

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2023, Том 10, № 2 / 2023, Vol. 10, Iss. 2 <https://resources.today/issue-2-2023.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/19INOR223.pdf>

DOI: 10.15862/19INOR223 (<https://doi.org/10.15862/19INOR223>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Макарова, В. Н. Оценка влияния асфальтобетонного производства на состояние почв с помощью биотестирования / В. Н. Макарова, И. В. Исаева, Е. А. Шаламов // Отходы и ресурсы. — 2023. — Т. 10. — № 2. — URL: <https://resources.today/PDF/19INOR223.pdf> DOI: 10.15862/19INOR223

For citation:

Makarova V.N., Isaeva I.V., Shalamov E.A. The impact of the ecological and climatic characteristics of the territory on the condition of the housing stock. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2023; 10(2): 19INOR223. Available at: <https://resources.today/PDF/19INOR223.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/19INOR223

Макарова Вера Николаевна

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия
Доцент кафедры «Экологии, биологии и географии»
Кандидат технических наук
E-mail: boyikova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0575-2901>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=801610

Исаева Ирина Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия
E-mail: isaeva_irina@edu.vvsu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5629-5851>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1147299

Шаламов Евгений Александрович

ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет», Владивосток, Россия
E-mail: boyikova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1966-4275>

Оценка влияния асфальтобетонного производства на состояние почв с помощью биотестирования

Аннотация. Проблема загрязнения окружающей среды актуальна в настоящее время. Любое предприятие является потенциальным источником загрязнения окружающей среды, а производство дорожно-строительных материалов относится к предприятиям, представляющим значительную опасность окружающей среде. Как пример, нами было выбрано предприятие ООО «Примасфальт», которое является одним из основных предприятий, обслуживающих дороги города Владивостока. На всех стадиях приготовления асфальтобетонных смесей происходит выделения загрязняющих веществ. Токсичные вещества накапливаются в атмосферном воздухе, потом поступают на почву в виде жидких и твердых атмосферных осадков, проникая в нее, где происходит загрязнение грунтовых вод, нарушается баланс питательных веществ в почве. В ходе исследования была проведена оценка влияния асфальтобетонного производства на состояние почв посредством использования тест-объектов — живых организмов, которые способны реагировать на изменения окружающей среды. В качестве тест-объекта служил овёс посевной — наиболее распространённый и общедоступный

биоиндикатор состояния почв. Точки отбора проб расположены в границах санитарно-защитной зоны предприятия. При отборе проб учитывались климатические характеристики города Владивостока. Результаты исследования показали, что высокая токсичность почв наблюдается в точках, находящихся в зоне максимальных значений скорости ветра и его повторяемости. С помощью организмов-биоиндикаторов можно быстро и не дорого провести анализ состояния природной среды. Оценка деятельности асфальтобетонного завода с помощью биологических объектов позволяет выявить интенсивность его воздействия не только в рамках нормативных значений, которые направлены именно на человека, а также на биологические объекты в целом, что обуславливает актуальность выбранной темы.

Цель исследования — оценка уровня токсичности почвы, в рамках нормативной санитарно-защитной зоны предприятия ООО «Примасфальт» города Владивостока, Приморского края.

Ключевые слова: окружающая среда; тест-объекты; загрязняющие вещества; биологические объекты; производство; биотестирование; асфальтобетонный завод

Введение

Город потребляет значительное количество ресурсов. Приморский край, а в частности Владивосток характеризуются специфическим климатом (умеренный муссонный), особенностью которого является повышенная влажность, интенсивный ветровой режим. Эти факторы влияют на все сферы жизни города, но хотелось бы выделить их влияние на искусственные дорожные покрытия в урбанизированной среде, в частности асфальтобетонное.

Поэтому городская среда потребляет большое количество асфальтобетона, который используется в качестве дорожного покрытия. Его чаще, чем, к примеру, в Центральном федеральном округе приходится обновлять. Это влияет на востребованность и интенсивность работы асфальтобетонного завода, который оказывает значительное воздействие на окружающую природную среду.

