

БИОТЕСТИРОВАНИЕ vs ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ
На примере 7 районов Санкт-Петербурга

Биология

Иванов Дмитрий Евгеньевич

5 класс ГБОУ 171 гимназия Санкт-Петербурга

Научный руководитель Осадчая Мария Анатольевна

Санкт-Петербург
2026

Введение

Актуальность темы. Почва является естественным фильтром для атмосферных загрязнений, поглощая и удерживая вредные вещества. Эти загрязнения проникают в грунтовые воды, а потом испаряются. Поэтому исследования качества почвы отчасти касаются и воздуха. Все это очень важно для здоровья людей в больших городах.

Однако до сих пор при оценке токсичности почвы используются в основном традиционные дорогие трудоемкие физико-химические методы. Они, к тому же, не могут дать комплексную оценку пригодности почвы для проживания. Во многом это объясняется, на наш взгляд, тем, что мало изучена сопоставимость недорогого быстрого экологичного метода – биотестирования – и традиционного химического.

В связи с этим возникла актуальность проведения исследований в данном направлении.

Объект исследования: методы оценки состояния почвы.

Предмет исследования: практическое сравнение оценки загрязненности почвенных проб традиционным методом и биотестированием.

Цель работы: выявить сопоставимость результатов биотестирования и традиционных методов оценки почвогрунта на примере нескольких районов Санкт-Петербурга.

Гипотеза: биотестирование является надежным методом определения токсичности почвы и поэтому ее результаты могут в основном совпасть с картой загрязненности почвы в Санкт-Петербурге.

Краткий обзор литературы

Биотестирование и биоиндикация схожи в том, что они отражают реакцию растений на среду. Например, если в лесу проложить высоковольтную ЛЭП, то у близко стоящих деревьев начнет редеть хвоя и листва, так как растения реагируют на электромагнитное излучение. И наоборот, если садовник вовремя внесет нужные удобрения в почву, его ждет хороший урожай. Это будет показателем, или индикацией, того, что растения хорошо отреагировали на внесение минеральных веществ в почву.

Отличие биоиндикации в том, что наблюдатель должен исследовать растения или другие живые организмы в условиях их обитания. А для биотестирования нужна лаборатория, где будут проведены эксперименты.

В разных источниках при определении биоиндикации делается акцент на различные стороны. Так, Мелехова подчеркивает антропогенные и естественные нагрузки как главный фактор реакции живых организмов. [1]. Туровцев считает, что биологические объекты должны быть хорошо заметны и доступны для биоиндикации. [2]

Биотестирование – это определение токсичности пробы почвы для данной культуры организмов в лабораторном эксперименте.

Физико-химический анализ почвы отражается в санитарно-гигиенических и токсикологических нормативах.

Для качественной оценки природной среды необходимо их сочетание. То есть, химический и биологический мониторинг не исключают, а дополняют друг друга.

Несмотря на большой интерес к биоиндикации и биотестированию, вопрос о сопоставимости этих методов и химических анализов почв недостаточно разработан. В работах по этой теме авторы обычно ограничиваются лабораторными экспериментами над растениями с помощью различных химических соединений. В то же время, химический анализ почв в Санкт-Петербурге за последние 30 лет позволил ученым создать карты загрязненности. [3,4,5]. Полезно было бы создать карту загрязненности города с помощью растений – биоиндикацией. И потом сравнить эти карты. Поэтому вопрос требует дальнейшего изучения.

Методы исследования

В работе использованы следующие методы– эксперимент, анализ, сравнение.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Проект состоит из двух частей: (1) Биотестирование почвы в 7-ми районах Санкт-Петербурга и (2) Сопоставление результатов биотестирования с химическим анализом почв в 7-ми районах Санкт-Петербурга.

(1) Биотестирование почвы в 7-ми районах Санкт-Петербурга

Закладка эксперимента проводилась согласно методике определения токсичности почвы Т.Г. Мирчинк (метод почвенных пластинок). В соответствии с методикой в декабре 2025 г. мы провели опыт:

1. В чашки поместили по 80 г почвы без корней и растительных остатков, увлажнили и растерли до состояния густой пасты, ровно размазали деревянным

шпателем (деревянным - поскольку дальше сравнивали с химанализом по тяжёлым металлам).

