

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДАМИ БИОДИАГНОСТИКИ

Галактионова Л.В.<sup>1</sup>, Суздалева А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: anilova.osu@mail.ru

В крупных городах контроль состояния окружающей среды в целях проведения своевременных мероприятий по улучшению условий жизни требует ежегодных мониторинговых исследований. В работе был проведен анализ состояния почвенного покрова Центрального и Ленинского районов города Оренбурга. Была изучена фитотоксичность почвенного покрова парков и жилых зон города в сравнении с образцом фонового участка. Проведенный статистический анализ полученных результатов позволил выявить наличие достоверной статистической связи между показателями фитотоксичности почв по отношению к трем тест-культурам и содержанием в почве загрязняющих веществ. На основании анализа полученных данных произведена оценка экологического состояния почвенного покрова по показателю ИПБСП и Zc. Результаты исследования свидетельствуют о том, что большая часть территории Южного округа города Оренбурга характеризуется критической экологической ситуацией.

Ключевые слова: экологическая оценка, показатель химического загрязнения почв, фитотоксичность, урбанозем, экологическая ситуация.

## ASSESSMENT OF THE SOIL COVER OF THE URBANIZED TERRITORIES METHODS OF BIODIAGNOSTIC

Galaktionova L.V.<sup>1</sup>, Suzdaleva A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Orenburg State University, Orenburg, e-mail: anilova.osu@mail.ru

In large cities, monitoring of the state of the environment in order to carry out timely measures to improve the living conditions requires annual monitoring studies. The paper analyzed the state of the soil cover in the Central and Leninsky districts of the city of Orenburg. Phytotoxicity of the soil cover of parks and residential areas of the city was studied in comparison with the sample of the background area. The statistical analysis of the obtained results made it possible to reveal the presence of reliable statistical connection between the indicators of phytotoxicity of soils in relation to different test cultures and the content of pollutants in the soil. Based on the analysis of the data obtained, the ecological state of the soil cover was assessed according to the index of IIBSS and Zc. The results of the study indicate that most of the territory of the Southern District of the city of Orenburg is characterized by a critical environmental situation.

Keywords: ecological assessment, indicator of chemical soil contamination, phytotoxicity, urban soil, ecological situation.

По оценкам некоторых ученых, на земном шаре осталось не более 5% почв, совершенно неизмененных человеком. Современное почвоведение уже немыслимо без разделов, изучающих антропогенно трансформированные и антропогенно созданные почвы [1].

В процессе глобального преобразования педосферы Земли все большее значение приобретает урбанизация. Рост городов приводит к потере устойчивости территорий, увеличению абиотичности системы, повышению степени экологического риска для всех компонентов окружающей среды: воздуха, растительности, почвы, воды и грунтов [2].

Одним из основных признаков урбогенеза, влияющих на почвообразование, является загрязнение почвы в результате накопления, перемешивания и заполнения почв загрязнителями почвенного генезиса. Загрязнение городских почв – это избыточное содержание химических веществ в почве, при котором нарушается нормальное

функционирование растительности, животных и микроорганизмов, изменяются почвенные процессы [3].

Исследования ряда авторов указывают, что главным поставщиком тяжелых металлов в условиях городской среды является атмосфера. Техногенно рассеянные тяжелые металлы попадают на поверхность почвы, вовлекаются в элементарные почвообразовательные процессы, ассимилируются растениями и далее мигрируют по трофическим цепям [4]. В последние годы во многих крупных городах и промышленных центрах проводились геохимические и биоиндикационные исследования. Они имели самую различную направленность: изучалось содержание тяжелых металлов и других загрязняющих веществ, апробировались различные методы индикации загрязнения и др. [5; 6]. Биодиагностика и биоиндикация почв приобретают все большее значение как для проведения научных исследований, так и для выполнения практических производственных мероприятий. Биологические свойства почв чутко реагируют на любые внешние воздействия, в связи этим активно и повсеместно используются в качестве показателей при оценке экологического состояния почв и ландшафтов [7].

**Объектом исследования** послужил почвенный покров Центрального и Ленинского районов Южного административного округа г. Оренбурга, представленный зональным типом почв – черноземом южным с различной степенью антропогенной нагрузки. В качестве фонового участка выбрана территория лесополосы, удаленная от действия вредных промышленных и транспортных выбросов, расположенная в 33 км южнее г. Оренбурга. Точки отбора образцов представлены на рисунке 1.

