

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

03.00.00 Биологические науки

Biological sciences

**ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ НА ФИТОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**THE INFLUENCE OF HEAVY METAL POLLUTION ON PHYTOTOXICITY PROPERTIES OF SOILS CITIES OF THE ROSTOV REGION**

Налета Екатерина Васильевна  
аспирант  
РИНЦ SPIN-kod= 2814-7175

Naeta Ekaterina Vasilievna  
Postgraduate student  
RSCI SPIN-code=2814-7175

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

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

Kazeev Kamil Shagidullovich  
Dr.Sci.Geogr., Professor  
RSCI Author ID=86018  
Scopus Author ID: 7005896165  
*Southern Federal University, Rostov-na-Donu, Russia*

Было изучено влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность почв городов Ростовской области. Объектами исследования являлись почвы урболандшафтов городов: Таганрога, Новочеркаска, Гуково, Шахты, Азова. В результате исследования загрязнение почв ТМ было зафиксировано в г. Гуково, г. Шахты, г. Таганроге. По степени загрязнения ТМ исследованные города образуют следующий ряд: Гуково > Шахты > Таганрог > Азов > Новочеркасск. Исследования проводились в 2011–2015 гг. на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета. В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы. Используемые биологические показатели являются информативными для мониторинга состояния городских почв, загрязнённых ТМ. По степени информативности биологические показатели образуют следующий ряд: длина корней > всхожесть > длина побегов. Результаты исследования могут быть использованы при мониторинге и диагностике состояния загрязнённых почв, при оценке воздействия на окружающую среду, оценке риска природных и антропогенных катастроф, разработке региональных нормативов содержания ТМ в почвах, а также в других природоохранных и производственных мероприятиях

We studied the effects of heavy metal pollution on soil phytotoxicity cities of the Rostov region. The research objects were the soils of urban landscape towns: Taganrog, Novocherkassk, Gukovo, Shakhty, Azov. The study of the soil pollution with heavy metals was recorded in Gukovo, Shakhty, Taganrog. The degree of pollution of the studied cities form the following row: Gukovo > Shakhty > Taganrog > basics > Novocherkassk. The research was carried out in 2011-2015 at the Department of ecology and environmental Sciences of southern Federal University. In most cases, there was a direct correlation between pollutant concentration and the degree of deterioration of the studied soil properties. Used biological indicators are informative for monitoring of urban soils polluted with heavy metal. The degree of informativity of biological indicators form the following row: root length > germination > length of shoots. The results of the study can be used for monitoring and diagnosing the condition of contaminated soils, in the assessment of environmental impact, risk assessment of natural and synthetic disasters, the development of regional standards on the content of heavy metals in soil and in other environmental and industrial activities.

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ФИТОТОКСИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГОРОДСКИЕ ПОЧВЫ

Keywords: POLLUTION, HEAVY METALS, PHYTOTOXICITY, URBAN SOILS POLLUTION

## ВВЕДЕНИЕ

Проблеме загрязнения почв посвящено много научных работ. Однако и сейчас экологические последствия химического загрязнения почв изучены недостаточно. Первыми на загрязнение реагируют живые организмы и биологические свойства почвы. Знание особенностей воздействия химических веществ на фитотоксическую активность в почве и механизмов устойчивости к загрязнению должно стать основой для разработки методов предотвращения негативных последствий загрязнения [1,2,5,6,7].

Цель работы — изучение влияния загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксическую активность почв крупных городов Ростовской области.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Дать сравнительную оценку содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвах крупных городов Ростовской области.

2. Провести сравнительную оценку содержания ТМ в почвах разных функциональных зон городов: автомобильных развязок, промышленных и парковых зон.

3. Выявить приоритетные ТМ-загрязнители для почв городов Ростовской области.

4. Установить закономерности влияния загрязнения ТМ на фитотоксичность почв городов Ростовской области: всхожесть, длина корней, длина побегов.

5. Оценить степень информативности изученных биологических показателей и возможность их использования для мониторинга состояния городских почв, загрязненных ТМ.