Чтобы определить присутствие в окружающей среде того или иного загрязнителя используют методы биоиндикации или биотестирования. Биоиндикация — это метод исследования у свободноживущих организмов каких-либо изменений или отклонений от нормы, связанных с неблагоприятным воздействием на них. Под биотестированием понимают процедуру установления токсичности среды с помощью специально отобранных и выращиваемых живых организмов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают их жизненно важных функций [1].

Объект исследования — почва урбанизированной территории границах нормативной санитарно-защитной зоны предприятия.

Предметом исследования является воздействие факторов урбанизированной среды на уровень токсичности почв в пределах нормативной санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия.

Материалы и методы

Основные методы, направленные на достижение поставленной цели: методы теоретического исследования (анализ класса опасности асфальтобетонного завода, а также предприятия, находящегося в непосредственной близости к нему — ТЭЦ), методы эмпирического исследования (отбор проб почвы с учетом климатических особенностей, в рамках нормативной СЗЗ завода по изготовлению битумных смесей, в которую частично

входит селитебная территория; определение класса токсичности почв в пределах нормативной СЗЗ асфальтобетонного завода), метод наблюдения (фиксирование данных).

Основная часть

Асфальт или асфальтобетон — это плотная смесь для различных дорожных покрытий, состоящая из битума, минерального порошка, щебня и песка. Асфальтобетонные заводы (АБЗ) являются основными производственными предприятиями дорожного хозяйства и предназначены для приготовления различных асфальтобетонных смесей для строительства, реконструкции и ремонта слоев асфальтобетонного покрытия. Асфальтобетонные заводы, являясь источником загрязнения окружающей среды, негативно влияют на здоровье человека, приводя к развитию всевозможных заболеваний, отравлений, а в особо опасных случаях может привести и к летальному исходу. Воздействие асфальтобетонного предприятия можно рассмотреть в общем аспекте на основании изученной литературы [2–4] и представить схематически (рис. 1).



Рисунок 1. Влияние асфальтобетонного производства на окружающую природную среду (составлено автором на основании данных [2–4])

Эффективным методом оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействий на почву и водную среду, считается биотестирование. Это отмечено в работах таких авторов, как В.А. Терехова [5], В.В. Кульнев [6], К.Р. Таранцева [7]. Биотестирование проходит экспериментально с использованием тест-объектов — чувствительных живых организмов. Распространенным тест-объектом считается овёс посевной. Данный вид неприхотливый к почвам и климату с коротким вегетационным периодом, поэтому он применяется в биотестировании. Анализу влияния загрязнения на городские почвы с использованием овса посевного в качестве тест-объекта посвящены исследования, выполненные на территории гг. Якутск [8], Москва [9] и др.

С помощью «Ростового теста» осуществляется биотестирование. Опыты проводили в чашках Петри [10]. По Р.Р. Кабирову бралась повторяемость теста [11], а также учитывались температурные условия его проведения [12–14]. Классификация, разработанная Р.Р. Кабировым (1997), использовалась для оценки влияния фактора на биоиндикатор (табл. 1) [10]. Чтобы рассчитать уровень влияния фактора на биоиндикатор, применяем формулу [11].

$$IT\Phi = \frac{T\Phi_o}{T\Phi_k}, \quad (1)$$

где $T\Phi_0$ — значения тест-функции в опыте; $T\Phi_k$ — значения тест-функции в контроле; ИТФ — индекс токсичности факторов.

Математическая обработка результатов, полученных при исследовании выбранных биологических параметров (длина проростков и корешков) тест-культуры. В основе анализа в начальный период проводится определение средних значений и коэффициента вариации. 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:

$$CV = \frac{\sigma * 100}{\bar{x}}. \quad (2)$$

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

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}, \quad (3)$$

при условии, что $s_1^2 \geq s_2^2$. Принято брать отношение большей дисперсии к меньшей, следовательно, в этом случае критерий $F \geq 1$ [14].

Таблица 1

Классификация уровня влияния фактора на биоиндикатор

Класс токсичности	Значение	Пояснения ИТФ
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

Составлено автором по [11; 14]

Место для отбора проб почв для биотестирования должно находиться непосредственно вблизи источника загрязнения. Поэтому отбор проб осуществлялся на границах СЗЗ предприятия ООО «Примасфальт» города Владивостока, которое специализируется на производстве битуминозных смесей на основе природного асфальта или битума, нефтяного битума, минеральных смол или их пеков.

