



УДК 50.53.054:631.445.4(470-13)

## БИОДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА РОССИИ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© 2011 **Ярославцев М.В., Колесников С.И.**  
Южный федеральный университет

По степени негативного воздействия на биологические свойства черноземов оксиды тяжелых металлов образуют следующий ряд:  $\text{CrO}_3 > \text{CuO} > \text{PbO} \geq \text{NiO}$ . Наибольшую устойчивость проявляют черноземы обыкновенные, меньшую – типичные, еще меньшую – южные, и наименьшую – выщелоченные слитые. Такая последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных черноземов – реакцией среды и содержанием органического вещества.

By the degree of negative impact on the biological properties of chernozem heavy metals oxides the following series:  $\text{CrO}_3 > \text{CuO} > \text{PbO} \geq \text{NiO}$ . Exhibit greater stability ordinary chernozems, lower – typical, even less – the southern, and the smallest – leached fused. Such a sequence is determined by genetic properties of the studied chernozems – the reaction of soil and the organic matter content.

**Ключевые слова:** черноземы, устойчивость, биодиагностика, загрязнение, тяжелые металлы.

**Keywords:** chernozems, sustainability, biodiagnostics, pollution, heavy metals.

Почвенный покров юга России характеризуется уникальным разнообразием черноземов (табл. 1). При этом они значительно различаются по эколого-генетическим свойствам, а соответственно и по устойчивости к антропогенным воздействиям, в том числе к загрязнению тяжелыми металлами. Однако эти различия ранее изучены не были. В то же время знание этих особенностей очень важно, поскольку значительные территории, занимаемые на юге России черноземами, могут существенно различаться по устойчивости к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, пестицидами и т.д. Это необходимо учитывать в сельскохозяйственной и природоохранной деятельности.

Цель работы – дать сравнительную оценку устойчивости разных типов и подтипов черноземов юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb по биологическим показателям (в модельном эксперименте). Для решения поставленных задач был заложен ряд модельных опытов. Названия, места отбора для модельных опытов и свойства использованных черноземов представлены в табл. 1. Использовали почву из слоя 0-25 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ. Исследовали Cr, Cu, Ni, Pb, так как именно этими металлами в значительной степени загрязнены почвы юга России [1]. Кроме того, выбранные тяжелые металлы (ТМ) интересны для сравнения – их ПДК составляют 100 мг/кг почвы. Используются разработанные в Германии значения ПДК [2]. Во-первых, потому, что ПДК в почве валового содержания Cu и Ni в России отсутствуют; во-вторых, «российская» ПДК Pb зачастую не может быть использована, так как ее значение часто меньше фоновое содержание Pb во многих почвах [3].

Изучали действие разных количеств ТМ в почве: 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно). ТМ вносили в почву в форме оксидов:  $\text{CrO}_3$ , CuO, NiO, PbO, так как их значительная доля поступает в почву именно в этой форме [4], а также использование оксидов ТМ позволяет исключить воздействие на свойства почвы сопутствующих анионов, как это происходит при внесении солей металлов. Почву инкубировали в вегетационных сосудах в трехкратной повторности при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости). Состояние почв определяли через 30 суток после загрязнения. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным [3].

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых методов [5]. Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели. На основе наиболее информативных биологических показателей определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы [3].



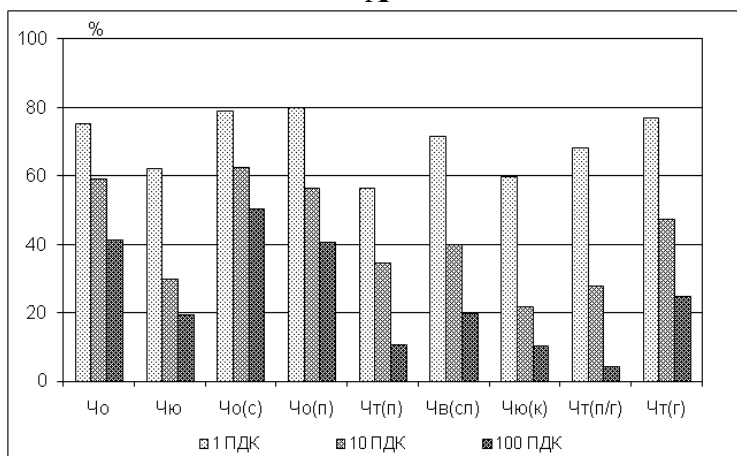
Таблица 1

Эколого-генетические и эколого-биологические характеристики черноземов юга России

