**УДК 631.48**

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ПОЧВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДЗЕРЖИНСКОГО РАЙОНА ГОРОДА ОРЕНБУРГА)

**Елисеева М.В., Укенов Б.С.**

*ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет, Оренбург, e-mail: eliseeva_91@bk.ru*

**Урбанизированные территории представляют особый уникальный тип природно-технических геосистем, в пределах которых сконцентрировано максимальное разнообразие видов воздействий человека на почву, как правило, это атмосферные выбросы предприятий, отвалы крупнотоннажных производств, топливно-энергетические комплексы, свалки отходов, аварии и автотранспорт. В настоящее время исследования городских территорий разнообразны, однако многие экологические проблемы «городского почвообразования» остаются недостаточно изученными, а в особенности вопросы влияния загрязняющих веществ на экологические функции почв. Почва является наиболее важным компонентом, формирующимся в условиях урбанизации геосистемы; она испытывает наиболее сильное влияние урбанистического давления, сорбирует поллютанты и трансформирует их. Высокий уровень техногенной нагрузки на урбанизированных территориях диктует необходимость разработки и внедрения современных, объективных методов контроля за загрязнением окружающей среды, оценки текущего состояния экосистемы и прогнозирования развития ситуации в будущем. Зоны же придорожной полосы, которые испытывают на себе наибольшую нагрузку, нуждаются в особом контроле техногенной нагрузки.**

Ключевые слова: город Оренбург, городские почвы, биотестирование, экологическая оценка.

# ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF URBAN SOILS BY BIOASSAY (FOR EXAMPLE DZERZHINSKY DISTRICT OF ORENBURG)

**Eliseeva M.V., Ukenov B.S.**

*Orenburg State University, Orenburg, e-mail: eliseeva_91@bk.ru*

**Urbanized areas are particularly unique type of natural-technical geosystems, which are concentrated within the maximum diversity of human impacts on the soil, as a rule, the atmospheric emissions of enterprises, large-scale production dumps, fuel and energy complexes, waste dumps, accident and motor vehicles. In the practice of a variety of environmental studies of urban areas, many problems "urban soil" remain poorly understood, including the issues of the impact of environmental pollutants on soil functions.The soil is the most important component in the emerging conditions of geosystems urbanization; she feels most strongly influenced urban pressure, absorbs pollutants and transforms them.The high level of anthropogenic impact in urban ecosystems calls for the development and implementation of modern, objective for pollution control methods environment, assess the current state of the ecosystem and forecasting the development of the situation in the future. It is necessary to pay special attention to areas of maximum anthropogenic impact, such as roadside zone.**

Keywords: city Orenburg, urban soil, biological testing, environmental assessment.

В настоящее время актуальное значение для проведения фундаментальных научных исследований и для выполнения практических производственных мероприятий мониторинга приобретают биомониторинг, биодиагностика и биоиндикация почв. В связи с этим растет интерес к биотест-системам, которые способны интегрально и оперативно дать токсикологическую характеристику природных и техногенных сред [1,6].

В опытах в качестве модельных биотестеров были использованы бактериальные культуры Escherichiacoli, Bacillussubtilis и Staphylococcusaureus, а также семена культур Avénasatíva L., Lepidiumsativum L. и Raphanussativus, которые отличаются высокой всхожестью и скоростью роста, дают стабильные и воспроизводимые результаты.

Фитотоксичность почв определяется по изменению показателей прорастания семян (всхожесть, энергия прорастания) и интенсивности начального роста проростков (длина корней). Уровень фитотоксичности оценивается по ингибированию определяемых показателей по сравнению с таковыми у растений, выращиваемых на контроле. В качестве контрольного образца берется дистиллированная вода, а также общепринятые методы по определению загрязняющих веществ в почве, таких как гидрокарбонат-ионы, хлорид-ионы, сульфат-ионы, ионов кальция, магния, цинка, аммония и гидросульфид-ионы [4,5].

Для оценки экологического состояния почв определялись приоритетные загрязняющие вещества и суммарный показатель химического загрязнения ($Z_c$). Оценка степени опасности загрязнения почв примесями по показателю $Z_c$, проведена по оценочной шкале [2,3].

