

УДК 631.445.4:631.453

DOI: 10.31774/2658-7890-2020-4-41-51

Р. Е. Юркова, Л. М. Докучаева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Цель: установление эколого-токсикологического состояния различных видов черноземов Ростовской области по содержанию подвижных форм тяжелых металлов. **Материалы и методы.** Исследования проводились на орошаемых участках Семикаракорского, Матвеево-Курганского, Неклиновского, Сальского, Веселовского районов Ростовской области. Почвы отобраны в слоях 0–20, 20–40 см и проанализированы по методике выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов атомно-абсорбционным способом. **Результаты.** По содержанию подвижных форм определяемых металлов (цинка, свинца, кадмия, никеля, меди) выше предельно допустимых концентраций (ПДК) не выявлено. Построены ряды определяемых металлов в связи с их долей от ПДК в слое 0–20 см, которые показали, что во всех черноземах изучаемых районов Ростовской области ближе всего по отношению к ПДК кадмий (0,2 до 0,4 ПДК), свинец (от 0,05 до 0,12 ПДК) и никель (от 0,04 до 0,17 ПДК). В наименьшем количестве, кроме меди (0,09 ПДК), поллютанты обнаружены в черноземах Сальского района. Содержание меди в почвах 0,04–0,35 мг/кг говорит о ее низком и стабильном распределении в исследуемых почвах, кроме Веселовского района, где анализ показал значения ниже предела обнаружения, что может указывать на недостаток меди как микроэлемента. Согласно группировке почв для эколого-токсикологической оценки по содержанию подвижных форм тяжелых металлов они относятся к 1-й группе, т. е. почвы содержат загрязнители ниже ПДК и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур. **Выводы.** Эколого-токсикологическое состояние почв обследуемых участков по содержанию подвижных форм цинка, свинца, никеля, кадмия и меди оценивается как удовлетворительное.

Ключевые слова: тяжелые металлы; подвижная форма; почва; чернозем; предельно допустимая концентрация.

R. Ye. Yurkova, L. M. Dokuchayeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ECOLOGICAL-TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITION IN ROSTOV REGION BY HEAVY METALS CONTENT

Purpose: to determine the ecological and toxicological state of various types of chernozems in Rostov region by the content of mobile forms of heavy metals. **Materials and methods.** The studies were carried out on irrigated areas of Semikarakorsky, Matveevo-Kurgansky, Neklinovsky, Salsky, Veselovsky districts of Rostov region. The soils were sampled in layers of 0–20, 20–40 cm and analyzed using the method of measuring the mass fraction of mobile forms of metals by atomic absorption. **Results.** The content of mobile forms of the determined metals (zinc, lead, cadmium, nickel, copper) was not found to be higher than the maximum



permissible concentration (MPC). The rows of the determined metals were constructed according to their share of the MPC in the 0–20 cm layer, which showed that cadmium (from 0.2 to 0.4 MPC), lead (from 0.05 to 0.12 MPC) and nickel (from 0.04 to 0.17 MPC) are closer to MPC in all chernozems of the studied regions of Rostov region. Pollutants were found in the chernozems of Salsk region in the smallest amount, except for copper (0.09 MPC). The content of copper in soils 0.04–0.35 mg/kg indicates its low and stable distribution in the studied soils, except for Veselovsky district, where the analysis showed values below the detection limit, which may indicate a lack of copper as a trace element. According to the soil grouping for ecological and toxicological assessment by the content of mobile forms of heavy metals, they belong to the 1st group, i.e. the soils contain pollutants below the MPC and are suitable for the cultivation of all agricultural crops. **Conclusions.** The ecological and toxicological state of soils of the surveyed areas by the content of mobile forms of zinc, lead, nickel, cadmium and copper is assessed as satisfactory.

Key words: heavy metals; movable form; soil; chernozems; maximum permissible concentration.

Введение. Основным показателем эколого-токсикологического состояния почв является содержание тяжелых металлов (ТМ).

