

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЧЕРНОЗЕМА  
ЮЖНОГО ПОЛУОСТРОВА КРЫМ К  
ЗАГРЯЗНЕНИЮ НЕФТЬЮ И ТЯЖЕЛЫМИ  
МЕТАЛЛАМИ ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ  
ПОКАЗАТЕЛЯМ\***

**EVALUATION OF RESISTANCE OF BLACK  
SOILS OF THE CRIMEA TO POLLUTION  
WITH OIL AND HEAVY METALS USING  
BIOLOGICAL INDICATORS**

Вернигорова Наталья Александровна  
студент

Vernigorova Natalia Alexandrovna  
student

Колесников Сергей Ильич  
д.с.-х.н, профессор

Kolesnikov Sergey Ilich  
Dr.Sci.Agr., professor

Казеев Камил Шагидуллоевич  
д.г.н, профессор

Kazeev Kamil Shagidulloevich  
Dr.Sci.Geogr., professor

Яровая Екатерина Васильевна  
студент

Yarovaya Ekaterina Vasilevna  
student

Акименко Юлия Викторовна  
ассистент

Akimenko Yuliya Viktorovna  
assistant

Козунь Юлия Сергеевна  
ассистент

Kozun Yuliya Sergeevna  
assistant

Мясникова Маргарита Алексеевна  
ассистент

Myasnikova Margarita Alekseevna  
assistant

Антонова Ольга Дмитриевна  
студент  
*Южный федеральный университет*

Antonova Olga Dmitrievna,  
student  
*Southern Federal University*

Дана оценка устойчивости чернозема южного полуострова Крым к загрязнению тяжелыми металлами (Pb, Cu, Cr, Ni) и нефтью по биологическим показателям

This article presents an assessment of the stability of the black soil of the Crimea to contamination with heavy metals (Pb, Cu, Cr, Ni) and oil using biological indicators

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, НЕФТЬ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ЧЕРНОЗЕМ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ФАЦИИ (ЮЖНЫЙ)

Keywords: POLLUTION, HEAVY METALS, OIL, BIOLOGICAL PROPERTIES, SOUTH EAST EUROPEAN BLACK SOIL

## ВВЕДЕНИЕ

Черноземы восточно-европейской фации (южные) распространены в центральных областях европейской России, Поволжье, в Крыму. Южные черноземы формируются под типчаково-ковыльной растительностью, встретить их можно в южной части степной зоны [1, 2].

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

Среди множества проблем, стоящих в настоящее время перед человечеством одно из первых мест занимает проблема загрязнения окружающей среды различными химическими веществами - продуктами техногенеза, большая часть которых накапливается в почве. Среди загрязнителей значительное место занимают тяжелые металлы, нефть и нефтепродукты. Основным фактором остроты этой экологической ситуации остается преобладание таких экологически опасных отраслей промышленности, как черная и цветная металлургия, химическая и горнодобывающая промышленность, машиностроение и другие.

Исходя из вышесказанного, цель настоящей работы — оценить устойчивость чернозема южного к загрязнению тяжелыми металлами (Pb, Cu, Cr, Ni) и нефтью по биологическим показателям.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать закономерности изменения биологических свойств чернозема южного в зависимости от природы и содержания загрязняющих веществ.
2. Оценить устойчивость чернозема южного к химическому загрязнению.
3. Выявить наиболее токсично действующий загрязнитель.
4. Определить возможность и целесообразность использования тех или иных эколого-биологических показателей в целях мониторинга, диагностики и нормирования чернозема южного.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для реализации поставленных задач был заложен ряд модельных опытов. Объектом исследования явился чернозем восточно-европейской фации (южный). (Полуостров Крым, Пашня). Данная почва попала под исследовательский интерес, поскольку ранее с конкретной почвой подобные исследования не проводились.