Отбор образцов проводился с открытого грунта в конце вегетационного периода 2015 года методом конверта. Лабораторный анализ включал в себя тест на фитотоксичность с использованием трех тест-культур (*Avena sativa*, *Raphanus sativus* и *Lepidium sativum*) [7]. Определение целлюлозолитической активности почв проводили аппликационным методом (Вострова И.С., Петрова А.Н., 1991) [7].

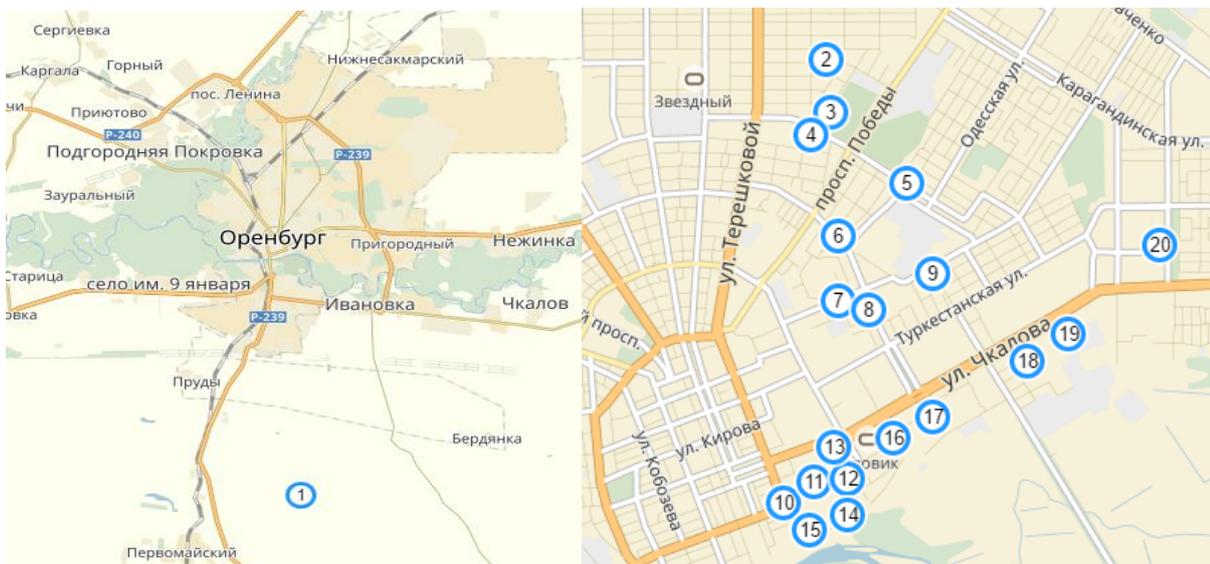


Рис. 1. Точки отбора образцов

Примечание: 1 – фон; 2 – ул. Немовская, д. 157; 3 – ул. Орская, д. 45; 4 – ул. Орская, д. 50; 5 – ул. Орская, д. 182; 6 – ул. Степана Разина, д. 147; 7 – ул. Аксакова, д. 13; 8 – ул. Иннодромная, д. 38; 9 – ул. Уральская, д. 75а; 10 – ул. Челюскинцев, д. 17; 11 – ул. Челюскинцев, д. 18; 12 – ул. Челюскинцев, 19; 13 – ул. Челюскинцев, д. 20; 14 – Красная площадь, д. 1Б; 15 – Красная площадь, д. 10; 16 – ул. Донецкая, д. 23; 17 – ул. Чкалова, д. 25; 18 – ул. Чкалова, д. 32; 19 – ул. Чкалова, д. 55; 20 – проезд Майский, д. 12

