

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

**БИОДИАГНОСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ
КОРИЧНЕВОЙ КАРБОНАТНОЙ ПОЧВЫ
ЗАПОВЕДНИКА «УТРИШ» К ХИМИЧЕСКОМУ
ЗАГРЯЗНЕНИЮ ***

**BIO-DIAGNOSTICS OF STABILITY OF
BROWN CALCAREOUS SOIL OF UTRISH
NATURAL RESERVE TO CHEMICAL
POLLUTION**

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

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

Вернигорова Наталья Александровна
Магистр

Vernigorova Natalia Alexandrovna,
Master's Degree Student

Кузина Анна Андреевна
Аспирант

Kuzina Anna Andreevna,
Graduate student

Лаптинова Алена Сергеевна
Аспирант

Laptinova Alena Sergeevna,
Graduate student

Казеев Камил Шагидуллович
д.г.н, профессор
РИНЦ Author ID=86018
Scopus Author ID: 7005896165
Южный федеральный университет, Россия

Kazeev Kamil Shagidullovich
Dr.Sci.Geogr., professor
RSCI Author ID=86018
Scopus Author ID: 7005896165
Southern Federal University, Russia

В настоящей работе был проведен ряд модельных экспериментов по исследованию химического загрязнения коричневой карбонатной почвы. Дана оценка устойчивости коричневой карбонатной почвы заповедника «Утриш» к загрязнению тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb) и нефтью по биологическим показателям. Загрязнение коричневой карбонатной почвы Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью вызывает достоверное снижение биологических показателей. Степень снижения зависит от природы загрязняющего вещества и его концентрации в почве. Исследование показало, что применяемые в работе показатели биологического состояния почв, можно рекомендовать к использованию в целях диагностики, мониторинга, и нормирования химического загрязнения коричневых почв. По степени устойчивости к химическому загрязнению, коричневые почвы России образуют следующий ряд: коричневая типичная \geq коричневая карбонатная \geq коричневая выщелоченная

In this article, we have presented a number of modeling experiments to investigate the chemical pollution of brown calcareous soil. It assesses the stability of brown calcareous soil of a nature reserve called Utrish to contamination with heavy metals in biological parameters. Pollution of brown calcareous soil with Cr, Cu, Ni, Pb and oil causes a significant reduction in biological parameters. The degree of reduction depends on the nature of the contaminant and its concentration in the soil. The study showed that the indicators used in the biological condition of the soil, could be recommended for use for diagnosis, monitoring, and regulation of chemical pollution of brown soil. According to the degree of resistance to chemical contamination, the brown soils of Russia form the following series: typical brown - brown carbonate - brown leached

Ключевые слова: ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, НЕФТЬ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, КОРИЧНЕВАЯ КАРБОНАТНАЯ ПОЧВА

Keywords: CHEMICAL POLLUTION, HEAVY METALS, OIL, BIOLOGICAL PROPERTIES, BROWN CALCAREOUS SOIL

* 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).

ВВЕДЕНИЕ

Одними из уникальных типов почв для России являются коричневые карбонатные почвы, расположенные в зоне сухих субтропиков (Вальков, 2008, Казеев, 2010). В связи с их отдаленностью от источников загрязнения, небольшой площадью распространения и незначительным использованием в аграрной сфере, они остаются менее изученными, в том числе и в плане своей устойчивости к химическому загрязнению.

Цель настоящей работы — оценить устойчивость коричневой карбонатной почвы к загрязнению тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb) и нефтью по биологическим показателям в условиях модельного эксперимента.

В соответствии с целью были определены следующие задачи:

1. Выявить закономерности изменения биологических свойств коричневой карбонатной почвы в зависимости от природы и концентрации загрязняющих веществ.
2. Оценить устойчивость коричневой карбонатной почвы к химическому загрязнению.
3. Определить возможность и целесообразность использования тех или иных эколого-биологических показателей в целях мониторинга, диагностики и нормирования данного типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе был проведен ряд модельных экспериментов по исследованию химического загрязнения коричневой карбонатной почвы. Образцы почвы были отобраны на территории Государственного природного заповедника «Утриш» (Краснодарский край, Анапский район). Использовали слой почвы 0–25 см, т.к. в этом слое почвы аккумулируется основное количество загрязняющих веществ (Кабата-Пендиас, 1989).