Для проведения анализа устойчивости к загрязнению нефтью и тяжелыми металлами по биологическим показателям (в модельном эксперименте)

вышеупомянутая почва была отобрана из верхнего слоя почвы 0-25 см, поскольку именно в нем происходит основное накопление токсикантов. [3].

В качестве токсикантов были выбраны оксиды четырех металлов - PbO, CuO, CrO<sub>3</sub>, NiO. Оксидная форма тяжелых металлов выбрана из-за того, что значительная доля ТМ поступает в почву именно в форме оксидов. Использование оксидов ТМ позволяет исключить воздействие на свойства почвы сопутствующих анионов, как это происходит при внесении солей металлов.

Выбранными тяжелыми металлами в значительной степени загрязнены почвы на Юге России. Кроме того, выбранные ТМ интересны для сравнения - их ПДК (предельно допустимая концентрация) составляют 100 мг/кг почвы. Используются значения ПДК, разработанные в Германии. Поскольку ПДК в почве общего (валового) содержания меди и никеля в России отсутствуют, и «российская» ПДК свинца зачастую не может быть использована, так как содержания этого элемента во многих почвах меньше.

Также, была выбрана нефть, для которой, тоже не разработана ПДК в почве, поэтому ее содержание в почве выражали в процентах.

Изучали действие разных количеств загрязняющих веществ в почве: ТМ — 1, 10, 100 ПДК (100, 1000 и 10000 мг/кг соответственно), нефть — 1, 5, 10 % от массы почвы в одном модельном варианте. Сравнение между собой токсического действия тяжелых металлов и нефти представляется нецелесообразным, поскольку корректное сопоставление их концентрации в почве невозможно. [4, 5, 6].

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Установлено, что при оценке химического воздействия на почву, ее состояние необходимо определять через 30 суток после загрязнения, для получения наиболее точных данных [7].

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых методов в биологии, экологии и почвоведении [9]. В качестве биологических показателей состояния почвы были выбраны следующие анализы: активность ферментов каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий рода *Azotobacter*, целлюлозолитическая активность, фитотоксические свойства почвы. На основе наиболее информативных биологических показателей определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы (Рис.6) (Колесников С.И., 2006). Он был рассчитан по показателям: активности ферментов каталазы и дегидрогеназы, обилию обрастания почвенных комочков бактериями рода *Azotobacter*, целлюлозолитической активности, длине корней редиса (фитотоксичности).

Для объединения большого количества показателей была разработана методика определения интегрального показателя биологического состояния почвы (ИПБС) [9]. Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования было установлено, что при загрязнении чернозема южного ТМ и нефтью его состояние ухудшается, наблюдалось достоверное снижение исследованных биологических показателей: целлюлозолитической активности, обилия бактерий рода *Azotobacter*, длины корней редиса, активности ферментов каталазы и дегидрогеназы и интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС).

Дегидрогеназа оказалась более чувствительной к действию загрязнителей, чем каталаза. По степени влияния ТМ на активность фермента каталаза в черноземе южном эти элементы образуют следующий ряд: Cr > Pb > Cu > Ni, а на активность дегидрогеназы – Cr > Cu > Ni > Pb. (рис. 1,2)

Было установлено, что в зависимости от природы, токсиканты и их концентрации в почве оказывают угнетающее действие на прорастание растения. Наибольшее угнетение в прорастании оказал Cr. По степени влияния загрязняющих веществ на фитотоксичность эти элементы образуют следующий ряд:  $Cr > Ni > Cu > Pb$ .

