

УДК 631.46; 574

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ РАЙОНА ВЛИЯНИЯ НОВОЧЕРКАССКОЙ ГРЭС (РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2016 Т.В. Минникова, Т.В. Денисова, С.И. Колесников

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 23.05.2016

Исследованы показатели фитотоксичности (длина корней и побегов редиса) лугово-черноземных почв Нижнего Дона в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС. Отмечено превышение содержания As, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr в северо-западном направлении. Показано, что с увеличением расстояния от ГРЭС длина корней редиса и побегов редиса на расстоянии 7,3 км юго-западного направления была выше на 25-27%.

Ключевые слова: Новочеркасская ГРЭС, тяжелые металлы, фитотоксичность, лугово-черноземные почвы

Предприятия теплоэнергетического комплекса вносят существенный вклад в загрязнение почв прилегающих территорий тяжелыми металлами, радионуклидами. В Ростовской области – это филиал ОАО «Новочеркасская ГРЭС» (НЧГРЭС) [6, 15]. Новочеркасская ГРЭС – это предприятие I класса опасности, функционирует с 1965 г. Аэротехногенные выбросы НЧГРЭС представляют собой продукты неполного сгорания высокосернистого угля (антрацитового штыба). Кроме того, угли, поставляемые на НЧГРЭС, обогащены широким спектром тяжелых металлов (ТМ) и радионуклидов. В результате сгорания угля, около 80% всех веществ содержащихся в угле, попадает в атмосферу. Негативное воздействие ТМ на биологические свойства почв показано многими исследователями [8, 17, 18, 20, 21]. Фитотоксичность почв – достаточно информативный показатель позволяющий идентифицировать токсичность почв [3, 7, 10].

В качестве тест-объекта при исследовании фитотоксичности почв используют широкий набор растительных культур различных семейств: зерновые (пшеница, ячмень, овес и др.), крестоцветные (редис, горчица и др.), бобовые (горох, фасоль и др.) [2]. Лугово-черноземные почвы – это типичные гидроморфные почвы. От автоморфных черноземов отличаются повышенной гумусностью и глубинным оглеением, что связано с дополнительным увлажнением поверхностными, а часто и грунтовыми водами, которые обнаруживаются на глубине 2,5–5 м. Они встречаются в пойме Нижнего Дона и обладают высоким потенциальным плодородием, однако сельскохозяйственное использование лугово-черноземных почв в Ростовской области еще недостаточно развито. Использование этих почв в рисоводстве уже зарекомендовало себя в дельте реки Кубань [13].

Цель исследования: изучение фитотоксичности лугово-черноземных почв Нижнего Дона в районе влияния НЧГРЭС.

Материалы и методики исследования. Объектом исследования была лугово-черноземная почва. Образцы лугово-черноземной почвы были отобраны с площадок (№3, 6, 8, 8а). Все площадки расположены на

удалении 3-8 км от Новочеркасской ГРЭС (табл. 1). Площадки расположены в пределах подфакельного пространства. Площадки были заложены в 2000 г. согласно господствующим в регионе ветрам (северо-западного и юго-западного направления).

В качестве тест-объекта использовали редис (*Raphanus sativus*) сорта «Кварт». Он обладает следующими характеристиками: имеет малое количество питательных веществ, что позволяет быстро оценить отклик на наличие токсикантов, доступность семенного материала, быстрый отклик на повышение температуры 20°C (3-5 дней), что позволяет избежать побочного влияния почвенных микроорганизмов. Семена редиса включены в международные правила определения качества семян. Из показателей фитотоксичности определяли длину корней и побегов. Ранее показано [1, 8, 12], что длина корней и побегов является наиболее информативным показателем при оценке влияния тяжелых металлов на фитотоксические свойства почв.

Результаты и их обсуждение. В табл. 3 приведены результаты содержания ТМ в почвах, а также значения предельно допустимых концентраций (ПДК) химических веществ в почве, установленные в России [9] и Германии [5], кларковое содержание металлов [14]. Показано, что содержание Zn, Cu, Ni, Mn и Cr в северо-западном направлении с расстоянием от НЧГРЭС увеличивалось, а Pb и Cd – уменьшалось. Для юго-западного направления наблюдали увеличение с расстоянием концентрации As и Mn, для остальных металлов наблюдали уменьшение содержания их в почве с увеличением расстояния от ГРЭС. Как видно, ПДК России фактически совпадает с кларковым содержанием металлов в почвах. Однако ПДК Германии превышают и кларки и ПДК России в несколько раз. Целесообразность использования достаточно жестких ПДК, установленных в России, обсуждается уже несколько лет, но по-прежнему является актуальным критерием при оценке загрязнения почв ТМ и другими химическими веществами. Основываясь на этом, в настоящем исследовании установлено превышение ПДК по As, Pb, Zn, Cd для лугово-черноземных почв, помимо этого отмечено и превышение ПДК по содержанию Cu.