Почву подвергали загрязнению тяжелыми металлами (ТМ) и нефтью. Из ТМ исследовали Cr, Cu, Ni, Pb, т.к. их ПДК составляют 100 мг/кг почвы, и можно сравнивать их степень токсичности между собой. Кроме того, пере-

численными ТМ в значительной степени загрязнены почвы юга России (Дьяченко, 2004, Шеуджен, 2003). За основу были взяты значения ПДК, разработанные в Германии (Касьяненко, 1992), в связи с тем, что ПДК в почве общего содержания меди и никеля в России отсутствуют, а «российская» ПДК свинца не может быть применена для многих почв юга России из-за того, что фоновые концентрации превышают предельные.

Не разработана ПДК и для нефти. Для выражения ее концентрации использовали процентное содержание от массы почвы.

В данной работе исследовали 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.

ТМ вносили в почву в форме оксидов: PbO, CuO, CrO₃, NiO, так как значительная доля ТМ поступает в почву именно в форме оксидов (Кабата-Пендиас, 1989). Также использование оксидов ТМ позволяет избежать воздействия сопутствующих анионов на свойства почвы, как это бывает при внесении солей металлов.

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

Биологические показатели состояния почвы исследовали через 30 суток от загрязнения, поскольку этот срок проявил себя наиболее информативным (Колесников, 2000).

Лабораторно-аналитические исследования проведены с применением общепринятых в почвоведении, экологии и биологии методов (Методы почвенной микробиологии..., 1991, Казеев, Колесников, 2012). Были определены следующие показатели: активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая активность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, фитотоксические свойства почв и другие.

Для интегральной оценки биологического состояния загрязненной почвы использовали методику определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы (Казеев, Колесников, 2012).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что при загрязнении коричневой карбонатной почвы ТМ и нефтью ее состояние, согласно параметрам биологической активности, ухудшается. Наблюдалось достоверное снижение исследованных биологических показателей: активности каталазы (рис. 1) и дегидрогеназы (рис. 2), обилия бактерий рода *Azotobacter* (рис. 3), целлюлолитической активности (рис. 4), длины корней редиса (рис. 5), ИПБС почвы (рис. 6).

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 коричневую карбонатную почву выглядит следующим образом: Cr (40) > Cu (67) > Ni (74) > Pb (73).

Ранее схожие закономерности были получены для других подтипов коричневых почв юга России (типичной и выщелоченной). Вне зависимости от типа почвы хром всегда оказывал более сильное негативное воздействие, чем другие ТМ. При этом Cu, Ni, Pb, проявляющие схожую степень токсичности, на разных почвах занимают разные места в ряду токсичности друг относительно друга (Колесников и др., 2009, 2010, 2011, 2014).