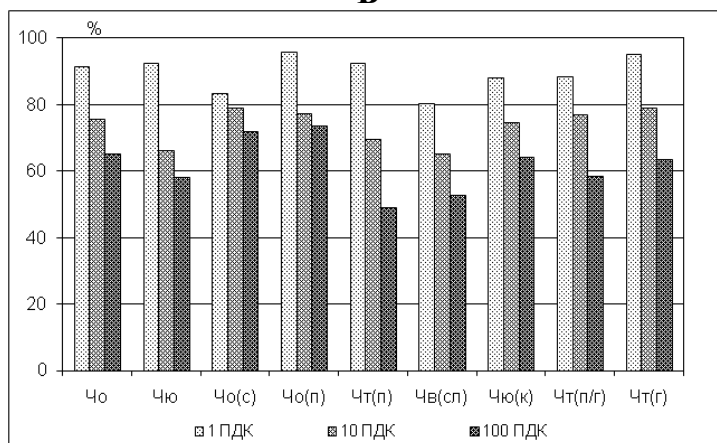
№	Почва	Условное обозначение почвы	Место отбора	Содержание гумуса, %	pH	Гранулометрический состав	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г почвы за 1 мин	Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/10 г почвы за 24 часа	Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i> , % оброста
1.	Черноземы обыкновенные	Ч <sub>о</sub>	Волгоградская область, Нехаевский район, окрестности п. Динамо	5,1	8,1	Тяжелосуглинистый	7,3	17,3	100
2.	Черноземы южные	Ч <sub>ю</sub>	Ростовская область, Каменский район, окрестности г. Каменск-Шахтинский	4,0	7,9	Тяжелосуглинистый	6,3	14,7	88
3.	Черноземы обыкновенные (североприазовские)	Ч <sub>о(с)</sub>	Ростовская область, район, окрестности п. Персиановский	4,0	7,6	Тяжелосуглинистый	8,4	17,5	100
4.	Черноземы обыкновенные (предкавказские)	Ч <sub>о(п)</sub>	Краснодарский край, Кущевский район, окрестности с. Кущевское	4,6	7,9	Тяжелосуглинистый	8,8	17,1	100
5.	Черноземы типичные (предкавказские)	Ч <sub>т(п)</sub>	Краснодарский край, Усть-Лабинский район, окрестности г. Усть-Лабинск	3,5	6,9	Тяжелосуглинистый	4,4	14,8	100
6.	Черноземы выщелоченные слитые	Ч <sub>в(сл)</sub>	Республика Адыгея, Красногвардейский район, окрестности с. Белое	5,1	6,3	Глинистый	8,2	13,6	94
7.	Черноземы южные (каштановые)	Ч <sub>ю(к)</sub>	Краснодарский край, Анапский район, окрестности п. Джигинка	3,2	7,7	Тяжелосуглинистый	3,3	16,6	86
8.	Черноземы типичные (предгорные)	Ч <sub>т(п/г)</sub>	Ставропольский край, Шпаковский район, окрестности с. Московское	3,3	8,3	Тяжелосуглинистый	5,2	14,3	100
9.	Черноземы типичные (горные)	Ч <sub>т(г)</sub>	Ставропольский край, Предгорный район, окрестности г. Кисловодск	5,3	6,8	Тяжелосуглинистый	7,7	15,2	91



