

УДК 631.41:504.75

Р. В. Кайгородов<sup>a,b</sup>, Е. И. Попова<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

<sup>b</sup> Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, Россия

## ХЕМОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ТРАНСПОРТНОЙ ЗОНЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Определено содержание наиболее значимых микроэлементов и тяжелых металлов, проведен анализ некоторых анионов, физико-химических свойств и биохимических показателей почв в транспортных участках городских экосистем за вегетационные периоды 2015 и 2016 гг. Валовое содержание и подвижную фракцию микроэлементов и тяжелых металлов (Fe, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) определяли методом оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой. Анионный состав водной вытяжки почв и актуальную и обменную кислотность определяли стандартными методами. Проанализированы интенсивность почвенного дыхания и уровень активности фермента каталазы. Рассчитаны кларки концентрации и рассеивания металлов в почвах городских территорий. В почвах транспортной зоны установлено превышение геохимического фона по свинцу, меди, никелю и цинку, в жилой зоне – по марганцу и цинку. Установлено повышение щелочности почв городских территорий, повышенное содержание анионов хлора и гидрокарбонатов. Показана изменчивость биохимических показателей почв в зависимости от удаления от проезжих частей. Изучено влияние уровня кислотности почв на их ферментативную активность, установлен оптимум pH почвы для активности каталазы.

**Ключевые слова:** урбаноэкосистемы; почвы транспортной зоны; микроэлементы; тяжелые металлы; хлориды; гидрокарбонаты; уровень кислотности; биохимические показатели.

R. V. Kaygorodov<sup>a,b</sup>, E. I. Popova<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Perm State University, Perm, Russian Federation

<sup>b</sup> Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the RAS, Tobolsk, Russian Federation

## CHEMOECOLOGICAL, PHYSICAL-CHEMICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES OF SOILS IN THE TRANSPORT ZONE OF URBAN ECOSYSTEMS

The chemical composition and biological activity of soils has important impact on their ecological, sanitary and hygienic functions. In the urban ecosystems the structure and properties of soils are subject to basic changes under the influence of a complex of anthropogenic influences. The aims of study were analyzes of microelements and heavy metals, chlor-anions, hydrocarbonat-anions, physical-chemical and biochemical properties of soils in transport zone of ecosystems in Perm in 2015 and 2016. Total content (after microwave probe preparation) and mobile phase (after extraction with 0.1 M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) of microelements and heavy metals was analyzed with Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Anions were measured with using of complexometric titration. Biological activity of soils was determined by intensity of soil respiration and activity of catalase-enzyme. Chemical composition of soil in transport zone was compared with living zone of city, geochemical data and maximum allowable concentrations. Biochemical properties were studied in the soils with different distance from carriageway and in the living area of city. In the soils of transport zone revealed technogenic accumulation of Cu, Ni, Zn, Pb. In the living area was detected accumulation of Mn and Zn. Soils of transport zone characterized by high content of anions (Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) and alkalinity. The biological activity depends on distance from carriageway and pH of soils.

**Key words:** urban ecosystems; soils of transport zone; microelements and heavy metals; chloride and hydrocarbonates; acidity level; biochemical properties.

### Введение

Территория города представляет единую и целостную экосистему, в которой почва является базовой составляющей, обеспечивающей продуктивность, функционирование, устойчивость и биоразнообразие урбанизированных ландшафтов. Городские экосистемы являются наиболее сильно изме-

ненной категорией антропогенно-измененных ландшафтов. В транспортной зоне урбанизированных экосистем (проезжие части, автотранспорт, прилегающие газоны с растительностью) действует целый комплекс антропогенных факторов, приводящий к трансформации химического состава, физико-химических и биохимических свойств почвы.

