

УДК [631.445.152:504] (470.6)

ББК 40.3

Б-63

*Татлок Джемальдин Русланович*, аспирант кафедры экологии и защиты окружающей среды экологического факультета ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет»; тел.: 8(961)818-78-35;  
e-mail: jemaldin@mail.ru.

*Колесников Сергей Ильич*, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологий Южного федерального университета; тел.: 8(918)555-09-04;  
e-mail: kolesnikov@sfnedu.ru.

*Казеев Камиль Шагидуллоевич*, доктор географических наук, профессор, профессор кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологий Южного федерального университета; тел. 8(961)269-15-48;  
e-mail: kazeev@sfnedu.ru.

*Татлок Руслан Кимович*, кандидат биологических наук, преподаватель кафедры землеустройства факультета аграрных технологий ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет»; тел.: 8(961)818-78-35;  
e-mail: jemaldin@mail.ru.

*Тлехас Зара Рамазановна*, кандидат биологических наук, заведующий кафедрой землеустройства факультета аграрных технологий ФГБОУ ВПО «Майкопский государственный технологический университет»; тел.: 8(961)818-78-35;  
e-mail: jemaldin@mail.ru.

*Яровая Екатерина Васильевна*, студентка кафедры экологии и природопользования Академии биологии и биотехнологий Южного федерального университета; тел.: 8(918)555-09-04; e-mail: kolesnikov@sfnedu.ru.

**БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ  
ЗАПАДНОГО КАВКАЗА ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ЦИНКОМ,  
КАДМИЕМ, МОЛИБДЕНОМ И СЕЛЕНОМ  
(рецензирована)**

*Биологическое состояние горно-луговых почв Западного Кавказа ухудшается при загрязнении цинком, кадмием, молибденом и селеном. Степень снижения значений биологических показателей, как правило, находится в прямой зависимости от концентрации в почве загрязняющего вещества. По степени токсичности к биологическим свойствам горно-луговой почвы исследованные элементы образуют следующую последовательность: Zn>Se> = Cd>Mo.*

*Ключевые слова:* горно-луговые почвы, загрязнение, цинк, кадмий, молибден, селен, биологическое состояние почвы.

*Tatlok Dzhemaldin Ruslanovich*, post graduate student of the Department of Ecology and Environmental Protection of the Ecological Faculty of FSBEI HPE «Maikop State Technological University», tel.: 8 (961) 818-78-35, e-mail: jemaldin@mail.ru.

*Kolesnikov Sergei Ilyich*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, head of the Department of Ecology and Environmental Sciences of the Academy of Biology and

Biotechnology of Southern Federal University, tel.: 8 (918) 555-09-04, e-mail: [kolesnikov@sfedu.ru](mailto:kolesnikov@sfedu.ru).

**Kazeev Camil Shagidullovich**, Doctor of Geographical Sciences, professor, professor of the Department of Ecology and Environmental Sciences of the Academy of Biology and Biotechnologies of Southern Federal University, tel.: 8 (961) 269-15-48, e-mail: [kazeev@sfedu.ru](mailto:kazeev@sfedu.ru).

**Tatlok Ruslan Kimovich**, Candidate of Biology, lecturer of the Department of Land Management of the Faculty of Agricultural Technologies of FSBEI HPE «Maikop State Technological University», tel.: 8 (961) 818-78-35, e-mail: [jemaldin@mail.ru](mailto:jemaldin@mail.ru).

**Tlekhas Zara Ramazanovna**, Candidate of Biology, head of the Department of Land Management of the Faculty of Agricultural Technologies of FSBEI HPE «Maikop State Technological University», tel.: 8 (961) 818-78-35, e-mail: [jemaldin@mail.ru](mailto:jemaldin@mail.ru).

**Yarovaya Yekaterina Vasilievna**, student of the Department of Ecology and Environmental Sciences of the Academy of Biology and Biotechnology of Southern Federal University, tel.: 8 (918) 555-09-04, e-mail: [kolesnikov@sfedu.ru](mailto:kolesnikov@sfedu.ru).

## **BIODIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF MOUNTAIN-MEADOW SOILS OF THE WESTERN CAUCASUS POLLUTED WITH ZINC, CADMIUM, MOLYBDENUM AND SELENIUM**

(reviewed)

*Biological condition of mountain - meadow soils of the Western Caucasus is deteriorated when polluted with zinc, cadmium, molybdenum and selenium. The degree of reduction of the values of biological indicators, as a rule, is directly dependent on the concentration of the pollutant in the soil. According to the degree of toxicity of the mountain-meadow soils the studied elements form the following sequence: Zn > Se > = Cd > Mo.*

*Keywords: mountain-meadow soils, pollution, zinc, cadmium, molybdenum, selenium, biological condition of the soil.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы антропогенная нагрузка на почвенный покров Западного Кавказа нарастает. Это связано с активным экономическим, рекреационным и туристическим развитием региона. При этом пределы устойчивости почв региона к различным антропогенным воздействиям исследованы недостаточно.

