



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

УДК 631.445

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ЮГА РОССИИ¹

© 2012 С.И. Колесников, М.В. Ярославцев, Н.А. Спивакова,
К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова, Е.В. Даденко
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону,

Загрязнение чернозема типичного (горного) оксидами Cr, Cu, Ni и Pb приводит к ухудшению его состояния: снижается активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, ухудшаются показатели прорастания и начального роста редиса. Степень снижения зависит от природы металла и его концентрации в почве. Исследованные оксиды ТМ образуют следующий ряд по степени негативного воздействия на биологические свойства чернозема типичного (горного): $CrO_3 > CuO \geq PbO \geq NiO$.

Pollution of the chernozem typical (mountain) Cr, Cu, Ni and Pb oxides leads to deterioration of its condition: activity of a catalase and dehydrogenase decreases, cellulolytic activity, an abundance of bacteria of the sort *Azotobacter*, worsen indicators of germination and initial growth of a garden radish. Extent of decrease depends by nature metal and its concentration in the soil. The studied TM oxides form the following row on extent of negative impact on biological properties of the chernozem of typical (mountain): $CrO_3 > CuO \geq PbO \geq NiO$.

Ключевые слова: чернозем, загрязнение, тяжелые металлы, биологические свойства.

Keywords: chernozem, pollution, heavy metals, biological properties.

Введение

На юге России расположены уникальные горные черноземы. Наибольшее распространение они имеют в Центральном и Восточном Предкавказье. Здесь они встречаются в поясе низкогорных хребтов между Кубанью и Терекком на высотах 800-1200 м. Также горные черноземы встречаются в юго-восточной части Краснодарского края на высотах 500-600 м. Горные черноземы на юге России представлены выщелоченным и типичным подтипами. В настоящей работе использован чернозем типичный.

Горные черноземы существенно отличаются от равнинных аналогов по эколого-генетическим свойствам [1-3], а соответственно и по устойчивости к антропогенным воздействиям, в том числе к загрязнению тяжелыми металлами. Однако эти различия ранее изучены не были. А их важно учитывать в сельскохозяйственной и природоохранной деятельности.

Цель данной работы – оценить по биологическим показателям устойчивость горных черноземов юга России к загрязнению тяжелыми металлами (Cr, Cu, Ni, Pb). Главное внимание в исследовании уделено биологическим свойствам почв, поскольку они первыми реагируют на загрязнение и наиболее информативны при оценке устойчивости почв к антропогенным воздействиям.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был использован чернозем типичный (горный) южно-европейской фации (Ставропольский край, Предгорный район, окрестности г. Кисловодск). Он отличается высоким содержанием гумуса – 5,3%, нейтральной реакцией среды – $pH = 6,8$, тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, высокой поглотительной способностью, хорошей оструктуренностью, окислительными условиями, достаточно высокой биологической активностью (активность каталазы –

¹ Исследование выполнено в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (госконтракты П169, П1298, П322) и при государственной поддержке ведущей научной школы (НШ-5316.2010.4).



7,7 мл O₂/г почвы за 1 мин, активность дегидрогеназы – 15,2 мг ТФФ/10 г почвы за 24 часа, обилие бактерий рода *Azotobacter* – 91% комочков обрастания).

Загрязнение ТМ моделировали в лабораторных условиях. 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 [4]. Кроме того, выбранные ТМ интересны для сравнения – их ПДК составляют 100 мг/кг почвы (табл.1.). Используются разработанные в Германии значения ПДК [6]. Во-первых, потому, что ПДК в почве общего (валового) содержания Cu и Ni в России отсутствуют; во-вторых, «российская» ПДК Pb зачастую не может быть использована, так как ее значение часто меньше фонового содержания Pb во многих почвах [7].

Таблица 1

Среднее содержание (кларк), пределы колебаний содержания и ПДК элементов в почве, мг/кг почвы

Элемент	Кларк	Пределы колебаний	Концентрация в незагрязненной почве	ПДК Россия		ПДК Германия
	валовое содержание	валовое содержание	валовое содержание	валовое содержание	подвижные формы	валовое содержание
	[5]	[5]	[6]	[5]		[6]
Cr	70	5-1500	1-100	90	6	100
Cu	30	2-250	2-100	-	3	100
Ni	50	2-750	1-100	-	4	100
Pb	35	2-300	1-100	32	6	100

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: CrO₃, CuO, NiO, PbO, так как их значительная доля поступает в почву именно в этой форме, 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 [7].

