

УДК 631.46; 57.044

UDC 631.46; 57.044

**ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ПОЧВ Г. РОСТОВА-НА-ДОНУ  
ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ТЯЖЕЛЫМИ  
МЕТАЛЛАМИ \***

**CHANGE OF BIOLOGICAL PROPERTIES  
OF SOILS OF ROSTOV-ON-DON WITH HEAVY  
METAL POLLUTION**

Капралова Ольга Анатольевна  
аспирант  
*Южный федеральный университет, Ростов-на-  
Дону, Россия*

Kapralova Olga Anatolyevna  
postgraduate student  
*Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Статья посвящена исследованию уровня загрязне-  
ния тяжелыми металлами почв различных функци-  
ональных зон г. Ростова-на-Дону: парковые зоны,  
автотрассы, промзоны. Рассматривается зависи-  
мость уровня биологической активности почв от  
содержания в почве тяжелых металлов

The article investigates the level of heavy metal con-  
tamination of soils of different functional zones in  
Rostov-on-Don: parklands, crossroads and industrial  
zone. Dependence is considered the level of soil bio-  
logical activity in soil from heavy metals

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ,  
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ПОЧВ, ГОРОДСКИЕ ПОЧВЫ,  
РОСТОВ-НА-ДОНУ

Keywords: SOIL CONTAMINATION, HEAVY  
METALS, BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOILS,  
URBAN SOILS, ROSTOV-ON-DON

Городские почвы испытывают значительный техногенный пресс, со-  
ставной частью которого является загрязнение тяжелыми металлами (ТМ)  
[6, 7, 9, 10].

На территории крупных городов сконцентрировано большое количе-  
ство различных источников ТМ (промышленные предприятия, транспорт,  
котельные, бытовые отходы и др.). Данные территории в настоящее время  
по интенсивности и площади загрязнения представляют собой техноген-  
ные геохимические и биогеохимические провинции.

Существенное значение для формирования геохимического "фона"  
городских почв имеют длительность и характер промышленного развития  
города в историческое время. Антропогенное геохимическое воздействие в  
доиндустриальный период привело к заметному загрязнению почв многих

---

\* Исследование выполнено в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-  
педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (госконтракты  
П322, 16.740.11.0528, 14.740.11.1029), при государственной поддержке ведущей  
научной школы (НШ-5316.2010.4).

городов тяжелыми металлами. Содержание тяжелых металлов в этих слоях в среднем в 6–8 раз выше фона почвообразующих пород [2].

Города являются, с одной стороны, центрами концентрации веществ, поступающих в них с транспортными потоками, перерабатываемыми промышленностью и коммунальным хозяйством, с другой стороны, сами города являются мощными источниками техногенных веществ, включающихся в региональные миграционные циклы [5]. Это обуславливает разную интенсивность поступления и неоднородность состава загрязняющих почву веществ.

Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными. Согласно классификации Дж. Вуда [3], к наиболее токсичным отнесены следующие химические элементы: Be, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, As, Se, Te, Sb, Ag, Cd, Au, Hg, Pb, Bi, Pt, большинство из которых – металлы. В эту группу отнесены Mn, Zn, Cu, Co, Mo, известные как микроэлементы, но при высокой концентрации этих химических элементов в среде обитания они рассматриваются как тяжелые металлы.

Почва, взаимодействуя с загрязняющими веществами, аккумулирует их и трансформирует техногенные соединения, что находит отражение в изменении степени подвижности металлов в почвах и в изменении фракционного состава их соединений [8].

Ростов-на-Дону является классическим городом-миллионником, крупным промышленным центром юга России, на территории которого расположены предприятия машиностроительной, химической, пищевой промышленности, крупные автомагистрали и другие источники загрязнения окружающей среды ТМ.

Цель работы – исследование влияния загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Оценить уровень загрязнения тяжелыми металлами почв различных функциональных зон Ростова-на-Дону (промзон, авторазвязок, парковых зон).

2. Установить закономерности влияния загрязнения тяжелыми металлами на биологические свойства почв: численность и активность микроорганизмов, активность ферментов, фитотоксичность почв и др.