В соответствии с п. 7.1.4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» производство асфальтобетона на стационарных заводах отнесено ко II классу опасности и имеет санитарно-защитную зону 500 метров. В границах СЗЗ предприятия ООО «Примасфальт» находится ТЭЦ № 2. Владивостокская ТЭЦ-2 с 2011 года полностью перешла на природный газ — наиболее экологичный вид ископаемого топлива.

Она представляет собой тепловую паротурбинную электростанцию с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла, тепловая мощность которой — 1051 Гкал/час, согласно п. 7.1.4 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». ТЭЦ и районные котельные тепловой мощностью 200 Гкал и выше, работающие на газовом и газомазутном топливе (последний — как резервный), относятся к предприятиям третьего класса с СЗЗ не менее 300 м.

Следовательно, совокупность этих двух факторов оказывает воздействие на место отбора почв. В зависимости от климатических характеристик города Владивостока, а также доступности мест отбора проб на урбанизированной территории, мы можем выделить приоритетные направления ветра — это южное, юго-восточное и восточное.

Исходя из этого, с учётом розы ветров на границах СЗЗ завода отобраны пробы почв для исследования (образцы № 1, 2, 3, 4). В качестве контрольного образца была выбрана территория Ботанического сада-института ДВО РАН города Владивостока, так как это особо охраняемая природная территория, то меньше всего будет подвержена загрязнению.

Особенностью отбора проб почвы является их доступность для отбора и влияние климатических характеристик территории. При определении точек отбора учитывали наибольшие скорости ветра и его повторяемость для города Владивостока, а также размещение этих точек в пределах нормативной СЗЗ. В частности, необходимо отметить, что за счет развития города и размещения других предприятий, а также особенности городской застройки, часть нормативной СЗЗ занимает селитебная застройка. Этот факт необходимо учитывать при оценке токсичности почв рассматриваемой территории.

Также важно определять кислотную реакцию почвы, для более детального анализа результатов биотестирования.

Для проведения данного анализа использовалось следующее оборудование:

1. Пробирки (Дистиллированная вода).
2. Высокоточные весы.
3. Образцы грунта.
4. Мешалка.
5. рН-метр.

Результаты определения кислотности отобранных образцов почвы, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Определение кислотности почвы

Показатель	Образцы почвы				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Контроль
Кислотность	6,90	6,68	6,87	6,50	6,45

Составлено автором

Как видно из полученных результатов, все образцы показывают слабокислую реакцию среды.

Предприятие влияет на урбанизированную территорию следующим образом: первичные выбросы поступают в атмосферный воздух и рассеиваются на территории радиусом 3–5 км, дальше под воздействием сил гравитации происходит осаждение частиц пыли, аэрозоля и происходит вторичное загрязнение почвы. В данной работе мы будем уделять ключевое внимание именно вторичному загрязнению почвы, поскольку есть риски последующей миграции загрязнителей в следующие слои, а именно, например, в подземные воды.

Оценку влияния вторичного загрязнения на состояние почвенного покрова определяем с помощью биотестирования. Средние значения полученных параметров представлены в таблице 3.

Математическая обработка результатов исследования представлена следующими показателями: F-критерий Фишера находится в пределах от 0,20 до 0,81.

Варьирование считается средним, и колеблется в пределах 13–27 %.

Таблица 3

Значения тест-функций

Оцениваемый показатель	Отобранная почва				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Контроль
Средняя длина корешка	6,52 ±0,08	3,32 ±0,23	5,39 ±0,11	3,75 ±0,06	6,64 ±0,23
Средняя высота проростка	13,43 ±0,20	12,60 ±0,22	10,69 ±0,12	9,15 ±0,05	13,16 ±0,13
Среднее значение по растению	9,98	7,96	8,04	6,45	9,90

Составлено автором

На основании первичных признаков: длины корешка и проростка, веса биомассы и сухой биомассы определяем средний в опыте индекс токсичности, который представлен в таблице 4.