На основе полученных данных был рассчитан интегральный показатель биологического состояния почв по Казееву К.Ш., Колесникову С.И., Валькову В.Ф. [7]. Определение содержания загрязняющих веществ в почве и расчет  $Z_c$  проводили согласно «Лабораторному практикуму по экологии» (Тарасова Т.Ф., Дебело П.В., 2012) [8]. Все лабораторные исследования выполнены в 5-7-кратной повторности. Статистическая обработка результатов осуществлялась с помощью пакета программ MS Excel и программы статистической обработки Statistica 8.0.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Фитотоксичность почв является интегральным показателем токсичного действия почвенных компонентов на высшие растения. В качестве растений-индикаторов используется целый спектр растений, имеющих различное систематическое положение. Результаты определения фитотоксичности почв участков исследования представлены на рисунке 2. Фоновый участок характеризовался отсутствием токсического эффекта по отношению ко всем трем растениям-биотестам: *Avena sativa L.*, *Raphanus sativus L.*, *Lepidium sativum L.*

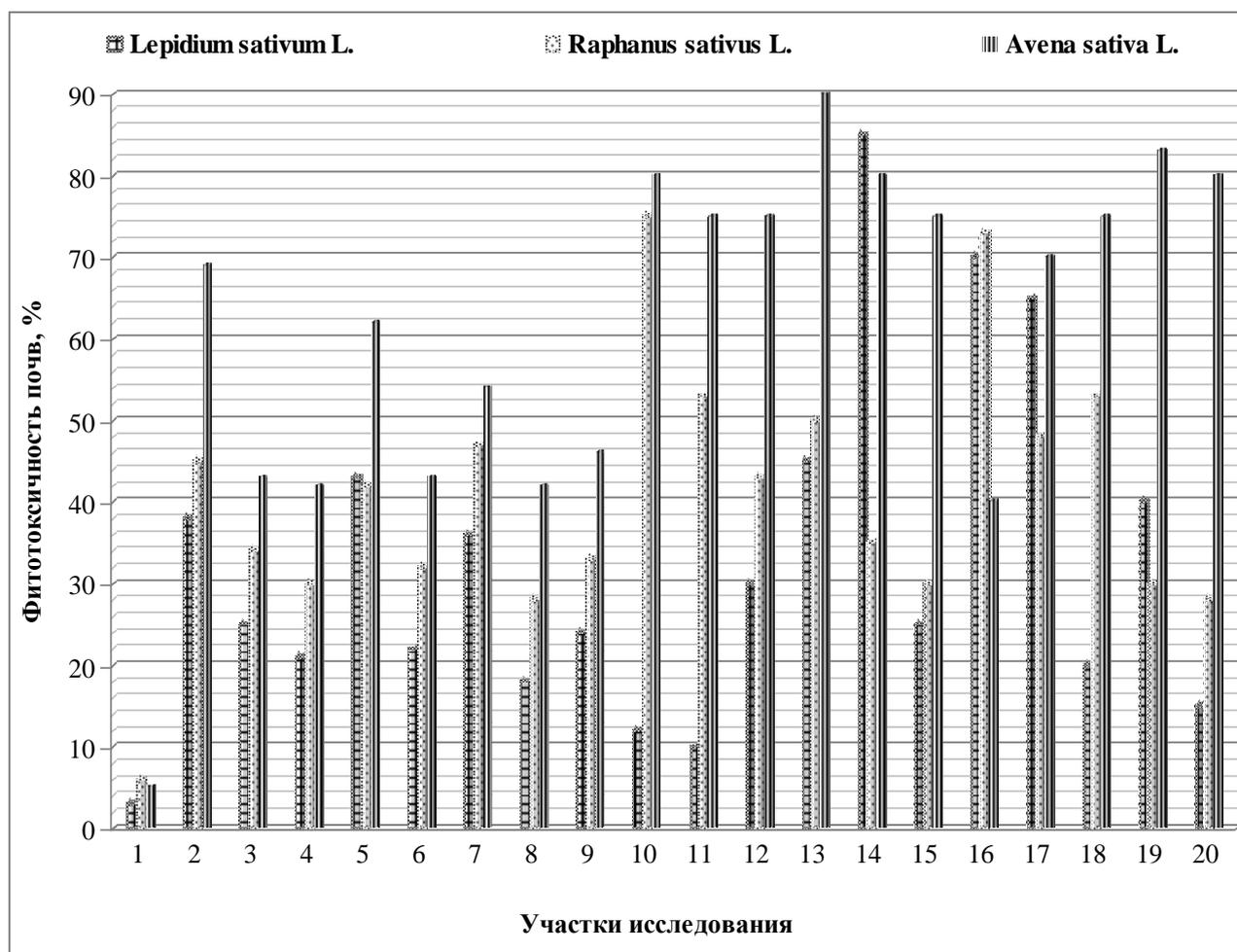


Рис. 2. Фитотоксичность почв Южного округа г. Оренбурга

Примечание: 1 – фон; 2 – ул. Немовская, д. 157; 3 – ул. Орская, д. 45; 4 – ул. Орская, д. 50; 5 – ул. Орская, д. 182; 6 – ул. Степана Разина, д. 147; 7 – ул. Аксакова, д. 13; 8 – ул. Ипподромная, д. 38; 9 – ул. Уральская, д. 75а; 10 - ул. Челюскинцев, д. 17; 11 - ул. Челюскинцев, д. 18; 12 - ул. Челюскинцев, 19; 13 - ул. Челюскинцев, д. 20; 14 - Красная площадь, д. 1Б; 15 - Красная площадь, д. 10; 16 - ул. Донецкая, д. 23; 17 - ул. Чкалова, д. 25; 18 - ул. Чкалова, д. 32; 19 - ул. Чкалова, д. 55; 20 - проезд Майский, д. 12