В качестве объектов данного исследования были использованы почвы Ростова-на-Дону. Этот город является мегаполисом с населением свыше 1 млн человек, крупным промышленным центром юга России. Главными отраслями промышленности города являются машиностроение (ОАО «Ростсельмаш», ОАО «Роствертол», ООО «Алмаз», ОАО «Десятый подшипниковый завод» (ГПЗ-10), пищевая («Регата», «Тавр») и химическая («Эмпилс»).

В качестве объекта исследования выступали почвы различных городских ландшафтов с разной функциональной нагрузкой: промзон, автомобильных перекрестков (авторазвязок) и парковых зон.

Отбор 26 образцов в г. Ростове-на-Дону проводили в рекреационных зонах (парк им. Островского, парк им. Вити Черевичкина, парк «Дружба», Студенческий парк ДГТУ, парк «Осенний и др.); в промышленных зонах (район ГПЗ-10, заводы «Эмпилс», «Молот», «Ростсельмаш») и в зонах максимальной транспортной нагрузки (перекресток пр. Буденовского и ул. Красноармейской, ул. Вятской и ул. 50 лет Ростсельмаш, площадь Гагарина, площадь Энергетиков, площадь Страны Советов и др.).

В качестве фоновой использовали почву ОПХ ДонГАУ «Персиановская степь» в 40 км от Ростова-на-Дону.

Для исследования использовали общепринятые в биологии почв методы [1]. Обилие бактерий рода *Azotobacter* учитывали методом комочков обрастания на среде Эшби. Ферментативную активность почв оценивали по активности каталазы и дегидрогеназы. Активность каталазы измеряли по методике Галстяна, дегидрогеназы – по методике Галстяна в модификации Хазиева. Фитотоксичность почв фиксировали по изменению показателей прорастания семян (всхожесть, энергия прорастания, дружность прорастания, скорость прорастания) и интенсивности начального роста растений (длина корней, длина побегов). В качестве тест-объекта использовали редис сорта Корунд.

Для объединения различных биологических показателей была использована методика определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы [7]. В настоящем исследовании интегральный показатель биологического состояния почвы был рассчитан по следующим показателям: обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы, активность дегидрогеназы, всхожесть семян редиса.

Для расчета ИПБС значение показателя в фоновой почве принимали за 100 %, а значение показателя в почве г. Ростова-на-Дону выражали в процентах от фона (от 100 %). Затем рассчитывали средние значения пяти выбранных для определения ИПБС биологических показателей. В результате для каждого почвенного образца получали значение ИПБС, которое выражено в процентах по отношению к фону (к 100 %). Используемая методика позволяет интегрировать относительные (процентные) значения

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

Для оценки совокупного действия поллютантов в качестве интегрального показателя был применен суммарный коэффициент техногенного загрязнения, рассчитываемый на основе сложения коэффициентов техногенного загрязнения отдельных элементов [11]:

$$Z_c = \sum K_{c_i} - (n-1),$$

где  $Z_c$  – суммарный коэффициент техногенного загрязнения;

$n$  – количество загрязнителей;

$K_{c_i}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над фоновым значением:

$$K_c = C_i / C_{ф},$$

где  $C_i$  – фактическое содержание  $i$ -го элемента в пробе, мг/кг;

$C_{ф}$  – фоновое содержание  $i$ -го элемента, мг/кг.

Статистическая обработка данных была проведена с использованием корреляционного анализа. Для проведения математической обработки результатов исследования использовали компьютерную программу Statistica 6.0.

Уровень загрязнения почв Ростова-на-Дону оценивали по содержанию в верхнем слое (0–20 см) почвы валовых форм ТМ и на основе суммарного показателя загрязнения  $Z_c$ .

