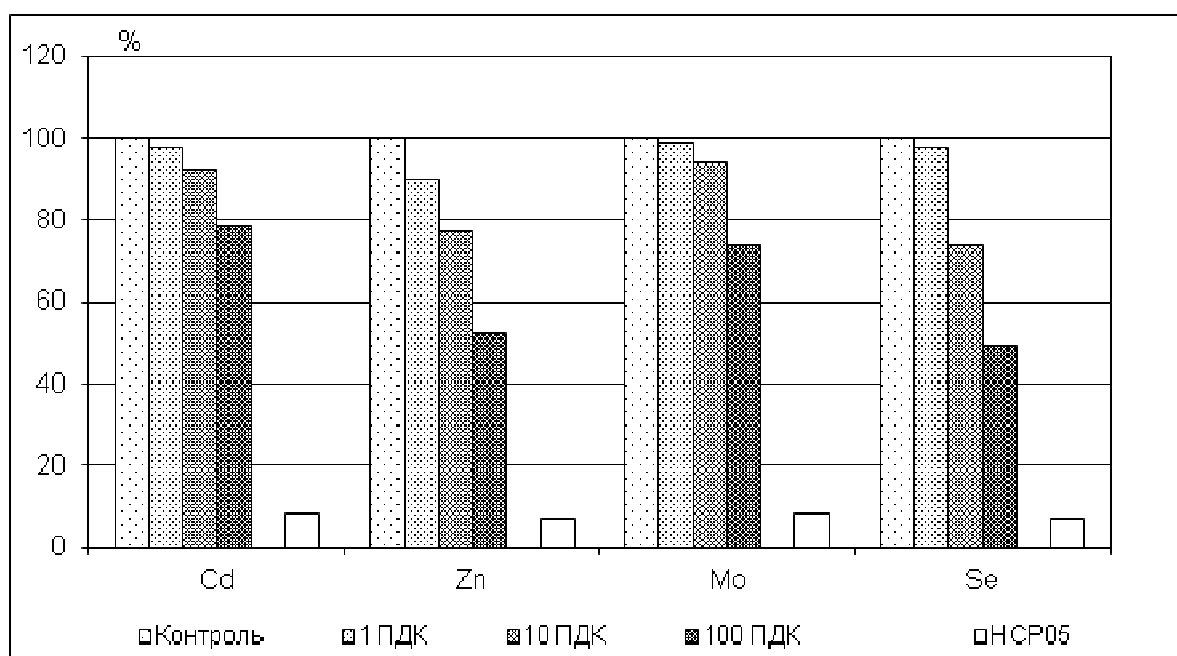


Рис. 1. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на активность каталазы дерново-карбонатной почвы, % от контроля

