

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОЧВ НА ЕСТЕСТВЕННЫХ И УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА БИОТЕСТИРОВАНИЯ

К. В. Левченко¹⁾, Е. М. Шпадарук¹⁾, Р. М. Смолякова²⁾

¹⁾ Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь, katshp@tut.by

²⁾ Государственное учреждение здравоохранения «Минский областной клинический госпиталь инвалидов Великой Отечественной войны имени П. М. Машерова», ул. Троицкая, 35В, 223040, аг. Лесной, Минский район, Минская область, smol60@mail.ru

В ходе исследования была произведена оценка состояния окружающей среды территорий города Гомель с различной антропогенной нагрузкой, которые представлены 9 изучаемыми точками, на основании показателей биотестирования с помощью редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), включающих морфометрические данные: процент всхожести семян, длина корня и стебля, масса побегов на 4-е и 7-е сутки соответственно. Согласно полученным данным биотестирования с помощью двух тест-растений наиболее загрязненной территорией являются почвы вблизи завода Гомсельмаш; наиболее чистой зоной оказались окрестности «березовой рощи».

Ключевые слова: биотестирование; водные вытяжки почв; естественные и урбанизированные территории; кресс-салат; редис посевной; количество проросших семян; морфометрические показатели; антропогенная нагрузка.

ASSESSMENT OF SOIL QUALITY IN NATURAL AND URBANIZED AREAS IN CITY OF GOMEL USING BIOTESTING METHOD

K. V. Levchenko¹⁾, E. M. Shpadaruk¹⁾, R. M. Smolyakova²⁾

¹⁾ International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, Dolgobrodskaya str., 23/1, 220070, Minsk, Belarus, katshp@tut.by

²⁾ State Healthcare Institution «Republican Clinical Hospital of the Disabled of the Great Patriotic War named after P. M. Masherov», Troitskaya st., 35V, 223040, ag. Lesnoy, Minsk district, Minsk region, smol60@mail.ru

In the course of the study, the environmental state of the Gomel city territories with different anthropogenic loads, represented by 9 study sites, was assessed on the basis of biotesting indicators using seed radish (*Raphanus sativus* L.) and cress (*Lepidium sativum* L.), including morphometric data: seed germination percentage, root and stem length, shoot weight on the 4th and 7th day, respectively. According to the obtained data of biotesting using two test plants, the most polluted area is the soil near Gomselmash plant, while the cleanest area was the neighborhood of “birch grove”.

Keywords: biotesting; water extracts of soils; natural and urbanized territories; cress; radish; number of germinated seeds; morphometric indicators; anthropogenic load.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-2-148-152>

Проблема воздействия абиотических факторов на окружающую среду является актуальной для большинства регионов мира.

Многообразные загрязняющие вещества, попадая в почву, могут претерпевать в ней различные изменения, усиливая при этом токсическое действие [4].

Это привело к необходимости принятия комплексных методов контроля качества почвы, позволяющих оценить ее свойства и возможную опасность, вызванную различными источниками загрязнения. Для интегральной оценки степени токсичности окружающей природной среды используются методы биоиндикации и биотестирования. Биотестирование позволяет оценить потенциальную опасность образцов почв, имеющих различную антропогенную нагрузку, непосредственно для живого организма [1].

Одним из эффективных методов оценки загрязнения является анализ водных вытяжек почвы. Этот метод позволяет выявлять наличие и концентрацию различных загрязняющих веществ, что способствует пониманию степени воздействия антропогенной деятельности на окружающую среду [3].

Целью исследования являлась оценка состояния окружающей среды на территории города Гомель методами биотестирования водных вытяжек почвы с помощью редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.).

Место отбора проб подбиралось с учетом основных показателей химического состава почв, а также в соответствии с задачами исследования.

Исследуемыми точками территории города Гомель являются:

- территории с высокой антропогенной нагрузкой: точка-1 (территории вблизи Гомельского Химического завода), а также точка-2 (окрестности завода Гомсельш), точка-3 (территории вблизи автомагистрали Гомель-Речица);
- спальные районы с усредненной антропогенной нагрузкой: точка-4 (микрорайон Волотова), точка-5 (микрорайон Мельников Луг, ул. Мазурова) и точка-6 (микрорайон Мельников Луг, ул. Головацкого);
- условно чистые территории Гомеля: точка-7 (лес «березовая роща»), точка-8 (центральный парк Румянцевых и Паскевичей), точка-9 (территории, прилегающие к озеру Волотовское).

Оценку состояния исследуемых образцов почвы определяли с использованием метода биотестирования водных вытяжек почв, а именно по проценту всхожести семян и морфометрическим показателям редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), включавших длину стеблей и корней исследуемых тест-объектов на 4-е и 7-е сутки, также массу проросших семян.