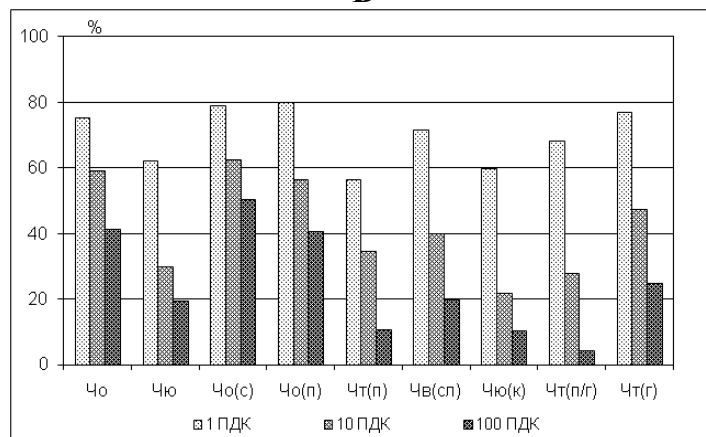
**А**

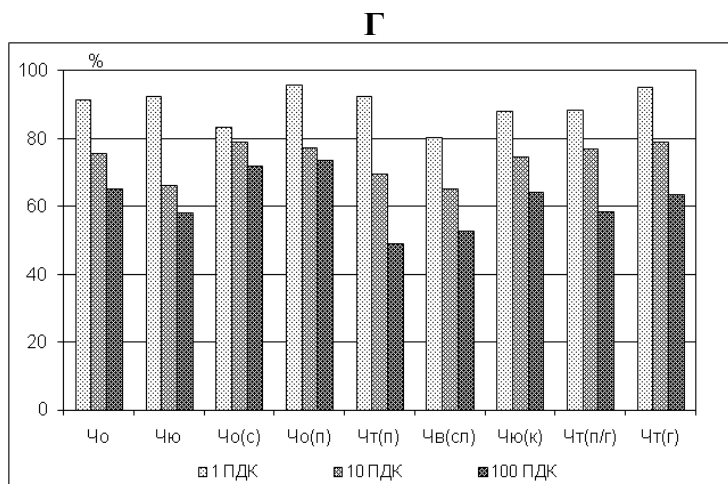


**Б**



**В**





**Рис. 1.** Изменение ИПБС (% от контроля) черноземов юга России при загрязнении:

А – хромом; Б – медью; В – никелем; Г – свинцом.

*Условные обозначения:* Чо – черноземы обыкновенные; Чю – черноземы южные; Чо(с) – черноземы обыкновенные (североприазовские); Чо(п) – черноземы обыкновенные (предкавказские); Чт(п) – черноземы типичные (предкавказские); Чв(сл) – черноземы выщелоченные слитые; Чю(к) – черноземы южные (каштановые); Чт(п/г) – черноземы типичные (предгорные); Чт(г) – черноземы типичные (горные).

В результате исследований установлено, что загрязнение исследованных черноземов оксидами ТМ приводит к ухудшению их состояния. В большинстве случаев наблюдалось достоверное уменьшение всех исследованных показателей, причем уменьшение зависело от природы элемента, его содержания в почве и свойств почвы.

По отношению к черноземам юга России оксиды ТМ образуют следующую последовательность:  $\text{CrO}_3 > \text{CuO} > \text{PbO} \approx \text{NiO}$ . Аналогичная закономерность была получена ранее в исследованиях, проведенными по той же методике, с другими почвами юга России: серыми и бурыми лесными, каштановыми, бурыми полупустынными, дерново-карбонатными, песчаными и др. [6, 7]. В большинстве случаев для всех исследованных ТМ зарегистрирована прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.