Таблица 4

Индекс токсичности оцениваемого фактора

Показатель	Образцы почвы			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Индекс токсичности	3,47	1,96	2,76	2,64

Составлено автором

Чтобы определить сильные и слабые стороны применения биотестирования при оценке состояния почвы, следует провести SWOT-анализ. Данный анализ покажет сильные и слабые стороны проводимой оценки (табл. 5).

Таблица 5

SWOT-анализ применения биотестирования

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Применение биологических объектов. 2. Оценка рассчитана не только на человеческий организм. 3. Быстрая и дешевая оценка. 4. Не привязана к нормативам. 5. Не требует специального оборудования.	1. Отсутствуют численные значения конкретных факторов. 2. Биологические объекты чувствительные, может требоваться повторение эксперимента в случае гибели индикаторов.

Составлено автором

Согласно внутреннему анализу, биотестирование позволяет быстро и не дорого провести анализ состояния природной среды с помощью организмов-биоиндикаторов, что способствует проведению исследований с помощью более чувствительных объектов, а не только на основании нормативов, рассчитанных только на человеческий организм.

Исследование обладает высокой степенью актуальности и может стать инструментом оценки окружающей среды, войти в число нормативных оценок, используемых государством для контроля состояния природной среды. Кроме биотестирования, применялась также и стандартная методика определения показателей кислотности почвы. Как видно из полученных результатов, все образцы показывают слабокислую реакцию среды. Санитарно-защитная зона в городской среде, на основе реальной ситуации, может отличаться от нормативной. При этом в границах нормативной СЗЗ могут находиться селитебные территории, которые не должны в нее входить. Выбросы от стационарных источников загрязнения окружающей среды поступают в атмосферу, а затем, выпадая на земную поверхность, накапливаются в верхних горизонтах почвы, вновь включаются в природные и техногенные циклы.

Для оценки состояния, в частности почв, на данной территории применяется биотестирование, которое позволяет с помощью тест-объектов провести оценку среды, учитывая весь комплекс факторов, воздействующих на территории.

Таким образом мы получаем следующие результаты:

Для точки 3 и 4 за счет того, что они расположены дальше от объекта, воздействующего на них, происходящего рассеивания загрязняющих веществ, снижается токсичность почвы, получается низкая токсичность проб с данных точек.

Для точек 1 и 2 можно отметить следующее: точка 1 — наблюдается стимулирующее воздействие фактора, что связано с поступлением в составе выбросов оксидов азота, оказывающего стимулирующее воздействие на растения, а также данная точка отбора находится в зоне максимальных значений скорости ветра и его повторяемости.

В точке 2 — наблюдается средняя токсичность, поскольку в зоне ее расположения отмечается меньшая повторяемость и скорости ветра, что значит и меньшее поступление загрязнителей.

Таким образом, можно сказать, что данное исследование может использоваться наравне с инструментальными методами в условиях реальной, а не модельной среды. Данный метод может применяться и для других климатических условий, и после дальнейшей апробации, также для других производств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олькова А.С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России // Успехи современной биологии — 2014. — Том 134. — № 6. — С. 614–622.
2. Канищев А.Н. Экологическое воздействие асфальтобетонных заводов на окружающую среду // Научный журнал строительства и архитектуры — 2010 — № 2(18) — С. 115–120.
3. Кочисова Э.Р. Исследование влияния асфальтобетонных заводов на окружающую среду / Э.Р. Кочисова, М.Р. Кочисова, Е.П. Лысова // Труды РГУПС — 2021. — № 2. — С. 68–71.
4. Саспугаева Г.Е. Экологическая оценка деятельности предприятия «ТОО АСТАНА ЖОЛ» асфальтобетонного завода / Г.Е. Саспугаева, В.С. Кириченко // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 1-3. — С. 450–453. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34912> (дата обращения: 11.05.2023).
5. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Журнал Почвоведение — 2011 — № 2 — С. 190–198.
6. Кульнев В.В. Биотестирование почв на основе фрактальных характеристик растений / В.В. Кульнев., А.Н. Насонов, И.В. Цветков, Т.С. Король, К.А. Шаховская // Принципы экологии — 2020. — № 4. — С. 40–53.
7. Таранцева К.Р. Биотестирование, как инструмент принятия экологически обоснованных технологических решений / К.Р. Таранцева, Н.В. Фирсова, М.А. Марынова // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского — 2011. — № 25 — С. 596–600.