Применение удобрений, пестицидов, гербицидов в повышенных дозах продиктовано интенсивным возделыванием сельскохозяйственных культур, что приводит к проблеме загрязнения почвенного покрова ТМ и другими поллютантами. Это возможно из-за содержания в удобрениях в качестве балласта веществ, имеющих в своем составе определенные загрязнители. Так, например, в фосфорных удобрениях присутствует существенное количество кадмия, хрома и ванадия [1, 2], в азотных и калийных – медь, цинк, свинец [1, 3–5].

Благоприятное эколого-токсикологическое состояние почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения важно для производства экологически безопасной продукции. Определение загрязнения почв ТМ является необходимым условием проведения контроля загрязнения окружающей среды. При выборе приоритетности вредных веществ учитывается их класс опасности. Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83¹ наиболее распространенные поллютанты, попадающие в почву из различных источников,

¹ ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы (ССОП). Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Введ. 1985-01-01 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

такие как цинк, свинец, кадмий, относятся к I классу опасности, никель и медь – ко II классу. Токсичность их для живых организмов проявляется в зависимости от концентрации и почвенных условий, а также свойства аккумулироваться и сохраняться длительное время в почве. Если другие поллютанты способны разлагаться, то у ТМ период полуудаления может достигать 1000 лет и более, например, у меди он составляет от 310 до 1500 лет, у свинца – от 740 до 5900 лет [6].

Накопление ТМ в почве в больших количествах может значительно повлиять на такие ее свойства, как гумусное состояние, структура, pH среды и др. Изменение биологических свойств приводит к снижению общей численности микроорганизмов, трансформации структуры микробиоценозов, уменьшению интенсивности основных микробиологических процессов и активности почвенных ферментов и т. д.

Известно свойство ТМ закрепляться в верхних гумусовых горизонтах и медленно удаляться при потреблении растениями, выщелачивании, эрозии. Распределение ТМ по профилю происходит в зависимости от почвенных факторов, таких как гранулометрический состав почв, кислотность, содержание гумуса, емкость катионного обмена, дренаж и др. (рисунок 1) [7, 8].

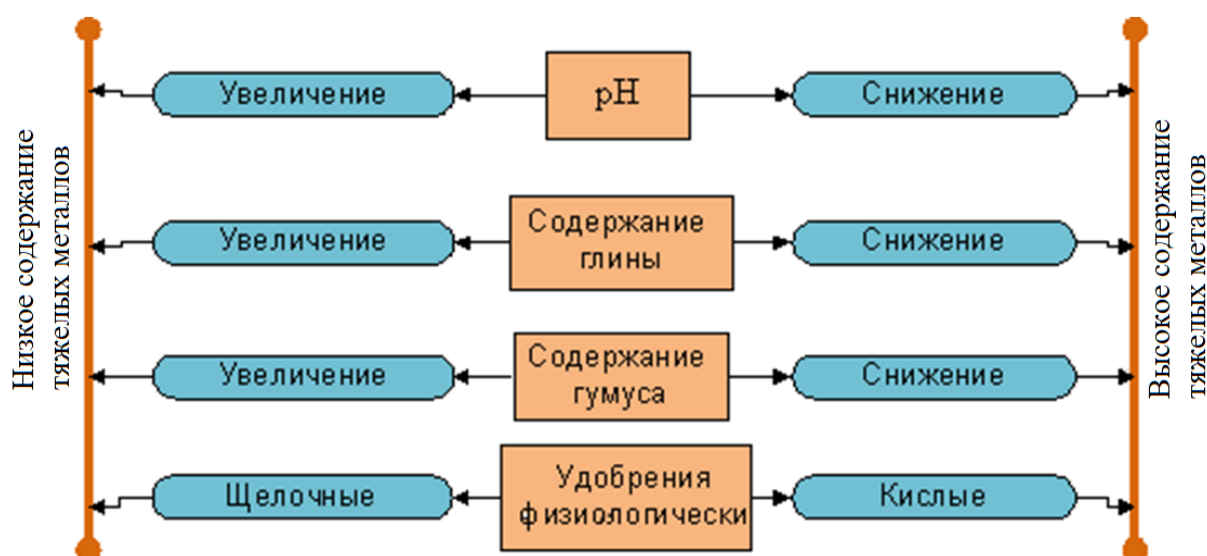


Рисунок 1 – Влияние почвенных факторов на содержание тяжелых металлов в почве [7]

По фитотоксичности ТМ можно расположить в убывающий ряд: $Cd > Ni > Cu > Zn > Cr > Pb$.