В крупных промышленных городах сосредоточены промышленные предприятия, которые в комплексе с транспортной нагрузкой участвуют в формировании особой геохимической обстановки. В результате возникают положительные антропогенные геохимические аномалии с превышением фонового содержания широкого спектра микроэлементов и тяжелых металлов. Использование антигололедных средств, наличие транспорта и применение строительных материалов обуславливают накопление в почвах карбонатов, гидрокарбонатов, ионов хлора, кальция, магния и натрия, формируя антропогенные солонцеватые, щелочные и засоленные почвы, особенно в транспортной зоне городов. Химическая и физико-химическая модификация почв изменяет условия существования чувствительной микрофлоры почв, которая обеспечивает важные экологические и санитарно-гигиенические функции почв в городских ландшафтах.

Важной особенностью урбанизированных экосистем является сочетание на его территории природных, природно-техногенных и техногенных геохимической аномалии [Копылов, 2011, 2012]. В работах, посвященных геохимической обстановке г. Перми [Ибламинов, 1993; Ворончихина, Запоров, 2000; Копылов, 2004], показано превышение кларков, ПДК и ОДК в верхнем горизонте почвы и снежном покрове по широкому спектру химических элементов. Ряд исследований [Еремченко, Москвина, 2005; Еремченко, Шестаков, Каменщикова, 2010; Каменщикова, Еремченко, Шестаков, 2011] демонстрируют ионно-солевой состав, физико-химические и биохимические свойства почв пешеходной зоны урбанизированных экосистем. Наши исследования направлены на оценку эколого-биохимических свойств почв транспортной зоны урбанизированных экосистем, где функционирует как общий для городской среды комплекс, так и отличный от жилой зоны спектр антропогенных воздействий.

В данной работе исследованы хемотрологические показатели (содержание микроэлементов, тяжелых металлов и анионов антигололедных средств), физико-химические параметры (показатели кислотности почв), а также интегральные биохимические показатели городских почв (интенсивность почвенного дыхания и активность фермента каталазы).

### Объекты и методы исследования

В качестве объектов использованы почвы транспортной зоны г. Перми, отобранные в июне 2015 г. и июне 2016 г. Образцы почв отбирали на газонах вдоль проезжих частей дорог с разной интенсивностью транспортных потоков. В разных районах города было изучено три главных (с дви-

жением пассажирского транспорта) и три второстепенных улицы (с низкой интенсивностью движения, в основном легкового транспорта). Главные дороги обладают, как известно, более высокой интенсивностью транспортного движения, по сравнению с второстепенными. Вдоль каждой из шести улиц закладывали по три опытных участка с удалением не менее 300 м друг от друга. В пределах каждого участка отбирали по три образца почвы (слой 0–15 см) на удалении 0.5 м от проезжей части и объединяли в один смешанный образец от каждого участка. Всего было заложено 18 опытных участков. Для исследования биохимических показателей в шести из исследованных участков (по одному на каждой дороге) дополнительно отбирали образцы почв на разном удалении от проезжей части: 0.5, 1 и 5 м. Контрольные участки закладывали в пешеходных зонах городских парков в разных районах.

Образцы почв для анализа химического состава (микроэлементы, анионы) сушили до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 60°C в течение 12 ч. Подвижные формы металлов, физико-химические и биохимические показатели определяли в воздушно-сухих образцах почвы.

Валовое содержание микроэлементов и тяжелых металлов определяли после мокрого озоления образцов в СВЧ-системе пробоподготовки. Подвижную фракцию металлов экстрагировали 0.1 М раствором  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Содержание металлов определяли методом оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе Perkin Elmer 7000 DV на базе лаборатории экотоксикологии Тобольской комплексной научной станции УрО РАН. Актуальную и обменную кислотность определяли стандартными методами на иономере универсальном. Определение анионного состава (гидрокарбонат-ионы, анионы хлора) в водной вытяжке почв анализировали стандартными методами комплексонометрии. Каталазную активность измеряли газиметрическим методом [Хазиев, 1976]. Активность почвенного «дыхания» определяли по количеству углекислого газа, выделяемого из единицы объема почвы за единицу времени, абсорбционным методом [Шарков, 1984].

Результаты обрабатывали статистически в программах Stadia, Statistica и Past3 с использованием описательной статистики (средние величины, стандартное отклонение) и однофакторного дисперсионного анализа (критерий Фишера, показатель наименьшей существенной разности НСР05) на 95%-ном уровне вероятности.