2. Семена предварительно замочили в течение суток. В чашки посеяли по 70 шт. семян кресс-салата. Предварительно проверили семена на всхожесть. Семена мелкие, без запаса питательных веществ, они лучше реагируют на изменения окружающей среды. Семена росли в течение 7 дней при постоянной температуре и влажности, почву увлажняли равным количеством воды (примерно 10 мл).

3. При учете результатов измерили число проросших семян, длину ростков и корней.

Опыт закладывался троекратно. Результаты были вычислены как среднеарифметическое значение.

Для эксперимента были взяты семена кресс-салата.

Кресс-салат — однолетнее овощное растение, чувствительное к загрязнению среды тяжелыми металлами и выхлопным выбросам автотранспорта. Под влиянием загрязнителей изменяются корни и побеги этого растения, и главное, нарушается всхожесть семян. Кресс-салат быстро вырастает, поэтому он удобен для опытов. Достаточно 7 дней для эксперимента.

Отбор земли был произведен в 18 точках Санкт-Петербурга, в 7-ми районах: Центральный, Адмиралтейский, Московский, Петроградский, Василеостровский, Приморский, Фрунзенский.

При планировании мест отбора мы ориентировались на районы отбора почвы в рамках стандартного мониторинга почв. [4] Мы сфокусировались на местах проживания и работы людей, чтобы оценить там экологическую обстановку.

Почва собиралась с глубины около 20 см пластмассовым совком, в сухую погоду, поверхность была ровная, однородная. Образцы поместили в пластиковые емкости и надписали. Почву собрали с запасом с целью дальнейшего изучения.

Для определения токсичности почвы мы использовали группирование в зависимости от того, как всходят семена и какой длины ростки и корни у тестовых растений, которые выращивают на отобранных почвах. Надо разделить эти показатели на показатели контроля и выразить в процентах.

Существуют три уровни токсичности: слабая, средняя и сильная.

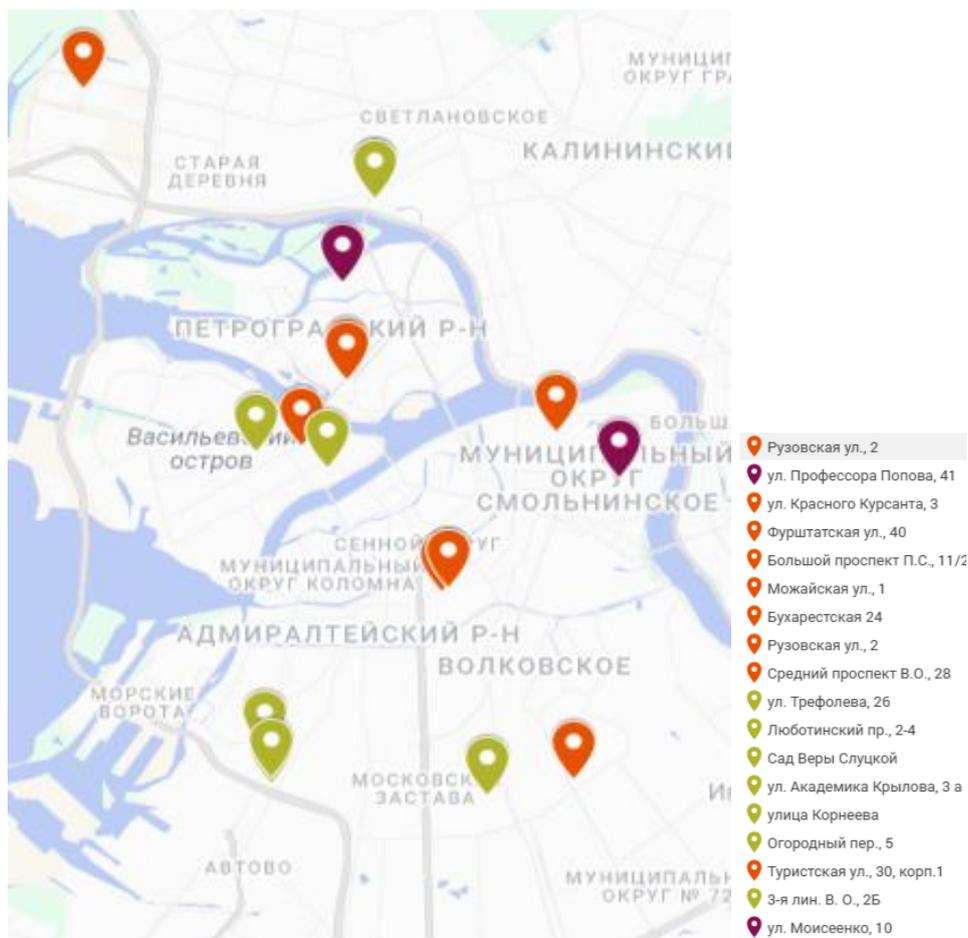
На основании полученных данных мы создали карту загрязненности почвы с помощью сервиса Гугл. (Рис.1).