Из анализа полученных данных видно (таблица 1, 2), что на всех исследуемых территориях значительную долю в загрязнение вносят хлорид-ионы. Их содержание колеблется в диапазоне от 1179,1 мг/кг до 5654,65 мг/кг. Максимальное превышение фонового значения в 199,3 раза было зафиксировано в точке 12 по ул. Салмышской. Минимальное превышение фона (в 41,6 раза) выявлено на второй точке на ул. Братской. Высокий уровень содержания хлоридов свидетельствует о присутствии засоления хлоридного типа.

Еще одним показателем, характеризующим качество территории, является гидрокарбонат-ион, который в избытке способен обуславливать временную жесткость воды. Максимальная его концентрация была обнаружена в точке 15 на ул. Космическая и составила 1633,95 мг/кг, а минимальное содержание зафиксировано в точке 2, здесь превышения фона не наблюдается.

В значительных пределах варьирует и содержание ионов $Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$. Следствием высокой роли кальция в формировании общей жесткости воды является постоянный его контроль и в почве. Его содержание находится в диапазоне от 150,0 до 1514,3 мг/кг.

Максимальное превышение по фону ионов магния в среднем в 13,8 раза отмечено на ул. Салмышской.

Неудовлетворительная ситуация по гидросульфид-иону складывается в объектах № 12 и 14.

По сульфат-иону и иону аммония превышения фона не обнаружено.

Степень опасности загрязнения почвы цинком можно оценивать по кратности превышения ПДК (с учетом класса опасности). Цинк – элемент первого класса опасности. Как показывают полученные данные, содержание цинка в почвах объектов исследования меняется от 0,071 до 0,094 мг/кг, что по нижнему пределу в 9,4 раза выше фонового уровня.

Тем не менее полученные значения не выходят за пределы установленного ОДК (согласно ГН 2.1.7.020-94 ОДК цинка составляет 110,0 мг/кг при pH < 5,5), что указывает на удовлетворительно складывающуюся ситуацию. «Удовлетворительная» категория определяет полную и неограниченную пригодность использования среды обитания, ее экологическую безопасность использования и безвредность для здоровья населения.

Таким образом, можно сделать вывод, что самая неблагоприятная ситуация складывается в объекте, расположенном по ул. Салмышская, а наиболее благоприятная – в объекте № 2 по ул. Братская.

Таблица 1

Концентрация загрязняющих веществ в почве

| Улица | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $HS^-$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Zn^{2+}$ | $NH_4^+$ | $SO_4^{2-}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| пр. Дзержинского | 980,35 | 2117,2 | 35,25 | 385,7 | 42,9 | 0,078 | 9,9 | 11,05 |
| ул. Братская | 326,8 | 1179,1 | 25,8 | 378,55 | 72,85 | 0,085 | 10,86 | 9,26 |
| ул. Джангильдина | 980,35 | 1432,65 | 34,95 | 221,45 | 107,15 | 0,077 | 12,82 | 8,45 |
| ул. Родимцева | 980,35 | 1343,9 | 32,8 | 407,15 | 72,85 | 0,094 | 16,93 | 7,81 |
| ул. Всесоюзная | 544,65 | 2015,9 | 30,35 | 343 | 111,4 | 0,081 | 12,79 | 6,99 |
| пр. Победы | 653,55 | 2231,45 | 27 | 271,4 | 64,3 | 0,076 | 12,56 | 6,91 |
| ул. Брестская | 544,65 | 1356,6 | 32,8 | 221,4 | 128,55 | 0,079 | 13,25 | 5,89 |
| ул. Липовая | 1416,05 | 3309,1 | 36,15 | 392,85 | 145,75 | 0,081 | 13,34 | 5,75 |
| ул. Юных Ленинцев | 1307,15 | 2117,3 | 37 | 264,25 | 81,4 | 0,091 | 11,99 | 8,15 |
| ул. Просторная | 762,5 | 2434,25 | 36,15 | 150 | 60 | 0,082 | 18,88 | 4,24 |
| ул. Волгоградская | 980,35 | 1901,8 | 31,55 | 342,85 | 77,1 | 0,079 | 13,44 | 7,28 |
| ул. Салмышская | 1198,2 | 5654,65 | 40,6 | 1514,3 | 385,7 | 0,091 | 19,94 | 8,27 |
| ул. Дружбы | 762,5 | 2041,25 | 29,15 | 314,45 | 107,15 | 0,086 | 19,18 | 10,06 |
| ул. Конституции | 980,35 | 2472,3 | 40,6 | 442,85 | 124,25 | 0,081 | 9,43 | 10,17 |
| ул. Космическая | 1633,95 | 2168,05 | 30,35 | 207,15 | 72,85 | 0,071 | 11,41 | 11,49 |
| Фон | 378,32 | 28,37 | 4,4 | 100,2 | 27,97 | 0,01 | 76,2 | 19,33 |