Черноземы юга России имеют неодинаковую устойчивость биологических свойств к загрязнению ТМ (рис. 1). Они образуют определенные ряды по степени ухудшения биологических свойств при загрязнении разными ТМ (ряды усреднены по дозам загрязняющего вещества): при загрязнении хромом:  $\text{Чо(с)} > \text{Чо} = \text{Чо(п)} > \text{Чт(г)} > \text{Чв(сл)} > \text{Чю} > \text{Чт(п/г)} = \text{Чт(п)} > \text{Чю(к)}$ ; при загрязнении медью:  $\text{Чо(п)} \approx \text{Чо(с)} = \text{Чт(г)} \approx \text{Чо} \approx \text{Чю(к)} \approx \text{Чт(п/г)} > \text{Чю} \approx \text{Чт(п)} \approx \text{Чв(сл)}$ ; при загрязнении никелем:  $\text{Чо} = \text{Чт(п/г)} > \text{Чо(с)} \approx \text{Чт(г)} \approx \text{Чо(п)} > \text{Чт(п)} = \text{Чю(к)} \approx \text{Чю} > \text{Чв(сл)}$ ; при загрязнении свинцом:  $\text{Чт(п/г)} > \text{Чо} \approx \text{Чо(п)} = \text{Чт(п)} = \text{Чт(г)} \approx \text{Чю} \approx \text{Чю(к)} \approx \text{Чо(с)} > \text{Чв(сл)}$ . По степени ухудшения биологических свойств при загрязнении ТМ (в среднем) черноземы юга России образуют следующую последовательность:  $\text{Чо} = \text{Чо(с)} = \text{Чо(п)} > \text{Чт(г)} \approx \text{Чт(п/г)} > \text{Чт(п)} = \text{Чю} = \text{Чю(к)} > \text{Чв(сл)}$ . То есть, наибольшую буферную способность к загрязнению ТМ проявляют черноземы обыкновенные, меньшую – типичные, еще меньшую – южные, и наименьшую – выщелоченные слитые. В целом такая последовательность устойчивости черноземов определяется их эколого-генетическими свойствами (табл. 1).

Устойчивость почв к загрязнению ТМ зависит, прежде всего, от гранулометрического состава, кислотности почв и содержания гумуса. Именно эти факторы определяют подвижность ТМ в почве, соответственно, и степень влияния на биологические свойства почвы. По гранулометрическому составу все исследованные черноземы практически не отличаются друг от друга. Соответственно буферность зависела от комбинации двух других параметров – кислотности почвы и содержания в ней гумуса. Чем выше значение рН и больше гумуса, тем устойчивее почва к загрязнению ТМ. Так черноземы обыкновенные обладают и высоким содержанием гумуса, и высокими значениями рН, что обуславливает их большую буферность к загрязнению, чем черноземов южных и типичных. Наиболее



низким значением pH (6,3) из исследованных черноземов обладают черноземы выщелоченные слитые. Вследствие этого, даже несмотря на высокое содержание гумуса (5,1%), они проявили наименьшую устойчивость к загрязнению ТМ. Это же касается и черноземов горных — на фоне высокого содержания гумуса (5,3%), они имеют невысокие значения реакции среды (pH=6,8). Поэтому они не столь устойчивы как другие черноземы, менее гумусированные, но более «щелочные».

#### Библиографический список

1. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. — Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. — 268 с.
2. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. — М.: Изд-во РУДН, 1992. — 136 с.
3. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. — Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. — 385 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. — М.: Мир, 1989. — 439 с.
5. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. — Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. — 204 с.
6. 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.
7. Спивакова Н.А., Колесников С.И. Устойчивость почв сухих степей и полупустынь Юга России к химическому загрязнению // Биологическая диагностика экологического состояния почв Юга России / Отв. редактор К.Ш. Казеев. — Ростов-на-Дону. Изд-во «Эверест», 2010. — С. 213-231.

#### Bibliography

1. Diyachenko V.V. Geochemistry, taxonomy and assessment of the landscapes of the northern Caucasus. — Rostov. Pub.: "Complex" 2004. - p. 268.
2. Kasiyanenko A.A. Quality control of the environment. - Moscow: Pub.: People's Friendship University 1992. - p.136.
3. Kolesnikov S.I., Isakov K. Sh., Valikov V.F. Ecological status and functions of soils under conditions of chemical pollution. — Rostov. Pub.:Rostizdat 2006 — p.385.
4. Kabata-Pendias A., Pendias H. Microelements in soils and plants. — M: Mir 1989. — p. 439
5. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valikov V.F. The biological diagnosis and indication of soil: a methodology and research methods.- Rostov. Pub: Rostov University 2003. p.204.
6. Kolesnikov S.I., Tlekhas Z.R., Kazeev K.Sh., Valikov V.F. Change the biological properties of soil under condition chemical pollution in Adygea // Soil Science. 2009. № 12. - p. 1499-1505.
7. Spivakov N.A., Kolesnikov S.I. Stability of soils of dry steppes and semidesert of the southern Russia to chemical pollution // Biological diagnosis of the ecological status of soils of South Russia / Ed. Editor. Kazeev K.Sh. — Rostov Pub: "Everest", 2010. - p.213-231.