Для оценки почв с различной антропогенной нагрузкой использовалась классификация загрязнений по морфометрическим показателям исследуемого растения-индикатора [3].

При анализе данных биотестирования с помощью редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) была проведена оценка загрязненности окружающей среды города Гомель по морфометрическим показателям исследуемого тест-объекта. При изучении процента всхожести семян нами было установлено, наиболее низкие показатели выявлены в точке-2: на 4-е сутки данный показатель составил 28 %, на 7-е сутки – 42,6 %; в точке-3 – на 4-е сутки составил 32 %, на 7-е сутки – 39,3 %. Наиболее высокий процент всхожести семян был установлен в точке-7: на 4-е сутки составил 84,6 %, на 7-е сутки – 92 % семян. В точке-1 на 4-е сутки всхожесть семян составила 62,6 %, на 7-е сутки – 68,6 %; точке-4 на 4-е сутки – 69,3 %, на 7-е сутки – 74,6 %; точке-5 – 73,3 % на 4-е сутки, на 4-е сутки – 78 %; в точке-6 на 4-е сутки – 70 %, на 7-е – 78% семян; в точке-8 на 4-е сутки – 83,3 % и на 7-е сутки – 91,3 %; в точке-9 на 4-е – 85,3 % и на 7-е сутки отмечалась всхожесть семян в 90,6 %.

При оценке данных длины корней редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) на 4-е и 7-е сутки были установлены следующие результаты: в точке-1 длина составила $65,80 \pm 0,42$ мм на 4-е сутки и $84,06 \pm 0,09$ мм на 7-е сутки; в точке-2 – $36,86 \pm 0,15$ мм на 4-е сутки, $65,03 \pm 0,25$ мм на 7-е сутки; в точке-3 – $35,03 \pm 0,15$ мм и $67,43 \pm 0,49$ мм соответственно;

в точке-4 на 4-ые сутки – $71,70 \pm 0,42$ мм и на 7-е сутки – $120,90 \pm 0,28$ мм; в точке-5 на 4-е сутки – $71 \pm 1,41$ мм, на 7-ые сутки – $122 \pm 2,82$ мм; в точке-6 на 4-е сутки – $72,95 \pm 1,20$ мм и на 7-ые – $123,10 \pm 1,27$ мм; в точке-7 на 4-ые сутки – $91,27 \pm 0,30$ мм, на 7-е сутки – $138,76 \pm 0,25$ мм; в точке-8 на 4-е сутки – $90,55 \pm 0,63$ мм и на 7-е сутки – $137,05 \pm 1,2$ мм; в точке-9 на 4-ые сутки – $90,56 \pm 0,20$ мм, на 7-е сутки – $136,30 \pm 0,36$; при контроле (водопроводная вода) равным $95,50 \pm 2,47$ мм на 4-е сутки и $148,30 \pm 3,74$ мм на 7-е сутки (таблица 1). Таким образом, наиболее загрязненными точками являются: точка-2 и точка-3, наиболее чистой точкой является – точка-7.

В ходе оценки состояния длины стеблей исследуемого тест-объекта (*Raphanus sativus* L.) было выявлено, что наиболее техногенно-загрязненными являются точки 2 и 3 согласно таблице 1. Длина стеблей в точке-2 на 4-е сутки составила $55,66 \pm 0,20$ мм, на 7-е сутки $66,53 \pm 0,20$ мм; в точке-3 – на 4-е сутки – $58,53 \pm 0,55$ мм и на 7-е сутки – $72,46 \pm 0,25$ мм. Наиболее благоприятная обстановка для роста длины стеблей наблюдалась в точке-7: длина стеблей на 4-е сутки составила $104,96 \pm 0,25$ мм, на 7-е сутки $111,46 \pm 0,47$ мм.

Исходя из данных таблицы 1, наибольший прирост массы побегов установлен в точке-7: на 4-е сутки масса составила $0,91 \pm 0,03$ г и на 7-ые сутки – $1,65 \pm 0,11$ г. Наиболее низкая масса побегов детектирована в точках 2 и 3, характеризовавшиеся следующими значениями: на точке-2 на 4-ые сутки масса побегов составила $0,33 \pm 0,02$ г и 7-е сутки – $0,75 \pm 0,06$ г; на точке-3 – $0,37 \pm 0,5$ г и $0,78 \pm 0,01$ г соответственно.

