

ПРЕДСТАВИТЕЛИ СЕМЕЙСТВА ROSACEAE JUSS В ОЗЕЛЕНЕНИИ ГОРОДА БУЗУЛУКА: БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЭКОЛОГИЯ

Бузулук является крупным городом западной части Оренбургской области, ее индустриальным, культурным, деловым центром. В качестве улучшения городской среды в озеленении ландшафта активно используются сорта и виды представителей семейства Rosaceae. Данные насаждения изначально находятся в экстремальных условиях произрастания ввиду контрастности природно-климатических условий. Дополнительная антропогенная нагрузка со стороны города в виде поступающих в почву значительных количеств соединений тяжелых металлов ухудшает их общее состояние и, как следствие, насаждения становятся экологически небезопасными для человека.

Ключевые слова: тяжелые металлы, семейство Rosaceae, устойчивость, аккумуляция.

Бузулук расположен в умеренных широтах, климат резко континентальный, что проявляется в общем удлинении зимы, сокращении переходных периодов.

Концентрация на ограниченной площади предприятий и активное передвижение автомобильного и железнодорожного транспорта обусловило наличие загрязнения как атмосферного воздуха, так и почвы.

В пределах городской черты имеются заводы машиностроения, нефтеперерабатывающие предприятия. Особенностью их является прежде всего то, что они находятся непосредственно в центре города. В результате такой нагрузки в почву поступает значительное количество соединений тяжелых металлов.

Избыточное накопление ТМ растениями обусловлено, прежде всего, их высокими концентрациями в почвах, что отражается на химическом составе растений. В своей жизнедеятельности растения контактируют только с доступными формами ТМ, количество которых, в свою очередь, тесно связано с наличием органического вещества и буферностью почв [1]. Однако, способность почв связывать и инактивировать ТМ имеет свои пределы, и когда они уже не справляются с поступающим потоком металлов, важное значение приобретает наличие у самих растений физиолого-биохимических механизмов, препятствующих их поступлению.

Механизмы устойчивости растений к избытку ТМ могут проявляться по разным направлениям: одни виды способны накапливать высокие концентрации ТМ, но проявлять к ним

толерантность; другие стремятся снизить их поступление путем максимального использования своих барьерных функций.

Для большинства растений барьерным уровнем являются стебли и листья, и, наконец, – органы и части растений, отвечающие за воспроизводительные функции (чаще всего семена и плоды, а также корне- и клубнеплоды и др.). Важное место при исследовании влияния тяжелых металлов на растения занимает изучение процессов их поглощения и передвижения [5], [6]. Растения способны поглощать из окружающей среды в больших или меньших количествах практически все химические элементы.

Важнейшим фактором, определяющим поведение ТМ в почве и их доступность для растений, является органическое вещество. Органические вещества почв и в первую очередь гумус способны образовывать с ТМ различные по растворимости комплексы, поэтому способность почв связывать металлы или содержать их в растворенном виде во многом зависит от качества и количества органического вещества. И здесь важное значение имеет соотношение массовых долей: органическое вещество / металл.

Органические вещества заметно различаются по способности к взаимодействию с ТМ. Медь, цинк, свинец и марганец образуют комплексы с гуминовыми кислотами во много раз лучше, чем с фульвокислотами. Обе кислоты часто обнаруживают большее сродство к меди и свинцу, чем к железу и марганцу.

Металлы, связанные в комплексы с фульвокислотой, более доступны для корней растений, чем комплексы ТМ с гуминовыми кислотами,

которые могут быть как водно-растворимые, так и нерастворимые [2].

Исследования влияния Бузулукского бора на почвообразование и свойства почв окружающих его территорий, в том числе и города Бузулука показали, что вокруг соснового леса (расположенного в северной степи, в подзоне обыкновенных черноземов) под влиянием особого, «лесного» мезоклимата формируются специфические условия почвообразования и образуются ареалы черноземов типичных в виде опоясывающей бор полосы шириной до 20 км. Произошла локальная, экологически обусловленная почвенно-географическая инверсия, в результате которой лесостепь с черноземами типичными соседствует с черноземами южными засушливой степи [7].

Таким образом, цель исследования - проведение оценки комплексного влияния климатических факторов и тяжелых металлов, содержащихся в урбанизированных почвах, на видовой состав представителей семейства Rosaceae улиц г. Бузулука и получение результатов, дающих основание для рекомендации по дальнейшему их использованию в озеленении городских территорий.