Изучение фитотоксичности почв города Оренбурга показало наибольшую чувствительность тест-культуры *Avena sativa L.* к данному виду антропогенного воздействия. Среднее значение данного показателя для почв Ленинского района составило 75,3% и имело высокую или недопустимую степень фитотоксичности. Максимальные значения фитотоксичности почв (варьирующие от 80 до 90%) отмечены на участках 10, 13, 14, 19 и 20. Фитотоксичность почв в среднем по Центральному району составила более 49,5% и характеризовалась как средняя. Наибольшие значения показателя отмечены на следующих участках: ул. Орская, д. 182 (63%), ул. Немовская, д. 157 (69%) и ул. Аксакова, д. 13 (54%). Данные участки имели недопустимую степень фитотоксичности. Остальные участки исследования характеризовались средней интенсивностью подавления прорастания растений.

Меньшей чувствительностью к влиянию городской среды на экологическое состояние почв характеризовалось растение *Raphanus sativus* L. Наибольший показатель фитотоксичности почв по отношению к этому тест-объекту наблюдался в почвах участков 10, 16 и составил 75% и 73% соответственно. Для почв 4, 8, 15 и 20 участков отмечена слабая степень фитотоксичности, которая не превышала 30%.

Фитотоксичность почв Южного округа по отношению к тест-культуре кресс-салат (*Lepidium sativum* L.) в среднем характеризовалась как средняя и составила 32,5%. Образцы, отобранные по адресу ул. Красная площадь, д. 1Б, проявили максимальную токсичность (85%), а на участках 16 и 17 также отмечены недопустимые значения фитотоксичности почв (70% и 65% соответственно). Участок по ул. Челюскинцев, д. 18 характеризовался отсутствием токсического эффекта, так как значение показателя не превысило 10%.

Сравнительная оценка полученных результатов показала, что почвенные образцы, отобранные с территории Центрального района города, более интенсивно угнетали прорастание семян тест-культур. А изучение чувствительности растений позволило построить ряд чувствительности тест-культур к интегральному воздействию негативных факторов урбоэкосистемы на почвенный покров: *Avena sativa* > *Raphanus sativus* > *Lepidium sativum*.