Нефть показала себя в случае с прорастанием и всхожестью как, сильный токсикант. Так же было отмечено, что загрязнение исследуемыми ТМ и нефтью, в первую очередь, отражается на уменьшении всхожести, чем на длине корней. (рис. 3)

В результате исследования было установлено, что при загрязнении данной почвы Cr подавление бактерий наблюдалось в большей степени. По уровню влияния ТМ на активность бактерий рода *Azotobacter* в черноземе южном данные элементы образуют следующий ряд:  $Cr > Pb Ni > Cu$ . (рис. 4)

С повышением концентрации ТМ в почве снижается её целлюлозолитическая активность. Cr оказал сильное токсическое действие. Он практически полностью подавил целлюлозолитическую способность почвы. По степени влияния ТМ на целлюлозолитическую активность эти элементы образуют следующий ряд:  $Cr > Cu > Pb > Ni$ . (рис. 5)

Исходя из того, что ПДК всех четырех исследованных ТМ одинаковы (100 мг/кг), возможно корректное сравнение их токсического действия по отношению к исследованным биологическим показателям. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее негативное воздействие на состояние почвы оказал хром. Медь, никель и свинец проявили меньшее по силе воздействие.

Таким образом, ряд ТМ по степени негативного воздействия на чернозем южный выглядит следующим образом:  $Cr > Cu \geq Pb \geq Ni$ .

Ранее схожие закономерности были получены ранее для других почв юга России. Вне зависимости от типа почвы хром всегда оказывал более сильное негативное воздействие, чем другие ТМ. При этом Cu, Ni, Pb, прояв-

ляющие схожую степень токсичности, на разных почвах занимают разные места в ряду токсичности друг относительно друга [10-12].

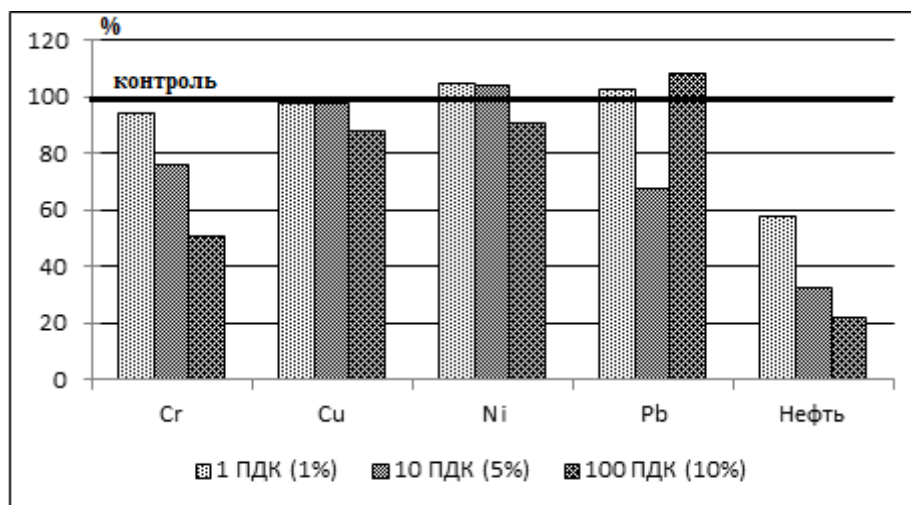


Рис.1 Влияние химического загрязнения чернозема южного на активность каталазы.

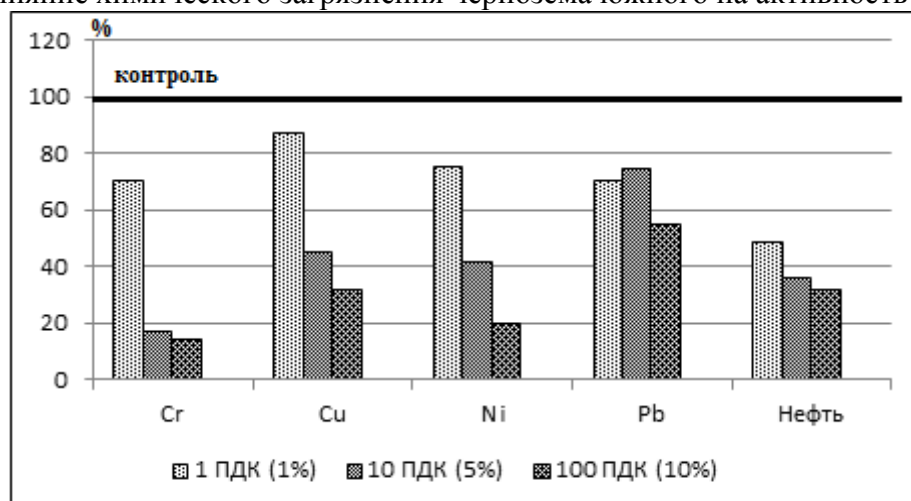


Рис.2 Влияние химического загрязнения чернозема южного на активность дегидрогеназы.