Объектами исследования послужили представители семейства Rosaceae, произрастающие на почвах урбанизированных территорий г. Бузулука - *Rosa majalis*, *Sorbus aucuparia*, *Malus cerasifera*, а также почвы урбанизированных и экологически чистых территорий.

Работа по выявлению степени устойчивости и адаптации древесных насаждений к неблагоприятным климатическим факторам региона проводилась по период с 2008 по 2013 год.

Для выполнения исследований были выбраны растения возраста 15 – 20 лет. Насаждения находятся в хорошем состоянии. За период выполнения работ для отобранных образцов ежегодно отмечается урожайность. Плоды имеют привлекательный вид. Растения произрастают на расстоянии 5 – 10 м от автодороги. Число изучаемых образцов каждого из трех видов представителей семейства Rosaceae составляет не менее 5 растений.

В процессе исследований были получены следующие результаты:

Оценка жизненного состояния изучаемых образцов показывает, что в целом растения можно охарактеризовать как здоровые, отмирающие ветви за счет осветления кроны сосредоточены

в нижней ее части. Вместе с тем отмечено присутствие среди образцов *Malus cerasifera* и *Rosa majalis* поврежденных (ослабленных) форм с признаками угнетения и наличием мертвых и усыхающих ветвей.

Изучение фенологических особенностей растений позволили сделать выводы о приспособленности их к климатическим ритмам данной местности. Причем установлена зависимость фенологических фаз от температурного режима весеннего и летнего периодов.

Исследования показали, что изучаемые образцы устойчивы к температурным стрессам и дефициту влаги.

Однако следует отметить, что при определении засухоустойчивости среди изучаемых растений 3 образца из 5 рода *Malus cerasifera* (№1, №4, №5), а также 2 из 5 рода *Rosa majalis* (№1, №3) подвержены воздействию засухи и дефициту влаги с выраженным признаком увядания листьев. Более устойчивыми проявили себя образцы *Sorbus aucuparia*.

Определение жаростойкости показало, что образцы *Rosa majalis* хуже переносят повышение температуры, чем *Malus cerasifera* и *Sorbus aucuparia*.

При оценке зимостойкости исследуемых образцов установлено, что растения достаточно адаптированы к естественным стрессовым условиям холодного периода. Все исследуемые образцы были определены как высокозимостойкие, так как они не проявляли признаков повреждений в обычные зимы, и слабо (до 1 балла) подмерзают в суровые зимы, не снижая урожайности после перезимовки.

По результатам оценки декоративности исследуемых образцов растения подразделялись на категории: высокодекоративные, декоративные, относительно декоративные, малодекоративные - образцы №1 и №4 *Malus cerasifera*.

Таким образом, принимая во внимание биологические особенности изучаемых растений, следует отметить, что в целом растения адаптированы к естественным стрессовым условиям резко континентального климата.

С целью выявления влияния высоких концентраций тяжелых металлов в урбаноземах на их аккумуляцию в древесных и кустарниковых породах, произрастающих на территории города, были выбраны ранее отобранные растения, приуроченные к участку улиц Серго – 13 Линия по направлению с запада на восток. Это

улицы старой части города со средней нагрузкой транспортных средств и других антропогенных факторов. За условный контроль (объект сравнения) принималась не подверженная техногенному воздействию площадка, расположенная на территории сада с. Курманаевка, расположенного в 35 километрах от г. Бузулука, на экологически чистой площади, почвы которой не загрязнены тяжелыми металлами.

В течение двух лет в период полной зрелости плодов (август–сентябрь 2009–2011 гг.) с данных кустарников и деревьев отбирали растительные образцы (стебель–лист–плод) на лабораторный анализ. Кроме того, в непосредственной близости от растений отбирались образцы почвы с глубин 0–10 и 30–40 см., которые затем отправлялись на анализ. Такая же методика отбора растительных и почвенных проб на анализ применялась и при работе в условиях города.

Как показали результаты (рис. 1) лабораторных анализов, степень накопления тяжелых металлов различными органами растения не одинакова.

Анализ содержания тяжелых металлов во всех образцах изучаемых растений позволил выделить *Sorbus aucuparia* как растение - аккумулятор Pb и Cd, так как во всех исследуемых образцах листьев, плодов и стеблях *Sorbus aucuparia* показатели по данным металлам выше по сравнению с *Rosa majalis*. и *Malus cerasifera* Mill. Образцы *Malus cerasifera* Likh. отличаются способностью к аккумуляции тяжелых металлов, особенно в плодах. Следует отметить превышение ПДК кадмия в плодах во всех образцах изучаемых растений.