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых методов [8, 9]. Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическую активность, фитотоксические свойства почв и другие показатели. *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби. Целлюлозолитическую способность определяли по степени разложения хлопчатобумажного полотна, экспонированного в почве в течение 30 дней. Активность каталазы измеряли по методике Галстяна, дегидрогеназы – по методике Галстяна в модификации Хазиева. О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян редиса (всхожесть, энергия прорастания, дружность прорастания, скорость прорастания) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков).

На основе наиболее информативных биологических показателей определяли интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы [7]. Он был рассчитан по следующим показателям: обилию бактерий рода *Azotobacter*, активности каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитической активности, длине корней редиса (фитотоксичности).

Для расчета ИПБС значение каждого из пяти указанных выше показателей на контроле (в незагрязненной почве) принимали за 100% и по отношению к нему выражали в процентах значения в остальных вариантах опыта (в загрязненной почве). Затем определяли среднее значение пяти выбранных показателей для каждого варианта опыта. Полученное значение (ИПБС) выражено в процентах по отношению к контролю (100%). Используемая методика позволяет интегрировать относительные зна-



чения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть суммированы, так как имеют разные единицы измерения.

Результаты исследования

В результате исследований установлено, что загрязнение чернозема типичного (горного) оксидами Cr, Cu, Ni и Pb приводит к ухудшению его состояния: снижается активность каталазы (рис. 1) и дегидрогеназы (рис. 2), целлюлозолитическая способность (рис. 3), обилие бактерий рода *Azotobacter* (рис. 4), длина корней редиса (рис. 5), значения ИПБС (рис. 6).

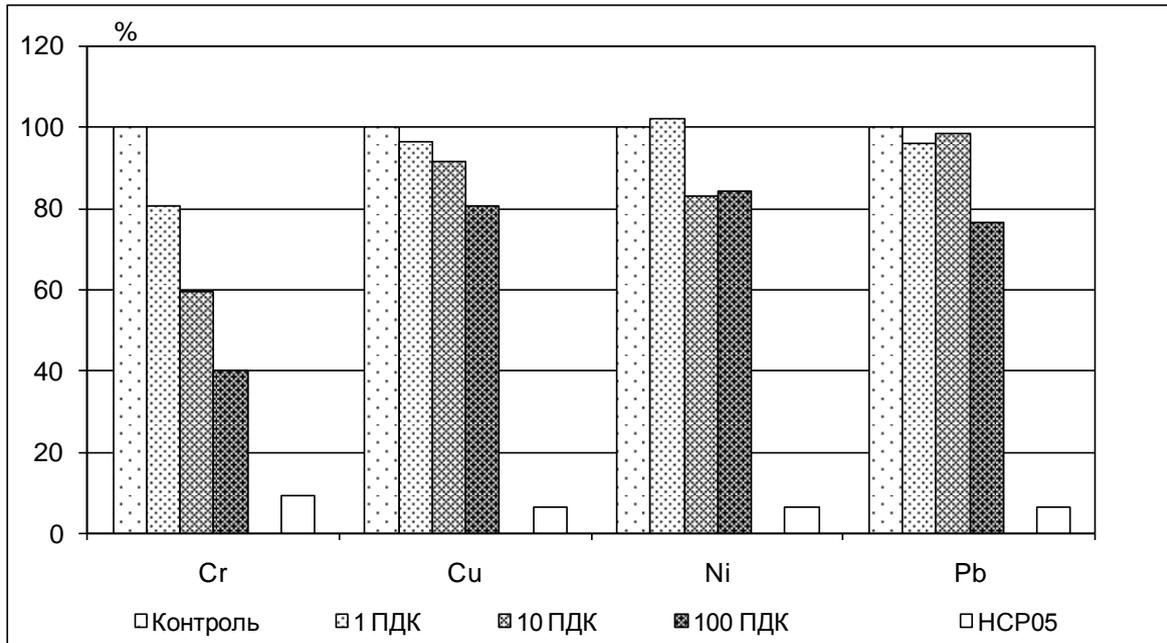


Рис. 1. Влияние загрязнения ТМ чернозема типичного (горного) на активность каталазы, % от контроля