В табл. 2 представлены основные физико-химические показатели исследуемых почв. Валовое содержание тяжелых металлов (ТМ) определяли рентгенфлуоресцентным методом (табл. 3) [11].

Минникова Татьяна Владимировна, аспирантка. E-mail: loko261008@yandex.ru

Денисова Татьяна Викторовна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования. E-mail: denisova777@inbox.ru

Колесников Сергей Ильич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и природопользования. E-mail: kolesnikov@sfnedu.ru

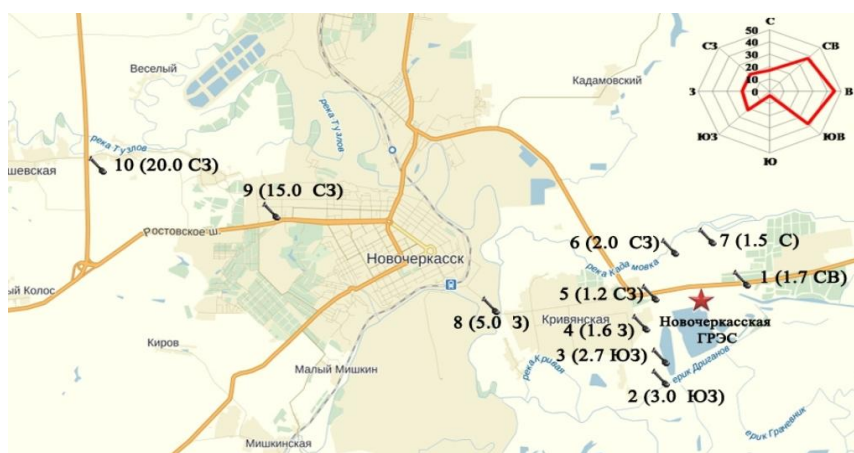


Рис. 1. Карта-схема расположения мониторинговых площадок в районе расположения НчГРЭС

Таблица 1. Расположение мониторинговых площадок района влияния НчГРЭС (Minkina et al., 2013)

Направление	Расстояние от НчГРЭС, км	Координаты GPS	Географическое расположение
юго-западное	2,7	47° 23.185'С 40° 11.994'В	2,7 км от НчГРЭС, пойма р. Тузлов. 100 м на запад от водоема (оз. Разрытое)
	7,3	47° 23.578'С 40° 8.125'В	7,3 км от НчГРЭС, место впадения р. Тузлов в р. Аксай. 380 м на запад от ст. Кривянская
северо-западное	2,0	47° 25.277'С 40° 13.110'В	2,0 км от НчГРЭС, пойма р. Кадамовка. Около разрушенных гидротехнических сооружений
	5,0	47° 23.833'С 40° 8.308'В	5,0 км от НчГРЭС, пойма р. Тузлов. 64 м на северо-восток от моста через реку Тузлов. В 100 м на запад от ст. Кривянская

Таблица 2. Физико-химические свойства почв почв района влияния НчГРЭС [19]

Показатель	Направление			
	юго-западное		северо-западное	
	2,7	7,3	2,0	5,0
Физ. глина, %	67,0	51,0	55,3	59,8
Ил, %	36,8	14,0	29,3	32,4
Гумус, %	4,3	3,2	4,4	5,8
pH	8,0	8,0	8,0	7,9
ЕКО, смоль (+)/кг	47,0	55,0	39,0	44,0
CaCO ₃ , %	0,8	0,9	0,9	0,6
NH ₄ ⁺ , мг/100г почвы	2,9	2,7	3,9	2,1
P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	3,5	5,2	4,1	4,5
K ₂ O, мг/100г почвы	42,0	53,0	33,0	39,0

Таблица 3. Валовое содержание ТМ почв площадок в зоне влияния НчГРЭС, мг/кг [19]

Направление	Расстояние от НчГРЭС, км	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Cr
юго-западное	2,7	10,3	38	119	61	80	746	0,8	116
	7,3	11,2	31	87	56	66	939	0,8	106
северо-западное	2,0	8,0	54	98	54	67	945	1,2	105
	5,0	8,0	38	134	81	87	1147	0,7	119
ПДК в России		2	32	100	55	85	1500	0,5	90
ПДК в Германия		50	100	300	100	100	-	3	100
Кларк металлов		6	35	90	30	50	1000	0,35	70

Примечание: жирным цветом выделены площадки с превышением 1 ПДК (Россия)

Для длины корней и побегов редиса (рис. 2) показан стимулирующий эффект: с увеличением расстояния от НчГРЭС наблюдали ослабление токсичности почв. Корреляция между длиной побегов редиса и содержанием металлов составила: с Zn ($r=-0,82$), с Ni ($r=-$

$0,80$), с Cr ($r=-0,82$). (табл. 4), между длиной корней и содержанием Cd ($r=0,67$) - прямая, с Zn ($r=-0,86$), Cu ($r=-0,61$) Ni ($r=-0,90$) и Cr ($r=-0,95$) - обратная.