Аккумуляция тяжелых металлов происходит предпочтительно в стеблях и объясняется прежде всего тем, что они являются способом передвижения в растении и одним из первых барьеров. Однако плоды изучаемых растений также аккумулируют значительное количество тяжелых металлов в превышающих предельно-допустимых концентрациях значениях.

Характер накопления тяжелых металлов в образцах растений показывает локальный и нестабильный характер загрязнения почв г. Бузулука. Содержание значительного количества Pb свидетельствует о его доминировании в загрязнении почвах города.

Установлено, что на содержании Pb и Zn в вегетативных и генеративных органах растений отразилось их повышенное содержание

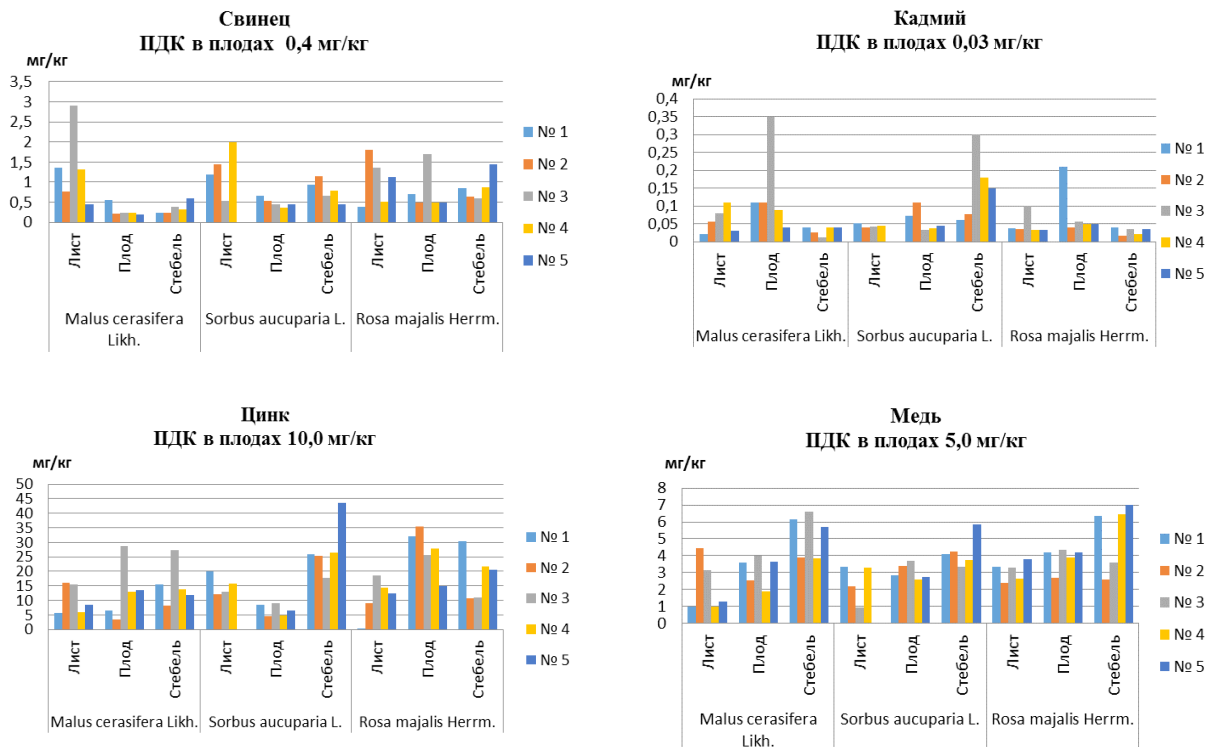


Рисунок 1 – Среднее содержание тяжелых металлов в вегетативных и генеративных органах представителей семейства Rosaceae Juss. (мг/кг)

в почвах города, отмеченное за период с 2009 – 2011 гг. (рис. 2) [3].

Динамика содержания и распределения подвижных форм тяжелых металлов на исследуемом участке в почвах города показывает, что за период 2009 - 2011 гг. наблюдались превышения ПДК по содержанию Zn и Pb.

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах в 2010 г. относительно 2009 и 2011 гг. минимально. 2011 г. отмечается нарастанием количества тяжелых металлов в урбано-землах.