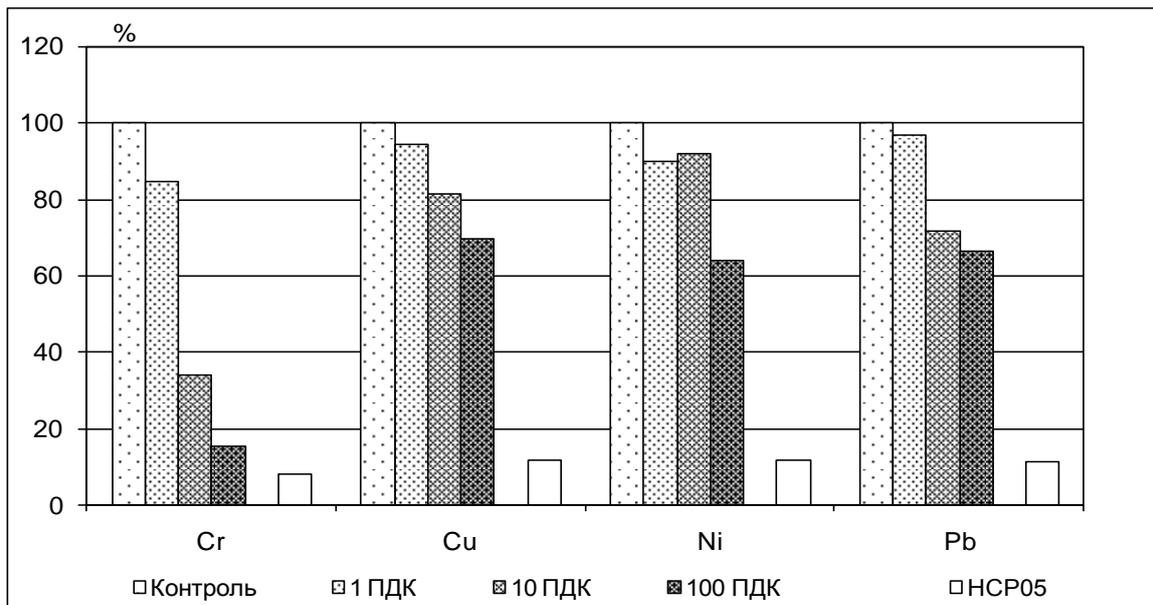


Рис. 2. Влияние загрязнения ТМ чернозема типичного (горного) на активность дегидрогеназы, % от контроля