Таблица 2

Значение коэффициента концентрации загрязняющих веществ

| Улица | **$HCO_3^-$** | **$Cl^-$** | **$HS^-$** | **$Ca^{2+}$** | **$Mg^{2+}$** | **$Zn^{2+}$** | **$NH_4^+$** | **$SO_4^{2-}$** | **ПХЗ** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| пр. Дзержинского | 2,59 | 74,63 | 8,01 | 3,85 | 1,53 | 7,8 | 0,13 | 0,57 | 92,1 |
| ул. Братская | 0,86 | 41,56 | 5,86 | 3,78 | 2,60 | 8,5 | 0,14 | 0,48 | 56,8 |
| ул. Джангильдина | 2,59 | 50,50 | 7,94 | 2,21 | 3,83 | 7,7 | 0,17 | 0,44 | 68,4 |
| ул. Родимцева | 2,59 | 47,37 | 7,45 | 4,06 | 2,60 | 9,4 | 0,22 | 0,40 | 67,1 |
| ул. Всесоюзная | 1,44 | 47,37 | 6,90 | 3,42 | 3,98 | 8,1 | 0,17 | 0,36 | 64,7 |
| пр. Победы | 1,73 | 71,06 | 6,14 | 2,71 | 2,30 | 7,6 | 0,16 | 0,36 | 85,1 |
| ул. Брестская | 1,44 | 47,82 | 7,45 | 2,21 | 4,60 | 7,9 | 0,17 | 0,30 | 64,9 |
| ул. Липовая | 3,74 | 116,6 | 8,22 | 3,92 | 5,21 | 8,1 | 0,18 | 0,30 | 139,3 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ул. Юных Ленинцев | 3,46 | 74,63 | 8,41 | 2,64 | 2,91 | 9,1 | 0,16 | 0,42 | 94,7 |
| ул. Просторная | 2,02 | 85,80 | 8,22 | 1,50 | 2,15 | 8,2 | 0,25 | 0,22 | 101,3 |
| ул. Волгоградская | 2,59 | 67,04 | 7,17 | 3,42 | 2,76 | 7,9 | 0,18 | 0,38 | 84,4 |
| ул. Салмышская | 3,17 | 199,3 | 9,23 | 15,1 | 13,79 | 9,1 | 0,26 | 0,43 | 243,4 |
| ул. Дружбы | 2,02 | 71,95 | 6,63 | 3,14 | 3,83 | 8,6 | 0,25 | 0,52 | 89,9 |
| ул. Конституции | 2,59 | 87,14 | 9,23 | 4,42 | 4,44 | 8,1 | 0,12 | 0,53 | 109,6 |
| ул. Космическая | 4,32 | 76,42 | 6,90 | 2,07 | 2,60 | 7,1 | 0,15 | 0,59 | 93,2 |

При биотестировании почв с повышенным содержанием загрязняющих веществ было зафиксировано ингибированное и стимулированное развитие тест-откликов у редиса и шпината, менее чувствительной культурой оказался овёс.

Для определения токсичности почв служили высшие растения, поскольку продуктивность является важнейшим критерием качества почвы.