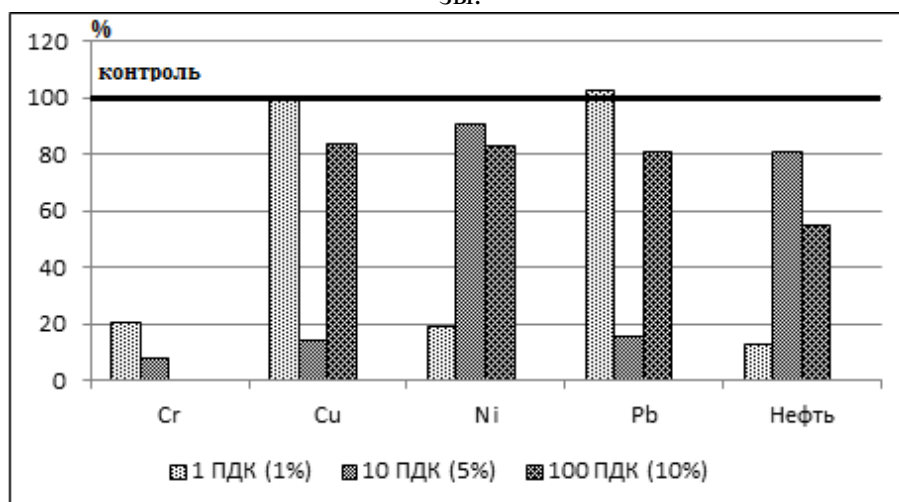


Рис.3 Влияние химического загрязнения чернозема южного на длину корней.

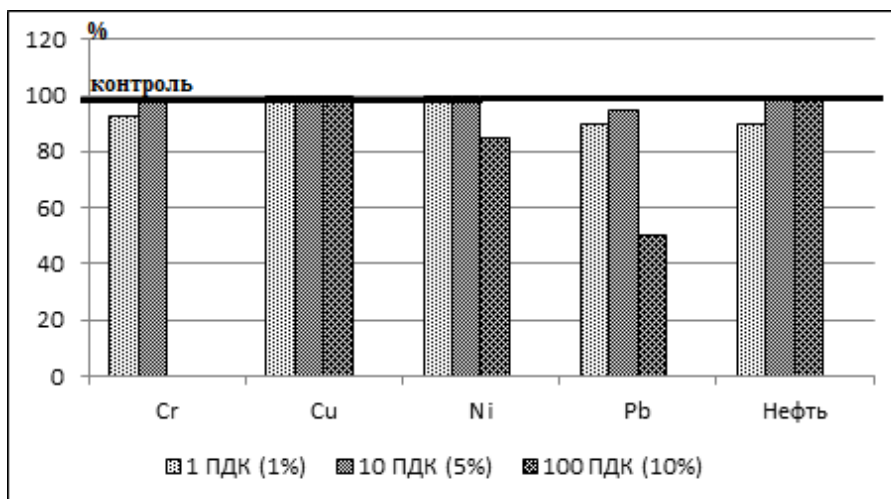


Рис.4 Влияние химического загрязнения чернозема южного на активность бактерий р. Azotobacter.