### Результаты и их обсуждение

Показатели валового содержания элементов дают общую характеристику содержания микро-

элементов и тяжелых металлов в почвах городских экосистем, а также позволяют определить характер их геохимической миграции.

В таблице 1 представлены данные по валовому содержанию микроэлементов и тяжелых металлов в почвах транспортной зоны г. Перми и контрольных участков (пешеходная зона). Как показали результаты, такие металлы, как Cu, Ni, Pb накапливаются, главным образом, в почвах транспортной зоны. Содержание марганца было достоверно выше в пешеходной зоне (контроль), содержание

хрома и цинка в почвах пешеходной зоны достоверно не отличалось от почв главных дорог транспортной зоны. Таким образом, ряд металлов накапливается преимущественно в транспортной зоне, другие металлы включены в общие потоки миграции и охватывают разные функциональные зоны городских экосистем. Превышение ПДК в почвах установлено для хрома и цинка в пешеходной и транспортной зоне, меди, никеля – в транспортной зоне, свинца – у главных дорог транспортной зоны города.

Таблица 1

**Валовое содержание микроэлементов и тяжелых металлов, мг/кг**

Элемент	Содержание в почве			НСП05	ПДК**
	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)		
Co	11.60±1.15	12.49±2.12	18.54±1.12	7.15	--
Cr	<b>151.77±12.05</b>	108.47±9.76	<b>200.76±10.49</b>	45.80	90
Cu	55.50±5.32	<b>104.36±10.43</b>	50.83±1.17	12.87	55
Mn	332.65±19.40	389.71±14.20	<b>512.40±16.13</b>	121.10	1500
Ni	<b>157.63±11.17</b>	<b>155.21±10.04</b>	40.23±2.20	105.70	85
Zn	<b>185.32±13.15</b>	64.26±3.11	150.43±7.57	32.17	100
Pb	<b>78.07±5.76</b>	17.34±0.98	18.45±0.74	5.13	30

\*\*ПДК вредного вещества в почве [по Ворончихиной и Ларионовой, 2002].

Одним из интегральных геохимических показателей выступает кларк концентрации химических элементов, рассчитываемый как отношение содержания в почве к кларку литосферы. Кларк концентрации показывает интенсивность геохимического накопления элементов в природных и природно-техногенных экосистемах. В транспортной зоне г. Перми активное геохимическое накопление, т.е.

превышение кларка литосферы (около 5 раз) установлено для свинца в почвах главных дорог (табл. 2). В почвах второстепенных дорог и жилой зоны превышение кларка у свинца незначительное. У большинства изученных элементов коэффициенты концентрации находились ниже единицы, что свидетельствует о их геохимическом рассеивании в почвах изученных участков города.

Таблица 2

**Кларки концентрации микроэлементов и тяжелых металлов в почвах транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми**

Элемент	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)
Co	0.58	0.62	0.89
Cr	0.51	0.36	0.67
Cu	0.55	1.04	0.50
Mn	0.33	0.39	0.51
Ni	0.79	0.78	0.20
Zn	0.93	0.32	0.75
Pb	<b>4.88</b>	1.08	1.12

Другим важным показателем геохимической обстановки является коэффициент техногенной концентрации элементов. Он рассчитывается как отношение содержания элемента в почве исследуемой экосистемы к фоновому (региональному) содержанию данного элемента в почвах [Пылев, 2008].

Фоновые показатели содержания металлов в почвах заимствованы из работы Оценка загрязненности почв тяжелыми металлами и неметаллами: методические указания, 1995. Как видно из

данных табл. 3, активное техногенное накопление характерно для элементов Cu, Ni, Zn, Pb в почвах транспортной зоны г. Перми. В пешеходной зоне почвы имеют значения концентрации элементов, близкие к фоновым.

Биогеохимические процессы миграции элементов в экосистеме зависят от уровня их подвижности или доступности растениям. Подвижные фракции микроэлементов и тяжелых металлов, главным образом водорастворимые и обменные формы, легко поглощаются растениями и включаются

в биологический круговорот в экосистеме. Как показали результаты (табл. 4), подвижные формы металлов не имели такой четкой тенденции к накоплению в транспортной зоне, как в случае с валовыми формами.

