

УДК 504.064.3

В. Н. Макарова¹

Е. А. Василевская, Д. Н. Деньдоброва, Д. С. Зашкина²

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Владивосток. Россия

Оценка токсичности почвы Приморского края на основе различий в параметрах развития вида-индикатора

Развитие человечества и его деятельность неизбежно ведут к существенному нарушению гомеостаза в огромном числе экосистем. Обусловлено это научно-техническим прогрессом, который был и остается причиной постоянного изменения и деформации окружающей среды. Для оценки антропогенного воздействия на окружающую среду используются живые биоиндикаторы, имеющие ряд преимуществ перед химическими методами оценки состояния окружающей среды. Они могут реагировать даже на самые небольшие изменения и позволяют избежать применения дорогостоящих и трудоемких физических и химических методов для измерения параметров среды. Проведенная с использованием методов биоиндикации оценка степени загрязнения почвы в месте расположения цементного завода и активного загрязнения от автотранспорта (центральная часть города) позволяет определить токсичность почвы. Достоверность результатов подтверждается методами экологической статистики. В результате исследования с учетом географического расположения точки отбора получены данные, свидетельствующие о низкой токсичности почвы и стимулирующем воздействии техногенных факторов окружающей среды на ее состояние.

Ключевые слова и словосочетания: биоиндикация, антропогенное воздействие, загрязнение, токсичность, оценка качества среды, окружающая среда.

V. N. Makarova

E. A. Vasilevskaya, D. N. Dendobrova, D. S. Zashkina

Vladivostok State University of Economics and Service
Vladivostok. Russia

¹ Макарова Вера Николаевна – канд. техн. наук, доцент кафедры туризма и экологии; e-mail: boyikova@mail.ru

² Василевская Ева Александровна, Деньдоброва Дина Николаевна, Зашкина Дарья Сергеевна – бакалавры; e-mail: boyikova@mail.ru

Assessment of soil toxicity of the Primorsky region based on differences in the parameters of the development of the indicator species in the soils

Anthropogenic activities related to the realization of economic, recreational, and cultural interests that make physical, chemical, and biological changes to the natural environment are called environmental impacts. They can respond to even the smallest changes and avoid the use of expensive and time-consuming physical and chemical methods to measure biological parameters. The assessment of the degree of soil contamination in the places at the location of the plant's cement production and active pollution from motor transport (the central part of the city), carried out with the help of bioindication, allows us to determine the toxicity of the soil. The reliability of the results is confirmed by the methods of environmental statistics or biometrics. In this study, data were obtained that, taking into account the geographical location of the selection point, the results showed both low toxicity of the soil and the stimulating effect of man-made environmental factors on its condition.

Keywords: bioindication, anthropogenic impact, pollution, toxicity, environmental quality assessment, environment.

Введение

Биоиндикация – это оценка состояния среды с помощью живых организмов, основанная на наблюдении за составом и численностью, а также биологическими параметрами видов-индикаторов. Главным направлением развития биоиндикации является разработка определенных критериев, которые отражают уровень техногенных воздействий на специально подобранные тест-организмы. С помощью выбранных критериев можно получить оценку уровня загрязнения среды на начальных этапах поступления токсикантов в наиболее чувствительные компоненты среды. Биоиндикация, аналогично мониторингу, проводится на различных уровнях организации биосферы. Благодаря тесной связи жизненных функций организмов со средой мы можем сопоставить развитие определенных признаков у живых организмов с качеством окружающей среды.

Территории не всегда бывают доступны к проведению исследований с использованием сложных высокотехнологичных методов и специализированного оборудования, поэтому намного проще и эффективнее применять биоиндикацию, которая будет предоставлять данные для экологического мониторинга на любой местности [1].

Целью данной работы является оценка уровня токсичности почвы, образцы которой собраны с различных территорий Приморского края, находящихся под антропогенным воздействием.

Объект работы – отдельные участки территории Приморского края, которые находятся под различными видами антропогенного воздействия.

Предмет исследования – воздействие антропогенных факторов на уровень токсичности почв на отдельных территориях Приморского края.

Научная новизна исследования обеспечена анализом уровня токсичности почвы, который позволяет проводить экологический мониторинг без применения сложных и дорогостоящих химических методов с учетом воздействия разнородных факторов антропогенной деятельности.

Методы исследования, применяемые в работе, стандартные, помогают установить наличие уровня воздействия токсикантов посредством биоиндикации.

Биоиндикатор представляет собой группу особей одного вида или их сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых можно судить об изменениях в окружающей среде, в том числе о присутствии и концентрации загрязнителей. Функции индикатора выполняет тот вид, который обладает низкой экологической толерантностью к постоянному или кратковременному воздействию определенного фактора или группы факторов на организм. В основном индикаторами выступают растения, определенные организмы, которые не могут активно перемещаться, мигрировать на территориях с однородным ландшафтом и климатом [2].