Особой чувствительностью и ранимостью к внешним воздействиям отличаются высокогорные почвы. Ранее была исследована устойчивость почв Западного Кавказа к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb (Тлехас, Колесников, 2007, 2011; Колесников и др., 2008, 2009, 2010), нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом (Татлок, Колесников, 2011, 2012; Колесников и др., 2010, 2011, 2014; Татлок, Тлехас, Колесников, 2012).

Цель настоящей работы – изучить влияние загрязнения цинком, кадмием, молибденом и селеном на биологические свойства горно-луговых почв Западного Кавказа.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В качестве объекта исследования была использована горно-луговая (субальпийская) почва. Место отбора – плато Лаго-Наки, Республика Адыгея. Исследуемая почва характеризуется высоким содержанием органического вещества в

верхнем горизонте – 11,6 %, кислой реакцией среды – рН = 5,3, среднесуглинистым гранулометрическим составом, низкой биологической активностью.

Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-20 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

В качестве загрязнителей были выбраны Zn, Cd, Mo, Se, поскольку загрязнение почв этими элементами на Юге России не редкость (Шеуджен, 2003; Дьяченко, 2004).

Цинк, кадмий и молибден вносили в почву в форме оксидов (ZnO, CdO, Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), селен – в форме селенистой кислоты (H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>). Именно в таких формах исследованные элементы чаще поступают в почву (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Изучали действие разных концентраций загрязняющих веществ в почве: 1, 10, 100 ПДК. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии (Касьяненко, 1992), 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.

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

Показатели биологической активности почв определяли через 30 суток после загрязнения с использованием общепринятых в биологии и экологии почв методов в модификации К.Ш. Казеева, С.И. Колесникова (2012). Оценивали активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длину корней редиса. На основе вышеуказанных показателей рассчитывали интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования было установлено, что загрязнение горно-луговой почвы Zn, Cd, Mo, Se привело к ухудшению ее состояния (рис. 1). Практически во всех случаях наблюдается достоверное снижение всех исследованных биологических показателей. Уменьшались активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая активность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса. Степень снижения зависла от природы элемента и его концентрации в почве.

Аналогичные закономерности ухудшения биологического состояния горно-луговых почв были зафиксированы ранее при их загрязнении Cr, Cu, Ni, Pb (Колесников и др., 2008, 2009), нефтью, бензином, мазутом и дизтопливом (Татлок, Колесников, 2011; Колесников и др., 2012, 2013).

Токсическое действие исследованных элементов объясняется их способностью связываться с сульфгидрильными группами белков, в результате чего нарушается проницаемость клеточных мембран и происходит ингибирование ферментов (Торшин и др., 1990).

По отношению горно-луговой почве исследованные элементы образовали следующую последовательность по степени токсичности: Zn>Se> = Cd>Mo. Схожий ряд элементов по степени их токсичности был получен ранее на черноземе обыкновенном (Колесников и др., 2010).

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

биологических показателей.

Использованные в работе биологические показатели состояния почвы, (активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, длина корней редиса), подтвердили свое соответствие необходимым требованиям, предъявляемым к показателям, используемым для мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения почв. Они отличаются высокой информативностью и чувствительностью, достаточной воспроизводимостью, допустимым варьированием, небольшой ошибкой опыта, простотой, малой трудоемкостью, высокой скоростью и широкой распространенностью методов определения.