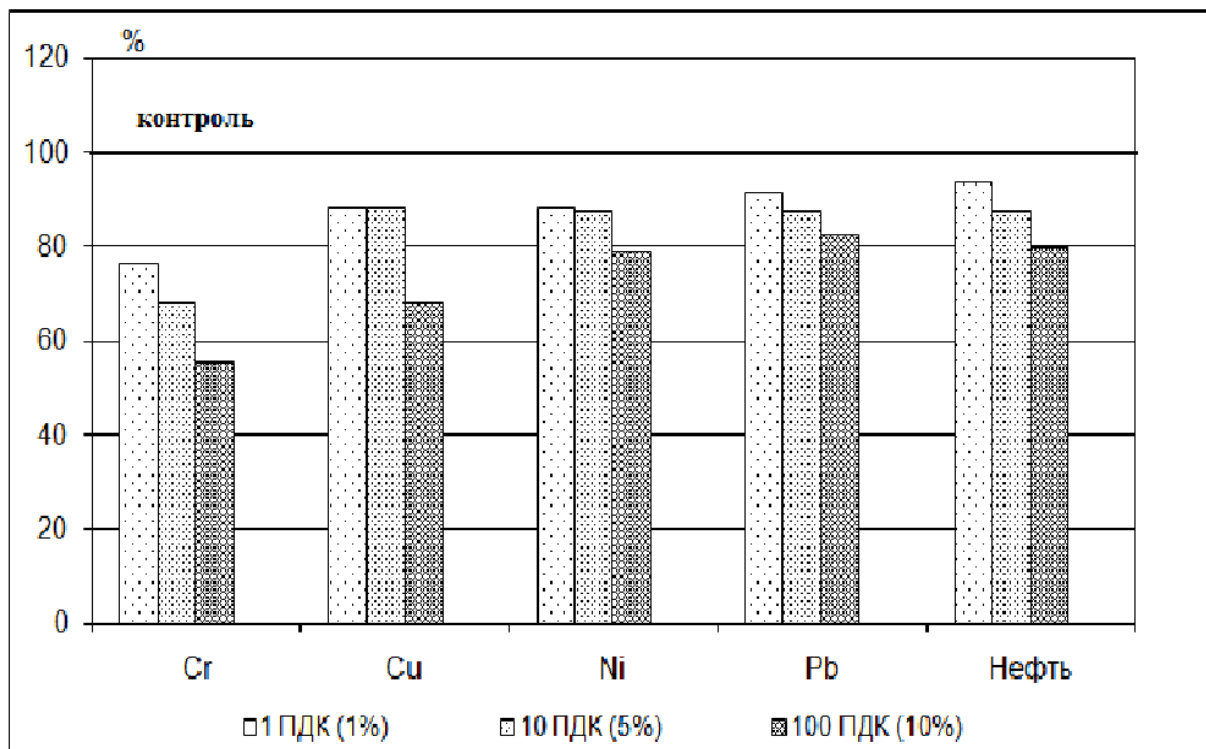


Рис. 1. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы на активность каталазы, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

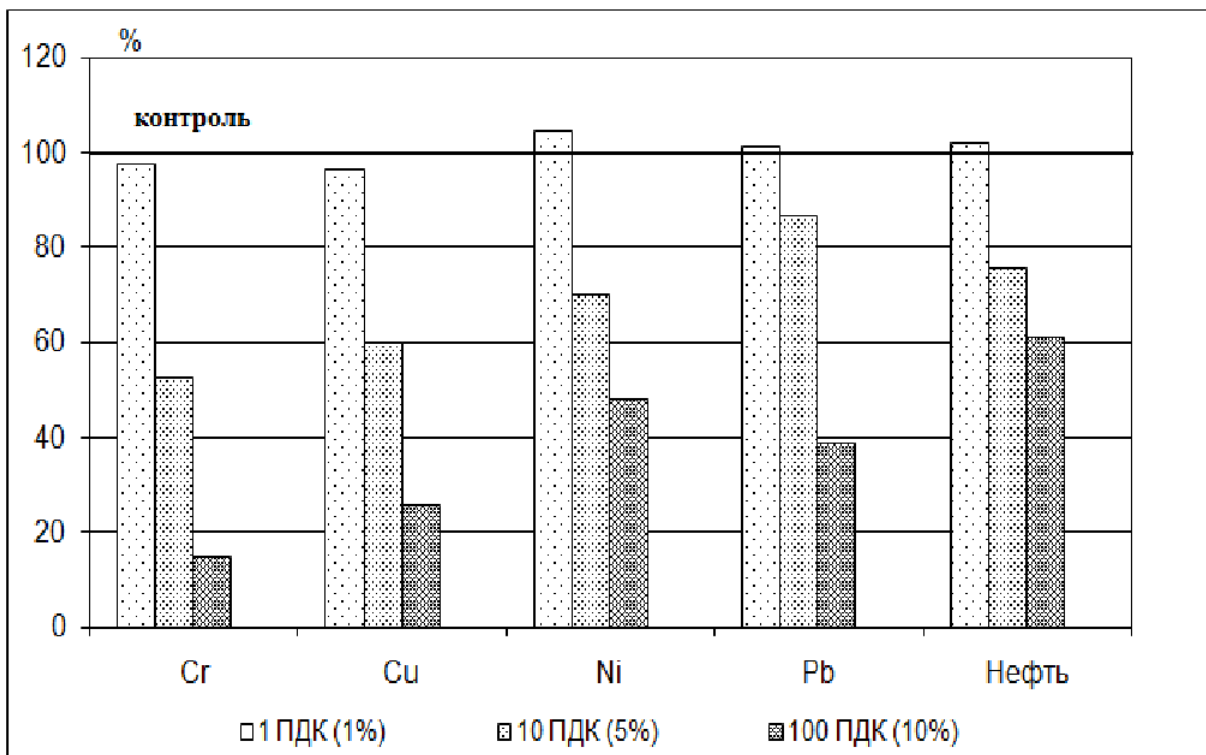


Рис. 2. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы на активность дегидрогеназы % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