Содержание подвижного свинца достоверно выше в почвах второстепенных дорог; в почвах пешеходной зоны повышенным содержанием отличались подвижные никель и марганец. Содержание подвижной меди достоверных отличий в изученных участках города не проявило. Металлы кобальт и хром в подвижной форме в исследованных почвах не обнаружены.

Подвижность металлов в почве определяется совокупным действием целого ряда факторов:

гранулометрический состав почвы, содержание органического вещества, уровень кислотности, ионный состав и др. [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989].

В нашей работе исследованы показатели обменной и актуальной кислотности, содержание в почве ионов хлора и гидрокарбонат-ионов. По уровню актуальной кислотности почвы транспортной зоны относились к щелочным, почвы жилой зоны – к слабощелочным. Уровень актуальной кислотности для почв транспортной зоны был нейтральным, для почв жилой зоны – близкий к нейтральному (табл. 5).

Таблица 3

**Коэффициенты техногенной концентрации микроэлементов и тяжелых металлов в почвах транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми**

Элемент	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)
Co	0.6	0.7	1.0
Cr	0.8	0.5	0.9
Cu	1.1	<b>2.1</b>	1.0
Mn	0.2	0.3	0.4
Ni	<b>3.9</b>	<b>3.9</b>	1.0
Zn	<b>1.2</b>	0.4	0.9
Pb	<b>4.3</b>	1.0	1.0

Таблица 4

**Содержание обменной фракции микроэлементов и тяжелых металлов в почвах транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми, мг/кг**

Элемент	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)	НСП <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub>	F <sub>ст</sub>
Co	--	--	--	--	--	--
Cr	--	--	--	--	--	--
Cu	0.30±0.06	0.29±0.05	0.28±0.04	0.04	0.13	1.95
Mn	1.80±0.12	1.09±0.17	11.93±1.16	1.97	8.55	1.95
Ni	0.24±0.08	0.22±0.03	0.85±0.10	0.11	9.15	1.95
Zn	0.36±0.09	0.48±0.09	0.56±0.09	0.13	0.29	1.95
Pb	0.24±0.07	0.39±0.08	0.24±0.06	0.06	1.54	1.95

Таблица 5

**Актуальная и обменная кислотность почв транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми**

Показатель	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)	НСП <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub>	F <sub>ст</sub>
pH <sub>вод</sub>	8.1±0.5	8.1±0.4	7.5±0.6	0.19	9.19	1.66
pH <sub>сол</sub>	6.8±0.6	6.8±1.2	6.1±1.5	0.37	3.59	1.66

При таких значениях pH большинство металлов слабо вступают в обменные процессы с почвенным раствором и корнями растений [Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Ворончихина, Ларионова, 2002]. Таким образом, подвижность металлов в почвах транспортной зоны была сильно ограничена уровнем pH.

Содержание анионов в почвах служит одним из показателей химического состава, дает представление об источниках неорганических загряз-

нителей и влияет на форму и подвижность катионов металлов.

В исследуемых почвах максимальное содержание ионов хлора установлено в зоне главных дорог. В почвах вблизи второстепенных дорог содержание хлорид-иона было ниже, чем у главных дорог, но достоверно выше (в 2 раза) по сравнению с таковым в пешеходной зоне города (табл. 6).

Ионы хлора поступают в почвы урбанизированных экосистем, в основном, при использовании антигололедных средств (хлориды кальция, магния

и натрия). Источниками карбонатов и гидрокарбонатов в почвах г. Перми выступают карбонатные почвообразующие породы [Еремченко, Москвина, 2005], транспортировка и использование карбонатных строительных материалов. Содержание гидрокарбонатов в исследованных почвах было на порядок выше, чем ионов хлора, что обусловлено как более высокой интенсивностью поступления, так и меньшей геохимической подвижностью гидрокарбонатов в почвах. Достоверно повышенные

количества гидрокарбонат-ионов содержались в почвах транспортной зоны, с максимумом в зоне главных дорог (табл. 6).