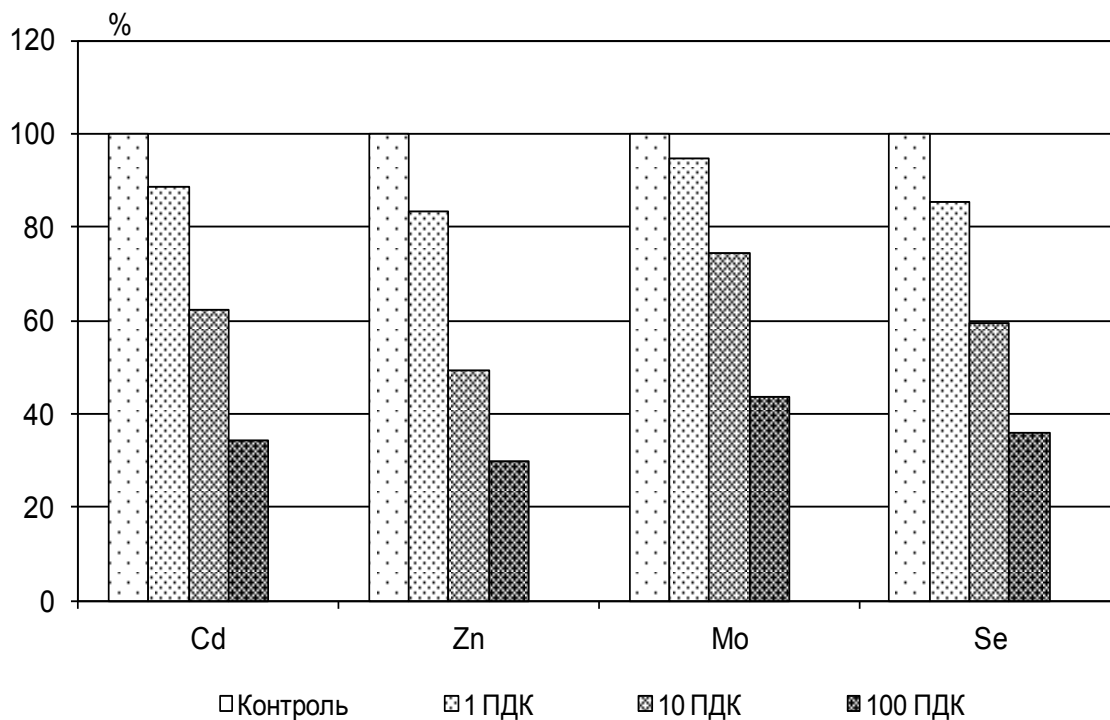


Рис. 1. Влияние загрязнения Zn, Cd, Mo, Se на ИПБС горно-луговой почвы Западного Кавказа, % от контроля

## ВЫВОДЫ

1. Загрязнение цинком, кадмием, молибденом и селеном вызывает ухудшение биологических свойств горно-луговых почв Западного Кавказа. Степень снижения значений биологических показателей, как правило, находится в прямой зависимости от концентрации в почве загрязняющего вещества.

2. По степени токсичности к биологическим свойствам горно-луговой почвы исследованные элементы образуют следующую последовательность: Zn>Se> = 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. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Колесников С.И. [и др.]. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2007. 192 с.
2. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Западного Кавказа к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами / Колесников С.И. [и др.]

// Сибирский экологический журнал. 2014. №3. С. 493-500.

3. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами / Колесников С.И. [и др.] // Доклады РАСХН. 2013. №1. С. 30-34.

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

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

6. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении / Колесников С.И. [и др.] // Почвоведение. 2009. №12. С. 1499-1505.

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

8. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во 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., Татлок Р.К. Устойчивость почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами. Майкоп: Магарин О.Г., 2012. 160 с.

11. 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.

12. Оценка устойчивости почв Юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) / Колесников С.И. [и др.] // Почвоведение. 2010. №8. С. 995-1000.

13. Оценка устойчивости дерново-карбонатных почв Северного Кавказа к химическому загрязнению по биологическим показателям Колесников С.И. [и др.] // Экология и промышленность России. 2010. №12. С. 48-51.

14. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы / Колесников С.И. [и др.] // Доклады РАСХН. 2010. №1. С. 27-29.

15. 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. Вып. 1. С. 31-35.

16. 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.

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

18. 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. Вып. 2. С. 94-97.

19. 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. Вып. 2. С. 97-101.

20. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Влияние химического загрязнения на биологические свойства серых лесных почв Адыгеи // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. Вып. 4. С. 75-80.

21. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Влияние химического загрязнения на биологические свойства серых лесных почв Адыгеи // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. Вып. 4. С. 75-80.

22. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Изменение биологических свойств бурых лесных почв Адыгеи при химическом загрязнении // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. №5. С. 89-91.

23. Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. Микроэлементы, экология и здоровье человека // Успехи современной биологии. 1990. Т. 109, вып. 2. С. 279-292.

24. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению / Колесников С.И. и др. // Экология. 2010. №5. С. 357-364.

25. Устойчивость почв Республики Адыгея к химическому загрязнению / Колесников С.И. [и др.]. Ростов н/Д: Эверест, 2008. 156 с.