Определение фитотоксичности почвы представлены на рисунках 1, 2 и 3. Контролируемым показателем являются данные измерений длины корней проростков как наиболее информативный показатель при определении степени токсичности почвы.

*Рис. 1. Всхожесть семян овса*

1 – пр. Дзержинского, 2 – ул. Братская, 3 – ул. Джангильдина, 4 – ул. Родимцева, 5 – ул. Всесоюзная, 6 – пр. Победы, 7 – ул. Брестская, 8 – ул. Липовая, 9 – ул. Юных Ленинцев, 10 – ул. Просторная, 11 – ул. Волгоградская, 12 – ул. Салмышская, 13 – ул. Дружбы, 14 – ул. Конституции, 15 – ул. Космическая.

Анализ всхожести семян *AvénasatívaL.* указывает на присутствующее незначительное, слабое загрязнение в точках с 4 по 10, в 12, 14 и 15. Принято считать, что если всхожесть

семян составляет 60–90 %, то почва слабо загрязнена. Кроме того, токсичными считают почвы, вызывающие угнетение прорастания более чем в 1,1 раза по сравнению с контрольным образцам.

Водная вытяжка почвы стимулировала развитие корневой системы овса. Максимальное ингибированное развитие под воздействием водных вытяжек, было зафиксировано для точки 12 и 15 и составило соответственно 42,31 % и 24,73 %. Минимальное ингибирующее действие на развитие корневой системы оказали водные вытяжки почв точек 4,7,8,10 и 11. Эффект торможения, рассчитываемый по длине корней, отмечен на участках по ул. Салмышской и Космической.

*Рис. 2. Всхожесть семян редиса*

1 – пр. Дзержинского, 2 – ул. Братская, 3 – ул. Джангильдина, 4 – ул. Родимцева, 5 – ул. Всесоюзная, 6 – пр. Победы, 7 – ул. Брестская, 8 – ул. Липовая, 9 – ул. Юных Ленинцев, 10 – ул. Просторная, 11 – ул. Волгоградская, 12 – ул. Салмышская, 13 – ул. Дружбы, 14 – ул. Конституции, 15 – ул. Космическая.

Незначительное подавление всхожести семян *Raphanus sativus* отмечено в точках 7 и 10, расположенных по улице Брестская и Просторная соответственно.

Водные вытяжки почв точек исследования 8 и 15 оказывают воздействие на развитие биомассы подземной части проростков редиса. Эффект торможения выявлен на ул. Липовая и Космическая.