Большее отрицательное воздействие на растения оказывают не валовые формы ТМ, а подвижные – как наиболее доступные. При оценке загрязнения почв необходимо обратить внимание именно на содержание подвижных форм химических элементов. В связи с этим целью исследований являлось установление эколого-токсикологического состояния почв на участках нескольких районов Ростовской области с различными видами черноземов путем определения содержания подвижных форм ТМ.

Материалы и методы. Исследования проводились на орошаемых участках Семикаракорского, Матвеево-Курганского, Неклиновского, Сальского, Веселовского районов Ростовской области общей площадью 200 га. Почвы представлены черноземами обыкновенными, черноземами южными и в комплексе с солонцами. Анализы проведены эколого-аналитической лабораторией ФГБНУ «РосНИИПМ», определено содержание ТМ (Zn, Pb, Cd, Ni, Cu) в исследуемой почве. Степень загрязнения почв ТМ устанавливалась путем сравнения с предельно допустимой концентрацией (ПДК) для подвижных форм соответствующего элемента в почве как наиболее мобильной части ТМ [9].

Содержание подвижных форм ТМ на исследуемом участке определялось путем вытяжки из почвы ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8². Пробы отобраны в слое 0–20, 20–40 см.

Результаты и обсуждения. По результатам исследований содержание подвижных форм определяемых металлов выше ПДК не выявлено. Однако, как отмечалось выше, способность ТМ накапливаться требует

² Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом (с изменением № 1): РД 52.18.289-90: введ. в действие с 01.06.91 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет [Электронный ресурс]. – Кодекс Юг, 2020.

проведения обследования почвы на их наличие. Для оценки влияния ТМ проведен расчет их содержания в долях от ПДК в слое 0–20 см (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание Zn, Pb, Cd, Ni, Cu в слое 0–20 см в долях от предельно допустимой концентрации ($n = 5$)

Наименование района	Почва	Наименование элемента	Содержание, мг/кг	ПДК, мг/кг	В долях от ПДК
Матвеево-Курганский	Чернозем обыкновенный	Zn	$0,36 \pm 0,05$	23,0	0,02 ПДК
		Pb	$0,99 \pm 0,01$	6,0	0,05 ПДК
		Cd	$0,04 \pm 0,001$	0,2	0,20 ПДК
		Ni	$0,66 \pm 0,007$	4,0	0,17 ПДК
		Cu	$0,04 \pm 0,03$	3,0	0,01 ПДК
Неклиновский	Чернозем обыкновенный	Zn	$1,34 \pm 0,007$	23,0	0,06 ПДК
		Pb	$0,68 \pm 0,003$	6,0	0,11 ПДК
		Cd	$0,04 \pm 0,002$	0,2	0,20 ПДК
		Ni	$0,46 \pm 0,010$	4,0	0,12 ПДК
		Cu	$0,11 \pm 0,007$	3,0	0,04 ПДК
Семикаракорский	Чернозем южный	Zn	$0,82 \pm 0,05$	23,0	0,04 ПДК
		Pb	$0,34 \pm 0,01$	6,0	0,05 ПДК
		Cd	$0,01 \pm 0,001$	0,2	0,20 ПДК
		Ni	$0,65 \pm 0,007$	4,0	0,14 ПДК
		Cu	$0,48 \pm 0,03$	3,0	0,15 ПДК
Куйбышевский	Чернозем южный	Zn	$1,43 \pm 0,007$	23,0	0,06 ПДК
		Pb	$0,74 \pm 0,003$	6,0	0,12 ПДК
		Cd	$0,04 \pm 0,002$	0,2	0,20 ПДК
		Ni	$0,36 \pm 0,007$	4,0	0,09 ПДК
		Cu	$0,11 \pm 0,007$	3,0	0,04 ПДК
Веселовский	Чернозем южный	Zn	$1,26 \pm 0,007$	23,0	0,04 ПДК
		Pb	$0,54 \pm 0,003$	6,0	0,08 ПДК
		Cd	$0,07 \pm 0,001$	0,2	0,37 ПДК
		Ni	$0,47 \pm 0,010$	4,0	0,10 ПДК
		Cu	–	3,0	–
Сальский	Чернозем южный в комплексе с солонцами	Zn	$0,53 \pm 0,007$	23,0	0,02 ПДК
		Pb	$0,44 \pm 0,007$	6,0	0,07 ПДК
		Cd	$0,027 \pm 0,001$	0,2	0,13 ПДК
		Ni	$0,168 \pm 0,001$	4,0	0,04 ПДК
		Cu	$0,29 \pm 0,001$	3,0	0,09 ПДК