Уровень химического загрязнения почв по суммарному показателю Саета указывают на допустимый уровень загрязнения (< 2) исследуемых урбано-земов.

Для отражения местных особенностей поглощения растениями химических элементов был рассчитан коэффициент биологического поглощения. По величине данного коэффициента были построены ряды биологического поглощения элементов (таблица 1). КБП Cu во всех случаях выше 1, что указывает на его легкую доступность для аккумуляции растениями, что нельзя сказать о Pb, Cd и Zn.

На рисунке 3 представлены данные о среднем содержании подвижных форм тяжелых металлов в почвах и плодах представителей семейства Rosaceae Juss. г. Бузулука (в кол-во ПДК).

Следует обратить внимание, что подвижная форма Cd, находясь по содержанию в почвах в пределах Предельно Допустимых Концентраций, в плодах присутствует в количествах заметно превышающих предельно допустимые значения Cd в плодах.

Выше сказанное позволило сделать следующее заключение: использование в озеленении *Malus cerasifera* должно быть исключено, так как ее образцы отличаются способностью к аккумуляции тяжелых металлов, особенно в плодах. Форма № 4 *Sorbus aucuparia* является экологически безопасной, так как ее плоды устойчивы к накоплению Zn, Cu и Pb. Формы № 1 и 2 для городских посадок не пригодны, в них отмечаются наибольшие превышения ПДК по Pb, Zn и Cd. Плоды форм № 2, 3, 4 и 5 *Rosa majalis* отличаются устойчивостью к Pb, однако не устойчивы к аккумуляции Zn, для озеленения безопасными являются формы № 2 и 4.

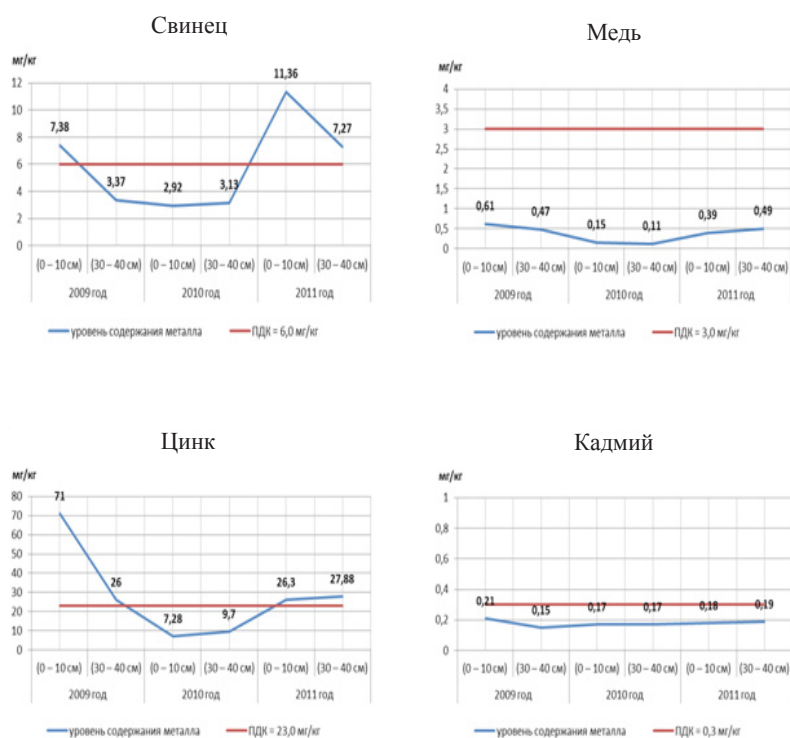


Рисунок 2 – Содержание подвижных форм ТМ в почвах реперного участка санитарно-защитной зоны мельзавода

В контрольных образцах сада близ с. Курманаевка в плодах *Malus*, произрастающей на чистых почвах, отмечено превышение значения ПДК Cd на 0,02 – 0,1 мг/кг. Для плодов *Sorbus aucuparia*, произрастающей в данных условиях было отмечено превышение предельно-допустимых концентраций Cd на 0,012 мг/кг. Полученные результаты свидетельствуют, с одной стороны, в пользу аккумуляции ТМ тканями генеративных органов растений, в данном случае *Malus cerasifera*; с другой – о естественном попадании названного металла в верхние (корнеобитаемые) горизонты почв через почвообразующие породы. Согласно данным Плехановой и Обухова в лессах и лессовидных суглинках, являющихся почвообразующими породами данной местности, содержание кадмия в среднем составляет 0,08 мг/кг. Концентрация кадмия в черноземе европейской части России составляет 0,24 мг/кг [4].