Наблюдали тесные корреляционные связи между физической глиной, содержанием ила и гумуса с

содержанием в почве Zn, Ni и Cr (от 0,69 до 0,90) (табл. 5). Тесные связи обнаружены для всех ТМ с pH, CaCO₃, NH₄⁻ (от -0,56 до -0,98). Прямую корреляционную связь наблюдали между K₂O (r=0,50, r=0,32) и длиной корней редиса лугово-черноземных почв. Содержание ила и физической глины напрямую связано с подвижностью в почвенной толще таких крупных атомов, как K, Si, Na и закреплением меньших по размеру атомов Al, Fe, Ca, P [4]. Анализ корреляционных связей между содержанием металлов и физико-химическими свойствами показал, что при увеличении содержания физико-химических свойств почв наблюдали как уменьшение, так и увеличение содержания металлов.

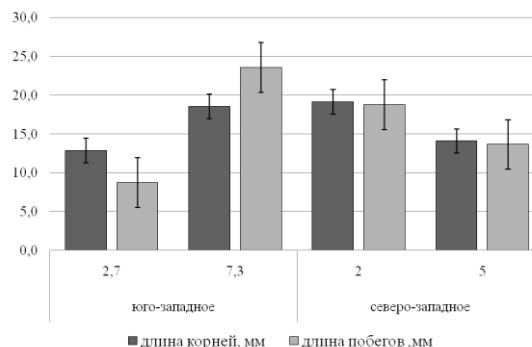


Рис. 2. Фитотоксичность лугово-черноземных почв юго-западного и северо-западного направлений относительно NiCrPbES

Таблица 4. Корреляция длины корней и побегов редиса лугово-черноземных почв с валовым содержанием ТМ

R	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Cr
длина побегов	-0,04	-0,82	-0,42	-0,80	0,29	0,30	-0,82
длина корней	0,35	-0,86	-0,61	-0,90	0,14	0,67	-0,95

Таблица 5. Корреляция физико-химических свойств почв с валовым содержанием ТМ

R	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cd	Cr
Физ. глина, %	0,00	0,74	0,31	0,73	-0,42	-0,29	0,77
Ил, %	0,39	0,79	0,38	0,71	-0,16	0,01	0,69
Гумус, %	0,26	0,90	0,85	0,83	0,59	-0,21	0,74
pH	0,16	-0,77	-0,98	-0,78	-0,83	0,53	-0,70
ЕКО, смоль (+)/кг	-0,90	-0,38	-0,15	-0,23	-0,20	-0,60	-0,11
CaCO ₃ , %	0,17	-0,95	-0,98	-0,95	-0,57	0,60	-0,90
NH ₄ ⁺ , мг/100г почвы	0,80	-0,56	-0,79	-0,67	-0,44	0,96	-0,71
P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	-0,45	-0,46	0,05	-0,39	0,55	-0,23	-0,40
K ₂ O, мг/100г почвы	-0,89	-0,41	-0,15	-0,26	-0,16	-0,58	-0,15