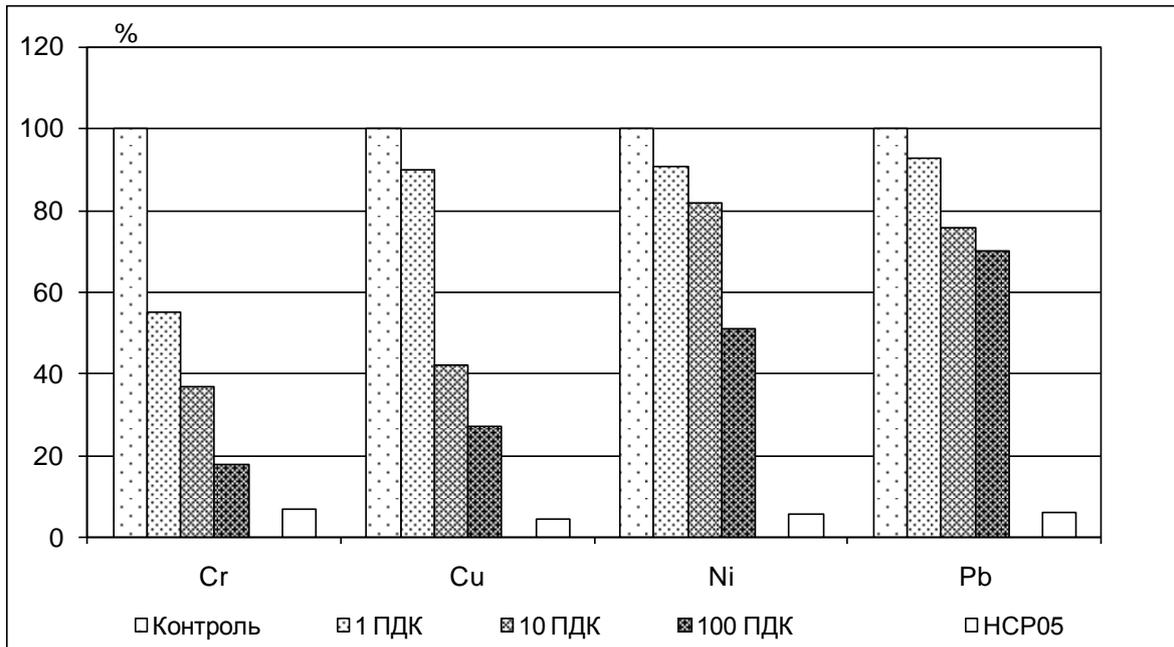


Рис. 3. Влияние загрязнения ТМ чернозема типичного (горного) на целлюлозолитическую активность, % от контроля

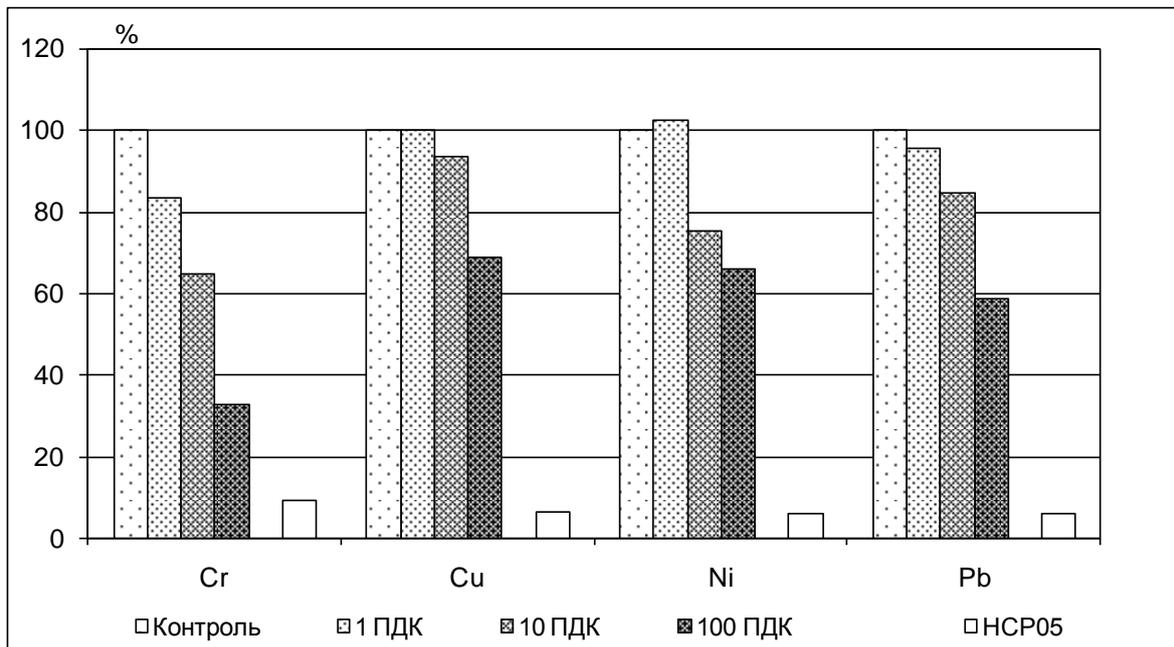


Рис. 4. Влияние загрязнения ТМ чернозема типичного (горного) на обилие бактерий рода *Azotobacter*, % от контроля

Практически во всех случаях наблюдалось достоверное снижение значений всех исследованных биологических показателей. Степень снижения зависела от природы металла и его концентрации в почве.