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

#### **References:**

1. *Biodiagnostics of ecological condition of soils contaminated with petroleum and petroleum products / Kolesnikov S.I. Rostov N: Rostizdat, 2007. 192 p.*

2. *Biodiagnostics of the stability of brown forest soils of the Northwest Caucasus to the heavy metal, oil and oil-product pollution / Kolesnikov S.I. // Siberian Ecological Journal. 2014. № 3. P. 493-500.*

3. *Biodiagnostics of stability of foothill and mountain soils of the Western Caucasus to the oil pollution / Kolesnikov S.I. // Reports of the RAAS. 2013. № 1. pp 30-34.*

4. *Effect of heavy metal and oil pollution on the biological properties of leached chernozem fusion / Kolesnikov S.I. // Agrochemistry. 2010. № 7. p. 62-67.*

5. *Dyachenko V.V. Geochemistry, taxonomy and assessment of landscapes of the North Caucasus. Rostov-on-Don: Complex, 2004. 268 p.*

6. *Changes in biological soil properties of Adyghea at chemical pollution / Kolesnikov S.I. // Soil science. 2009. № 12. P. 1499-1505.*

7. *Kabata-Pendias A., Pendias X. Trace elements in soils and plants. M.: Mir, 1989. 439 p.*

8. *Kazeev K.S., Kolesnikov S.I. Biodiagnostics of soil: methodology and research methods. Rostov-on-Don: SFU Publishing house, 2012. 260 p.*

9. *Kasyanenko A.A. Control of the environment. M.: Publishing House of the People's Friendship University, 1992. 136 p.*

10. *Kolesnikov S.I., Tatlok R.K. Stability of soils of the Western Caucasus to oil pollution. Maikop: Magarin O.G., 2012. 160 p.*

11. *Kolesnikov S.I., Kazeev K.S., Valkov V.F. Effect of heavy metal pollution on the ecological and biological properties of ordinary chernozem // Ecology. 2000. № 3. P. 193-201.*

12. *Evaluation of South Russian soils resistance to fuel pollution according to biological indicators (in a model experiment) / Kolesnikov S.I. // Soil science. 2010. № 8. P. 995-1000.*

13. *Estimation of resistance of carbonate soils of North Caucasus to chemical pollution according to biological indicators // Ecology and Industry of Russia. 2010. № 12. P. 48-51.*

14. Ranking of chemical elements according to their degree of environmental risk to soils / Kolesnikov S.I. // *Reports of the RAAS*. 2010. № 1. P. 27-29.
15. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. *Biodiagnostics of the stability of brown forest soils of Adyghea to oil, fuel oil, gasoline and diesel fuel pollution* // *Bulletin of MSTU*. 2011. № 2. P. 31-35.
16. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. *Influence of oil and oil products pollution on the biological properties of fused chernozem* // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2011. № 4 (31). P. 119-121.
17. Tatlok R.K., Kolesnikov S.I. *Change of the biological properties of subalpine soils of Adyghea at oil, fuel oil, gasoline and diesel fuel pollution* // *Bulletin of Adygh State University. Series 4. Natural and mathematical and engineering sciences*. 2011. № 1 (76). P. 114-118.
18. Tatlok R.K., Tlekhas Z.R., Kolesnikov S.I. *The impact of oil, fuel oil, gasoline and diesel fuel pollution on the biological properties of calcareous soils of the Western Caucasus* // *New Technologies*. 2012. № 2. P. 97-101.
19. Tlekhas Z.R., Kolesnikov S.I. *The effect of chemical pollution on the biological properties of gray forest soils of Adyghea* // *Bulletin of Adygh Maikop State Technological University*. 2011. № 4. P. 75-80.
20. Tlekhas Z.R., Kolesnikov S.I. *The effect of chemical pollution on the biological properties of gray forest soils of Adyghea* // *Bulletin of Maikop State Technological University*. 2011. № 4. P. 75-80.
21. Tlekhas Z.R., Kolesnikov S.I. *Changing of the biological properties of brown forest soils of Adyghea at chemical pollution* // *Proceedings of Universiries. North-Caucasus. Natural sciences*. 2007. № 5. P. 89-91.
22. Torshin S.P., Udelnova T.M., Yagodyn B.A. *Microelements, ecology and human health* // *The successes of modern biology*. 1990. V. 109. № 2. P. 279-292.
23. *Resistance of the biological properties of soils of Southern Russia to oil pollution* / Kolesnikov S. I. // *Ecology*. 2010. № 5. p. 357-364.
24. *Resistance of the soils of the Republic of Adyghea to chemical pollution* / Kolesnikov S.I. Rostov on/D: Everest, 2008. 156 p.
25. Sheudzhen A. H. *Biogeochemistry*. Maikop: SIRPPP «Adyghea», 2003. 1028 p.