Результаты исследования могут быть использованы при мониторинге и диагностике состояния загрязненных почв, при оценке воздействия на окружающую среду, оценке риска природных и антропогенных катастроф,

разработке региональных нормативов содержания ТМ в почвах, а также в других природоохранных и производственных мероприятиях.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в 2011–2015 гг. на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета. Объектами исследования являлись почвы урболандшафтов городов: Таганрога, Новочеркасска, Гуково, Шахты, Азова. Отбор образцов производился на опытных площадках площадью 25 м<sup>2</sup>, которые имели характерные черты, свойственные исследуемой зоне. Все площадки были расположены на газонной территории с хорошо развитым травянистым покровом в 7–8 метрах от проезжей части. При отборе проб отмечали примерно одинаковые погодно-климатические условия. Исследованию подвергался верхний слой почв (0–15 см). Для всех исследованных промзон и авторазвязок характерны урбочерноземы. Наиболее сохранный почвенный покров парково-рекреационных зон городов был представлен черноземами обыкновенными карбонатными мощными и среднемощными, преимущественно среднегумусными.

Лабораторно-аналитические исследования образцов почвы выполнены с использованием общепринятых в экологии, биологии и почвоведении методов [4,10,12].

О фитотоксичности почв судили по изменению показателей прорастания семян (всхожесть, энергия прорастания, дружность прорастания, скорость прорастания) и интенсивности начального роста проростков (длина корней, длина зеленых проростков, масса корней (воздушно-сухая), масса зеленых проростков (воздушно-сухая) [7,9,13]. В качестве тест-объектов использовали и редис. Повторность 6 кратная.

Содержание ТМ в отобранных образцах определяли рентгенфлуорисцентным методом.

Результаты оценки в значительной степени определяются величиной фоновых концентраций элементов и соединений, поэтому очень важно корректно подобрать фоновую почву. Прежде всего, в качестве фоновых концентраций содержания тяжелых металлов в почве можно использовать рекомендуемые фоновые значения, приведенные в Методических указаниях Министерства охраны окружающей среды. Однако данные показатели не учитывают геохимические особенности провинции и тем более локальные природные особенности.

Более приемлемым является использование фоновых значений, установленных в условиях конкретного региона. Поэтому целесообразно было использовать реальные фоновые значения, определенные в образцах из памятника природы «Персиановская степь».

Для оценки совокупного действия поллютантов в качестве интегрального показателя в настоящее время широко используется суммарный коэффициент техногенного загрязнения ( $Z_c$ ), рассчитываемый на основе сложения коэффициентов техногенного загрязнения отдельных элементов [14,15].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на фитотоксичность почв г. Новочеркаска приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияния загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность почв г. Новочеркаска

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	Всхожесть, %	Длина корней, мм за 5 суток	Длина побегов, мм за 5 суток
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb				
1	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,3	79,7	30,2	1	100	60,8	52,6
2	Александровский парк	4,7	27,5	42,6	89,4	35,1	4	100	57,9	42,5
3	пр. Платовский (автотрасса)	10,9	40,9	53,1	259	52,3	11	98	51,5	39,1
4	Электродный завод	3,8	23,7	36,5	157	67,3	5	96	49,9	38,9
5	Завод синтетических продуктов	0,5	45,9	44,8	157	46,8	4	98	52,7	38,1
6	Электровозостроительный завод	15,3	50,6	56,5	102,4	15,4	10	92	46,9	35,6

Минимальное значение Zc наблюдается в почве, отобранной в Александровском парке. Максимальные значения Zc характерны для почв, отобранных близ пр. Платовского и Новочеркасского Электровозостроительного завода. Почвы из всех мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения.

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на фитотоксичность почв г. Гуково приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Влияния загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность почв г. Гуково

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	Всхожесть, %	Длина корней, мм за 5 суток	Длина побегов, мм за 5 суток
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb				
1	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,9	79,7	30,2	1	100	60,8	52,6
2	Парковая зона (ул.Мира)	11,6	51,6	56,9	735	103	4	100	69,9	40,1
3	Авторазвязка (ул.Герцина)	10,1	45,9	45,2	136	40,6	9	85	45,2	29,2
4	Шахта Ростовская	19,9	57,7	86,7	655	123	27	59	33,8	30,4
5	Шахта. Гуковская	3,7	27,9	30,9	111	63,5	21	49	24,9	21,1

Минимальное значение Zc наблюдается в почве, отобранной в парковой зоне. Максимальные значения Zc характерны для почв, отобранных близ шахты Ростовской, шахты Гуковской, что относится к умеренно опасной категории загрязнения. Почвы из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения.