Причины негативного воздействия ТМ на биологические свойства почв заключаются в том, что ТМ связываются с сульфгидрильными группами белков, в результате чего, во-первых, подавляется синтез белков, в том числе и ферментов, во-вторых, нарушается проницаемость биологических мембран. И то, и другое, в конечном счете, приводит к нарушению обмена веществ [5].

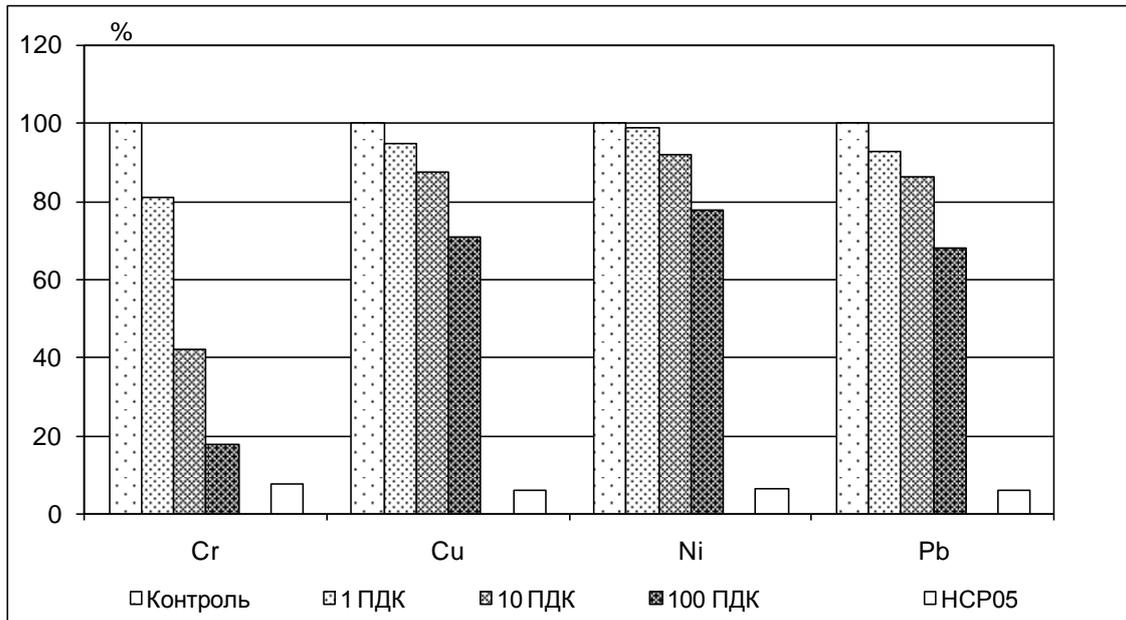


Рис. 5. Влияние загрязнения ТМ чернозема типичного (горного) на длину корней редиса, % от контроля