По итогам проведенной исследовательской работы были сделаны следующие выводы:

1. *Malus cerasifera* Likh., *Sorbus aucuparia* L., *Rosa majalis* Herrm., используемые в озеленении г. Бузулука, обладают декоративными качествами (высокодекоративные - образцы № 2 и № 5 *Sorbus* L.; декоративные – образцы № 1- 5 *Rosa* L., образцы № 3, № 4 *Sorbus* L., образец № 2 *Malus* Mill.). Растения можно характеризовать как здоровые, высокозимостойкие, приспособленные к климатическим ритмам данной местности. Отдельные формы подвержены воздействию засухи и дефициту влаги с выраженным признаком увя-

дания листьев. Установлено, что самыми устойчивыми к температурным стрессам являются образцы *Malus cerasifera* Likh.. В целом растения адаптированы к естественным стрессовым условиям резко континентального климата.

2. Установлено, что характер загрязнения урбаноземов тяжелыми металлами имеет нестабильный и локальный характер. Превышения ПДК наблюдаются по **Zn, Pb, Cd, Cu**. Значительный разброс концентраций по годам исследования свидетельствует о значительном поступлении в почву загрязняющих элементов и о их высокой миграционной способности. Pb среди элементов характеризуется доминированием.

3. На содержании **Pb и Zn в растениях** отразилось их повышенное содержание в почве на участках г. Бузулука, отмеченное за период с 2009 – 2011 гг. Наблюдается корреляция между

Таблица 1 – Соотношение полученных показаний КБП в исследуемых растениях

Malus cerasifera Likh.	
Плод	Pb (0,29) < Cd (1,83) < Zn (1,84) < Cu (16,27)
Лист	Pb (0,41) < Cd (0,78) < Zn (0,82) < Cu (13,38)
Стебель	Pb (0,15) < Cd (0,17) < Zn (0,55) < Cu (14,16)
Sorbus aucuparia L.	
Плод	Pb (0,15) < Zn (0,44) < Cd (0,61) < Cu (16,76)
Лист	Pb (0,44) < Cd (0,50) < Zn (1,09) < Cu (13,22)
Стебель	Pb (0,13) < Cd (0,83) < Zn (0,99) < Cu (11,51)
Rosa majalis Herrm.	
Плод	Pb (0,076) < Cd (0,56) < Zn (1,85) < Cu (20,54)
Лист	Pb (0,54) < Cd (0,56) < Zn (0,75) < Cu (15,78)
Стебель	Pb (0,14) < Cd (0,17) < Zn (0,67) < Cu (14,03)

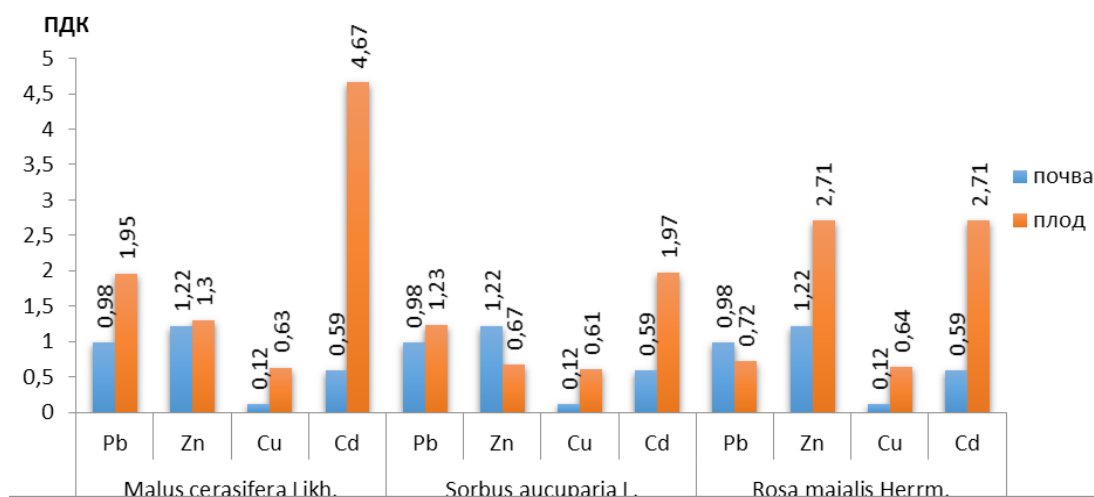


Рисунок 3 – Среднее содержание подвижных форм ТМ в почвах и плодах представителей семейства Rosaceae Juss. г. Бузулука (кол-во ПДК).