Следует отметить, что данные по ПДК для подвижных форм кадмия отсутствуют. Рекомендуется исходить при оценке или от удвоенного фонового содержания в почве, или от 5–10 % валового содержания [10]. Так как ПДК для валового содержания кадмия 2 мг/кг, то для подвижных форм можно использовать значение 0,2 мг/кг.

Исходя из данных таблицы 1, построены ряды ТМ в связи с их долей от ПДК в слое 0–20 см:

- Матвеево-Курганский район: $Cd > Ni > Pb > Zn > Cu$;

- Неклиновский район: $Cd > Ni > Pb > Zn > Cu$;

- Семикаракорский район: $Cd > Ni > Cu > Pb > Zn$;

- Куйбышевский район: $Cd > Pb > Ni > Zn > Cu$;

- Веселовский район: $Cd > Ni > Pb > Zn$;

- Сальский район: $Cd > Cu > Pb > Ni > Zn$.

Место ТМ в рядах устанавливает, какой элемент в данном районе преобладает по опасности накопления и влияния на сельскохозяйственную продукцию.

Полученные ряды показали, что наибольшую опасность в почве представляет кадмий (от 0,20 до 0,37 ПДК), т. е. по накоплению он ближе всех ТМ к ПДК.

Другие металлы (Pb, Ni) также преобладают по накоплению в почве, если рассматривать долю от ПДК. Однако в Сальском районе на почвах комплексного покрова наблюдался наибольший процент накопления меди по отношению к ПДК, за исключением кадмия, в отличие от других районов, где данный элемент в основном занимает последнее место.

Результаты исследований на период отбора почвенных образцов в слое 0–40 см представлены на рисунке 2.

Как видно из данных рисунка 2, во всех районах, кроме Матвеево-Курганского, преобладает накопление подвижных форм цинка (от 0,48 до 1,16 мг/кг). На обследуемом участке Матвеево-Курганского района выявлено наибольшее усредненное содержание свинца в слое 0–40 см (1,03 мг/кг). Видимо, это связано с близостью участка к автомагистрали. Количество никеля во всех районах варьирует от 0,43 до 0,58 мг/кг, т. е. можно говорить о практически равномерной аккумуляции данного элемента в почвах.