8. Солдатова В.Ю. Биотестирование фитотоксичности почвогрунтов г. Якутска с использованием тест объекта овса посевного / В.Ю. Солдатова., Е.Г. Шадрина, С.Д. Карпова // Природные ресурсы Арктики и Субарктики — 2018. Том 24. — № 2. — С. 76–86.
9. Елизарова Е.В. Использование овса для экологической оценки степени токсичности почв / Е.В. Елизарова, В.Е. Лужнева, И.П. Цвирко, Т.С. Елизарова // Научный журнал «Modern science» — 2020. — № 1-2. — С. 17–22.
10. Обстеження та районування територій за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням інтегральних цитогенетичних методів оцінки: метод. рекомендації / Укладачі: А.І. Горова, С.А. Риженко, О.П. Кравчук та ін. — Дніпропетровськ: НГУ, 2006. — 37 с.
11. Кабиров Р.Р. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории / Р.Р. Кабиров, А.Р. Сагитова, Н.В. Суханова // Экология. — 1997. — № 6. — С. 408–411.
12. Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О.І. Губачов // Нові технології. Науковий вісник КУЕІТУ. — 2010. — № 3(29). — С. 164–171.
13. Таланова В.В. Влияние возрастающих концентраций тяжелых металлов на рост проростков ячменя и пшеницы / В.В. Таланова, А.Ф. Титов, Н.П. Боева // Физиология растений. — 2001. — том 48, № 1. — С. 119–123.
14. Макарова В.Н., Василевская Е.А., Деньдоброва Д.Н., Зашкина Д.С. Оценка токсичности почвы Приморского края на основе различий в параметрах развития вида-индикатора // Территория новых возможностей. — 2021. — № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-toksichnosti-pochvy-primorskogo-kрая-na-osnove-razlichiy-v-parametrah-razvitiya-vida-indikatora> (дата обращения: 12.07.2023).

Makarova Vera Nikolaevna

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia
E-mail: boyikova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0575-2901>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=801610

Isaeva Irina Vyacheslavovna

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia
E-mail: isaeva_irina@edu.vvsu.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5629-5851>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1147299

Shalamov Evgeniy Alexandrovich

Vladivostok State University, Vladivostok, Russia
E-mail: boyikova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1966-4275>

The impact of the ecological and climatic characteristics of the territory on the condition of the housing stock

Abstract. The problem of environmental pollution is relevant at the present time. Any enterprise is a potential source of environmental pollution, and the production of road construction materials is one of the enterprises that pose a significant danger to the environment. As an example, we chose Primasfalt LLC, which is one of the main enterprises serving the roads of the city of Vladivostok. At all stages of the preparation of asphalt concrete mixtures, pollutants are released. Toxic substances accumulate in the atmospheric air, then fall on the ground in the form of liquid and solid precipitation, penetrating into the soil, groundwater is polluted, and the balance of nutrients in the soil is disturbed. In the course of the study, an assessment was made of the impact of asphalt concrete production on the condition of soils through the use of test objects — living organisms that are able to respond to environmental changes. The test object was oats, the most common and widely available bioindicator of soil conditions. Sampling points are located within the sanitary protection zone of the enterprise. When sampling, the climatic characteristics of the city of Vladivostok were taken into account. The results of the study showed that high toxicity of soils is observed at points located in the zone of maximum values of wind speed and its frequency. With the help of bioindicator organisms, it is possible to quickly and inexpensively analyze the state of the natural environment. Assessing the activity of an asphalt concrete plant with the help of biological objects makes it possible to identify the intensity of its impact not only within the framework of normative values that are aimed specifically at humans, but also at biological objects in general, which determines the relevance of the chosen topic.

The purpose of the study is to assess the level of soil toxicity within the regulatory sanitary protection zone of the LLC Primasfalt enterprise in the city of Vladivostok, Primorsky Krai.

Keywords: environment; test objects; pollutants; biological objects; production; biotesting; asphalt plant