

**ЭКОЛОГИЯ**

*УДК 631.4*

**О. З. Еремченко, Н. В. Митракова**

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

**ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ И ТЕХНОГЕННЫХ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ  
В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТАХ**

Урбанизированные территории характеризуются глубокой трансформацией почвенного покрова, появлением новых почв и почвоподобных образований, зачастую низкоплодородных и токсичных. Оценка их токсичности и биологической активности является трудоемким процессом. В статье дано обоснование разрабатываемого метода фитотестирования трансформированных почв и почвоподобных образований в техногенных и урбанизированных ландшафтах. Проведен отбор эталона сравнения по реакции тест-культуры, выращенной на природных почвах Пермского края, а также на вермикулите с питательным раствором. Кресс-салат на вермикулите показал наибольшую высоту, массу и наименьшую редокс-активность. Состояние тест-культуры зависит от плодородия, однако даже на плодородных почвах высота и масса были снижены на 30–40% относительно растений на вермикулите. Редокс-активность повышалась при выращивании на пробе из оподзоленного горизонта. При тестировании городских почв установлено снижение массы, высоты растений и повышение редокс-активности относительно контроля.

*Ключевые слова:* фитотестирование; почвы; токсичность; биологическая активность; городские почвы; тест-контроль.

**O. Z. Eremchenko, N. V. Mitrakova**

Perm State University, Perm, Russian Federation

**PHYTOTESTING OF SOILS AND TECHNOGENIC SURFACE  
FORMATIONS IN URBAN LANDSCAPES**

Urbanized areas are characterized by a deep transformation of the soils, the emergence of new soils and soil-like formations, often low fertile and toxic. Assessment of toxicity and biological activity is a time-consuming process. The developed method of biotest of transformed soils and soil-like formations in the technogenic and urban landscapes substantiated in the article. Choice of standard of comparison has been carried out by the reactions of test-culture grown on natural soil Perm region and on vermiculite with a nutrient solution. Watercress grown on vermiculite showed the largest height, weight and the lowest redox-activity. Condition of test-culture depends on fertility. However, even in the fertile soils of the height and weight have been reduced by 30–40% compared to plants on vermiculite. Redox-activity increased when grown on a sample of the podzolic horizon. The decrease of weight, height and the increase of the redox-activity defined by urban soils testing.

*Key words:* phytotesting; soils; toxicity; biology activity; urban soils; test-control.

**Введение**

В почвенном покрове современных природно-техногенных ландшафтов широко представлены деградированные почвы и техногенные поверхностные образования, которые существенно отличаются от природных почв [Герасимова и др., 2003;]. Глубокая трансформация почвенного покрова ха-

рактеризует техногенные и урбанизированные территории Пермского края [Еремченко и др., 2013]. Оптимизация окружающей среды невозможна без учета свойств и экологических функций токсичных компонентов почвенного покрова [Ковалева и др., 2015]. Пониженная биологическая активность и токсичность деградированных почв и почвоподобных образований может быть обусловлена как их

неблагоприятными свойствами, так и разнообразными загрязнителями (тяжелые металлы, соли, нефтепродукты), что делает экологическую оценку их состояния весьма трудоемкой, длительной и дорогостоящей.

В настоящее время при оценке биологической активности и токсичности почв применяют животных, микроорганизмы, растения; однако приоритет следует отдать высшей растительности, создающей фотосинтезирующий покров на поверхности, являющейся основой трофических отношений в биоценозах [Терехова, 2011]. Метод фитотестирования способен давать достоверную информацию о качестве почв, обладает высокой чувствительностью, универсальностью, интегральностью и простотой [Воронина, 2009].

В РФ разработано много методик биотестирования почв, около 10 из них внесены в федеральный реестр (ФР) как рекомендованные для целей практического токсикологического контроля [Терехова, 2011]. Разработаны методы биотестирования на дафниях, цериодафниях, хлорелле, инфузориях, бактериях, проростках высших растений [Бардина, 2014]. В основе большинства методов лежит тестирование почвенных водных вытяжек, что имеет лишь опосредованное отношение к состоянию реальной трехфазной почвенной системы. В другой группе методов почвы тестируют проростками растений, реакцию на загрязнение оценивают относительно незагрязненной почвы. Международным стандартом ISO 11269-2 определена необходимость использовать как минимум два вида растений, при этом одно должно быть однодольным, а другое двудольным [Международный стандарт ISO 11269-2]. Этот же стандарт рекомендует использовать в качестве тест-культуры ячмень обыкновенный (*Hordeum vulgare*).