Рассматривая самые загрязненные места из 18 обследованных улиц Санкт-Петербурга, следует отметить их общую черту: данные места – это бывшие промзоны.

Так, экстремальное загрязнение было обнаружено на ул. Моисеенко в Центральном районе Санкт-Петербурга. Раньше здесь находилась типография. А значит, в почве можно встретить аэрозоли оксидов свинца, олова, сурьмы, пары хромового ангидрида, пары толуола, бензина и др.

На втором месте по токсичности в нашем списке оказалась ул. Попова, Петроградский район. Прежде здесь работал завод по производству электрических свинцовых аккумуляторов. Деятельность завода не могла не оставить «свинцовый» экологический след в этой части города.

Загрязненность ул. Красного Курсанта в Петроградском районе можно объяснить нахождением здесь в прошлом большой чулочно-трикотажной фабрики «Красное знамя». Значит, в почве могут находиться кислотные и металлокомплексные красители, формальдегид, сероводород и углерод, соединения тяжелых металлов.



Уровень загрязнения	Обозначение на карте
Слабый. Всхожесть 60 —90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.	
Средний. Всхожесть 20 — 60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.	
Сильный. Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие.	

Рис. 1 Карта загрязненности почвы в Санкт-Петербурге,

биотестирование кресс-салатом в 18 локациях,

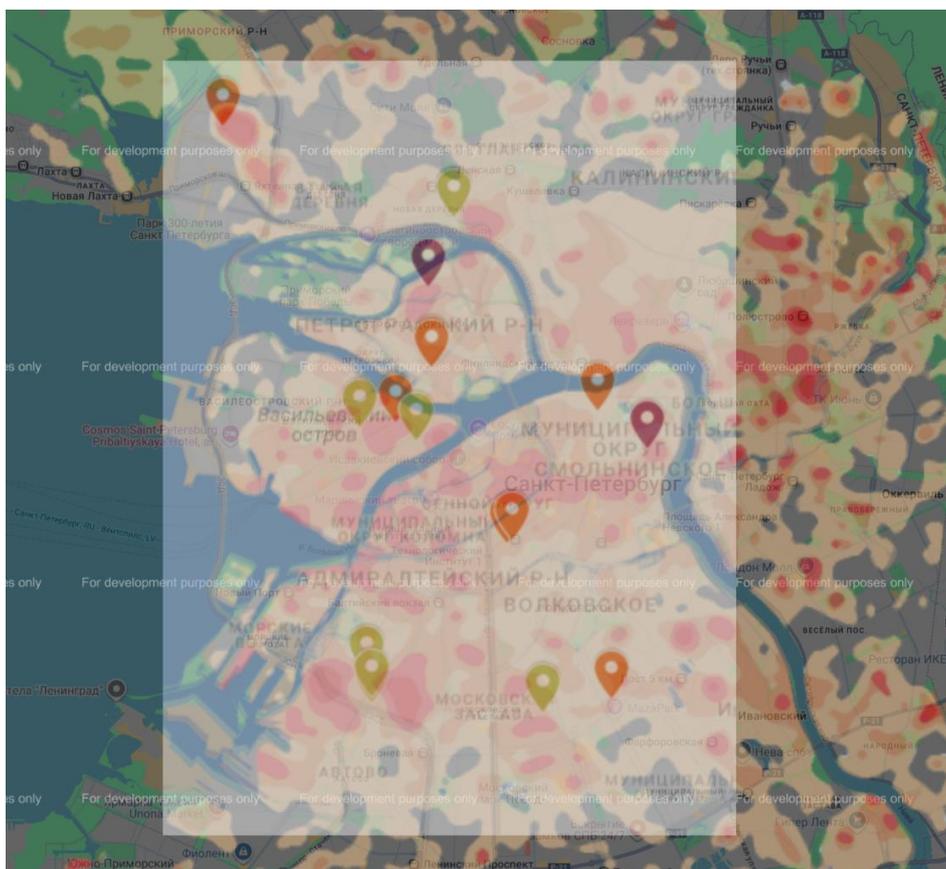
2025-26

(2) Сопоставление результатов биотестирования с химическим анализом почв в 7-ми районах Санкт-Петербурга

Учитывая, что кресс-салат обладает особой чувствительностью к тяжёлым металлам, а также их высокой токсичностью для людей, мы выбрали в качестве фоновой карту загрязнённости тяжёлыми металлами территории Санкт-Петербурга. [5] Затем мы совместили ее с картой биоиндикации (Рис. 1). Результат можно увидеть на Рис. 2. Как видно на совмещенных картах, в большинстве случаев (80%) оценки совпали, если среднее и слабое загрязнение объединить в одну группу и противопоставить сильному загрязнению.

Иными словами, сильное загрязнение по итогам биотестирования, например, на ул. Моисеенко отражено и на карте официального мониторинга. Точно так же, относительное «зеленое» благополучие, по биотестированию, на ул. Ак. Крылова, совпадает с аналогичной оценкой территории на карте мониторинга.