Для оценки влияния почвенных поллютантов на морфометрические показатели тест-растений была выбрана культура *Avena sativa* L., как наиболее чувствительная к данному виду антропогенного пресса. Тест на прорастание с последующим выращиванием проростков позволяет оценить такие морфометрические параметры тест-культуры, как длина листьев, длина корня и значение показателя фитоэффекта. Изучение влияния интегрального воздействия загрязнителей в почвенных образцах района исследования позволило выявить несколько тенденций. Высота листьев тест-культуры *Avena sativa* L., выращенного на образцах почв Южного округа, меньше, чем у растений почв фонового участка. Наибольшая высота листьев отмечена для почв фона (111,2 мм) и участка по ул. Орская, д. 50 (100,2 мм). Наименьшими значениями длины надземных органов растения характеризовались образцы почв участков: ул. Аксакова, д. 13 (62,9 мм) и ул. Орская, д. 182 (57,2 мм) в Центральном районе и ул. Красная площадь, д. 1Б (30,7 мм) и ул. Челюскинцев, д. 20 (32,6 мм), ул. Донецкая, д. 23 (39,6 мм), ул. Чкалова, д. 25 (43,8 мм) в Ленинском районе. Максимальное снижение длины листьев составило 48,6% для почв Центрального и 58,9% – для Ленинского района. Исследование показало, что почвенные образцы некоторых участков подавляли рост надземных и подземных органов растения, что свидетельствует о комплексном влиянии почвенных поллютантов на процессы их жизнедеятельности.

Величина фитозффекта указывает на токсичность только в случае угнетения, по отношению к контролю, той или иной тест-функции. Фитозффект, рассчитанный по длине корней *Avena sativa*, указал на токсичность почв 78,9% участков исследования, расположенных в пределах городской черты.

Целлюлозолитическая активность почвы характеризует суммарную активность почвенных микроорганизмов и ферментов в разложении органических соединений. Почвы фонового участка характеризовались максимальным значением целлюлозолитической активности, которая составила 26,3% (рис. 3).

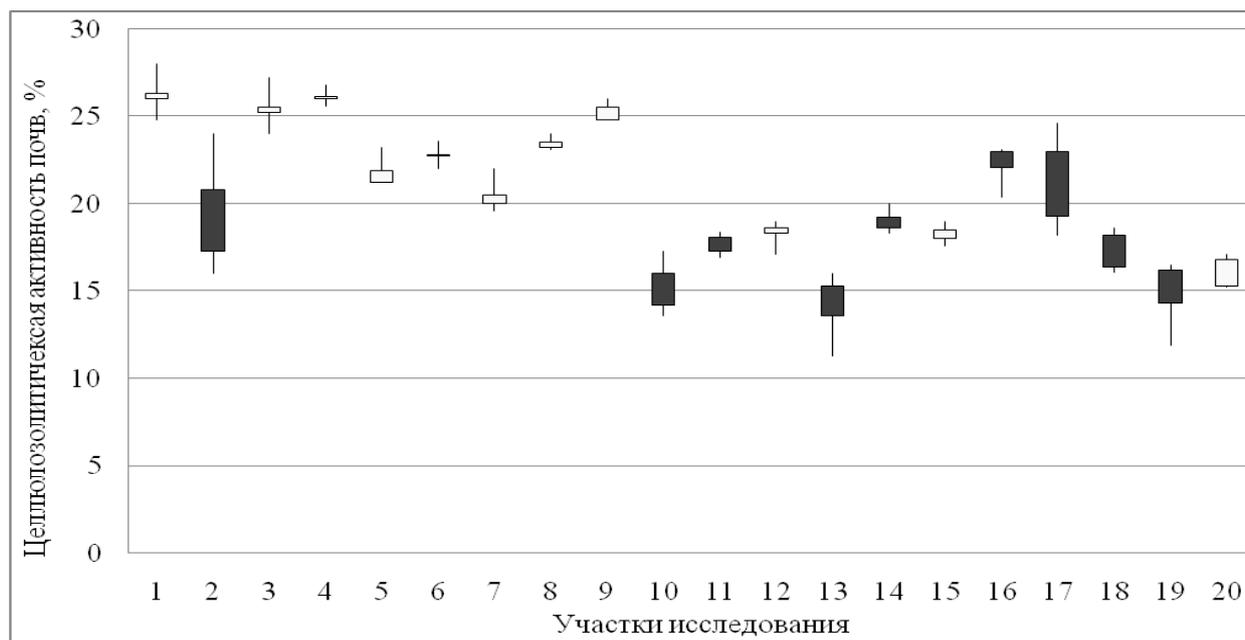


Рис. 3. Целлюлозолитическая активность почв Южного округа г. Оренбурга  
Примечание: см. рис. 2

Снижение активности разрушения целлюлозы не более чем на 20% от фонового участка наблюдается в почвах 8 участков исследования, не более чем на 30% – 5 участков, не более чем на 40% – 5, и на участке по ул. Челюскинцев, д. 20 снижение составило более 40%.