содержанием элементов в почве и вегетативных и генеративных органах растений. Степень накопления ТМ различными органами растений не одинакова. Аккумуляция ТМ происходит предпочтительно в стеблях и объясняется, прежде всего, тем, что ткани стебля являются одним из первых барьеров для ТМ и каналом передвижения ТМ в растениях. В плодах исследуемых деревьев и кустарников отмечено накопление ТМ в дозах, превышающих уровни ПДК.

4. Использование в озеленении *Malus cerasifera* Likh. должно быть исключено, так как ее образцы отличаются способностью к аккумуляции ТМ, особенно в плодах. Форма № 4 *Sorbus aucuparia* L. является экологически безопасной, так как ее плоды устойчивы к накоплению Zn, Cu и Pb. Формы № 1 и 2 для городских посадок не пригодны, в них отмечаются наибольшие превышения ПДК по Pb, Zn и Cd. Плоды форм № 2, 3, 4 и 5 *Rosa majalis* Herzm. отличаются устойчивостью к Pb, однако не устойчивы к аккумуляции Zn, для озеленения безопасными являются формы № 2 и 4.

5. Результаты исследований показывают необходимость пересмотра существующей системы норм ПДК ТМ в плодах и приведение их в соответствие с существующими уровнями ПДК ТМ в почвах.

6. Установлено, что в дальнейшем необходимо проведение более детального подхода к каждому из изучаемых видов представителей семейства Rosaceae Juss., имеющих плоды. Все декоративные культуры следует проверить на экологическую чистоту для создания паспортов с указанием их восприимчивости и устойчивости к поглощению тяжелых металлов и экологической безопасности для практического использования их в целях озеленения урбанизированных территорий.

В целом, результаты исследований определяют необходимость в пересмотре существующих уровней ПДК тяжелых металлов в почвах и приведение их в соответствие с уровнями ПДК ТМ в плодах, а также свидетельствуют о целесообразности проведения более детального исследования каждого из изучаемых сортов и видов представителей семейства Rosaceae, имеющих плоды. Все декоративные культуры, высаживаемые на городских территориях, было бы полезно проверять на экологическую чистоту для создания своеобразных экологических паспортов с указанием, помимо прочего, их восприимчивости и устойчивости к поглощению тяжелых металлов и экологической безопасности для практического использования их в целях озеленения урбанизированных территорий.

10.11.2016

Список литературы:

1. Большаков, В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко и др. М.: Гидрометеоздат, 1978. – 49 с.
2. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
3. Порядок определения параметров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. Утв. Председателем Комитета Федерации по земельным ресурсам и землеустройству 10.11.93 Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов. 1993; URL: <http://www.bestpravo.ru/federalnoje/gn-postanovlenija/f9o.htm>
4. Плеханова, И.О., Обухов, А.И. Цинк и кадмий в почвах и растениях городской среды // Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука, 1992. – С. 144–159.
5. Русанов, А.М. Характеристика эколого-геохимического состояния почв территории Оренбургской области / А.М. Русанов, Е.В. Блохин, Н.Н. Зенина // Гигиена и санитария: Медицина. – 2002. – №5. – С. 15–17.
6. Русанов, А.М. Содержание тяжелых металлов в плодах яблони в городских условиях / А.М. Русанов, Е.З. Савин, С.Э. Нигматянова, М.М. Нигматянов., М.А. Степанова // Вестник ОГУ. – 2011. – №1. – С. 148–151.
7. Русанов А.М., Шеин, Е.В., Милановский, Е.Ю. Влияние Бузулукского бора на прилегающие ландшафты и свойства почв / А.М. Русанов, Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. – 2008. – № 2. – С. 146–152.

Сведения об авторах:

Русанов Александр Михайлович, заведующий кафедрой биологии и почвоведения Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук, профессор

Савин Евгений Захарович, профессор кафедры биологии и почвоведения Оренбургского государственного университета, доктор сельскохозяйственных наук

Щебланова Марина Александровна, Оренбургский государственный университет, кандидат биологических наук

460018, г. Оренбург, пр. Победы 13, (3532) 37-24-83, e-mail: sma.21_1987@mail.ru