Проблема применения методов тестирования на городских почвах и техногенных поверхностных образованиях (ТПО) заключается в выборе контроля. В природе не существует аналогов этих образований, их токсичность и низкая биоактивность могут быть обусловлены множеством загрязнителей и общими неблагоприятными свойствами. Оптимальным контролем могла бы служить система с воспроизводимыми свойствами, благоприятными для роста и развития растений. В некоторых работах используется вода [Русанов и др., 2015], что, на наш взгляд, занижает уровень контрольного состояния растений и не позволит правильно оценить почвоподобное образование.

Известны основные свойства плодородных почв, обеспечивающие максимальную продуктивность природных фитоценозов и культурных растений: реакция среды, близкая к нейтральной, высокое содержание и благоприятный состав гумуса, доступность питательных элементов, водопропускная зернистая или комковатая структура, высокая микробиологическая и биохимическая активность и

т.д. Ранее проведенные в регионе исследования показали перспективность использования кресс-салата *Lepidium sativum* L. для тестирования почв Пермского края. Данная культура показала положительную реакцию на содержание гумуса и питательных веществ, насыщенность основаниями, отрицательную реакцию – на загрязнение тяжелыми металлами, кислую и щелочную реакцию, засоление [Еремченко и др., 2014; Лузина, Демакина, 2014; Митракова, 2015]. Неблагоприятная почвенная среда способствовала снижению высоты и массы кресс-салата, кроме того, токсичность почв сопровождалась повышением редокс-активности экстрактов этих растений [Еремченко и др., 2014].

Для практического использования метода фитотестирования требуется наличие «эталоны сравнения», относительно которого будет оцениваться состояние трансформированных почв и почвоподобных образований. Свойства зональных типов почв Пермского края (дерново-подзолистые, подзолистые подзолы) не способны обеспечить высокую фитопродуктивность. Полагаем, что тест-контролем может служить корневой субстрат, при выращивании на котором кресс-салат будет показывать наилучшие значения; такой тест-контроль послужит для сравнительной оценки биологической активности и токсичности трансформированных почв и почвоподобных образований.

## Материалы и методы исследований

Природные почвы Пермского края – дерново-подзолистая, серая почвы и темно-серая и чернозем были использованы для обоснования при выборе тест-контроля. Объектами фитотестирования послужили урбостратоземы и квазиземы с территории района разноэтажной застройки г. Перми, которые диагностировали в соответствии с новыми систематическими подходами [Прокофьева и др., 2014].

Для выращивания кресс-салата использовали темногумусовый горизонт чернозема (слои 2–12 и 15–25 см) и темно-серой почвы (2–12 и 12–22 см), серогумусовый (2–20 см) и гумусово-элювиальный (20–30 см), горизонты серой почвы, серогумусовый горизонт дерново-подзолистой почвы (2–10 см). С территории городского участка для тестирования использовали пробы поверхностных слоев (0–15 см) урбостратоземов и квазиземов.

Для тест-контроля растения выращивали на питательном растворе Кнопа, в качестве субстрата использовался вермикулит. Вермикулит не образует нерастворимых соединений со всеми компонентами питательных растворов, при правильном применении не пересыхает и не переувлажняется, что предотвращает загнивание и пересыхание корневых волосков растений [Иванова и др., 2006]. Раствор Кнопа содержит необходимые элементы питания и широко используется при культивирова-

нии растений [Практикум по физиологии..., 2004]. Питательный раствор внесен в вермикулит один раз перед посевом, затем растения поливали водой.

В пробах почв определили содержание органического углерода – по Тюрину,  $pH_{\text{вод}}$  и  $pH_{\text{кол}}$  – на иономере «Экотест», сумму оснований ( $\Sigma_{\text{осн}}$ ) – по Каппену – Гильковицу, гидролитическую кислотность ( $H_{\text{г}}$ ) – по Каппену. Емкость катионного обмена (ЕКО) рассчитали путем сложения суммы оснований и гидролитической кислотности.

Для оценки биологической активности и токсичности почв кресс-салат выращивали в течение 10 дней. Затем измеряли высоту и массу растений в 30-кратной повторности, общую редокс-активность растительных экстрактов – в 3-кратной повторности по методу Петта в модификации Прокошева [Практикум по физиологии..., 1972]. Общую редокс-активность растительных экстрактов рассматривают в качестве тест-реакции при токсичности корневой среды. В ранее проведенных

экспериментах редокс-активность растений повышалась при загрязнении корневой среды тяжелыми металлами и солями, также с повышением почвенной кислотности [Еремченко и др., 2014; Лузина, Демакина, 2014; Митракова, 2015].