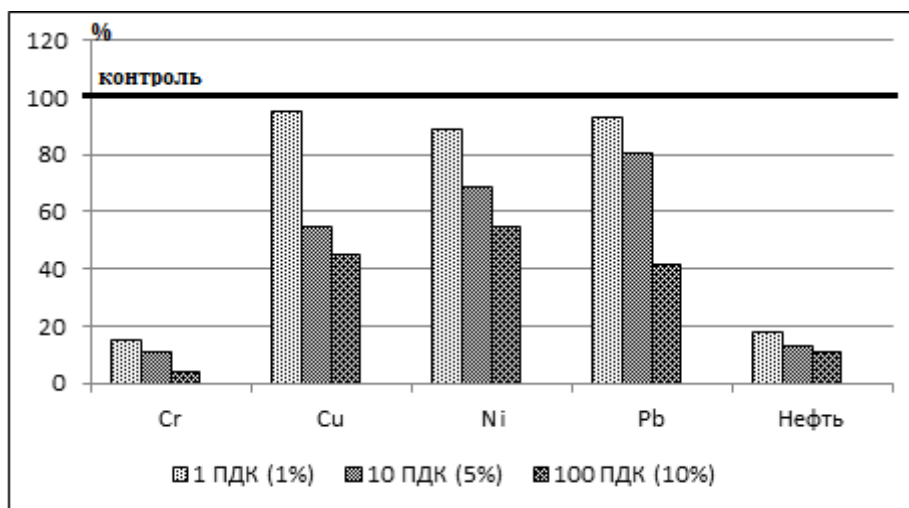


Рис.5 Влияние химического загрязнения чернозема южного на целлюлозолитическую активность.

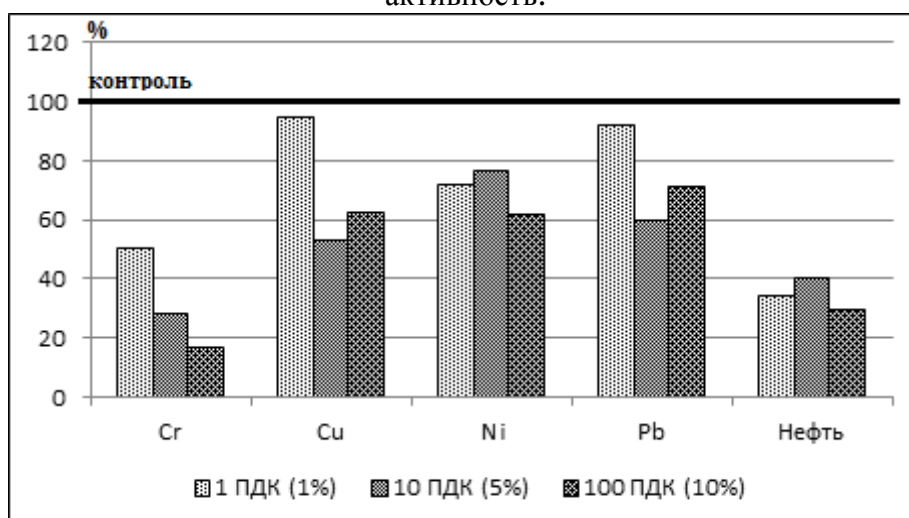


Рис. 6 ИПБС

Говорить о сравнении между собой токсического действия ТМ и нефти неверно, так как невозможно корректно сопоставить их концентрации в почве.

Зарегистрирована прямая зависимость между концентрацией в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.

Объяснить причины негативного воздействия на биологические свойства почв ТМ и нефтью возможно следующим образом.

При загрязнении нефтью почвы, происходит обволакивание нефтяными углеводородами почвенных частиц, содержанием в нефти тяжелых металлов, ароматических углеводородов, в частности фенолов, накоплением в почве продуктов окисления углеводородов, таких как гексадециловый спирт, пальмитиновая, бензойная, салициловая кислоты и др., значительным увеличением соотношения C:N и др. [13].

Что касается ТМ, то они связываются с сульфгидрильными группами белков, в результате чего с одной стороны подавляется синтез белков, в том числе и ферментов, с другой стороны нарушается проницаемость биологических мембран. И то, и другое, в конечном счете, приводит к нарушению обмена веществ [14].