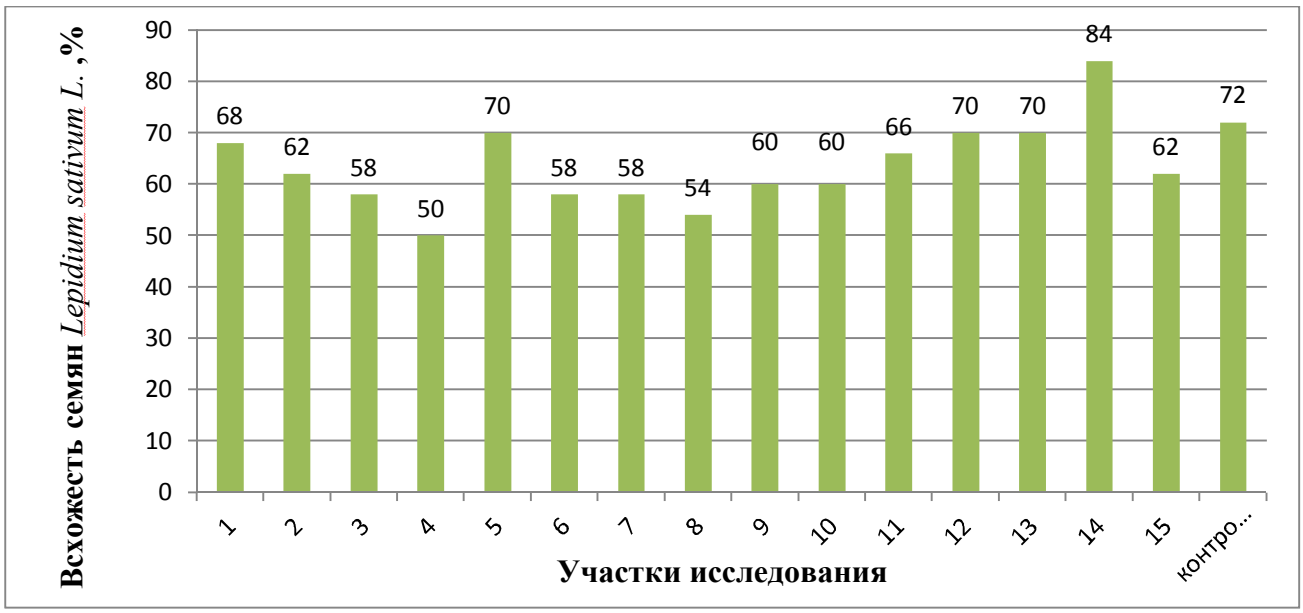


*Рис. 3. Всхожесть семенах шпината*

1 – пр. Дзержинского, 2 – ул. Братская, 3 – ул. Джангильдина, 4 – ул. Родимцева, 5 – ул. Всесоюзная, 6 – пр. Победы, 7 – ул. Брестская, 8 – ул. Липовая, 9 – ул. Юных Ленинцев, 10 – ул. Просторная, 11 – ул. Волгоградская, 12 – ул. Салмышская, 13 – ул. Дружбы, 14 – ул. Конституции, 15 – ул. Космическая.

Наиболее чувствительными, значимыми оказались данные по всхожести семян *Spinácia oleráceaL.* Угнетение прорастания семян по сравнению с контролем в 1,16–1,44 раза наблюдается на следующих объектах: ул. Братсткая, Джангильдина, Родимцева, Победы, Брестская, Липовая, юных Ленинцев, Просторная и Космическая. Здесь же отмечен и эффект торможения корней проростков.

Водные вытяжки почв точек исследования 2,3,4,7,8 и 9 оказывают воздействие на развитие биомассы подземной части проростков шпината. Эффект торможения достигает максимального значения на 4 участке исследования и составляет 76,14 %.

В исследуемых образцах с помощью метода диффузии в агар оценивается подавляющее действие почвенных вытяжек на рост и развитие тестовых грамотрицательных бактериальных культур Escherichiacoli, и грамположительных Bacillussubtilis и Staphylococcusaureus. Антагонистическую активность оценивали по наличию зон подавления роста микроорганизмов в месте нанесения тестируемой пробы.

В результате проведенного исследования было установлено, что изучаемые вытяжки не оказали подавляющего действия на тест-микроорганизмы (рисунок 4), что можно интерпретировать как отсутствие токсических свойств в отношении бактерий у исследуемых почвенных вытяжек.