Оценку достоверности различий между вариантами оценили по критерию Стьюдента и Фишера (статистический и дисперсионный анализы). Для установления связи между величинами использовали корреляционный и регрессионный анализы.

## Результаты и их обсуждение

Свойства природных почв Пермского края оценили по критериям, предложенным В.Ф. Вальковым и др. [2004]. Чернозем и темно-серая почва характеризуются очень высоким содержанием гумуса (таблица). У серой почвы отмечено среднее содержание гумуса, а в маломощном серогумусовом горизонте дерново-подзолистой почвы установлено высокое содержание гумуса.

Агрохимические свойства почв

Почва	Глубина, см	Гумус, %	$pH_{\text{вод}}$	$pH_{\text{кол}}$	$H_{\text{г}}$	$\Sigma_{\text{осн}}$ мг-экв/100	ЕКО, мг-экв/100	Степень насыщенности, %
Чернозем глинисто-иллювиальный	2-12	13.7	5.4	4.6	16.4	67.3	83.7	80.4
	15-25	11.8	5.3	4.6	6.8	58.2	65	89.5
Темно-серая	2-12	12.1	5.8	4.8	15.2	35.9	51.1	70.2
	12-22	11.1	5.7	4.7	15.8	36	51.8	69.5
Серая	2-20	4.0	6.0	5.2	5.3	16.2	21.5	24.6
	20-30	3.5	6.2	5.1	4.5	15.8	20.3	22
Дерново-подзолистая	2-10	8.8	5.3	4.4	13.4	13.4	26.8	50

Величина актуальной кислотности показала слабокислую реакцию почвенного раствора исследуемых почв. Они обладают также обменной формой кислотности. В темногумусовых горизонтах чернозема и темно-серой почвы заметно выражена гидролитическая кислотность, обусловленная емкостью поглощения этих высокогумусированных почв. Емкость катионного обмена чернозема и темно-серой почвы крайне высокая, а серая и дерново-подзолистая почвы характеризуются средней величиной ЕКО.

По степени насыщенности почв основаниями определяют необходимость известкования почвы. Чернозем и темно-серая почва не нуждаются, а серая и дерново-подзолистая почвы сильно нуждаются в известковании.

У растений, выращенных на пробах из чернозема, высота понижена на 27–33% по сравнению с тест-контролем (рис. 1). На темно-серой почве, несмотря на высокое содержание гумуса и высокую емкость поглощения, растения были ниже уже на 54–63%. У растений на серой почве высота снизилась на 60–73%, а у растений на серогумусовом горизонте дерново-подзолистой почвы – на 57% относительно контроля. Таким образом, наиболее благоприятными для растений были свойства тем-

ногумусового горизонта чернозема, однако, растения были все же на 30% ниже, чем на вермикулите с питательным раствором. По-видимому, наиболее важной для кресс-салата являлась доступность питательных веществ, которая в почве понижена из-за ее поглотительной способности.

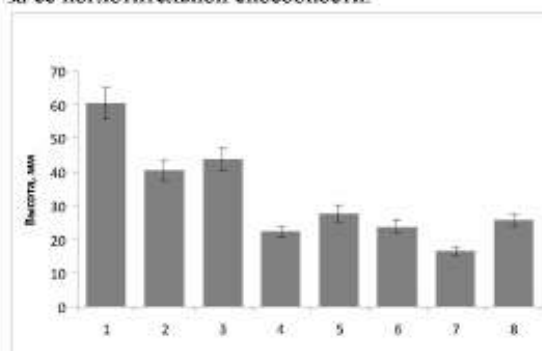


Рис. 1. Высота тест-культуры, мм:

1 – вермикулит; 2 – чернозем, 2–12 см; 3 – чернозем, 15–25 см; 4 – темно-серая, 2–12 см; 5 – темно-серая, 12–22 см; 6 – серая, 0–20 см; 7 – серая, 20–30 см; 8 – дерново-подзолистая, 2–10 см

Средняя масса одного растения на тест-контроле на 33–44% выше, чем на черноземе, на 63–70% ниже, чем на темно-серой почве и на 63–

74% ниже, чем на серой и дерново-подзолистой почвах (рис. 2).