Результаты исследования содержания ТМи их влияние на фитотоксичность почв г. Таганрога приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Влияния загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность почв г. Таганрога

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	Всхожесть, %	Длина корней, мм за 5 суток	Длина побегов, мм за 5 суток
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb				
1	«Персиановская степь» (фон)	2,1	22,7	34,3	79,7	30,2	1	100	60,8	52,6
2	Парк 300л. Таганрога	10,3	40,3	46,5	109	36,6	8	100	52,1	43,8
3	Парк им.Горького	16,2	48,2	54,3	83,3	21,8	8	98	47,4	33,5
4	Авторызвязка(ул. Транспортная)	12,0	45,1	47,4	114	32,1	9	98	42,8	33,0
5	пл.Марцевский треугольник(авторызв.)	21,6	62,1	60,9	124	25,5	14	96	41,8	28,3
6	ПО Красный котельщик	16,8	59,7	54,3	100	24,6	11	92	46,5	24,0
7	Металлург.завод	13,1	56,1	54,6	114	29,3	10	96	30,6	19,9
8	Свалка	22,2	56,1	59,8	253	48,5	17	88	44,8	19,2

Минимальные значения Zc наблюдаются в почвах, отобранных в парке 300-летия Таганрога и в парке им. Горького. Максимальные значения Zc характерны для почвы, отобранной на территории нелегальной свалки, что относится к умеренно опасной категории загрязнения. Почвы из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения.

Результаты исследования содержания ТМи их влияние на фитотоксичность почв г. Шахты приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Влияния загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность почв г. Шахты

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	Всхожесть, %	Длина корней, мм за 5 суток	Длина побегов, мм за 5 суток
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb				
1	«Персиановская степь» (фон)	2,10	22,73	34,92	79,72	30,20	1	100	60,8	52,6
2	Парк культуры и отдыха	10,82	24,57	42,67	85,45	34,28	7	98	53,8	39,9
3	Автовокзал	4,43	54,88	49,54	289,17	64,84	9	92	42,2	33
4	Ростовский электрометаллургический завод	18,92	57,21	54,19	88,99	28,11	17	92	44,4	35,5
5	Завод Шахтинской плитки	12,84	38,00	44,78	135,14	3,90	23	95	40,6	18,6

Минимальное значение Zc наблюдается в почве, отобранной в Городском парке культуры и отдыха. Максимальное значение Zc характерно для почвы, отобранной близ завода «Шахтинской плитки, что относится к умеренно опасной категории загрязнения. Почвы из всех остальных мест отбора почвенных образцов относятся к допустимой категории загрязнения.

Результаты исследования содержания ТМ и их влияние на фитотоксичность почв г. Азова приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Влияния загрязнения тяжелыми металлами на ферментативную активность почв г.

Азова

№	Места отбора почвенных образцов	Содержание ТМ в почвах (мг/кг)					Zc	Всхожесть, %	Длина корней, мм за 5 суток	Длина побегов, мм за 5 суток
		Co	Ni	Cu	Zn	Pb				
1	«Персиановская степь» (фон)	2,10	22,73	34,92	79,72	30,20	1	100	60,8	52,6
2	Городской парк	9,06	63,29	49,01	89,53	36,19	8	98	54,5	27,1
3	Автовокзал	13,54	46,22	47,75	84,17	29,26	9	92	47,7	33,2
4	Азовский оптико-механический завод (АОМЗ)	22,70	57,05	52,68	95,06	22,52	14	96	50,8	22,7



Максимальный  $Z_c$  наблюдается в почве, отобранной близ Азовский оптико-механический завод АОМЗ, минимальный  $Z_c$  – в почве из городского парка культуры и отдыха. Почвы, во всех местах отбора почвенных образцов относятся, к допустимой категории загрязнения.

## ВЫВОДЫ

1. В результате исследования загрязнение почв ТМ было зафиксировано в г. Гуково, г. Шахты, г. Таганроге. По степени загрязнения ТМ исследованные города образуют следующий ряд: Гуково > Шахты > Таганрог > Азов > Новочеркасск.

2. В результате проведения сравнительной оценки содержания ТМ в почвах разных функциональных зон городов получены следующие ряды: промышленные зоны > авторазвязки > парки для г. Шахты, г. Гуково, г. Азова; авторазвязки > промышленные зоны > парки для г. Таганрога и г. Новочеркаска.