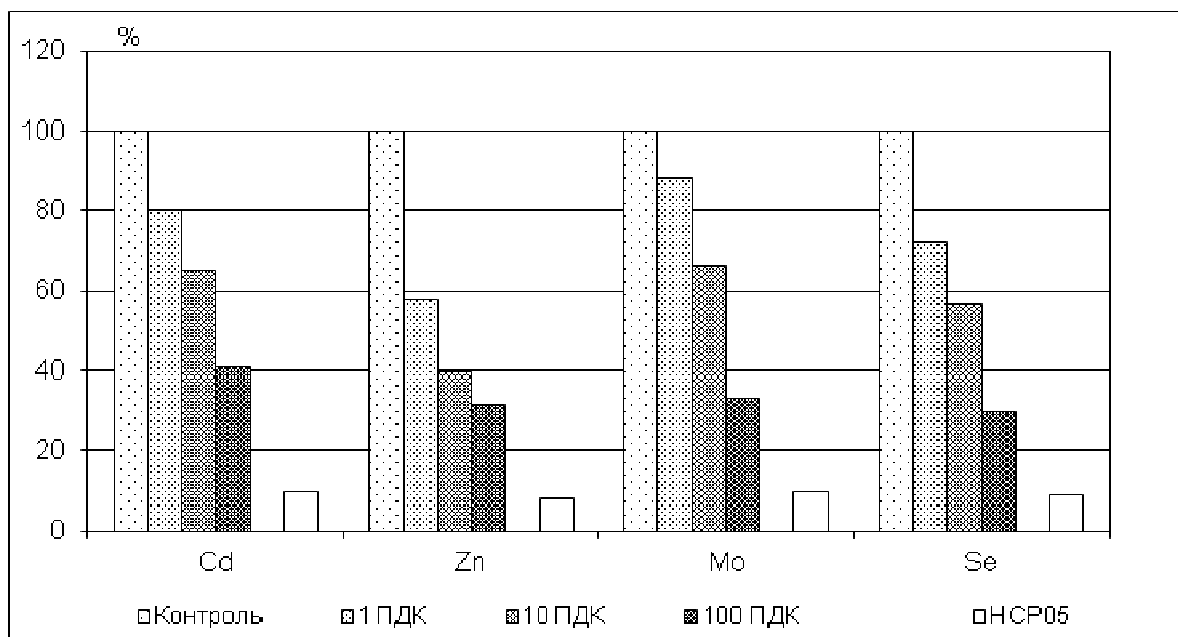


Рис. 2. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на активность дегидрогеназы дерново-карбонатной почвы, % от контроля

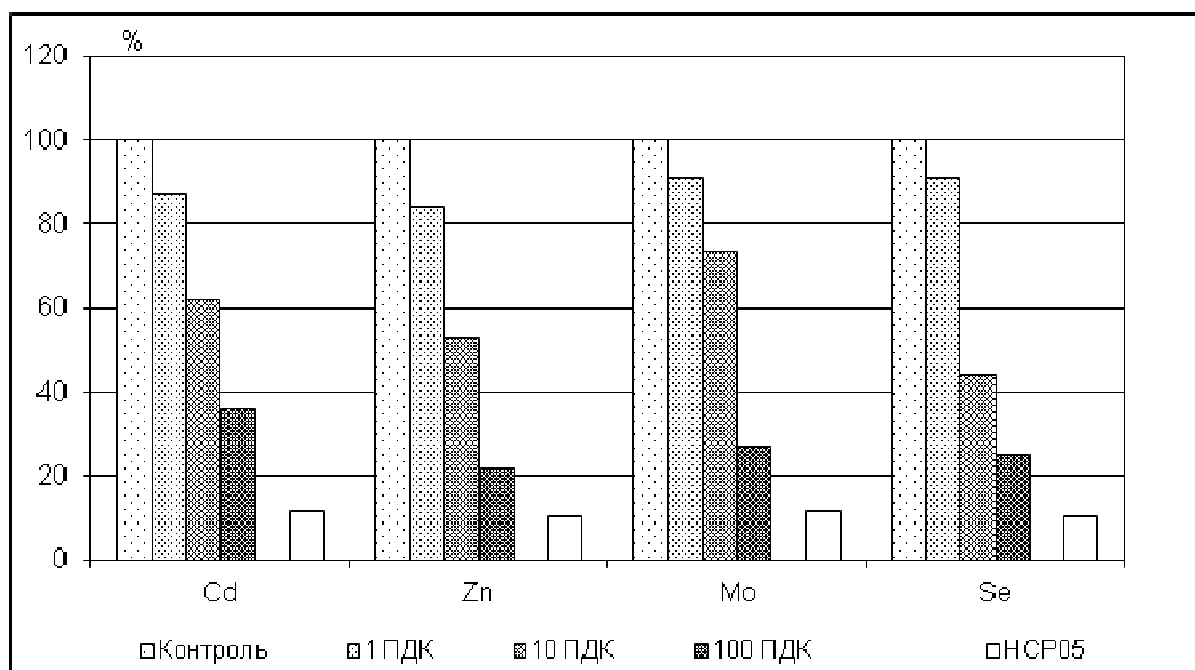


Рис. 3. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на целлюлозолитическую активность дерново-карбонатной почвы, % от контроля