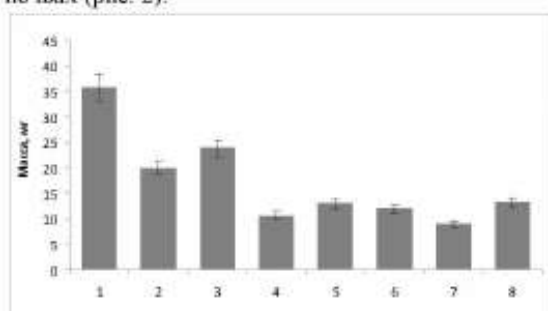


Рис. 2. Масса тест-культуры, мг:

1 – вермикулит; 2 – чернозем, 2–12 см; 3 – чернозем, 15–25 см; 4 – темно-серая, 2–12 см; 5 – темно-серая, 12–22 см; 6 – серая, 0–20 см; 7 – серая, 20–30 см; 8 – дерново-подзолистая, 2–10 см

Таким образом, масса проростков, как и высота, зависит, по-видимому, от степени доступности питательных веществ, поэтому она повышена при выращивании на вермикулите с питательным раствором. Из почв наиболее благоприятными были пробы чернозема, но и на них растения были в среднем ниже на 33–44%, чем на тест-контроле.

Редокс-активность, как показатель окислительного стресса растений, возрастает при токсичности корневой среды [Еремченко и др., 2014]. Исследуемые почвы не подвержены загрязнению, поэтому, в эксперименте не отмечено заметного увеличения этого показателя (рис. 3).

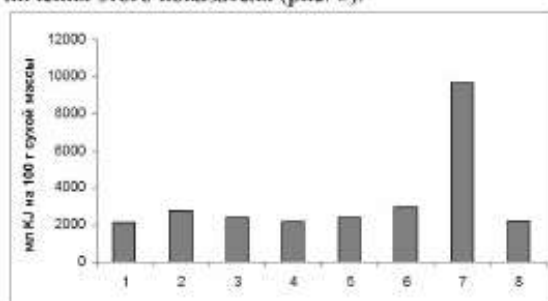


Рис. 3. Общая редокс-активность проростков кресс-салата, мДж КД на 100 г сухой массы:

1 – вермикулит; 2 – чернозем, 2–12 см; 3 – чернозем, 15–25 см; 4 – темно-серая, 2–12 см; 5 – темно-серая, 12–22 см; 6 – серая, 0–20 см; 7 – серая, 20–30 см; 8 – дерново-подзолистая, 2–10 см

Существенно возросла редокс-активность проростков на пробе из гумусово-элювиального горизонта серой почвы. Вероятно, имеет место реакция растений на избыток протонов. Растения формируют электрохимический градиент водорода на поверхности мембраны клеток, что обеспечивает проницаемость мембран, синтез АТФ [Лукацкий, 2002]. Избыток протонов в корневой среде может нарушить электрохимический градиент протонов и, следовательно, важнейшие функции мембран. Известно, что в кислых почвах возрастает под-

вижность алюминия, марганца; их токсическое действие на растения может также активизировать антиоксидантную систему, что проявляется в усилении редокс-активности растительных экстрактов.

Таким образом, кресс-салат, выращенный на вермикулите с питательной средой можно использовать в качестве тест-контроля при оценке состояния почв и почвоподобных образований. На этом варианте прослежена более высокая продуктивность кресс-салата десятидневного возраста, чем у растений, выращенных на плодородных почвах (чернозем, темно-серая почва) Пермского края. В отличие от почв данная корневая среда просто воспроизводится, питательный раствор Кнопа имеет определенный состав.

В проведенном эксперименте рост редокс-активности прослежен лишь на одном варианте и связан с оподзоленностью серой почвы. Таким образом, еще раз показано, что редокс-активность кресс-салата является информативной тест-реакцией на токсичность почвенной среды.

На городских почвах кресс-салат отличался от тест-контроля только в сторону понижения высоты и массы. Из 28 вариантов посева растений 9 вариантов (32%) показали достоверно пониженную высоту (рис. 4) и 13 вариантов (48%) – пониженную массу (рис. 5). В целом относительно тест-контроля растения чувствовали себя на городских почвах не хуже, чем на черноземе. Известно, что городские почвы характеризуются повышенным содержанием питательных элементов, благоприятной реакцией среды, что и определило продуктивность растений.

Редокс-активность кресс-салата, выращенного на пробах урбостратоземов и квазиземов варьировала существенно (рис. 6), от тест-контроля этот показатель достоверно отличался лишь в сторону увеличения. На 12 из 28 проб редокс-активность растений достоверно увеличилась в 1.5–1.6 раза. По-видимому, рост показателя свидетельствует об активности антиоксидантной системы растений в условиях токсичности корневой среды. Причиной усиления редокс-активности кресс-салата может быть накопление загрязнителей разного состава (тяжелые металлы, нефтепродукты, соли и др.) в городских почвах.