Оценка валового содержания ТМ в поверхностном слое почв Ростова-на-Дону показала наличие полиэлементного загрязнения. В городских почвах средние концентрации химических элементов (Cu, Zn, Pb, As) выше значений для естественных почв (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание валовых форм ТМ (мг/кг) в почвах разных функциональных зон г. Ростова-на-Дону

Химический элемент	Класс опасности ГОСТ 17.4.1.02-83	Фоновая почва	Промзоны (n = 4)	Автомобильные развязки (n =14)	Парковые зоны (n =8)	ПДК мг/кг валовое содержание (Водяницкий, 2008)
Zn	I	79,7	700,2 (85,6-2462)	254,0 (81,4-327,2)	212,9 (86,3-436,7)	100
As	I	7,8	13,6 (8,2-23,6)	13,1 (7,1-19,0)	13,5 (9,2-16,0)	2
Pb	II	30,2	36,2 (9,0-82,9)	38,3 (11,4-64,0)	43,5 (20,9-66,7)	30
Cu	II	34,9	64,6 (47,0-70,1)	58,6 (43,7-82,3)	58,4 (43,5-76,0)	55
Ni	II	22,7	55,2 (37,0-68,7)	57,7 (48,5-61,4)	60,1 (42,5-65,1)	85
Co	II	2,1	16,9 (9,2-18,9)	15,3 (12,3-20,5)	15,1 (9,3-21,0)	5
Z <sub>c</sub>		-	19,73	13,12	13,06	

Примечание: n – количество участков исследования; Z<sub>c</sub> – суммарный показатель загрязнения.

В целом оценка полученных концентраций химических элементов в почвах города по шкале опасности загрязнения почв, составленной на основе величин показателя суммарного загрязнения (Z<sub>c</sub>), выявила допустимый уровень загрязнения (Z<sub>c</sub> от 1–15 усл. ед.) парковых зон и автомобильных развязок, умеренно опасный (Z<sub>c</sub> от 16–32 усл. ед.) – промзон города.

Почвы центральной части города загрязнены ТМ больше, чем Западного жилого массива и Северного жилого массива. Это связано с продолжительным воздействием (с конца 19-го века) промышленных предприятий на почву в центре города и влиянием крупных авторазвязок в настоящее время.

В результате исследования, проведенного в мае 2010 г., было установлено, что в ряде случаев содержание в почве цинка, мышьяка, меди, свинца и никеля существенно превышает значения предельно допустимой

концентрации (ПДК). Максимальное превышение ПДК – 2462 мг/кг (в 37 раз) было зафиксировано для цинка в районе завода «Эмпилс», крупнейшего российского производителя декоративных лакокрасочных покрытий и оксида цинка (цинковых белил), расположенного в центре города. Превышение ПДК для цинка также было отмечено во всех других образцах, включая образцы из парковых зон: парк «Плевен» – 92 мг/кг, парк «Дружба» – 100 мг/кг, парк «Осенний» – 133 мг/кг, парк ДГТУ – 437 мг/кг, парк Островского – 434 мг/кг.

Максимальное превышение ПДК (в 2,7 раза) было зафиксировано для меди в районе завода «Эмпилс» – 82,3 мг/кг, высокое содержание меди также было в районе завода «Молот» – 71 мг/кг, на авторазвязке Нагибина / Нариманова – 70,1 мг/кг, где транспортный поток один из самых высоких в городе.

Максимальное превышение ПДК (в 4 раза) было зафиксировано для свинца в районе завода «Эмпилс» – 82,9 мг/кг, и на загруженных транспортным движением автомобильным развязках – на площади Гагарина – 60,7 мг/кг, на пересечении улицы Мечникова и проспекта Буденовского – 63,9 мг/кг, на пересечении улиц Добровольского и Королева – 59,9 мг/кг.

Результаты исследования биологических свойств почв представлены в таблице 2. На основе данных показателей были определены значения ИПБС исследованных почв.