Примечание: жирным курсивом выделена достоверная корреляция

Выводы: показаны обратные связи между длиной корней и побегов содержанием Zn, Cu, Ni, Cd, Cr. Отмечено превышение содержания As, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr в северо-западном направлении. Повышенное содержание ТМ вызвало угнетение длины корней и побегов редиса почв северо-западного направления. Показано, что с увеличением расстояния от NiCrPbES длина корней редиса и побегов редиса на расстоянии 7,3 км юго-западного направления была выше на 25-27%.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-9072.2016.11).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бабьева, М.А. Биология почв / М.А. Бабьева, Н.К. Зенова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.
2. Звягинцев, Д.Г. Биология почв: учебник / Д.Г. Звягинцев, М.А. Бабьева, Н.К. Зенова. – М.: Изд-во МГУ, 3-е изд., испр. и доп., 2005. 445 с.
3. Казеев, К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2012. 260 с.
4. Карпачевский, Л.О. Экологическое почвоведение. – М.: ГЕОС, 2005. 336 с.
5. Касьяненко, А.А. Контроль качества окружающей среды. – М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
6. Кизильштейн, Л.Я. Элементы-примеси в углях, продуктах сгорания, растениях, почвах и атмосфере района тепловой электростанции / Л.Я. Кизильштейн, Г.И. Гофен, А.Г. Перетятко, С.В. Левченко // Известия СКНЦ ВШ. 1990. № 2. С. 42-52.
7. Киреева, Н.А. Оценка фитотоксичности нарушенных почв по показателям альгомикологического комплекса / Н.А. Киреева, Е.И. Дубовик, А.С. Григориади, Т.Р. Кабиров // Агрохимия. 2009. №11. С. 43-49.
8. Колесников, С.И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
9. Лозановская, И.Н. Экология и лхранибиосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова. – М.: Высш. шк. 1998. 287 с.
10. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева; под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.
11. Минеев, В.Г. Определение суммарной токсичности почв, корневой системы и конечной продукции при применении химических средств защиты растений. Методика и результаты / В.Г. Минеев и др. // Вестн. с.-х. науки, 1991. С. 63-71.
12. Рыбакова, З.П. Методы отбора микробов-стимуляторов по их влиянию на семена // Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучение их свойств. Методические рекомендации. – Л., 1987. С. 32-40.
13. Сидоренко, А.В. Свойства лугово-черноземных почв Кубани под культурой риса / А.В. Сидоренко, Н.В. Елисеева // Вестник ОГУ. 2011. №12 (131). С. 143-145.
14. Торшин, С.П. Микроэлементы, экология и здоровье человека / С.П. Торшин, Т.М. Удельнова, Б.А. Ягодин // Успехи современной биологии. 1990. Т. 109, вып. 2. С. 279-292.

15. Хованский, А.Д. Состояние окружающей среды в районах размещения энергоисточников / А.Д. Хованский, В.И. Седлецкий, Л.Я. Кизильштейн // Улучшение экологии и повышение надежности энергетики Ростовской области. – Ростов-на-Дону: СКНЦВШ, 1995. С. 26-44.
16. Asensio, V., Vega, F.A., Singh, B.R., Covelo, E.F., 2013. Effects of tree vegetation and waste amendments on the fractionation of Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in polluted mine soils // *Sci. Total Environ.* 443, P. 446–453.
17. Escarré, J. Heavy metal concentration survey in soils and plants of the Les Malines mining district (Southern France): Implications for soil restoration / J. Escarré, C. Lefebvre, S. Raboyeau et al. // *Water Air Soil Pollut.* 2011. V. 216. P. 485-504.
18. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants, fourth ed. – CRC Press, Boca Raton FL. 2011. P. 505.
19. Minkina, T.M. Fractional and group composition of the Mn, Cr, Ni, and Cd compounds in the soils of technogenic landscapes in the impact zone of the Novocherkassk Power Station / T.M. Minkina, S.S. Mandzhieva, M.V. Burachevskaya et al. // *Eurasian Soil Science.* 2013. V. 46. No 4. P. 375-385.
20. Stefanowicz, A.M. 2010. Pine forest and grassland differently influence the response of soil microbial communities to metal contamination / A.M. Stefanowicz, M. Niklinska, P. Kapusta, G. Szarek-Lukaszewska // *Sci. Total Environ.* 2010. V. 408. P. 6134-6141.
21. Xian, Y. Quantitative weighing assessment on soil enzyme activities of heavy metal contaminated soils with various soil properties / Y. Xian, W.Ch. Meie // *Chemosphere.* 2015. V. 139. P. 604-608.

PHYTOTOXICITY OF MEADOW AND CHERNOZEM SOILS AT THE AREA OF INFLUENCE OF NOVOCHERKASSK STATE DISTRICT POWER STATION (ROSTOV OBLAST)

© 2016 T.V. Minnikova, T.V. Denisova, S.I. Kolesnikov

Southern Federal University, Rostov-on-Don

Phytotoxicity indicators (length of roots and escapes of a garden radish) of meadow and chernozem soils of Nizhny Don in a zone of influence of Novocherkassk state district power station are investigated. Excess of maintenance of As, Pb, Zn, Cu, Cd, Cr in the northwest direction is noted. It is shown that with increase in distance from state district power station length of roots of a garden radish and escapes of a garden radish at distance of 7,3 km of the southwest direction was 25-27% higher.

Key words: *Novocherkassk state district power station, heavy metals, phytotoxicity, meadow and chernozem soils*

Tatiana Minnikova, Post-graduate Student. E-mail: loko261008@yandex.ru

Tatiana Denisova, Doctor of Biology, Professor at the Department of Ecology and Nature Management. E-mail: denisova777@inbox.ru

Sergey Kolesnikov, Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of Ecology and Nature Management. E-mail: kolesnikov@sfedu.ru