При общем угнетении растений прослежена тенденция к повышению редокс-активности (рис. 7), однако сила связи показателей – средняя; коэффициент корреляции с высотой составил – 0.57, с массой растений – 0.62. По-видимому, адаптивные возможности растений позволяют до некоторой степени справиться с действием загрязнителей.

Таким образом, исследования показали, что экологическое состояние поверхностных горизонтов урбостратоземов и квазипочв с территории селитебной зоны разноэтажной застройки имеет

удовлетворительный уровень. Почвы способны обеспечить высокую продуктивность растений, не ниже уровня, полученного на черноземах илювиально-глинистых.

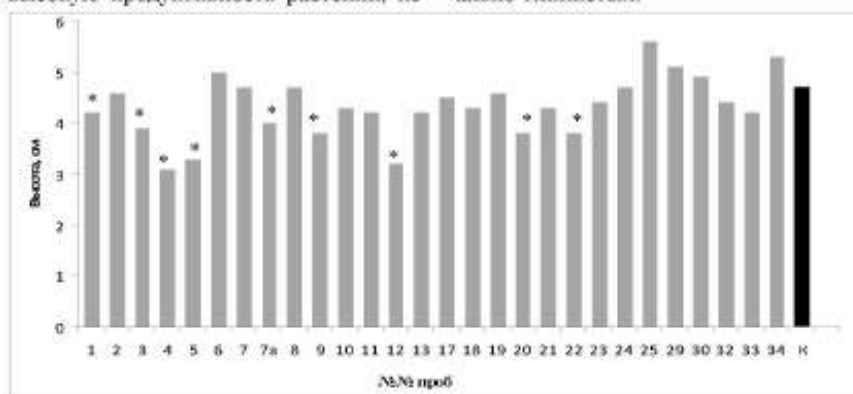


Рис. 4. Высота кресс-салата, выращенного на пробах поверхностных слоев (0–15 см) урбостратоземов и квазиземов;

\* – различия достоверные с тест-контролем

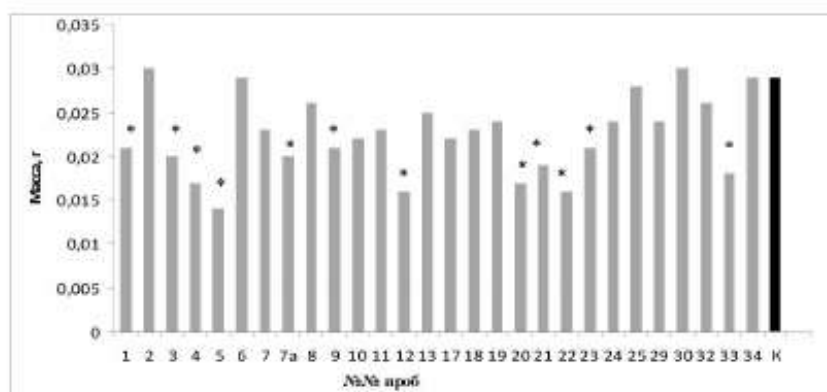


Рис. 5. Масса кресс-салата, выращенного на пробах поверхностных слоев (0–15 см) урбостратоземов и квазиземов;

\* – различия достоверные с тест-контролем

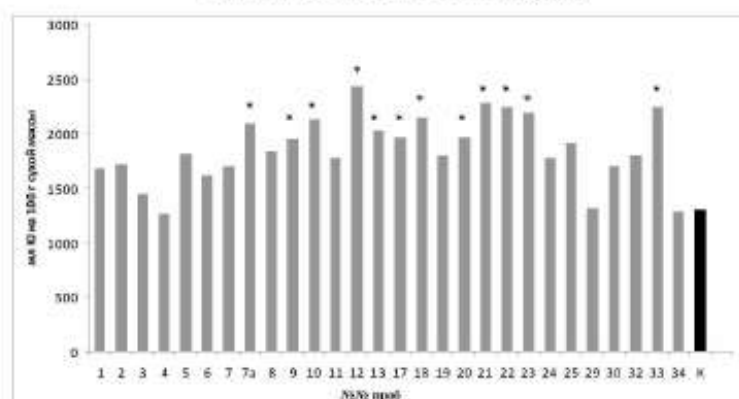


Рис. 6. Редокс-активность кресс-салата, выращенного на пробах поверхностных слоев (0–15 см) урбостратоземов и квазиземов;

\* – различия достоверные с тест-контролем

Подобные данные не противоречат фактам аккумуляции в городе разнообразных загрязнителей, т.к. почвы обладают определенной устойчивостью. Так, известно, что устойчивость в отношении за-

грязненности тяжелыми металлами обеспечивается содержанием и составом гумуса, нейтрально-щелочной средой. Тяжелые металлы малоподвижны в гумусированных и слабокислых черноземах и темно-серых почвах [Митракова, 2012; Митракова, Шестаков, 2015], в нейтральных почвах жилого района г. Перми [Еремченко и др., 2014]. Органические загрязнители разрушаются почвенной микробиотой, которая характеризуется существенным разнообразием и активностью в почвах г. Перми, по сравнению с кислыми зональными почвами [Москвина, 2004]. Антигололедные соли малосущественно аккумулируются в почвах придорожных полос благодаря влажному климату и расчлененному рельефу территории города [Москвина, 2001].