Таблица 1

**Морфометрические показатели редиса посевного
(*Raphanus sativus* L.)**

Исследуемые точки	Длина корней мм		Длина стеблей мм		Масса побегов грамм	
	4-ые сутки	7-ые сутки	4-ые сутки	7-ые сутки	4-ые сутки	7-ые сутки
1 точка	$65,80 \pm 0,42$	$84,06 \pm 0,09$	$76,23 \pm 0,30$	$92,5 \pm 0,20$	$0,57 \pm 0,02$	$0,85 \pm 0,04$
2 точка	$36,86 \pm 0,15$	$65,03 \pm 0,25$	$55,66 \pm 0,20$	$66,53 \pm 0,20$	$0,33 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,06$
3 точка	$35,03 \pm 0,15$	$67,43 \pm 0,49$	$58,53 \pm 0,55$	$72,46 \pm 0,25$	$0,37 \pm 0,5$	$0,78 \pm 0,01$
4 точка	$71,70 \pm 0,42$	$120,90 \pm 0,28$	$85,06 \pm 0,11$	$93,26 \pm 0,20$	$0,66 \pm 0,02$	$1,06 \pm 0,04$
5 точка	$71 \pm 1,41$	$122 \pm 2,82$	$84,16 \pm 0,30$	$90,33 \pm 0,05$	$0,66 \pm 0,03$	$1,08 \pm 0,02$
6 точка	$72,95 \pm 1,20$	$123,10 \pm 1,27$	$86,30 \pm 0,26$	$93,63 \pm 0,37$	$0,69 \pm 0,34$	$1,13 \pm 0,07$
7 точка	$91,27 \pm 0,30$	$138,76 \pm 0,25$	$104,96 \pm 0,25$	$111,46 \pm 0,47$	$0,91 \pm 0,03$	$1,65 \pm 0,11$
8 точка	$90,55 \pm 0,63$	$137,05 \pm 1,2$	$95,53 \pm 0,37$	$109,2 \pm 0,43$	$0,81 \pm 0,01$	$1,43 \pm 0,28$
9 точка	$90,56 \pm 0,20$	$136,30 \pm 0,36$	$93,40 \pm 0,36$	$107,13 \pm 0,40$	$0,85 \pm 0,04$	$1,65 \pm 0,05$
контроль	$95,50 \pm 2,47$	$148,30 \pm 3,74$	$118,3 \pm 0,30$	$132,7 \pm 0,20$	$0,98 \pm 0,14$	$1,88 \pm 0,16$

Таким образом, при анализе данных биотестирования с помощью редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) нами было установлено, что наибольшей загрязненностью обладали окрестности завода Гомсельмаш и территории вблизи автомагистрали Гомель-Речица, характеризовавшиеся низкими результатами всхожести семян на 4-е и 7-е сутки. По морфометрическим показателям тест-объектов, точка-2 и точка-3 обладали умеренным уровнем загрязнения, которое характеризовалось тем, что проростки мельче и тоньше в сравнении с контролем, некоторые имеют уродства. Территории леса «березовая роща», наоборот, характеризовались положительной динамикой в количестве проросших семян и в их морфометрических показателях: длина корней и стеблей, масса побегов на 4-е и 7-е сутки.

Согласно данным, полученных в ходе анализа биотестирования с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum* L.), была проведена оценка уровня загрязненности почв в городе Гомель на основе морфометрических показателей данного тест-объекта на 4-е и 7-е сутки. Изучая, процент всхожести семян тест-объекта в точке-1 было установлено, что на четвертые сутки всхожесть семян составила 62 %, на 7-е сутки – 80 %; в точке-2 на 4-е сутки – 24 %, на 7-е сутки – 48 %; в точке-3 на 4-е сутки – 18 % и на 7-е сутки – 42 %; в точке-4 на 4-е сутки – 58 %, на 7-е сутки – 76 %; в точке-5 на 4-е сутки – 62 % семян, на 7-е сутки – 74 %; в точке-6 на 4-е сутки – 64 %, на 7-е – 78 %; в точке-7 на 4-е – 74 %, а на 7-е сутки – 90 %; в точке-8 на 4-е сутки – 76 % и на 7-е сутки – 84 %; в точке-9 на 4-е – 74 % и на 7-е сутки – 88 %. Таким образом, в точках 2 и 3 антропогенные факторы оказывают негативное воздействие на всхожесть семян растения-индикатора, вызванное выбросами отходов производства и накоплением тяжелых металлов в почве.