Важнейшим компонентом почвы, выполняющим широкий спектр экологических и санитарно-гигиенических функций, является биологическая фаза. Почвенные организмы осуществляют разложение и трансформацию органического вещества, являются важнейшим компонентом круговорота веществ.

Таблица 6

**Содержание ионов хлора и гидрокарбонат-ионов в почвах транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми, мг-экв/100 г почвы**

Показатель	Главные дороги	Второстепенные дороги	Контроль (пешеходная зона)	НСР <sub>05</sub>	F <sub>ф</sub>	F <sub>ст</sub>
Cl <sup>-</sup>	0.27±0.17	0.13±0.03	0.07±0.01	0.05	5.79	1.66
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.40±1.62	1.59±0.71	0.80±0.36	0.46	9.01	1.66

К стандартным показателям биологической активности почвы относятся интенсивность почвенного «дыхания» и активность ферментов в почве. Из многочисленных ферментов почвы одним из наиболее изученных и чувствительных к антропогенному воздействию выступает каталаза [Даденко и др., 2013]. Биологическая активность определяется широким комплексом факторов: численность, разнообразие и активность почвенных организмов, главным образом микрофлоры, обеспеченность ор-

ганическим веществом, уровень pH, ионно-солевой баланс и др. [Свириденко, 2003]. Биологическая активность служит чувствительным показателем экологического состояния почв [Казеев, Колесников, Вальков, 2003; Ruzek et al., 2006; Каменщикова, Еремченко, Шестаков, 2011].

Как показали результаты (табл. 7), минимальной интенсивностью почвенного дыхания, на 21% ниже, чем в почвах пешеходной зоны, отличались почвы на удалении 0.5 м от проезжей части.

Таблица 7

**Интенсивность почвенного «дыхания» и активность каталазы в почвах транспортной и жилой (контроль) зоны г. Перми**

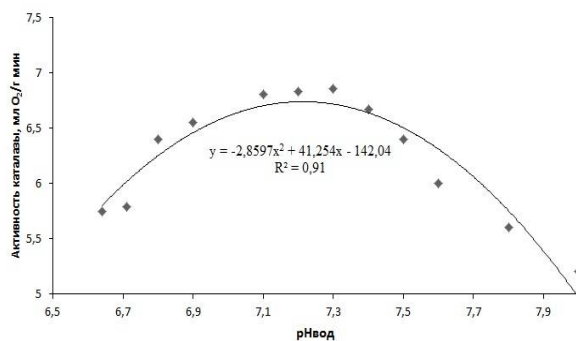
Исследуемый участок	Интенсивность почвенного «дыхания» (выделение CO <sub>2</sub> мкл/дм <sup>3</sup> ч)	Активность каталазы (выделение O <sub>2</sub> мл/г · мин)
0.5 м от дороги	6.59±0.73	5.20±1.34
1 м от дороги	7.49±0.30	5.76±0.90
5 м от дороги	<b>8.17±0.31</b>	5.78±0.18
Пешеходная зона (контроль)	<b>8.40±0.18</b>	<b>6.82±1.08</b>
НСР <sub>05</sub>	0.45	0.86

На расстоянии 1 м от дорог активность почвенного дыхания достоверно увеличивалась и была на 11% ниже, чем на контрольных участках пешеходной зоны. На удалении 5 м от проезжей части интенсивность почвенного дыхания уже достигала уровня почв жилой зоны города.

Активность каталазы в почвах (табл. 7) существенно варьировала в зависимости от расстояния от проезжей части. На удалении 0.5 м активность каталазы была ниже контрольной жилой зоны на 24%, на удалении 1 и даже 5 м – на 15%. Таким образом, активность каталазы может считаться более чувствительным биохимическим показателем состояния почв по сравнению с активностью дыхания. Активность ферментов, как известно, зависит от множества внешних факторов, главным образом, от температуры, уровня pH. Поскольку почвы исследовались в одинаковых температурных

условиях, то ведущим фактором активности каталазы являлась, по нашему мнению, величина pH почвенного раствора. Было изучено влияние почвенной кислотности на активность каталазы.