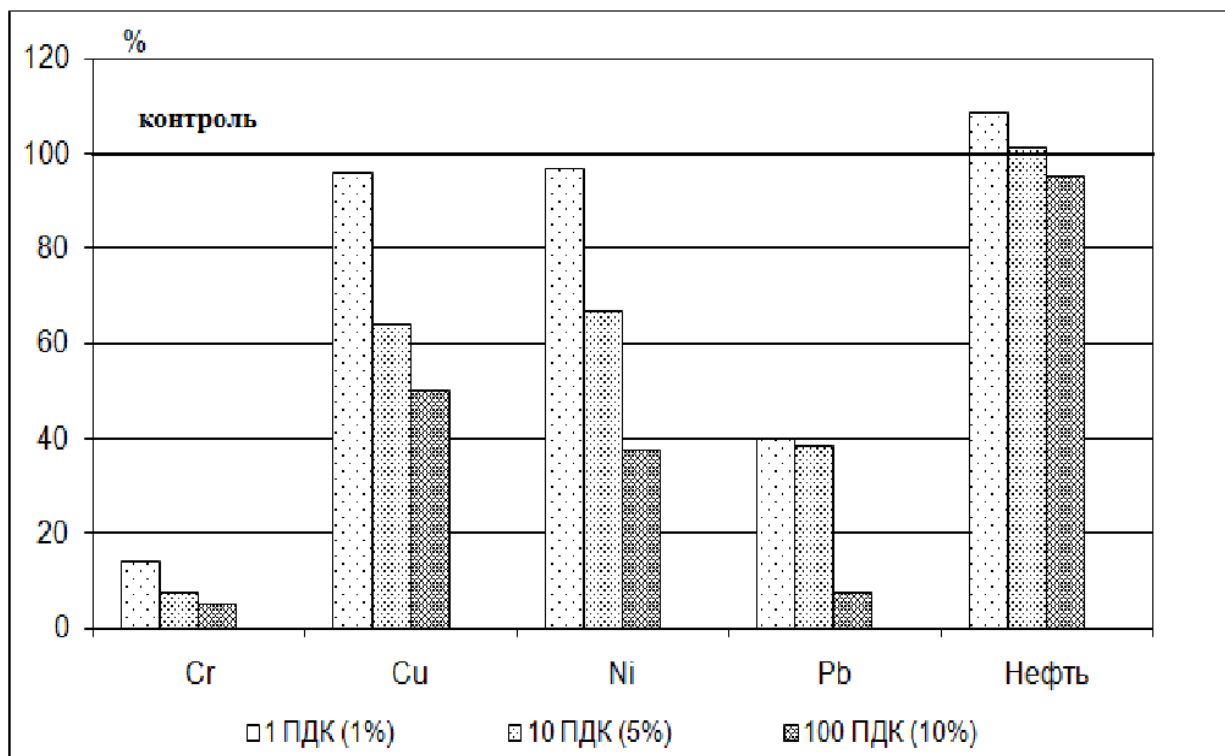


Рис. 3. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы на количество бактерий рода *Azotobacter*, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