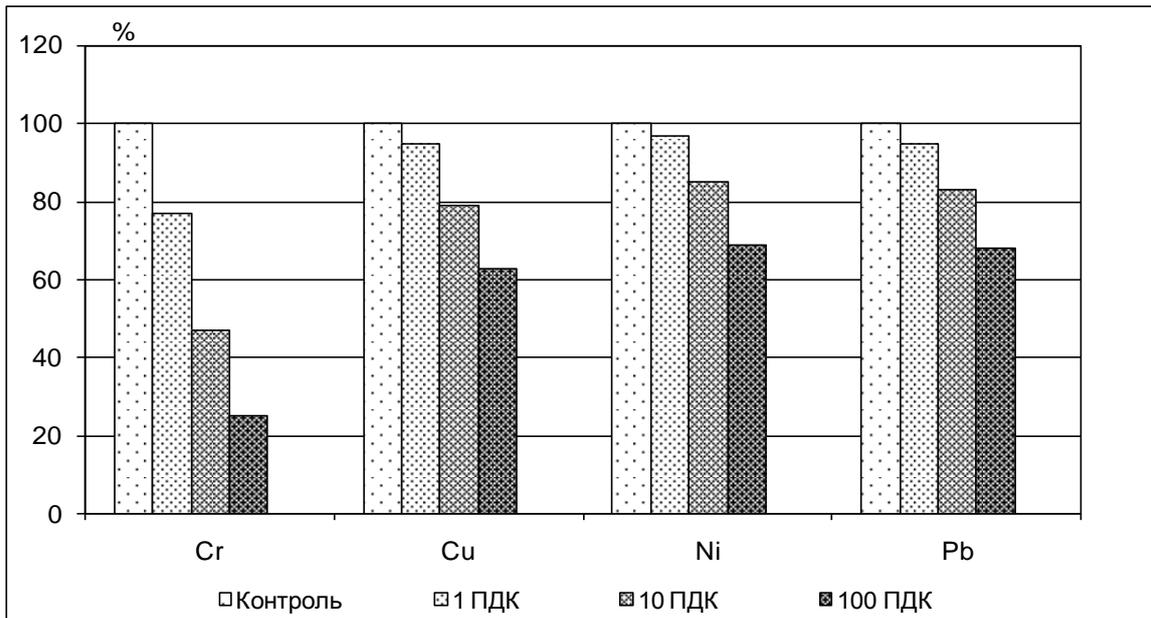


Рис. 6. Влияние загрязнения ТМ на ИПБС чернозема типичного (горного), % от контроля

В большинстве случаев для всех исследованных ТМ зарегистрирована прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей. Наиболее значительное негативное воздействие на биологические свойства чернозема типичного (горного) оказал оксид хрома. Оксиды меди, свинца и никеля проявили меньшее токсическое воздействие.

Исследованные оксиды ТМ образуют следующий ряд по степени негативного воздействия на биологические свойства чернозема типичного (горного) (ряд усреднен по дозам загрязняющего вещества):





Аналогичная закономерность была получена ранее в исследованиях, проведенными по той же методике, с другими почвами юга России: черноземами обыкновенными и выщелоченными слитыми, серыми и бурыми лесными и другими почвами [10, 11].

Все использованные в работе биологические показатели (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 высокими информативностью и чувствительностью, достаточной воспроизводимостью, допустимым варьированием показателя, небольшой ошибкой опыта, простотой, малой трудоемкостью и высокой скоростью методов определения, широкой распространенностью методов и т.д.

Выводы

1. Загрязнение чернозема типичного (горного) оксидами Cr, Cu, Ni и Pb приводит к ухудшению его состояния: снижается активность каталазы и дегидрогеназы, целлюлозолитическая способность, обилие бактерий рода *Azotobacter*, ухудшаются показатели прорастания и начального роста редиса. Степень снижения зависит от природы металла и его концентрации в почве.
2. В большинстве случаев для всех исследованных ТМ зарегистрирована прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.
3. Исследованные оксиды ТМ образуют следующий ряд по степени негативного воздействия на биологические свойства чернозема типичного (горного) (ряд усреднен по дозам загрязняющего вещества): $CrO_3 > CuO \geq PbO \geq NiO$.

Библиографический список

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. 292 с.
2. Фиापшев Б.Х. Высокогорные почвы центральной части Кавказа (Кабардино-Балкарская республика и сопредельные территории). Нальчик: Изд-во КБГУ, 1996. 280 с.
3. Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ). М.: Агропромиздат, 1985. 262 с.
4. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. 268 с.
5. 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.
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. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
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., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 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. 2009а. № 8. С. 1007-1013.
11. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении // Почвоведение. 2009б. № 12. С. 1499-1505.

Bibliography

1. Valkov V. F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S. I. Soils of the South of Russia: genesis, geography, classification, use and protection. Rostov on / D: Publishing house "Everest", 2008. 292 pages.
2. Fiapshv B. H. High-mountainous soils of the central part of the Caucasus (republic Kabard-dino-Balkarskaya and adjacent territories). Nalchik: KBGU publishing house, 1996. 280 pages.
3. Chernozems of the USSR (Ciscaucasia and Caucasus). M: Agropromizdat, 1985. 262 pages.
4. Dyachenko of V.V. Geohimija, systematization and an estimation of a condition of landscapes of the North Caucasus. Rostov-on-Don: Publishing center "Complex", 2004. 268 pages.
5. Torshin S.P., Udelnova T.M., Jagodin B. A. Microcells, ecology and health of the person//Successes of modern biology. T. 109. release. 2. 1990. With. 279-292.