Биоиндикаторы обладают рядом преимуществ перед стандартными лабораторными:

1. Живые организмы отражают все важные данные об окружающей среде, и что важно, воспринимают ее воздействие на организм в целом.
2. Находясь в среде или ее части под влиянием постоянной антропогенной нагрузки, биоиндикаторы могут реагировать на крайне слабые воздействия.
3. Отпадает необходимость постоянной и длительной регистрации параметров среды, ускоряется получение данных о среде.
4. Отсутствует необходимость использовать специальные приборы, ограничиваться временем оценки. Биоиндикаторы реагируют на все изменения среды, в том числе и мгновенные, которые можно не регистрировать при помощи автоматической системы контроля, которая проводит периодический отбор проб на анализы.
5. Позволяют судить о степени вредности синтетических для природы и человека веществ, контролируют воздействие подобных веществ.
6. Способны отражать воздействие загрязнителей и устанавливать допустимую нагрузку на экосистемы в различных географических зонах.

Оценку степени загрязнения почвы, основанную на определении уровня ее токсичности, проводят с применением методов биотестирования. Все организмы способны защищаться, противостоять негативным воздействиям окружающей среды. Реакция организма зависит от условий среды, уровня воздействия факторов, специфических особенностей среды. Жизненно важные функции организма или сообщества организмов тесно связаны с воздействием определенных факторов среды, они могут быть использованы для оценки состояния экосистем, служить биоиндикаторами [3]. Все эти преимущества обуславливают важность и актуальность применения биотестирования в настоящее время [4].

На основании описанных преимуществ был выбран метод биотестирования для оценки уровня токсичности почв на различных участках территории Приморского края, когда по уровню отклика используемого тест-объекта можно определить токсичность почвы.

С помощью «Ростового теста» осуществлялось биотестирование. Опыты проводили в чашках Петри [5]. По Р.Р. Кабирову бралась повторяемость теста [6], а также учитывались температурные условия его проведения [7–8].

Классификация, разработанная Р.Р. Кабировым (1997), использовалась для оценки влияния фактора на биоиндикатор (табл. 1) [6].

Чтобы рассчитать уровень влияния фактора на биоиндикатор, применяем формулу [7]:

$$IT\Phi = T\Phi_o / T\Phi_k, \quad (1)$$

где $T\Phi_o$ – значения тест-функции в опыте;

$T\Phi_k$ – значения тест-функции в контроле;

$IT\Phi$ – индекс токсичности факторов.

Таблица 1

Классификация уровня влияния фактора на биоиндикатор

Класс токсичности	Значение $IT\Phi$	Пояснения
VI (стимуляция)	>1.10	Фактор оказывает стимулирующее действие на биоиндикатор. Величина тест-функции превышает контрольное значение
V (норма)	0.91–1.09	Не оказывает существенного влияния на развитие биоиндикатора. Величина тест-функции находится на уровне контроля
IV (низкая токсичность)	0.71–0.90	Различная степень снижения тест-функции в опыте в сравнении с контролем
III (средняя токсичность)	0.51–0.70	
II (высокая токсичность)	0.31–0.50	
I (чрезвычайно высокая токсичность)	<0.30	Гибель биоиндикаторов

Математическая обработка результатов, полученных при исследовании выбранных биологических параметров (длина проростков и корешков) тест-культуры

Для обработки полученных результатов и определения достоверности полученных данных используется биометрия. Она применяется при исследовании выбранных биологических параметров тест-культуры [8].

Средняя арифметическая как обобщенная характеристика совокупности является одним из важных параметров, рассчитывается по формуле:

$$\bar{x}_i = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (2)$$

где x_i – значение i -го показателя;

n – количество показателей i -й величины.

Дисперсия – более точный показатель, характеризующий вариацию, выражается суммой квадратов отклонений совокупности от среднего. Дисперсия рассчитывается по формуле:

$$S = \sum (x_i - \bar{x})^2. \quad (3)$$

Как $\sum x_i$ накапливается при оценке среднего арифметического значения, так дисперсия накапливается по мере увеличения численности совокупности. В двух совокупностях разного объема при одинаковой вариации значение дисперсии будет выше в той совокупности, в которой численность больше. Исходя из этого, дисперсию необходимо разделить на число вариаций в совокупности.

Усредненное значение дисперсии носит название дисперсии и рассчитывается по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{S}{n} \quad (4)$$

где σ носит название среднего квадратического отклонения. Данный показатель характеризует изменчивость анализируемой выборочной совокупности [9].