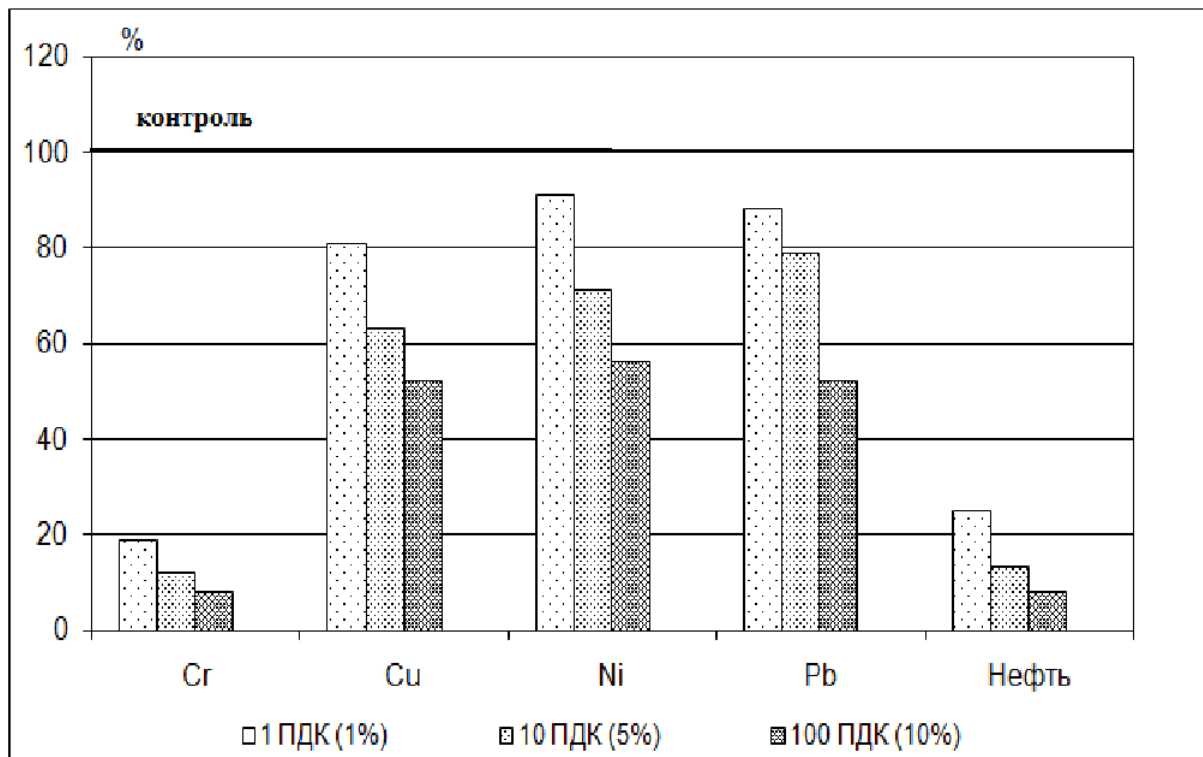


Рис. 4. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы целлюлолитическую активность, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

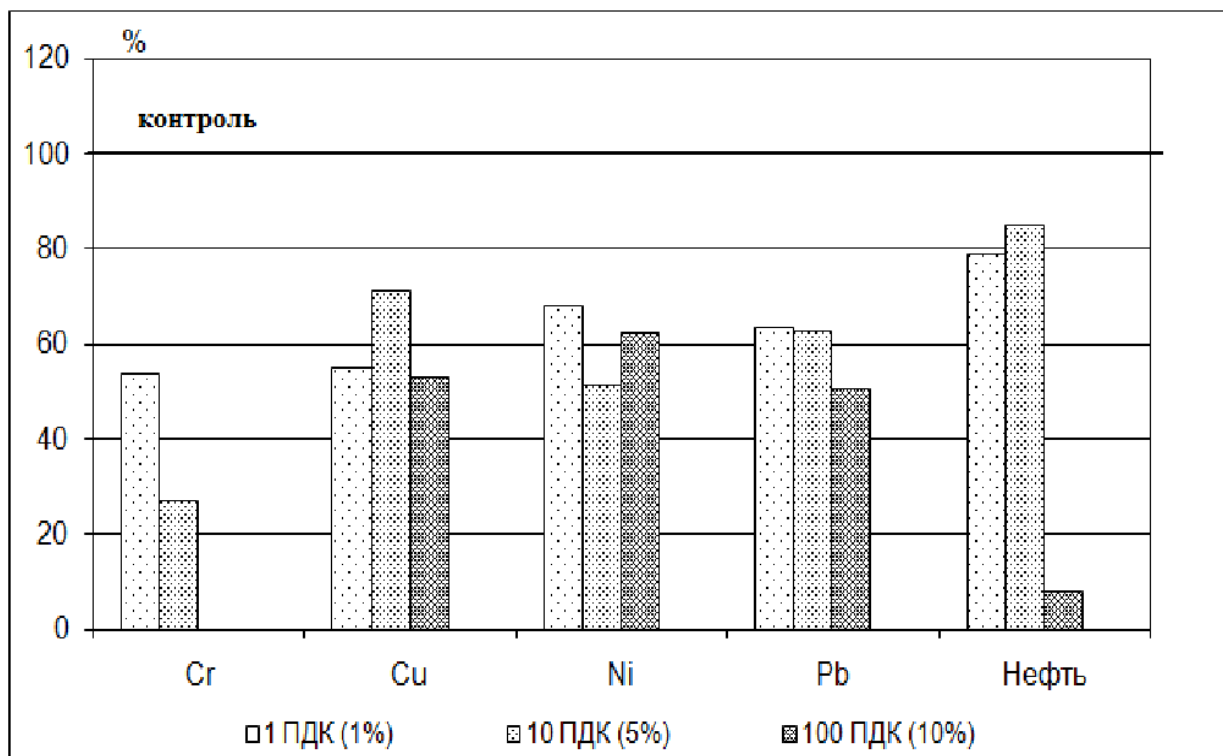


Рис. 5. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы на длину корней редиса, % от контроля (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