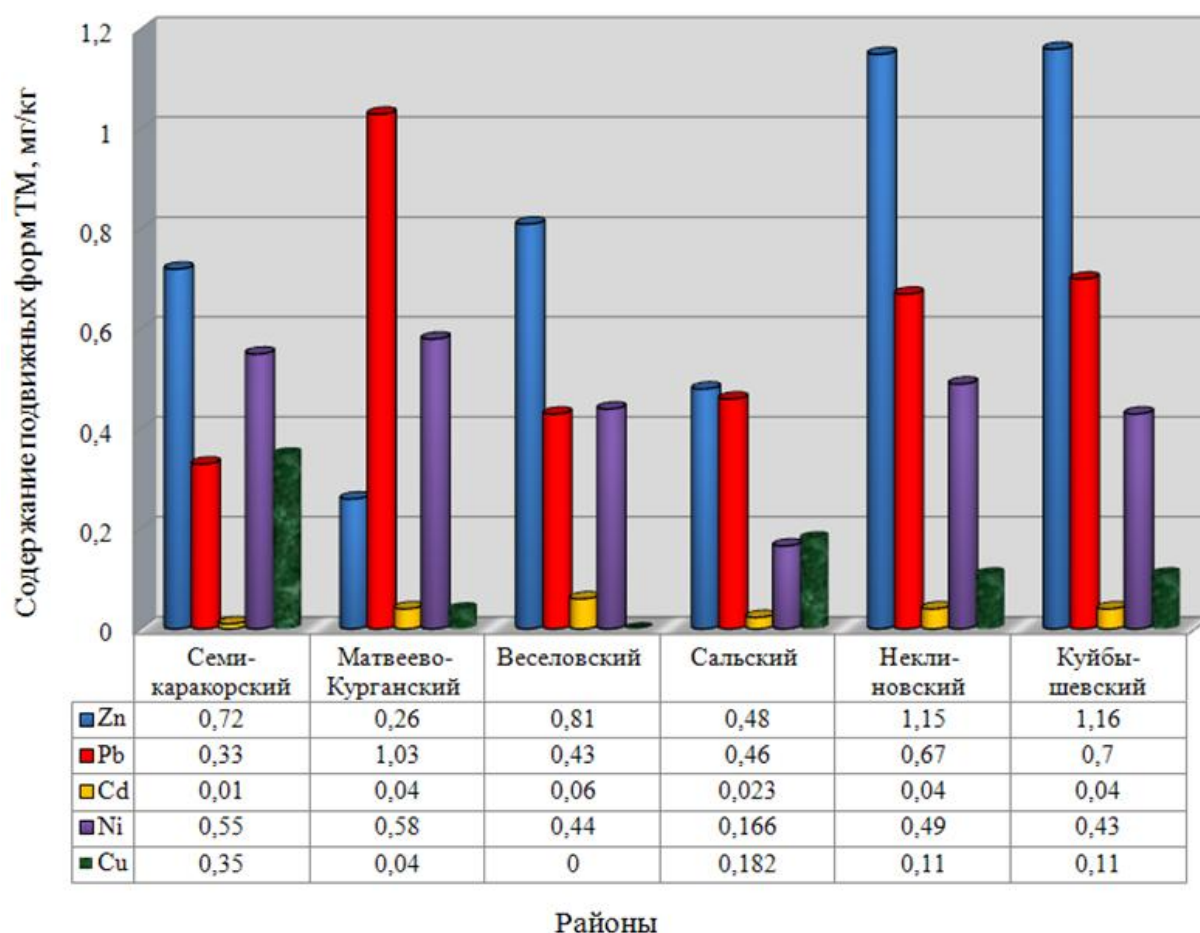


Рисунок 2 – Содержание подвижных форм тяжелых металлов на обследуемых участках земель сельхозназначения Ростовской области в слое 0–40 см

Наиболее токсичный элемент кадмий, который опасен для растений даже в незначительных количествах, выявлен в пределах 0,01–0,06 мг/кг.

Содержание меди в почвах 0,04–0,35 мг/кг говорит о ее низком и стабильном распределении в исследуемых почвах, кроме Веселовского района, где анализ показал значения ниже предела обнаружения. Эти данные уже показывают не наличие ТМ, а недостаток меди как микроэлемента.

Проведение эколого-токсикологической оценки по содержанию подвижных форм ТМ [7] показало, что по количеству Zn относится к 1-й группе, т. е. почвы содержат менее 10 мг/кг цинка и пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур. Содержание цинка значительно ниже ПДК.

Содержание свинца в малых количествах относительно ПДК элемен-

та причисляет данный элемент к 1-й группе по содержанию подвижных форм ТМ.

Для подвижных форм кадмия нет данных по ПДК, но по предложенной шкале градации уровней загрязнения показатель 1-го уровня этого элемента равен 0,2 мг/кг [10]. Относительно этого показателя в исследуемых почвах содержание кадмия невелико и даже ниже фонового значения (менее 0,1 мг/кг).

Содержание никеля и меди, согласно группировке почв для эколого-токсикологической оценки, также соответствует 1-й группе, т. е. ниже ПДК и почвы не загрязнены данными элементами.

В целом содержание ТМ в верхних слоях исследуемых почв на всех участках не превышало принятых ПДК для подвижных форм. Согласно критериям экологического состояния почв ситуация оценивается как удовлетворительная.