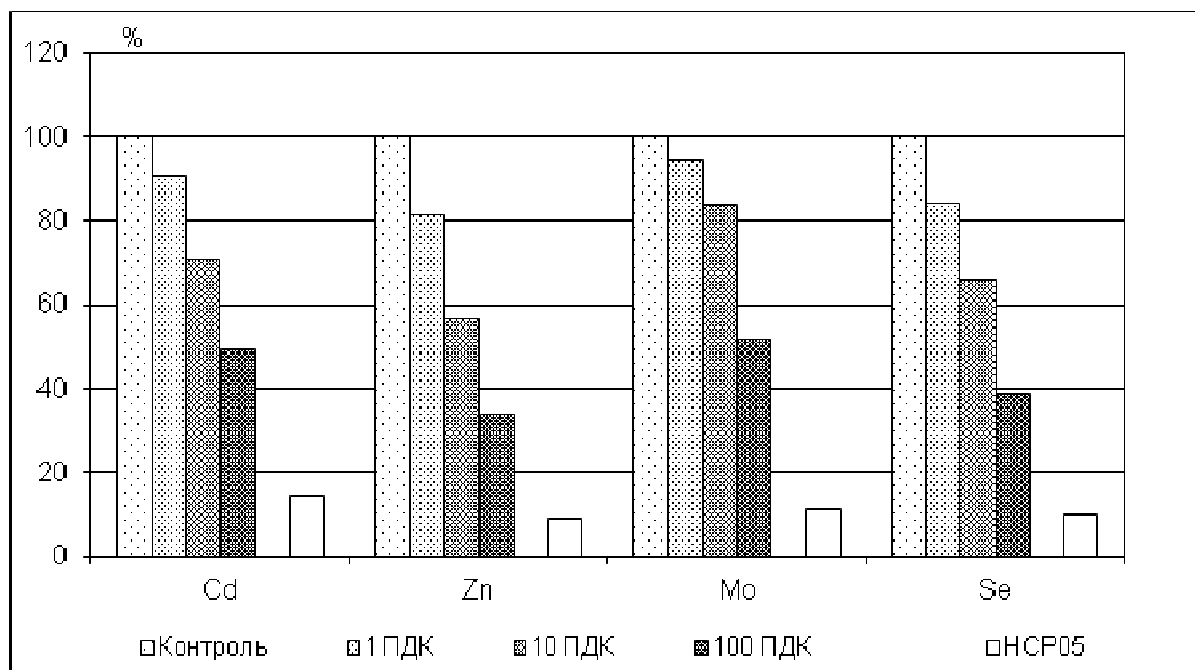


Рис. 4. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на обилие бактерий рода *Azotobacter* в дерново-карбонатной почве, % от контроля