Расчет значений ИПБС показало, что почвы 79% участков, расположенных на территории Южного округа города Оренбурга, характеризуются сильной степенью деградации почв (по шкале Казеева К.Ш., Колесникова С.И., Валькова В.Ф., 2003). Такая степень деградации почв характеризуется нарушением всего комплекса экологических функций почвы, включая консервативные физические функции.

Также проведена оценка экологического состояния почв исследуемых участков по содержанию приоритетных загрязняющих веществ и суммарному показателю химического загрязнения ( $Z_c$ ). Определение содержания и коэффициента концентрации загрязняющих веществ в почве позволило оценить качество исследуемой территории по суммарному

показателю химического загрязнения. Его значения свидетельствуют о том, что 75% участков, расположенных в Южном округе г. Оренбурга, характеризуются критической экологической ситуацией, а остальные участки – чрезвычайной экологической ситуацией. В почвенных образцах, отобранных с территории Южного округа, отмечено превышение показателей фонового участка по содержанию цинка, свинца и ряда примесей (хлорид-ионов, гидросульфид-ионов и иона аммония).

Корреляционный анализ экспериментальных данных позволил выявить статистически достоверную связь между показателями целлюлозолитической активности почв, всхожести *Avena sativa* и *Raphanus sativus*, ИПБСП и  $Z_c$  (таблица).

Коэффициенты ранговой корреляции

Показатели	Целлюлозо-литическая активность почв			Всхожесть <i>Avena sativa</i>			Всхожесть <i>Raphanus sativus</i>			ИПБСП		
	Spearman Rank Order	Gamma	Kendall Tau	Spearman Rank Order	Gamma	Kendall Tau	Spearman Rank Order	Gamma	Kendall Tau	Spearman Rank Order	Gamma	Kendall Tau
$Z_c$	-0,7	-0,5	-0,52	-0,54	-0,46	-0,45	-0,6	-0,49	-0,5	-0,65	-0,49	-0,5

Примечание: все значения коэффициентов корреляции достоверны при  $p < 0,05$ .

Отсутствие в таблице данных по всхожести *Lepidium sativum* обусловлено тем, что рассчитанные для этого показателя коэффициенты корреляции не были достоверными при выбранном уровне значимости.

### Заключение

Проведенные исследования позволили выявить однозначное негативное влияние условий городской среды на всхожесть семян тест-культур, величину фитоэффекта и целлюлозолитическую активность почв. Результаты статистической обработки экспериментальных данных подтверждают обусловленность биоиндикационных параметров экологического состояния почвенного покрова города содержанием в нем загрязняющих веществ. Это, в свою очередь, свидетельствует о целесообразности использования относительно малозатратных и информативных показателей биологической активности почв при проведении экологического мониторинга городских территорий.

## Список литературы

1. Прокофьева Т.В. Систематика почв и почвообразующих пород города Москвы и возможность включения их в общую классификацию / Т.В. Прокофьева, И.А. Мартыненко, Ф.А. Иванников // Почвоведение. – 2011. – № 5. – С. 611-623.
2. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах / Г.В. Ковалева, В.Т. Старожилов, А.М. Дербенцева, А.В. Назаркина. – Владивосток: Дальнаука, 2012. – 159 с.
3. Прусаченко А.В. Экотоксикологическая оценка загрязнений тяжелыми металлами урбаноземов города Курска: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2011. – 19 с.
4. Прохорова Н.В. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах промышленных и рекреационных зон города Ульяновска / Н.В. Прохорова, О.А. Ефремова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. – № 1 (5). – С. 1190-1193.
5. Галактионова Л.В. Биодиагностика почв парковой зоны г. Оренбурга / Л.В. Галактионова, А.В. Васильченко, А.В. Суздалева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 6 (181). – С. 116-122.
6. Шумилова Л.П. Оценка экологического состояния почв и воздушной среды г. Благовещенска: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2012. – 21 с.
7. Казеев К.Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. – Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. – 216 с.
8. Тарасова Т.Ф. Лабораторный практикум по экологии / Т.Ф. Тарасова, П.В. Дебело. - Оренбург: Университет, 2012. – 298 с.