3. В результате исследования были выявлены приоритетные ТМ-загрязнители для почв городов Ростовской области:  $Co > Zn > Pb > Cu > Ni$ .

4. В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы. Как правило, наблюдалось снижение исследованных биологических показателей.

5. Используемые биологические показатели являются информативными для мониторинга состояния городских почв, загрязненных ТМ. По степени информативности биологические показатели образуют следующий ряд: длина корней > всхожесть > длина побегов.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной*

*поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко Ю.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экологические последствия загрязнения чернозема антибиотиками. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2013. 120 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. М.: Агропромиздат, 1987. 140 с.
3. 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.
4. 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.
5. Колесников С. И., Жаркова М. Г., Казеев К. Ш., Кутузова И. В., Самохвалова Л. С., Налета Е. В., Зубков Д. А.. Оценка экотоксичности тяжелых металлов и нефти по биологическим показателям чернозема // Экология, 2014, №3. С163-173
6. 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.
7. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1499-1505.
8. 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 // Агрехимия. 2010. № 7. С. 62-67.
9. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 463 с
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
11. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.
12. Практикум по почвоведению /Под. ред. И.С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.
13. Рыбакова З.П. Методы отбора микробов-стимуляторов по их влиянию на семена // Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств. Методические рекомендации. Ленинград, 1987. С. 32-40.
14. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы (Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы) / Н.Л. Великанов, А.Л. Прядко, Т.Е. Бобкова. – М.: Минздрав России, 2004. – 40 с.
15. Снакин В.В. Экологическая оценка состояния почв: Попытка количественного подхода / В.В. Снакин, А.А. Присяжная // Изд. РАН. Сер. биол. – 1995. – № 1. – С. 105-109.

#### References

1. Akimenko Ju.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Jekologicheskie posledstvija zagraznenija chernozema antibiotikami. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2013. 120 s.
2. Alekseev Ju.V. Tjzhelye metally v pochvah i rastenijah. M.: Agropromizdat, 1987. 140 s.
3. 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.
4. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Biologicheskaja diagnostika i indikacija pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov n/D.: Izd-vo Rost. un-ta, 2003. 204 s.
5. Kolesnikov S. I., Zharkova M. G., Kazeev K. Sh., Kutuzova I. V., Samohvalova L. S., Naleta E. V., Zubkov D. A.. Ocenka jekotoksichnosti tjzhelyh metallov i nefti po biologicheskim pokazateljam chernozema/Jekologija, 2014, №3. S163-173
6. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Vlijanie zagraznenija tjzhelymi metallami na jekologo-biologicheskie svojstva chernozema obyknovennogo // Jekologija. 2000. № 3. S. 193-201.
7. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Izmenenie biologicheskijh svojstv pochv Adygei pri himicheskom zagraznenii // Pochvovedenie. 2009. № 12. S. 1499-1505.
8. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Rotina E.N., Val'kov V.F. Vlijanie zagraznenija tjzhelymi metallami i neft'ju na biologicheskie svojstva chernozema vyshhelochennogo slitogo // Agrohimiya. 2010. № 7. S. 62-67.
9. Krasil'nikov N.A. Mikroorganizmy pochvy i vysshie rastenija. M.: Izd-vo AN SSSR, 1958. 463 s
10. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / Pod. red. D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU, 1991. 304 s.
11. Orlov D.S., Grishina L.A. Praktikum po himii gumusa. M.: Izd-vo MGU, 1981. 271 s.
12. Praktikum po pochvovedeniju /Pod. red. I.S. Kauricheva. M.: Agropromizdat, 1986. 336 s.
13. Rybakova Z.P. Metody otbora mikrobov-stimuljatorov po ih vlijaniju na semena // Nekotorye novye metody kolichestvennogo ucheta pochvennyh mikroorganizmov i izuchenija ihsojstv. Metodicheskie rekomendacii. Leningrad, 1987. S. 32-40.
14. Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k kachestvu pochvy (Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila i normativy) / N.L. Velikanov, A.L. Prjadko, T.E. Bobkova. – M.: Minzdrav Rossii, 2004. – 40 s.
15. Snakin V.V. Jekologicheskaja ocenka sostojanija pochv: Popytka kolichestvennogo podhoda / V.V. Snakin, A.A. Prisjazhnaja // Izd. RAN. Ser. biol. – 1995. – № 1. – S. 105-109.