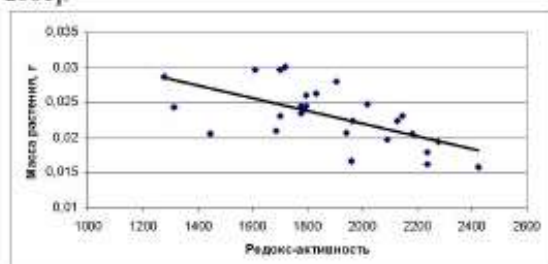


Рис. 7. Зависимость между массой и редокс-активностью растений

### Заключение

Исследования показали перспективность использования кресс-салата для тестирования почв и ТПО урбанизированных территорий, при этом в качестве тест-контроля рекомендуем применять растения, выращенные на вермикулите с питательным раствором Кюна. При тестировании снижение высоты и массы растений на 30% относительно тест-контроля считать допустимой величиной, т.к. подобные показатели имели растения, выращенные на пробах из чернозема глинисто-иллювиального, характеризующегося высоким содержанием гумуса, высокой емкостью поглощения и слабокислой реакцией среды. Урбостратоземы и квазиземы селитебного района г. Перми показали удовлетворительный уровень биологической активности по сравнению с тест-контролем. Усиление редокс-активности растительных экстрактов следует рассматривать, по-видимому, как проявление токсичности городских почв, связанное с аккумуляцией в них загрязнителей разной природы.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ, проект «Технология оценки почвенных ресурсов, мониторинга и прогнозирования состояния почвенного покрова».

### Библиографический список

- Бардина Т.В. Использование экспресс-методов биотестирования почв в школьных научно-исследовательских работах // *Материалы по изучению русских почв*. СПб., 2014. Вып. 8 (35): сб. науч. докл. С. 44–45.
- Вальков В.Ф. и др. Справочник по оценке почв. Майкоп; Адыгея, 2004. 236 с.
- Ворогина Л.П. Экологические функции комплекса агрохимических средств и регуляторов роста растений в агроценозе: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2009. 18 с.
- Герасимова М.И. и др. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
- Еремченко О.З., Кусакина М.Г., Голева Т.Н. Активность компонентов антиоксидантной защиты *Raphanus sativus* L. при выращивании на почве, загрязненной сульфатами свинца и кадмия // *Вестник Пермского университета. Сер. Биология*. 2014. Вып. 1. С. 24–29.
- Еремченко О.З. и др. Использование тест-культур для оценки экологического состояния почв // *Вестник ТГУ*. 2014. Т. 19, вып. 5. С. 1280–1284.
- Еремченко О.З. и др. Техногенные поверхностные образования урбанизированных территорий Пермского края // *Материалы научно-практической конференции*. Пермь, 2013. С. 122–126.
- Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Паришкова Я.А. Повышение редокс-активности растений как тест-реакция на загрязнение почв // *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2014. Т. 19, № 5. С. 1285–1288.
- Еремченко О.З., Шестаков И.Е., Чернышев К.О. Структурный и гранулометрический состав городских почв в связи с условиями обитания растений // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22661> (дата обращения: 01.02.2016).
- Иванова Л.А., Котельникова В.В., Быкова А.Е. Физико-химическая трансформация минерала вермикулита в субстрат для выращивания растений // *Вестник МГТУ*. 2006. Т. 9, № 5. С. 883–889.
- Ковалева Е.И. и др. Оценка нефтезагрязнения бурых лесных почв острова Сахалин с использованием метода фитотестирования // *Отражение био-, гео-, антропогенных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: материалы V междунар. науч. конф.* Томск, 2015. С. 210–213.
- Лузина Е.В., Демакина К.И. Техногенное засоление и подщелачивание почвогрунтов, адаптация к ним растений // *Материалы по изучению*