Таким образом, показана сопоставимость результатов двух методов оценки состояния почвы в масштабах города: химического анализа и биотестирования.



Биотестирование	Обозначение на карте	Хим. мониторинг	Обозначение цветом на карте
<p>Слабое загрязнение. Всхожесть 60 — 90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.</p>		Условно опасная зона	64-128 (условные единицы) Zc
<p>Среднее загрязнение. Всхожесть 20 — 60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.</p>		Опасная зона	128-300 (условные единицы) Zc
<p>Сильное загрязнение. Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие и уродливые.</p>		Чрезвычайно опасная зона	От 300 и выше Zc (условные единицы)

Рис. 2 Сопоставление традиционного химического метода оценки загрязненности почвы тяжелыми металлами и биотестирование.

Санкт-Петербург, 2025-26

Результаты исследования

В результате исследования мы пришли к следующим выводам:

1. Загрязненность почвы имеет неравномерный характер в различных точках города. Самые загрязненные почвы были обнаружены в местах, где раньше находились предприятия.
2. Существует прочная связь между всхожестью и длиной ростков.
3. Всхожесть более чувствительна к токсичности почвы, чем высота ростков кресс-салата.

В стандартном мониторинге качества почвы Санкт-Петербурга картина «тревожных» районов отличается от наших результатов [3]. Это объясняется тем, что мы исследовали в основном жилые зоны, а в мониторинге акцент сделан на промышленных зонах. Кроме того, в мониторинге исследовали почвы из 4-х точек по каждому району, а в данном проекте изучены в среднем по две точки в районе.

В работе показана сопоставимость результатов двух методов оценки состояния почвы в масштабах города: химического анализа и биоиндикации. Как видно на совмещенных картах (рис 2), в большинстве случаев (80%) оценки совпали.

Это означает, что биотестирование может быть органично встроено в систему традиционного мониторинга качества почв. Его можно использовать как экономичный быстрый экспресс-тест для нахождения «красных» зон.

Заключение

Поставленная в работе цель - выявить сопоставимость результатов биотестирования и традиционных исследований почвогрунта на примере нескольких районов Санкт-Петербурга - выполнена. Показана практика биотестирования на примере 18 локаций города.

Сформулированная в начале работы гипотеза подтверждена опытным путем.