6. Kasyanenko A.A. Environment quality control. M: RUDN publishing house, 1992. 136 pages.
7. Kolesnikov S. I., Kazeev K.Sh., Valkov V. F. An ecological condition and functions of soils in the conditions of chemical pollution. Rostov on / D: Publishing house Rostizdat, 2006. 385 pages.
8. Methods of soil microbiology and biochemistry / Under. D. G. Zvyagintsev's edition. M: Moscow State University publishing house, 1991. 304 pages.
9. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S. I., Valkov V. F. Biological diagnostics and indication of soils: methodology and methods of researches. Rostov on / D: Publishing house Growth. un-that, 2003. 204 pages.
10. Kolesnikov S. I., Evreinova A.V., Kazeev K.Sh., Valkov V. F. Change of ekologo-biological properties of the chernozem at pollution by heavy metals of the second class of danger (Mo, Co, Cr, Ni)//Soil science. 2009a. No. 8. Page 1007-1013.
11. Kolesnikov S. I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Valkov V. F. Change of biological properties of soils of Adygea at chemical pollution//Soil science. 2009b. No. 12. Page 1499-1505.

УДК 631.585

РЕГРАДАЦИЯ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ, ПОДВЕРЖЕННЫХ АНТРОПОГЕННУМУ ПРЕССИНГУ

© 2012 **Р.З. Усманов, М.А.Бабаева, С.В.Осипова**
Прикаспийский Институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

Показаны последовательные стадии почвообразования при реградации деградированных ареалов. Выявлены общие закономерности и условия возобновления почвенного покрова и пастбищной растительности в процессе функционального восстановления т.е. техногенно-агрогенно нарушенных земель.

Consecutive stages of soil formation at restoration of the degraded areas are shown. The general regularities and renewal conditions of a soil cover and pasturable vegetation during functional restoration i.e. the grounds, broken in result of technogenic and agrarian influence are revealed.

Ключевые слова: реградация, почвообразования, ареалы, деградация, почвенные микро- и мезопроцессы, техногенно нарушенные почвы.

Keywords: restoration, soil formations, areas, degradation, soil micro-processes, mezo-processes, technogenic broken ground.

Антропогенная эволюция, антропогенные изменения, антропогенная динамика, трансформация, деградация, деградационные изменения, опустынивание – наиболее часто используемые определения современных изменений почвенного покрова под влиянием деятельности человека. Учеными однозначно признается, что главной причиной роста деградации почв и почвенного покрова является рост антропогенного воздействия, который нарушает экологическое равновесие экосистем. Разнообразные по качеству и интенсивности формы антропогенного воздействия влияют на все компоненты биогеоценозов, снижая хозяйственные, экологические функции растительного покрова и деградируя плодородные и уникальные почвы

По результатам мониторинговых исследований республики установлено, что дальнейшее сельскохозяйственное использование вызывает коренные изменения направлений почвообразовательных процессов, почвенного и растительного покрова.

После введения нормированных нагрузок наблюдается приостановление процессов расширения (техногенно-нарушенные почвы) ТНП. В частности, до начала введения нормированных нагрузок в первом варианте (1 овца/га) ТНП занимали 5,9% общей площади. После годового нормированного использования пастбищ площадь техногенно-нарушенных почв уменьшилась более чем на 20%. Аналогичные процессы протекают и на тестовых участках пастбищ с нарастающей нормированной нагрузкой. На всех вариантах эксперимента возобновляются процессы демутиации, интенсивность которых зависит от норм выпаса скота.

Ненормированный режим использования пастбищ (контроль) обуславливает прогрессивное увеличение площадей, подверженных техногенному нарушению.

В настоящее время антропогенное воздействие стало ведущим фактором почвообразования на