- русских почв. СПб., 2014. Вып. 8 (35): сб. науч. докл. С. 251–257.
- Лукаткин А.С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 2002. Т. 49, № 6. С. 878–885.
- Международный стандарт ISO 11269-2 Качество почвы. Определение воздействия загрязняющих веществ на флору почвы.
- Митракова Н.В. Оценка устойчивости почв, находящихся под угрозой исчезновения, методами биотестирования // Вестник молодых ученых ПГНИУ. Пермь, 2012. Т. 1. С. 14–24.
- Митракова Н.В., Шестаков И.Е. Исследование устойчивости темно-серых почв Пермского края методом биотестирования при загрязнении почв тяжелыми металлами // Материалы междунар. школы-семинара молодых ученых. Пермь, 2015. С. 143–147.
- Москвина Н.В., Прокопенко Т.В. Влияние антиголландных средств на почвы придорожных полос // Перспективы развития естественных наук в высшей школе: тр. междунар. конф. Пермь, 2001. Т. 3. С. 42–45.
- Москвина Н.В. Почвы и техногенные поверхностные образования многоэтажных жилых районов городов Прикамья: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Пермь, 2004. 19 с.
- Практикум по физиологии растений: учеб. пособие для студ. вузов / под ред. В.Б. Иванова. М.: Академия, 2004. 144 с.
- Практикум по физиологии растений / под ред. И.И. Гунара. М.: Колос, 1972. С. 103–107.
- Прокофьева Т.В. и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.
- Русанов А.М. и др. Фитондикация загрязнения почв придорожных территорий г. Оренбурга // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: материалы V междунар. науч. конф. Томск, 2015. С. 242–245.
- Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190–198.
- References**
- Bardina T.V. [The use of Express-methods of biotesting of soils in school research projects]. *Materialy po izucheniju russkih pochv: sbornik nauchnykh dokladov*. [Materials for the study of Russian soils: collection of scientific reports.]. St. Petersburg, 2014, Iss. 8 (35), pp. 44–45. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Kusakina M.G., Goleva T.N. [The influence of soil pollution by PbSO<sub>4</sub> and CdSO<sub>4</sub> on the antioxidant system of *Raphanus sativus* L.]. *VestnikPermskogo universiteta. Ser. Biologiya*, 2014, iss. 1, pp. 24–29. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Moskvina N.V., Shestakov I.E., Svetsov A.A. [The use of the test cultures to assess the ecological status of soils]. *Vestnik TGU*, 2014, V. 19, iss. 5, pp. 1280–1284. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Moskvina N.V., Chetina O.A., Kaigorodov R.V., Kamenschikova V.I., Shetsov A.A. [Technogenic superficial formations of the urbanized territories of Perm region]. *Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Materials of scientific-practical conference]. Perm, 2013, pp. 122–126. (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Chernishev K.O. [Structural and granulometric composition of urban soils in connection with the habitat conditions of plants]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2015, N 5. Available at: <http://www/science-education.ru/ru/article/view?id=22661> (accessed: 01.02.2016) (In Russ.).
- Eremchenko O.Z., Shestakov I.E., Parshakova Y.A. [The increased redox activity of plants as a test reaction to soil pollution]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennie i tehnicheckie nauki*, 2014, V. 19, N 5, pp. 1285–1288. (In Russ.).
- Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Prokofeva T.V., Mozharova N.V. *Antropogennye pochvi: genesis, geografija, rekultivacija* [Anthropogenic soils: Genesis, geography, recultivation]. Smolensk, Ojkumena Publ., 2003. 268 p. (In Russ.).
- Gunar I.I., ed. *Praktikum po fiziologii rastenij* [Workshop on physiology of plants]. Moscow, Kolos Publ., 1972. Pp. 103–107. (In Russ.).
- Ivanov V.B. *Praktikum po fiziologii rastenij* [Workshop on physiology of plants]. Moscow, Akademija Publ., 2004. 144 p. (In Russ.).
- Ivanova L.A., Kotelnikova V.V., Bykova A.E. [Physico-chemical transformation of the mineral vermiculite into the substrate for growing plants]. *Vestnik MGTU*, 2006, V. 9, N 5, pp. 883–889. (In Russ.).
- Kovaleva E.I., Nikolaenko (Kegiyani) M.G., Makarov A.O., Makarov A.A. [Assessment of oil contaminated brown forest soils of Sakhalin island using the method of fitoestrogeny]. *Otraženie bio-, geo-, antroposfernykh vzaimodeistvij v počvah i počvennom pokrove. Materialy V mezhdunar. Nauchnoj konferencii* [A reflection of bio-, geo-, antroposphere interactions in soils and the soil cover]. Tomsk, 2015, pp. 210–213. (In Russ.).
- Lukatkin A.S. [The contribution of oxidative stress to the development of cold damage in leaves of heat-loving plants]. *Fiziologija rastenij*, 2002, V. 49, N 6, pp. 878–885. (In Russ.).
- Lusina E.V., Demakina K.I. [Technogenic saliniza-