Практическое применение. Результаты работы позволяют использовать кресс-салат как доступный эффективный экспресс-тест на токсичность почвы. Это актуально при планировании строительства жилых домов, при обновлении городских садов и скверов, при разбивке садов и огородов за городом.

При обнаружении биоиндикацией «красных зон» следует использовать химический анализ для уточнения источника проблемы.

В дальнейшем автор планирует продолжить изучение биотестирования: как его можно практически использовать при планировании жилых новостроек в Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Список литературы

1. О. П. Мелехова, Е. И. Егорова, Т. И. Евсеева и др. Биологический контроль окружающей среды: биотестирование и биотестирование: учеб, пособие для студ. высш. учеб, заведений — М.: Издательский центр «Академия», 2007. — 288 с.
2. В.Д. Туровцев, В.С. Краснов. Биотестирование: Учеб. Пособие. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2004. – 260 с.
3. В.В. Решетов, К.А. Коршак, И.А. Матвеев Оценка загрязнения почвогрунтов Санкт-Петербурга по данным мониторинга. 22 октября 2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tterra.ru/articles/otsenka-zagryazneniya-monitoringa/> (дата обращения 09.10.2026)
4. Росол О.В., ВЫПУСК 2008 №1 (44) ГИС НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ . [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arcreview.esri-cis.ru/2008/03/17/soil-spb/> (дата обращения 10.01.2026)
5. Экология Санкт-Петербурга - карты загрязнений тяжелыми металлами, свинцом, диоксином, бензапиреном, радоном. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.cottagesspb.ru/ekologiya/sankt-peterburga/index.html?theCenter=\(59.9263,30.3278](https://www.cottagesspb.ru/ekologiya/sankt-peterburga/index.html?theCenter=(59.9263,30.3278) (дата обращения 10.01.2026)

Приложение

Рис. 1 Фото некоторых локаций

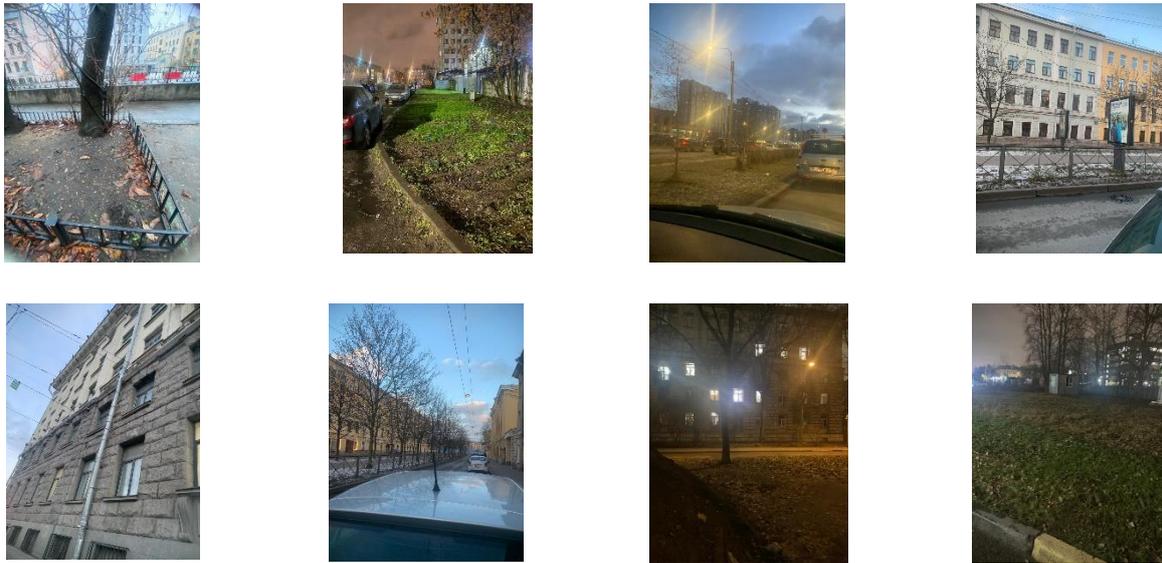


Рис.2 Подготовка образцов почвы и закладка эксперимента



Рис.3 Наблюдение за результатами эксперимента