Таблица 2 – Биологические свойства почв разных функциональных зон г. Ростова-на-Дону

Легенда	Актив- ность каталазы	Актив- ность дегидро- геназы	Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i>	Всхожесть	ИПБС
---------	-----------------------------	---------------------------------------	--	-----------	------

«Персиановская степь» (фон)	100	100	100	100	100
<i>Промзоны г. Ростова-на-Дону</i>					
Малиновского /Доватора («Молот»)	56	82	12	94	61
Малиновского / Каширская (ГПЗ-10)	50	66	96	90	76
Лермонтовская, 196 (завод "Эмпилс")	29	59	100	86	69
Вятская / 50-лет Ростсель- маш	48	77	4	96	56
<i>Среднее</i>	46	71	53	91	65
<i>Парковые зоны г. Ростова-на-Дону</i>					
Парк «Плевен»	53	93	85	98	82
Парк РИИЖТа	54	97	76	94	80
Парк ДГТУ	48	106	88	96	85
Парк «Дружба»	46	88	100	98	83
Парк Горького	49	85	98	94	82
Парк Вити Черевичкина	46	84	84	96	78
Парк Островского	46	107	100	98	88
Парк «Осенний»	49	83	81	96	77
<i>Среднее</i>	49	93	89	96	82
<i>Автомобильные перекрестки (автотрассы) г. Ростова-на-Дону</i>					
Королева / Добровольского	48	90	44	92	69
Шеболдаева /2-й Пятилетки	47	36	98	96	69
Таганрог. Шоссе / Малинов- ского (ДПС)	55	87	94	94	83
Доватора / Мадояна	49	102	62	98	78
Стачки / Братский	49	101	84	96	83
Красноармейская /Буденовский	47	75	93	98	78
пл. Гагарина	52	91	54	98	74
пл. Энергетиков (Театраль- ный пр-т)	33	102	88	92	79
Шолохова / пр. Сельмаш	62	78	92	96	82
Авторынок «Алмаз»	57	95	42	92	72
Пл. Страны Советов	50	76	91	92	77
РИИЖТ	55	35	62	94	62
Нариманова /Нагибина	49	86	97	95	82
Мечникова / Буденовский	51	99	84	90	81
<i>Среднее</i>	50	82	78	95	76

Значение ИПБС варьирует от 88 до 56 %. Максимальное значение ИПБС – 82 % характерно для почвы, отобранной в парке «Плевен», 83 % – в парке «Дружба», 88 % – в парке им. В. Черевичкина. Минимальные значения ИПБС – 56 % зарегистрированы в почвах, отобранных около завода



«Ростсельмаш», 61 % – около завода «Молот», 62 % – в почве транспортного кольца РИИЖТа.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. В ряде случаев содержание в почве цинка, мышьяка, меди, свинца и никеля существенно превышает значения предельно допустимой концентрации (ПДК).

2. Установлен допустимый уровень загрязнения (СПЗ от 1–15 усл. ед.) почв парковых зон и автомобильных развязок, умеренно опасный (СПЗ от 16 – 32 усл. ед.) почв промзон города Ростова-на-Дону.

3. Уровень загрязнения ТМ почв различных функциональных зон г. Ростова-на-Дону нарастает в ряду: парковые зоны < авторазвязки < промзоны.

4. Уровень биологической активности почв находится в обратной зависимости от содержания в почве ТМ: промзоны < авторазвязки < парковые зоны.

5. В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между концентрацией загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемых свойств почвы.

#### Список литературы

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Методология исследования биологической активности почв на примере Северного Кавказа // Научная мысль Кавказа. Изд-во СКНЦВШ. 1999. № 1. С. 32–37.
2. Евдокимова А.К. Тяжелые металлы в культурном слое средневекового Новгорода. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География, 1986. № 3.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 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. Касимов Н.С., Перельман А.И. Геохимическая систематика городских ландшафтов // Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 13–20.

6. 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.
7. Колесников С.И., Пономарева С.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы // Доклады РАСХН. 2010. № 1. С. 27–29.
8. 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.
9. Мотузова Г.В. Почвенно-химический экологический мониторинг. М.: Изд-во МГУ, 2001. 86 с.
10. Приваленко В.В. Геохимическая оценка экологической ситуации в г. Ростове-на-Дону. – Ростов н/Д: МГП Геоинформ, 1993. – 167 с.
11. Снакин В.В., Присяжная А.А. Экологическая оценка состояния почв: Попытка количественного подхода // Изв. РАН. Сер. биол. – 1995. – № 1. – С. 105.