- tion and alkalization of soils, the adaptation of plants]. *Materialy po izucheniju russkikh pochv: sbornik nauchnykh dokladov*. [Materials for the study of Russian soils: collection of scientific reports.], St. Petersburg, 2014, Iss. 8 (35), pp. 251–257. (In Russ.).
- Meždunarodnyj standart ISO 11269-2 Kačestvo počvy. Opredelenie vozdejstviya zagryzajajuščih veščestv na floru počvy* [International standard ISO 11269-2 soil Quality. Determining the effects of pollutants on soil flora]. (In Russ.).
- Mittrakova N.V. [Assessment of soil stability, endangered, biotesting methods]. *Vestnik molodyh učennyh PGNIU: sb. nauch. trudov* [Bulletin of young scientists of the Perm state University]. Perm, 2012, V. 1, pp. 14–24. (In Russ.).
- Mittrakova N.V., Shestakov I.E. [Investigation of stability of dark-grey soils of Perm Krai by the method of biotesting when soil is contaminated with heavy metals]. *Materialy meždunarodnoj školy-seminara molodyh učennyh* [Proceedings of the international school-seminar of young scientists]. Perm, 2015, pp. 143–147. (In Russ.).
- Moskvina N.V. *Pochvi i tehnogennye poverhnostnye obrazovaniya mnogoetazhnyh zhilyh rayonov gorodov Prikam'ya. Avtoref. diss. kand. biol. nauk* [Soils and technogenic superficial formations of multi-storey residential areas of the cities of the Kama region. Abstract PhD]. Perm, 2004, 19 p. (In Russ.).
- Moskvina N.V., Prokopenko T.V. [The influence of de-icing means on the soil of roadsides]. *Perspektivy razvitiya estestvennykh nauk v vysšej škole* [Prospects of development of natural Sciences in higher education: proceedings of the international conference]. Perm, 2001, V. 3, pp. 42–45. (In Russ.).
- Prokofeva T.V., Gerasimova M.I., Bezuglova O.S., Bahmatova K.A., Gol'eva A.A., Gorbov S.N., Zharikova E.A., Matinyan N.N., Nakvasina E.N., Sivceva N.E. [Introduction soil and pochvovedeniya formations of urban areas in the classification of soils of Russia]. *Počvovedenie*, 2014, N 10, pp. 1155–1164. (In Russ.).
- Rusanov A.M., Voevodina T.S., Novozhenin A.V., Kirillova N.M. [Phytoindication of pollution of soils roadside areas of Orenburg]. *Otraženie bio-, geo-, antroposfernyh vzaimodejstij v počvah i počvennom pokrove. Materialy V meždunar. Nauchnoj konferencii* [A reflection of bio-, geo-, antroposphere interactions in soils and the soil cover]. Tomsk, 2015, pp. 242–245. (In Russ.).
- Terehova V.A. [Biotesting of soils: approaches and challenges] *Počvovedenie*, 2011, N 2, pp. 190–198. (In Russ.).
- Val'kov V.F., Eliseeva N.V., Imgrunt I.I., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. *Spravočnik po ocenke počv* [Guide to assessment of soils]. Maikop, Adygea Publ., 2004, 236 p. (In Russ.).
- Voronina L.P. *Ekologičeskie funktsii kompleksa agrohimičeskikh sredstv i regulatorov rosta rastenij v agrocenoze. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk* [Ecological functions of a complex agrochemical means and regulators of growth of plants in agrocenosis. Abstract Dokt. Diss.]. Moscow, 2009, 18 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 18.01.2016

#### Об авторах

Еремченко Ольга Зиновьевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии растений и микроорганизмов  
ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»  
614990, Пермь, ул. Букирева, 15;  
eremch@psu.ru; (342)2396412

Митракова Наталья Васильевна, ассистент кафедры физиологии растений и микроорганизмов  
ФГБОУВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»  
614990, Пермь, ул. Букирева, 15;  
mitrakovanatalya@mail.ru; (342)2396203

#### About the authors

Eremchenko Olga Zinov'evna, doctor of biology, professor, head of the Department of physiology of plants and microorganisms  
Perm State University, 15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990; eremch@psu.ru; (342)2396412

Mittrakova Natalia Vasil'evna, assistant of department of physiology of plants and microorganisms  
Perm State University, 15, Bukirev str., Perm, Russia, 614990; mitrakovanatalya@mail.ru; (342)2396203