Исходя из данных таблицы 2 о морфометрических показателях кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) было зафиксировано, что наибольшая степень загрязнения выявлена на территории вблизи завода Гомсельмаш. Эта зона характеризовалась низкими морфометрическими показателями: средние значения длины корней для исследуемой точки на 4-е сутки составили $11,27 \pm 0,09$ мм, а на 7-е сутки – $26,18 \pm 0,07$ мм; длина стеблей на 4-е сутки – $20,59 \pm 0,02$ мм и на 7-е сутки – $27,1 \pm 0,2$ мм. Более высокие параметры длины корней и стеблей отмечались в точке-7: длина корней на 4-е сутки составила $46,11 \pm 0,12$ мм и на 7-е сутки – $56,21 \pm 0,09$ мм; длина стеблей кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) на 4-е сутки составила $122,2 \pm 0,36$ мм и на 7-е сутки – $139,16 \pm 0,30$ мм. Анализируя данные массы побегов, можно сделать вывод о том, что наибольшая техногенная нагрузка установлена на точке-3: масса побегов на 4-е сутки составила $0,05 \pm 0,08$ г и на 7-е сутки – $0,16 \pm 0,05$ г; наименьшая антропогенная нагрузка выявлена в точке-7: на 4-е сутки масса побегов составила $0,19 \pm 0,03$ г, на 7-е – $0,32 \pm 0,03$ г.

Таблица 2

**Морфометрические показатели кресс салата
(*Lepidium sativum* L.)**

Исследуемые точки	Длина корней мм		Длина стеблей мм		Масса побегов грамм	
	4-ые сутки	7-ые сутки	4-ые сутки	7-ые сутки	4-ые сутки	7-ые сутки
1 точка	$37,87 \pm 1,23$	$49 \pm 1,41$	$39,7 \pm 0,84$	$51,3 \pm 0,98$	$0,31 \pm 0,21$	$0,23 \pm 0,06$
2 точка	$11,27 \pm 0,09$	$26,18 \pm 0,07$	$20,59 \pm 0,02$	$27,1 \pm 0,20$	$0,04 \pm 0,01$	$0,24 \pm 0,17$
3 точка	$14,5 \pm 0,70$	$29,65 \pm 0,49$	$28,61 \pm 0,24$	$30,65 \pm 0,77$	$0,05 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,05$
4 точка	$35,67 \pm 0,81$	$46,9 \pm 0,84$	$88,46 \pm 0,79$	$46,3 \pm 4,38$	$0,14 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,05$
5 точка	$38,87 \pm 0,17$	$45,67 \pm 0,81$	$76,9 \pm 0,84$	$84,5 \pm 0,84$	$0,16 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,04$
6 точка	$39,1 \pm 1,27$	$47,97 \pm 1,09$	$88,75 \pm 1,20$	$88,51 \pm 0,57$	$0,14 \pm 0,03$	$0,23 \pm 0,05$
7 точка	$46,11 \pm 0,12$	$56,21 \pm 0,09$	$122,2 \pm 0,36$	$139,16 \pm 0,30$	$0,19 \pm 0,03$	$0,32 \pm 0,03$
8 точка	$47,23 \pm 0,25$	$52,16 \pm 0,30$	$118,76 \pm 0,32$	$133,86 \pm 0,75$	$0,19 \pm 0,04$	$0,25 \pm 0,03$
9 точка	$47,12 \pm 1,23$	$54 \pm 1,41$	$120,36 \pm 1,93$	$146,92 \pm 1,30$	$0,18 \pm 0,08$	$0,30 \pm 0,01$
контроль	$52,1 \pm 3,18$	$57,82 \pm 1,30$	$143,25 \pm 0,63$	$161,28 \pm 3,22$	$0,20 \pm 0,02$	$0,34 \pm 0,02$

Таким образом, на основе полученных данных о всхожести семян и морфометрических показателях оба тест-объекта не имеют значительных различий в оценке состоя-

ния окружающей среды города Гомель. С учетом анализа исследуемых показателей двух тест-растений (редиса посевного (*Raphanus sativus* L.) и кресс-салата (*Lepidium sativum* L.)) можно сделать вывод о том, что наиболее техногенно-загрязненной территорией явилась – точка-3 (окрестности завода Гомсельмаш), это можно связать с высоким антропогенным воздействием и большим количеством выбросов побочных продуктов производства завода Гомсельмаша, которые накапливаются в почве. Наиболее чистой территорией, по нашим данным, оказалась точка-7 (лес «березовая роща»), что говорит об отсутствии накопления загрязняющих веществ в почве и низким уровнем антропогенного давления на окружающую среду.

Библиографические ссылки

1. Башкин В. Н., Курбатова А. С. Методологические основы оценки критических нагрузок поллютантов на городские экосистемы. М., 2004.
2. Марицун В. Н., Капорилов В. П., Головач А. М. Экология и контроль состояния окружающей среды: учеб.-метод. пособие к практическим занятиям. Минск: БГТУ, 2009.
3. Экологическая практика: пособие. / О. В. Лозинская [и др]. Минск: ИВЦ Минфина, 2023.
4. Туманов А. А. Большая российская энциклопедия 2004-2017 [Электронный ресурс] // Биологические методы анализа. URL: <https://old.bigenc.ru/chemistry/text/1867132> (дата обращения: 07.02.2025).