Низкое содержание исследуемых металлов в некоторой мере позволяет выявить степень обеспеченности почвы микроэлементами, определяемую с использованием ацетатно-буферного раствора. Так, например, содержание цинка в слое 0–40 см показывает среднюю обеспеченность только в Неклиновском и Куйбышевском районах (1–2 мг/кг), в остальных обеспеченность низкая (менее 1 мг/кг). В отношении меди выявлено, что в Матвеево-Курганском и Веселовском районе явный недостаток этого элемента в почве (менее 0,1 мг/кг), в Семикаракорском районе – высокая обеспеченность (более 0,2 мг/кг), а в остальных – средняя (0,1–0,2 мг/кг) [11].

Выводы. Выявлено, что во всех черноземах изучаемых районов Ростовской области в наибольшей степени накапливается по отношению к ПДК кадмий (0,2 до 0,4 ПДК), свинец (от 0,05 до 0,12 ПДК) и никель (от 0,04 до 0,17 ПДК). В наименьшем количестве, кроме меди, поллютанты обнаружены в черноземах Сальского района.

Превышений ПДК изучаемых тяжелых металлов в почве не установ-

лено. Эколого-токсикологическое состояние почв обследуемых районов Ростовской области оценивается как удовлетворительное.

Список использованных источников

1 Кинжаев, Р. Р. Последствие агрохимических средств на подвижность тяжелых металлов в почве и накопление их растениями / Р. Р. Кинжаев, Н. Ф. Гомова, Е. А. Карпова // Плодородие. – 2004. – № 2. – С. 38–40.

2 Сидоренкова, Н. К. Агроэкологическая оценка примесей тяжелых металлов и токсических элементов в фосфорных удобрениях и доз кадмия на различных почвах: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04 / Сидоренкова Надежда Константиновна. – М., 1999. – 23 с.

3 Слабко, Ю. И. Аккумуляция кадмия в почве и растениях сои под влиянием минеральных удобрений / Ю. И. Слабко, А. А. Лопатина // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 2. – С. 19–23.

4 Васильев, Д. В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и качество семенного потомства растений / Д. В. Васильев // Природные ресурсы Земли и охрана окружающей среды. – 2020. – Т. 1, № 2. – С. 4–11.

5 Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration / Z. Atafar, A. Mesdaghinia, J. Nouri, M. Homaei, M. Yunesian, M. Ahmadi-moghaddam, A. H. Mahvi // Environmental Monitoring and Assessment. – 2010. – № 160. – P. 83–89. – DOI: 10.1007/s10661-008-0659-x.

6 Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности: науч. моногр. / А. Р. Аладинская, Т. Ю. Анопченко, И. А. Афонина, К. М. Ахмеденов, Ю. Е. Домашенко, С. В. Дрогобужская, Т. К. Иванова, В. Н. Ильина, Ю. В. Караева, С. А. Кирсанов, А. В. Коростиев, А. Г. Кошим, М. В. Кравцова, И. П. Крапчин, И. П. Кременецкая, В. С. Кучеров, В. В. Лащук, А. Е. Митрошенкова, А. Д. Мурзин, С. М. Мурзина, М. А. Чернышев; под ред. Д. В. Елисеева. – Новосибирск: СибАК, 2015. – 260 с.

7 Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы / К. Рэуце, С. Кырстя. – М.: Агропромиздат, 1986. – 221 с.

8 Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков, Н. В. Елисеева, И. И. Имгрунт, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Майкоп: Адыгея, 2004. – 236 с.

9 Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В. Г. Сычев [и др.]; под ред. Л. М. Державина, Д. С. Булгакова. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

10 Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами. – М., 1987. – 26 с.

11 Микроэлементы в почвах СССР (подвижные формы микроэлементов в почвах европейской части СССР): сб. науч. тр. / под ред. Н. Г. Зырина, Г. Д. Белицыной. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 242 с.

References

1 Kinzhaev R.R., Gomova N.F., Karpova E.A., 2004. *Posledeystvie agrokhimicheskikh sredstv na podvizhnost' tyazhelykh metallov v pochve i nakoplenie ikh rasteniyami* [The aftereffect of agrochemical agents on the mobility of heavy metals in soil and their accumulation by plants]. *Plodorodie* [Fertility], no. 2, pp. 38-40. (In Russian).