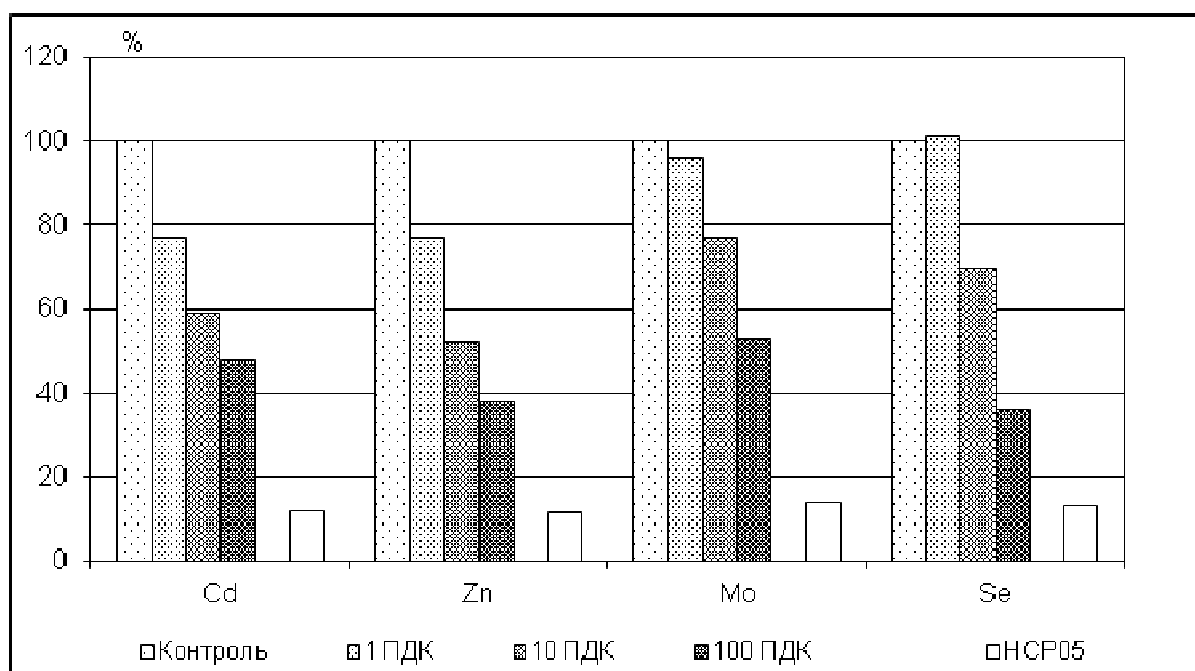


Рис. 5. Влияние загрязнения дерново-карбонатной почвы Zn, Cd, Mo, Se на длину корней редиса, % от контроля

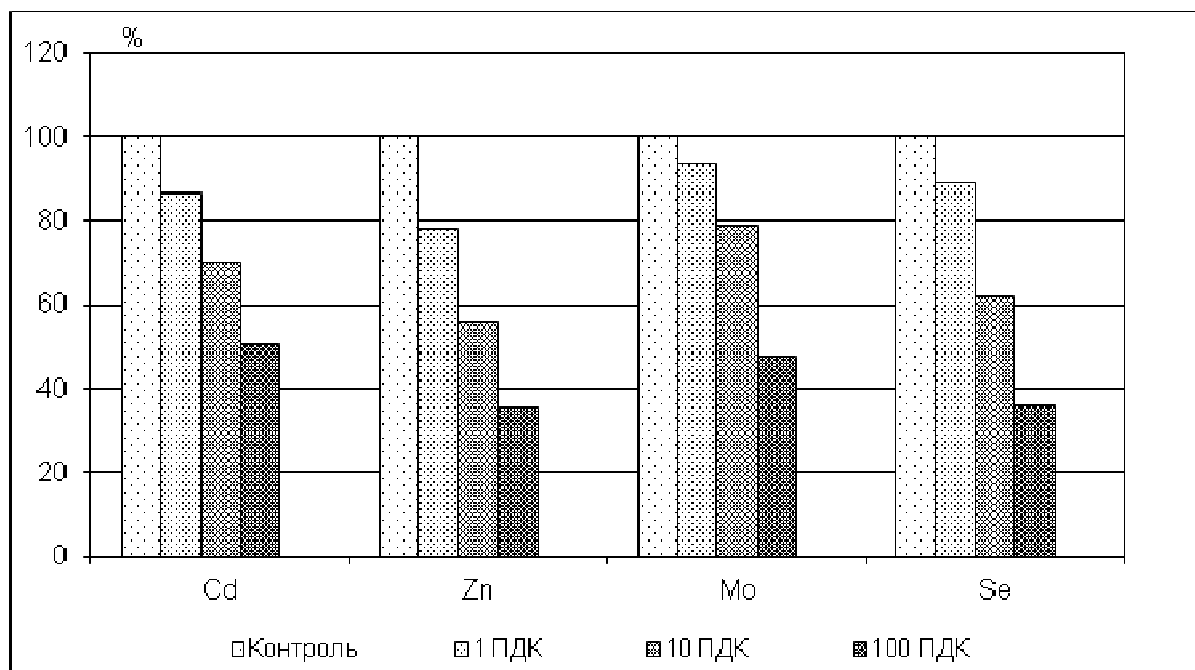


Рис. 6. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Сена ИПБС дерново-карбонатной почвы, % от контроля

Аналогичные закономерности ухудшения биологического состояния почв Северо-Западного Кавказа были зафиксированы ранее при их загрязнении Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом [3-16].

Основные механизмы токсичности исследованных элементов определяются их способностью связываться с сульфгидрильными группами белков, в результате чего нарушается проницаемость клеточных мембран и происходит ингибирование ферментов [24].