В анализ включены равномерные признаки (живая масса, длина), и при этом надо знать, по какому признаку изменчивость выше. Изменчивость признака выражается через коэффициент вариации, % (CV) и вычисляется по формуле:

$$CV = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{x}}. \quad (5)$$

Для проверки гипотезы о равенстве генеральных дисперсий генеральных совокупностей существует F-критерий Фишера, который рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \quad (6)$$

при условии, что $s_1^2 \geq s_2^2$.

Принято брать отношение большей дисперсии к меньшей, следовательно, в этом случае критерий $F \geq 1$.

Величина F имеет непрерывную функцию распределения, зависит только от чисел степеней свободы, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$k_1 = n_1 - 1, \quad (7)$$

$$k_2 = n_2 - 1, \quad (8)$$

где k_1, k_2 – числа степеней свободы.

F – критерий, полностью определяемый выборочными дисперсиями.

Применение метода на практике, результаты исследования, сравнительная характеристика рассматриваемых объектов

Исследование проводилось посредством наблюдения за растениями в фазе проростков. Тест-культурой выступил овёс посевной. В качестве биологических

параметров измеряли длину проростков и корешков. Пробы почвы, отобранные для биотестирования, выбирались на основе повышения уровня загрязнения в разных частях города Владивостока и Приморского края. Методом конверта были отобраны пробы в местах активного загрязнения от автотранспорта (центральная часть города, территория ВГУЭС (образец №1), территория вблизи Спасского цементного завода, на границах СЗЗ завода с учетом розы ветров (образцы №2, 3, 4). В качестве контрольного образца для исследования была выбрана проба почвы с территории Ботанического сада ДВО РАН, находящегося в пределах города Владивостока (образец №5).

Полученные значения тест-функций представлены в табл. 2, на их основании рассчитан индекс токсичности оцениваемого фактора (табл. 3).

Таблица 2

Значения тест-функций по почвам с различных точек отбора

Параметры индикаторов	1	2	3	4	5 (контроль)
Длина корешка	9,94±0,19	13,61±0,31	6,45±0,45	5,86±0,22	10,82±0,30
Высота проростка	10,503±0,33	11,075±0,43	4,65±0,45	3,78±0,43	14,32±0,32
Среднее значение	10,22	12,34	5,55	4,82	12,57

Таблица 3

Индекс токсичности оцениваемого фактора для почв с различных точек отбора

Индекс токсичности	1	2	3	4	5 (контроль)
		0,94	1,1	0,49	0,007

На основании данных таблицы можно распределить образцы почв по классам токсичности:

- 1 точка – V (норма)
- 2 точка – VI (стимуляция)
- 3 точка – II (высокая токсичность)
- 4 точка – I (чрезвычайно высокая токсичность)
- 5 точка – IV (стимуляция)

Выводы

В результате математической обработки данных, собранных при исследовании биологических параметров тест-культуры овса, был сделан вывод о достоверности полученной информации и токсичности проб почв, образцы которых были отобраны в разных районах Приморского края.

Распределение почв по степени токсичности:

1 точка – V (норма). Пробы отбирались на территории ВГУЭС, преимущественно на возвышенности. Основным источником загрязнения на данной местности является автотранспорт. За счёт холмистого рельефа происходит уменьшение концентрации загрязняющих веществ.

2 точка – VI (стимуляция). С учетом стандартной длины проростка отмечается стимуляция в основном из-за изменения длины корешка, это связано с другим типом почвы (характерный технозём в контрольной точке на границе СЗЗ завода «Спасскцемент»). Ввиду затрудненного получения питательных веществ у растения-индикатора происходит чрезмерное развитие корневой системы.

3 точка – II (высокая токсичность) и 4 точка – I (чрезвычайно высокая токсичность). Пробы отбирались в контрольных точках на границе СЗЗ завода «Спасскцемент», почва здесь характеризуется высоким содержанием токсичных веществ, т. к. выбросы от непосредственной близости с заводом влияют на загрязненность почвы. Недалеко от места отбора проходит автомагистраль. Следовательно, совокупность этих двух факторов вызывает достаточно высокую токсичность.

1. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды / Т. Я. Ашихмина, Н. М. Алалыкина, Г. Я. Кантор [и др.]. – Киров, 2005. – 236 с.
2. Зарубин С. Л., Цветков И. Л. Принципы выбора тест-объекта и тест-показателя при биоиндикации и биотестировании сточных и природных вод // Биологические исследования в Ярославском гос. университете. – Ярославль, 1997. – С. 62–65.
3. Гаврилин И. И., Шигапов А. М. Перспективы использования биоиндикационных методов исследования при оценке фитотоксичности нефтезагрязненных почв. – Текст: электронный // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 33–38 // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-bioindikatsionnyh-metodov-issledovaniya-pri-otsenke-fitotoksichnosti-neftezagryaznennyh-roshchv> (дата обращения: 12.02.2021).
4. Дьяченко Г. И. Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг): учеб. пособие / М-во образования Российской Федерации; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2003. – 64 с.
5. Кузнецов Н. В. Использование растений в качестве биомониторов // Сборник научных работ ВГПЦ. – 1997. – № 5. – С. 224–234.
6. Биоиндикация почв при высоком уровне загрязненности в условиях модельного опыта / О. З. Еремченко, О. А. Четина, Е. В. Лузина, К. И. Сыромятников // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2011. – № 3-4. – С. 56–59.
7. Таланова В. В., Титов А. Ф., Боева Н. П. Влияние возрастающих концентраций тяжелых металлов на рост проростков ячменя и пшеницы / В. В. Таланова // Физиология растений. – 2001. – Т. 48, № 1. – С. 119–123.
8. Титов А. Ф., Лайдинен Г. Ф., Казнина Н. М. Влияние высоких концентраций кадмия на рост и развитие ячменя и овса на ранних этапах онтогенеза // Агрехимия. – 2002. – № 9. – С. 61–65.

Транслитерация

1. Bioindikaciya i biotestirovanie – metody poznaniya ekologicheskogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy / T. Ya. Ashihmina, N. M. Alalykina, G. Ya. Kantor [i dr.]. – Kirov, 2005. – 236 s.
2. Zarubin S. L., Cvetkov I. L. Principy vybora test-ob"ekta i test-pokazatelya pri bioindikacii i biotestirovanii stochnyh i prirodnyh vod // Biologicheskie issledovaniya v Yaroslavl'skom gos. universitete. – Yaroslavl', 1997. – S. 62–65.
3. Gavrilin I. I., Shigapov A. M. Perspektivy ispol'zovaniya bioindikacionnyh meto-dov issledovaniya pri ocenke fitotoksichnosti neftezagryaznennyh pochv. – Tekst: elektronnyj // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 10. – S. 33–38 // Nauchnaya elektronnyaya biblioteka «KiberLeninka»: [sajt]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-ispolzovaniya-bioindikatsionnyh-metodov-issledovaniya-pri-otsenke-fitotoksichnosti-neftezagryaznennyh-pochv> (data obrashcheniya: 12.02.2021).
4. D'yachenko G. I. Monitoring okruzhayushchej sredy (ekologicheskij monitoring): ucheb. posobie / M-vo obrazovaniya Rossijskoj Federacii; Novosib. gos. tekhn. un-t. – Novosibirsk, 2003. – 64 s.
5. Kuznecov N. V. Ispol'zovanie rastenij v kachestve biomonitirov // Sbornik nauchnyh rabot VGPC. – 1997. – № 5. – S. 224–234.
6. Bioindikaciya pochv pri vysokom urovne zagryaznennosti v usloviyah model'nogo opyta / O. Z. Eremchenko, O. A. Chetina, E. V. Luzina, K. I. Syromyatnikov // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya. – 2011. – № 3-4. – S. 56–59.
7. Talanova V. V., Titov A. F., Boeva N. P. Vliyanie vozrastayushchih koncentracij tyazhelyh metallov na rost prorostkov yachmenya i pshenicy / V. V. Talanova // Fiziologiya rastenij. – 2001. – T. 48, № 1. – S. 119–123.
8. Titov A. F., Lajdinen G. F., Kaznina N. M. Vliyanie vysokih koncentracij kadmiya na rost i razvitie yachmenya i ovsy na rannih etapah ontogeneza // Agrohimiya. – 2002. – № 9. – S. 61–65.

© В.Н. Макарова, 2021

© Е.А. Василевская, Д.Н. Дендоброва, Д.С. Зашкина, 2021

Для цитирования: Оценка токсичности почвы Приморского края на основе различий в параметрах развития вида-индикатора / В.Н. Макарова, Е.А. Василевская, Д.Н. Дендоброва, Д.С. Зашкина // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2021. – Т. 13, № 1. – С. 144–151.

For citation: Assessment of soil toxicity of the Primorsky region based on differences in the parameters of the development of the indicator species in the soils / V. N. Makarova, E. A. Vasilevskaya, D. N. Dendobrova, D. S. Zashkina, *The Territory of New Opportunities. The Herald of Vladivostok State University of Economics and Service*, 2021, Vol. 13, № 1, pp. 144–151.

DOI <https://doi.org/10.24866/VVSU/2073-3984/2021-1/144-151>

Дата поступления: 17.02.2021.