2 Sidorenkova N.K., 1999. *Agroekologicheskaya otsenka primesey tyazhelykh metallov i toksicheskikh elementov v fosfornykh udobreniyakh i doz kadmiya na razlichnykh pochvakh. Avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Agroecological assessment of heavy metals and toxic

elements in phosphorus fertilizers and doses of cadmium on various soils. Abstract of cand. biol. sci. diss.]. Moscow, 23 p. (In Russian).

3 Slabko Yu.I., Lopatina A.A., 2016. *Akkumulyatsiya kadmiya v pochve i rasteniyakh soi pod vliyaniem mineral'nykh udobreniy* [Accumulation of cadmium in soil and soybean plants under the influence of mineral fertilizers]. *Vestnik KrasGAU* [Bull. of KrasGAU], no. 2, pp. 19-23. (In Russian).

4 Vasiliev D.V., 2020. *Zagryaznenie okruzhayushchey sredy tyazhelymi metallami i kachestvo semennogo potomstva rasteniy* [The Influence of environmental pollution by heavy metals and the quality of seed plant property]. *Prirodnye resursy Zemli i okhrana okruzhayushchey sredy* [Natural Resources of the Earth and Environmental Protection], vol. 1, no. 2, pp. 4-11. (In Russian).

5 Atafar Z., Mesdaghinia A., Nouri J., Homae M., Yunesian M., Ahmadimoghaddam M., Mahvi A.H., 2010. Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environmental Monitoring and Assessment*, no. 160, pp. 83-89, DOI: 10.1007/s10661-008-0659-x.

6 Aladinskaya A.R., Anopchenko T.Yu., Afonina I.A., Akhmedenov K.M., Domashenko Yu.E., Drogobuzhskaya S.V., Ivanova T.K., Ilyina V.N., Karaeva Yu.V., Kirsanov S.A., Korostiev A.V., Koshim A.G., Kravtsova M.V., Krapchin I.P., Kremenetskaya I.P., Kucherov V.S., Lashchuk V.V., Mitroshenkova A.E., Murzin A.D., Murzina S.M., Chernyshev M.A., 2015. *Okhrana okruzhayushchey sredy ot negativnogo vozdeystviya khozyaystvennoy deyatel'nosti: monografiya* [Protection of the Environment from the Negative Impact of Economic Activity: monograph]. Novosibirsk, SibAK Publ., 260 p. (In Russian).

7 Reutse K., Kyrstya S., 1986. *Bor'ba s zagryazneniem pochvy* [Control over Soil Pollution]. Moscow, Agroprom Publ., 221 p. (In Russian).

8 Valkov V.F., Eliseeva N.V., Imgrunt I.I., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., 2004. *Spravochnik po otsenke pochv* [Handbook of Soil Assessment]. Maykop, Adygea Publ., 236 p. (In Russian).

9 Sychev V.G. [et al.], 2003. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Methodological Guidelines for Comprehensive Monitoring of Soil Fertility in Agricultural Lands]. Moscow, Rosinformagrotech Publ., 240 p. (In Russian).

10 *Metodicheskie rekomendatsii po obsledovaniyu i kartografirovaniyu pochvennogo pokrova po urovnyam zagryaznennosti promyshlennymi vybrosami* [Methodical Recommendations for Survey and Mapping of Soil Cover by Levels of Pollution with Industrial Emissions]. Moscow, 1987, 26 p. (In Russian).

11 Zyrin N.G., Belitsyna G.D., 1981. *Mikroelementy v pochvakh SSSR (podvizhnye formy mikroelementov v pochvakh evropeyskoy chasti SSSR): sb. nauch. tr.* [Trace Elements in Soils of the USSR (Mobile Forms of Trace Elements in Soils of the European Part of the USSR): Collection of Articles]. Moscow, Moscow State University Publ., 242 p. (In Russian).

Юркова Рита Евгеньевна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Yurkova Rita Yevgenyevna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Докучаева Лидия Михайловна

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Dokuchayeva Lidiya Mikhaylovna

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.10.2020

После доработки 23.11.2020

Принята к публикации 27.11.2020