Стимулирующее действие исследуемых элементов, наблюдающееся в ряде случаев, 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[25].

По степени токсичности исследованные элементы образовали следующий ряд по отношению к дерново-карбонатной почве: Zn>Se>Cd≥Mo.

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

Активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса могут быть использованы в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения почв Zn, Cd, Mo, Se.

ВЫВОДЫ

1. Загрязнение цинком, кадмием, молибденом и селеном вызывает ухудшение биологических свойств дерново-карбонатных почв Западного Кавказа. Как правило, степень снижения значений биологических показателей находится в прямой зависимости от концентрации в почве загрязняющего вещества.
2. По степени токсичности исследованные элементы образовали следующий ряд по отношению к дерново-карбонатной почве: Zn>Se>Cd≥Mo.

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. Громов Б.В., Павленко Г.В. Экология бактерий. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1989. 248 с.
4. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. 268 с.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
6. Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И. Атлас почв юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2010. 128 с.
7. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.
8. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Колесников С.И., Татлок Р.К. Устойчивость почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами. Майкоп: Изд-во «Магарин О.Г.», 2012. 160 с.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. Татлок Р.К., Колесников С.И. Изменение биологических свойств субальпийских почв Адыгеи при загрязнении нефтью, мазутом, бензином и соляной кислотой // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2011. № 1 (76). С. 114-118.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. 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.

25. 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. Gromov B.V., Pavlenko G.V. Jekologija bakterij. L.: Izd-vo Leningradskogo universiteta, 1989. 248 s.
4. D'jachenko V.V. Geohimija, sistematika i ocenka sostojanija landshaftov Severnogo Kavkaza. Rostov-na-Donu: Izdatel'skij centr «Kompleks», 2004. 268 s.
5. Kabata-Pendias A., Pendias X. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah. M.: Mir, 1989. 439 s.
6. Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Kolesnikov S.I. Atlas pochv juga Rossii. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2010. 128 s.
7. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.
8. Kas'janenko A.A. Kontrol' kachestva okruzhajushhej sredy. M.: Izd-vo RUDN, 1992. 136 s.
9. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Vlijanie zagrjaznenija tjzhely mimetallami na jekologo-biologicheskie svojstva chernozema obyknovennoho // Jekologija. 2000. № 3. S. 193-201.
10. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Tlehas Z.R. Ustojchivost' pochv Respubliki Adygeja k himicheskomu zagrjazneniju. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2008. 156 s.
11. 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 zagrjazneniju tjzhelymi metallami, nef'tju i nefteproduktami // Sibirskijj ekologicheskij zhurnal. 2014. № 3. S. 493-500.
12. Kolesnikov S.I., Tatlok R.K. Ustojchivost' pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrjazneniju nef'tju i nefteproduktami. Majkop: Izd-vo «Magarin O.G.», 2012. 160 s.
13. 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 zagrjazneniju nef'tju i nefteproduktami // Doklady RASHN. 2013. № 1. S. 30-34.
14. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Izmenenie biologicheskijh svojstv pochv Adygei pri himicheskom zagrjaznenii // Pochvovedenie. 2009. № 12. S. 1499-1505.
15. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Rotina E.N., Val'kov V.F. Vlijanie zagrjaznenija tjzhelymi metallami i nef'tju na biologicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo slitogo // Agrohimija. 2010. № 7. S. 62-67.
16. 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.
17. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika ustojchivosti buryh lesnyh pochv Severo-Zapadnogo Kavkaza k zagrjazneniju nef'tju i nefteproduktami // Vestnik Majkopskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. 2011. № 1. S. 31-35.

18. 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.

19. 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 tehnicheckie nauki. 2011. № 1 (76). S. 114-118.

20. Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika ustojchivosti seryhlesnyh pochv Adygei k zagrjazneniju neft'ju, mazutom, benzinom i dizel'nyntoplivom // Novyetechnologii. 2012. № 2. S. 94-97.

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

22. 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.

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

24. 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.

25. Sheudzhen A.H. Biogeohimija. Majkop: GURIPP «Adygeja», 2003. 1028 s.