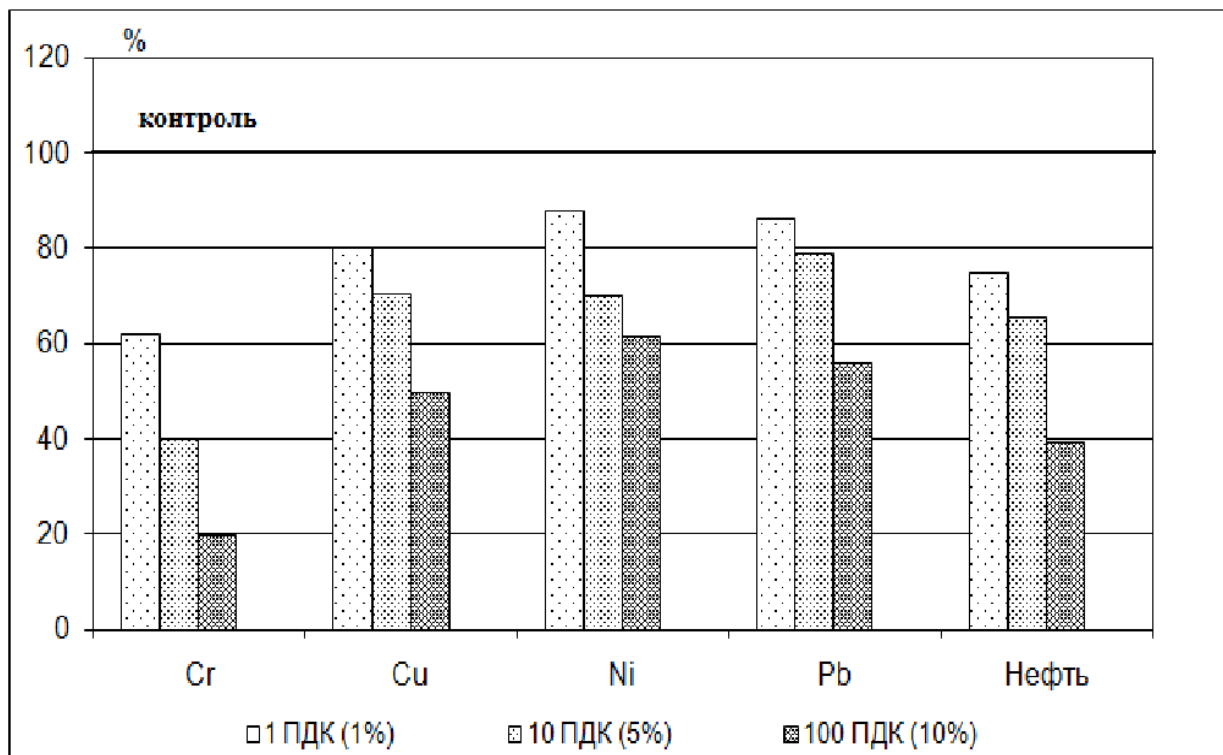


Рис. 6. Влияние химического загрязнения коричневой карбонатной почвы на интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы, % от контроля. (ПДК — для ТМ, % — для нефти)

По степени устойчивости к химическому загрязнению коричневые почвы России образуют следующий ряд: коричневая типичная \geq коричневая карбонатная \geq коричневая выщелоченная.

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

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

Объяснить причины отрицательного воздействия на биологические свойства почв ТМ возможно следующим образом: ТМ 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, что, в конечном счете, приводит к нарушению обмена веществ (Торшин, 1990).

При загрязнении нефтью почвы, происходит обволакивание нефтяными углеводородами почвенных частиц, что нарушает влаго- и воздухообмен в почвах. Токсические свойства нефти также объясняется содержанием в нефти тяжелых металлов, ароматических углеводородов, фенолов, накоплением в почве продуктов окисления углеводородов, таких как гексадециловый спирт, пальмитиновая, бензойная, салициловая кислоты и др., значительным увеличением соотношения C:N и др. (Киреева и др., 1998).