Регрессионная зависимость (рисунок) показала оптимум активности каталазы в области pHвод 7.2–7.3. Таким образом, наиболее активно фермент каталаза функционирует в нейтральных и близких к щелочным почвах. В слабокислых почвах активность каталазы несколько выше, чем в щелочных. Некоторыми авторами также показано снижение активности ферментов в почвах городских экосистем в связи с подщелачиванием [Каменщикова, Еремченко, Шестаков, 2011].



Зависимость между активностью каталазы и значениями актуальной кислотности (рНвод) почвы

## Заключение

В почвах транспортной зоны г. Перми установлено повышенное содержание элементов Cr, Cu, Ni, Zn, Pb с превышением ПДК. Почвы пешеходной зоны также подвержены антропогенному влиянию и имеют высокое содержание элементов Mn и Zn с превышением ПДК.

Интегральные геохимические показатели: кларки концентраций и коэффициенты техногенной концентрации свидетельствуют об активном накоплении в почвах транспортной зоны элементов Cu, Ni, Zn, Pb. Техногенной концентрации металлов в почвах пешеходной зоны не установлено.

Подвижность металлов существенно варьирует в разных функциональных зонах города. Повышенное содержание обменной фракции изученных металлов отмечено в почвах пешеходной зоны, что связано, главным образом, с уровнем кислотности почв. Почвы пешеходной зоны проявляли слабощелочную и близкую к нейтральной реакцию, в то время как почвы транспортной зоны – щелочную.

Почвы транспортной зоны обладали достоверно повышенным содержанием анионов хлора и гидрокарбонатов, что связано с использованием антигололедных средств и применением строительных материалов.

Показано понижение активности почвенного дыхания в почвах на расстоянии 0,5 и 1 м от проезжей части, по сравнению с полосой в 5 м от дороги и жилой зоной. Активность фермента каталазы более чувствительно реагировала на тип антропогенной нагрузки и была достоверно ниже в почвах транспортной зоны, чем в пешеходной. Другими авторами [Даденко и др., 2013] также показана высокая чувствительность каталазы к различным внешним воздействиям на почву, особенно к тяжелым металлам и нефтепродуктам, т.е. наиболее значимым для транспортной зоны загрязнителям.

Таким образом, необходим постоянный мониторинг состояния почв городских экосистем, разработка и применение мер поддержания их экологической

функций, которые могут существенно нарушаться под влиянием антропогенного воздействия.

Статья подготовлена при финансовой поддержке ФАНО России в рамках темы ФНИ № 0408-2014-0018 «Анализ состояния фитоценозов Западной Сибири в современных антропогенных условиях».

## Библиографический список

- Ворончихина Е.А., Ларионова Е.А. Основы ландшафтной хеомэкологии: учеб. пособие. Пермь, 2002. 146 с.
- Даденко Е.В. и др. Оценка применимости показателей ферментативной активности в биодиагностике и мониторинге почв // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 385–393.
- Еремченко О.З., Москвина Н.В. Свойства почв и техногенных поверхностных образований в районах многоэтажной застройки г. Перми // Почвоведение. 2005. № 7. С. 782–789.
- Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Каменщикова В.И. Эколого-биологические свойства урбаноземов г. Перми // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. 2010. Вып. 4. С. 56–63.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 438 с.
- Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследования. Ростов, 2003. 350 с.
- Каменщикова В.И., Еремченко О.З., Шестаков И.Е. Биохимическая активность почв г. Перми // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2011. Вып. 2. С. 38–40.
- Пылев Е.А. Особенности техногенного распределения и накопления тяжелых металлов в почвах Ставропольского края // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2008. № 2(15). С. 36–40.
- Свириденко А. Микробиологические и биохимические показатели при оценке антропогенного воздействия на почвы // Почвоведение. 2003. № 2. С. 202–210.
- Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. 180 с.
- Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования почвой CO<sub>2</sub> адсорбционным методом // Почвоведение. 1984. № 7. С. 136–143.
- Ruzek L. et al. Microbial, chemical and textural properties of main soil taxonomical units of Czech Republic // Plant soil environment. 2006. № 52 (Special Issue). P. 29–35.