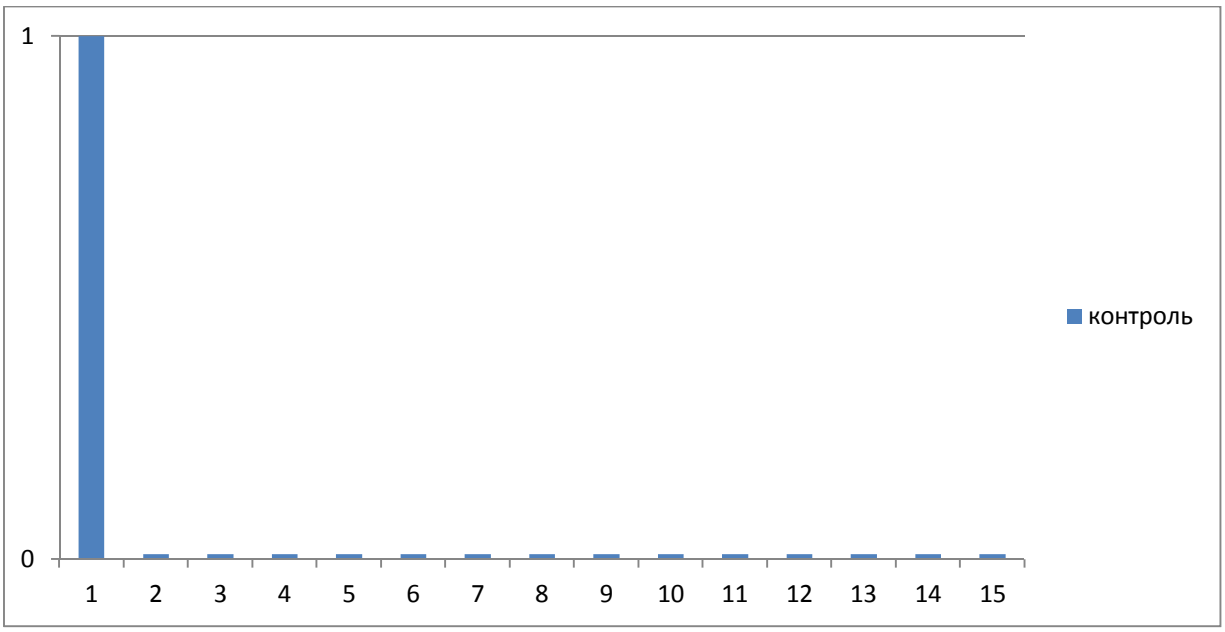


*Рис. 4. Антагонистическая активность почвенных вытяжек в отношении тест-микроорганизмов*

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами является важнейшей экологической проблемой современности, возрастающей с каждым годом. Тяжелые металлы, которые поступают в атмосферу, оказывают негативное воздействие на почвы и растения, что в свою очередь представляет угрозу для здоровья человека. Содержание тяжелых металлов в водных вытяжках почв техногенных зон не превышает ПДК, тем не менее, они подавляли и стимулировали развитие индикаторных признаков. Установлено, что редис (Raphanussativus), шпинат (Spináciaolerácea) и овёс (Avénasatíva) могут быть использованы для биотестирования почв техногенных зон городских территорий, промышленных зон. Шпинат более чувствителен к повышенному содержанию тяжелых металлов в почве.

В ходе проведённой работы отобраны методики, которые позволят вести комплексный мониторинг состояния окружающей среды данного населённого пункта.

Проанализировав полученные данные, можно придти к выводу, что на природную среду Дзержинского и других районов идет воздействие антропогенного характера, вследствие этого происходит ухудшение состояния геосистемы. Это сказывается на процессах жизнедеятельности растений и на состоянии почвенного покрова, который является одним из важных условий роста и развития растений, поэтому он нуждается в особом бережном отношении.

## Список литературы

1. Багдасарян А. С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред / А. С. Багдасарян // Экология и промышленность России. – 2007. – № 1. – С. 64.
2. БакинаЛ. Г. К методике фитотестирования техногенно загрязненных почв и грунтов / Л.Г. Бакина, Т.В. Бардина, Н. В. Маячкина и др. // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: мат. Межд. конф. Апатиты, 31 августа – 3 сентября 2004 г. – Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН. – 2004. – Ч. 1. – С. 167-169.
3. Девятова Т. А. Биодиагностика техногенного загрязнения почв / Т. А. Девятова // Экология и промышленность России. – 2006. – № 1. – С. 36-37.
4. Елисеева М.В., Укенов Б.С. Фитотоксичность почв ботанического сада Оренбургского государственного университета /М.В. Елисеева, Б.С. Укенов // В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры Материалы Всероссийской научно-методической конференции. – 2016. – С. 1316-1320.
5. Селивановская С.Ю. Оценка токсичности почв с использованием контактного метода биотестирования /С.Ю. Селивановская, П.Ю. Галицкая // Токсикологический вестник. – 2006. – № 4. – С. 12-15.
6. Селивановская С. Ю. Создание тест-системы для оценки токсичности многокомпонентных образований, размещаемых в природной среде / С. Ю. Селивановская, В. З. Латыпова // Экология. – 2004. – № 1. – С. 21-24.