Следует отметить некоторую стимуляцию роста обилия азотфиксирующих бактерий при загрязнении нефтью, что отмечали в своих работах и другие исследователи (Исмаилов, 1983; Вальков и др., 1997; Колесников и др., 2007). Возможно, компоненты нефти являются энергетическим субстратом для микроорганизмов, стимулируют их рост.

«Средний» уровень биологической активности и оструктуренности исследованной коричневой карбонатной почвы определяет «средний» уровень ее устойчивости к нефтяному загрязнению (63%, значение ИПБС).

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

ВЫВОДЫ

Загрязнение коричневой карбонатной почвы Cr, Cu, Ni, Pb, нефтью вызывает достоверное снижение биологических показателей. Степень снижения зависит от природы загрязняющего вещества и его концентрации в почве.

По силе негативного воздействия на биологические свойства коричневой карбонатной почвы (по степени снижения ИПБС) ТМ образуют следующий ряд: Cr (40) > Cu (67) > Ni (74) > Pb (73).

По степени устойчивости к химическому загрязнению коричневые почвы России образуют следующий ряд: коричневая типичная \geq коричневая карбонатная \geq коричневая выщелоченная.

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. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. 1989. М.: Мир. 439 с.
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., Евреинова А.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств чернозема при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Co, Cr, Ni) // Почвоведение. 2009. № 8. С. 1007-1013.
11. 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 // Агрохимия. 2010. № 7. С. 62-67.
12. 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.
13. 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.
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.
15. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // Почвоведение. № 12. 1998. С. 1444-1448.
16. Исмаилов Н.М. Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве // Микробиология. 1983. Т. 52. № 6. С. 1003-1007.
17. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш., Тациев С.С. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микроскопические грибы и *Azotobacter* чернозема обыкновенного // Экология. 1997. № 5. С. 388-390.
18. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Велигонова Н.В., Патрушева Е.В., Татосян М.Л., Азнаурьян Д.К., Вальков В.Ф. Изменение комплекса почвенных микроорганизмов при загрязнении чернозема обыкновенного нефтью и нефтепродуктами // Агрохимия. 2007. № 12. С. 44-48.

References

1. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Pochvy juga Rossii: genesis, 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. Kabata-Pendias A., Pendias H. Mikrojelementy v pochvah i rastenijah. 1989. M.: Mir. 439 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. 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. Zvjaginцева. 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., Evreinova A.V., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Izmenenie jekologo-biologicheskikh svojstv chernozema pri zagrjaznenii tjazhelymi metallami vtorogo klassa opasnosti (Mo, Co, Cr, Ni) // Pochvovedenie. 2009. № 8. S. 1007-1013.

11. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Rotina E.N., Val'kov V.F. Vlijanie zagrzaznenija tjazhelymi metallami i neft'ju na biologicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo slitogo // Agrohimiya. 2010. № 7. S. 62-67.
12. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Vlijanie model'nogo zagrzaznenija Cr, Cu, Ni, Pb na biologicheskie svojstva pochv suhих stepей i polupustyn' juga Rossii // Pochvovedenie. 2011. № 9. S. 1094-1101.
13. 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 nefti po biologicheskim pokazateljam chernozema // Jekologija. 2014. № 3. S. 163-173.
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.
15. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Haziev F.H. Aktivnost' karbogidraz v neftezagrzaznennyh pochvah // Pochvovedenie. № 12. 1998. S. 1444-1448.
16. Ismailov N.M. Vlijanie neftjanogo zagrzaznenija na krugovorot azota v pochve // Mikrobiologija. 1983. T. 52. № 6. S. 1003-1007.
17. Val'kov V.F., Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tashhiev S.S. Vlijanie zagrzaznenija tjazhelymi metallami na mikroskopicheskie griby i Azotobacter chernozema obyknovenного // Jekologija. 1997. № 5. S. 388-390.
18. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Veligonova N.V., Patrusheva E.V., Tatosjan M.L., Aznaur'jan D.K., Val'kov V.F. Izmenenie kompleksa pochvennyh mikroorganizmov pri zagrzaznenii chernozema obyknovenного neft'ju i nefteproduktami // Agrohimiya. 2007. № 12. S. 44-48.