«Средний» уровень биологической активности и оструктуренности исследованного чернозема южного определил «средний» уровень ее устойчивости к нефтяному загрязнению.

Эксперимент показал, что использованные в работе показатели биологического состояния почв, можно рекомендовать к использованию в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения черноземов южных.

## ВЫВОДЫ

Загрязнение чернозема южного Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью привело к ухудшению ее состояния: наблюдалось достоверное снижение всех исследованных биологических показателей.



Степень снижения данных показателей зависела от ряда факторов: природы загрязняющего вещества и его концентрации в почве. Во многих случаях наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы.

Наиболее значительное негативное воздействие оказал хром:  $Cr > Cu \geq Pb \geq Ni$ . Медь, свинец и никель проявили меньшее по силе воздействие.

«Средний» уровень биологической активности и оструктуренности исследованного чернозема южного определил «средний» уровень его устойчивости к нефтяному загрязнению.

Использованные в работе показатели биологического состояния почв, можно рекомендовать к использованию в целях мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения коричневых почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И. Атлас почв юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2010. 128 с.
3. Бирагова Н.Ф. Основные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду. Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. № 6. С. 35-36.
4. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс». 2004. 268 с.
5. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». 2003. 1028 с.
6. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН. 1992. 136 с.
7. 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.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.
9. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.
10. Колесников С.И., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1094-1101.
11. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств разных подтипов

черноземов юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb (в модельном эксперименте) // Почвоведение. 2013. № 2. С. 195-200.

12. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Самохвалова Л.С., Кутузова И.В., Налета Е.В., Зубков Д.А., Казеев К.Ш. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема // Экология. 2014. № 3. С. 163-173.

13. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // Почвоведение. № 12. 1998. С. 1444-1448.

14. 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.

#### References

1. 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.

2. Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Kolesnikov S.I. Atlas pochv juga Rossii. Rostov n/D: Izd-vo «Jeverest», 2010. 128 s.

3. Biragova N.F. Osnovnye istochniki postuplenija tjazhelyh metallov v okruzhajushhuju sredu. Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. 2003. № 6. S. 35-36.

4. D'jachenko V.V. Geohimija, sistematika i ocenka sostojanija landshaftov Severnogo Kavkaza. Rostov-na-Donu: Izdatel'skij centr «Kompleks». 2004. 268 s.

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

6. Kas'janenko A.A. Kontrol' kachestva okruzhajushhej sredy. M.: Izd-vo RUDN. 1992. 136 s.

7. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Vlijanie zagrjaznenija tjazhelymi metallami na jekologo-biologicheskie svojstva chernozema obyknovenного // Jekologija. 2000. № 3. S. 193-201.

8. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / Pod. red. D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU. 1991. 304 s.

9. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.

10. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Vlijanie model'nogo zagrjaznenija Cr, Cu, Ni, Pb na biologicheskie svojstva pochv suhих stepej i polupustyn' juga Rossii // Pochvovedenie. 2011. № 9. S. 1094-1101.

11. Kolesnikov S.I., Jaroslavcev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Sravnitel'naja ocenka ustojchivosti biologicheskikh svojstv raznyh podtipov chernozemov juga Rossii k zagrjazneniju Cr, Cu, Ni, Pb (v model'nom jeksperimente) // Pochvovedenie. 2013. № 2. S. 195-200.

12. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Samohvalova L.S., Kutuzova I.V., Naleta E.V., Zubkov D.A., Kazeev K.Sh. Ocenka jekotoksichnosti tjazhelyh metallov i nefи po biologicheskim pokazateljam chernozema // Jekologija. 2014. № 3. S. 163-173.

13. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Haziev F.H. Aktivnost' karbogidraz v nefitezagrjaznennyh pochvah // Pochvovedenie. № 12. 1998. S. 1444-1448.

14. 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.