## References

- Voronchihina E.A., Larionova E.A. *Osnovy landschaftnoj chemoekologii* [Bases of a landscape chemoecology]. Perm, 2002. 146 p. (In Russ.).
- Dadenko E.V., Denisova T.V., Kazeev K. Sh., Kolesnikov S.I. [To assess the applicability of indicators of enzymatic activity in the monitoring and biodiagnostics of soils]. *Povolžskij ekologičeskij žurnal*, N 4 (2013). pp. 385-393. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Moskvina N.V. [Properties of soils and technogenic superficial substrates areas of multistoried building of Perm city]. *Počvovedenie*, N 7 (2005). pp. 782-789. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Schestakov I.E., Kamenshikova V.I. [Ecological-biological properties of urban soil of Perm city]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Biologija. Nauki o Zemle*, Iss. 4 (2010): pp. 56-63. (In Russ.).
- Kabata-Pendias A., Pendias H. *Mikroelementy v počve i rastenijach* [Micronutrients in soils and plants]. Moscow, Mir Publ., 1989. 435 p. (In Russ.).
- Kazeev K. Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. *Biologičeskaja diagnostika i indikacija počv: metodologija i metody issledovanija* [Biological diagnostic and indikation of soils: methodology and methods of researchs]. Rostov n/D, 2003. 350 p. (In Russ.).
- Kamenshikova V.I., Eremchenko O.Z., Schestakov I.E. [Biochemical activity of soil of Perm city]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 2 (2011). pp. 38-40. (In Russ.).
- Pylev E.A. [Features of technogenic distribution and accumulation of heavy metals in soils of Stavropol Krai]. *Vestnik Severo-Kavkazskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, N 2(15) (2008): pp. 36-40. (In Russ.).
- Svirenske A. [Microbiological and biochemical indicators at an assessment of anthropogenous impact on soils]. *Počvovedenie*, N 2 (2003): pp. 202-210. (In Russ.).
- Haziev F.H. *Fermentativnaja aktivnost' počv* [Enzymatic activity of soils]. Moscow, Mir Publ., 1976. 180 p. (In Russ.).
- Sharikov I.N. [Definition of intensity of a producing by the soil of CO<sub>2</sub> by the adsorptive method]. *Počvovedenie*, N 7 (1984): pp. 136-143. (In Russ.).
- Ruzek L. et al. Microbial, chemical and textural properties of main soil taxonomical units of Czech Republic. *Plant soil environment*, N 52 (Special Issue) (2006): pp. 29-35.

Поступила в редакцию 29.05.2017

## Об авторах

Кайгородов Роман Владимирович, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений и микроорганизмов ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»  
**ORCID:** 0000-0002-5159-1467  
 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; г-каygorodov@yandex.ru; (342)2396317

научный сотрудник  
 Тобольская комплексная научная станция УрО РАН  
 626152, Тобольск, ул. Им. Академика Юрия Осипова, 15

Попова Елена Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории Экоотоксикология  
 Тобольская комплексная научная станция УрО РАН  
**ORCID:** 0000-0002-6874-8133  
 626152, Тобольск, ул. Им. Академика Юрия Осипова, 15; popova-3456@mail.ru; (3456)220933

## About the authors

Kaigorodov Roman Vladimirovich, candidate of biology, associate professor of the Department of plant physiology and microorganisms Perm State University.

**ORCID:** 0000-0002-5159-1467  
 15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990;  
 kaygorodov@yandex.ru; (342)2396317

research  
 Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch RAS  
 626152, Russia, Tyumen Region, Tobolsk, str. Academica Yuri Osipova, 15

Popova Elena Ivanovna, candidate of biology, senior research of laboratory «Ecotoxicology»  
 Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch RAS.  
**ORCID:** 0000-0002-6874-8133  
 626152, Russia, Tyumen Region, Tobolsk, str. Academica Yuri Osipova, 15;  
 popova-3456@mail.ru; (3456)220933

