

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 163–168.

Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 163–168.

Научная статья

УДК 630.114.53

DOI: 10.51318/FRET.2024.50.12.017

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ЕКАТЕРИНБУРГ – НИЖНИЙ ТАГИЛ)

Иван Николаевич Гавва¹, Наталья Валентиновна Марина²,
Анатолий Витальевич Капралов³, Алина Флоритовна Уразова⁴,
Валерий Зуфарович Нагимов⁵

¹⁻⁵ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Иван Николаевич Гавва,

gavvaivan@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты оценки фитотоксичности почв в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Нижний Тагил. Этот показатель определялся методом биотестирования. В качестве тест-культуры использовалась одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer. Пробы почвы отбирались вдоль железной дороги на разном удалении от нее: перед защитной лесной полосой (первый объект), за защитной лесной полосой (второй объект) и на расстоянии 500 м от дороги (третий, контрольный объект). На каждом объекте взятие образцов почвы производилось на трех участках, отстоящих друг от друга на расстояние 50 м. Установлено, что во всех исследуемых образцах наблюдается эффект стимуляции ростовых функций тест-культуры *Chlorellavulgaris* Beijer и явление агрегации ее клеток. При этом отмечается тенденция увеличения степени фитотоксичности почв в полосе отвода железной дороги по сравнению с таковой на контроле.

ЗЛП выступает преградой распространению загрязняющих веществ, защищая от них прилегающие со стороны поля территории: перед защитной лесной полосой с путевой стороны почвы характеризуются как токсичные, а за полосой – как слаботоксичные.

Ключевые слова: железные дороги, полоса отвода, почвы, биотестирование, фитотоксичность

Для цитирования: Фитотоксичность почв вдоль железных дорог Свердловской области (на примере участка Екатеринбург – Нижний Тагил) / И. Н. Гавва, Н. В. Марина, А. В. Капралов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 3 (90). С. 163–168.

Scientific article

PHYTOTOXICITY OF SOILS ALONG RAILROADS IN THE SVERDLOVSK REGION (ON THE EXAMPLE OF THE SECTION OF YEKATERINBURG – NIZHNY TAGIL)

Ivan N. Gavva¹, Natalia V. Marina², Anatoly V. Kapralov³,
Alina F. Urazova⁴, Valery Z. Nagimov⁵

¹⁻⁵ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Corresponding author: Ivan N. Gavva,
gavvaivan@bk.ru

Abstract. The article presents the results of phytotoxicity assessment of soils in the right-of-way of the Sverdlovsk railroad on the Yekaterinburg – Nizhny Tagil section. This indicator was determined by the method of biotesting. The unicellular green alga *Chlorella vulgaris* Beijer was used as a test culture. Soil samples were taken along the railroad at different distances from it: in front of the protective forest strip (first site), behind the protective forest strip (second site) and at a distance of 500 m from the road (third, control site). At each site, soil samples were collected from three plots 50 m apart. It was found that in all the studied samples the effect of stimulation of growth functions of the test-culture *Chlorella vulgaris* Beijer and the phenomenon of aggregation of its cells were observed. At the same time, there is a tendency to increase the degree of phytotoxicity of soils in the railroad right-of-way compared to the control soil.

FFA acts as a barrier to the spread of pollutants, protecting from them the adjacent territories from the field side: in front of the protective forest belt from the track side, the soils are characterized as toxic, and behind the belt – as slightly toxic.

Keywords: railroads, right-of-way, soils, biotesting, phytotoxicity

For citation: Phytotoxicity of soils along railroads in the Sverdlovsk region (on the example of the section of Yekaterinburg – Nizhny Tagil) / I. N. Gavva, N. V. Marina, A. V. Kapralov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 3 (90). P. 163–168.

Введение

Железнодорожный транспорт является одним из постоянных источников загрязнения окружающей среды. Его экологическое преимущество заключается лишь в небольшом количестве вредных выбросов на единицу выполняемой работы. При сгорании топлива в дизельных двигателях локомотивов, истирании материалов транспортных средств, а также утечках грузов в окружающую среду (в атмосферу, гидросферу, почву) попадают токсичные вещества, которые оказывают негативное влияние на состояние растительности, животных организмов и человека. Содержащиеся в выбросах тяжелые металлы, углеводороды и некоторые другие экотоксиканты из-за их устойчивости и низкой способности к биологическому

разложению накапливаются в почве, где они могут оставаться в течение многих лет и приносить значительный ущерб экосистемам.

В этой связи актуальной задачей является определение фитотоксичности почв в полосе отвода железных дорог. Полученные при этом результаты необходимы для оценки влияния данного фактора на рост и состояние защитных лесных полос (ЗЛП) и обоснования их параметров, оптимальных по снижению негативных последствий от токсичных выбросов железнодорожного транспорта.

Объекты и методика исследования

Объектом исследований явились почвы в полосе отвода Свердловской железной дороги на участке Екатеринбург – Нижний Тагил. Созданные ЗЛП

имеют ширину от 5 до 12 м. Расстояние от оголовка рельса железной дороги до ЗЛП варьирует в пределах 9–20 м. Для достижения поставленной цели отбирались пробы почвы вдоль железной дороги на разном удалении от нее: перед защитной лесной полосой (первый объект), за защитной лесной полосой (второй объект) и на расстоянии 500 м от дороги (третий, контрольный объект). На каждом объекте взятие образцов почвы производилось на трех участках, отстоящих друг от друга на расстояние 50 м. Формирование смешанного образца на них осуществлялось с учетом соответствующих рекомендаций (ГОСТ 17.4.4.02–2017). Смешанным образцам присваивался номер, состоящий из двух цифр: первая, римская – номер объекта; вторая, арабская – номер участка. Таким образом, смешанные образцы почвы перед защитной полосой имели номера I-1, I-2, I-3, за защитной полосой – II-1, II-2, II-3, на контрольном объекте – III-1, III-2, III-3.

Определение фитотоксичности почвы осуществлялось методом биотестирования (ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04). Для его проведения готовились водные вытяжки из почвы в соотношении 1 часть почвы и 4 части дистиллированной воды. Почвенная суспензия встряхивалась в течение 2 ч, отстаивалась и фильтровалась. Метод основан на сопоставлении суточного увеличения количества клеток тест-культуры в опытном и контрольном вариантах. В качестве тест-культуры использовалась одноклеточная зеленая водоросль *Chlorella vulgaris* Beijer. Численность клеток определялась по оптической плотности суспензии водоросли при длине волны 670 нм.

Критерием токсичности испытуемого образца является снижение на 20 % и более (подавление роста) или увеличение на 30 % и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 24 ч на тестируемой воде или водной почвенной вытяжке, по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

Процесс биотестирования проводился на фитотестере при следующих условиях: температура 34–36 °С, освещенность 80 Вт/м², скорость вращения кассеты с тестируемыми образцами 30 об/мин.

Уровень токсичности образца (водной почвенной вытяжки) устанавливался на основе токсикологических характеристик через величину биологически безопасного разбавления с учетом данных табл. 1.

Таблица 1
Table 1

Токсикологические характеристики качества испытуемой воды (водной вытяжки)
Toxicological characteristics of test water quality (water extract)

Величина разбавления тестируемой воды, при которой превышен коэффициент токсичности Dilution value of the test water at which the toxicity factor is exceeded	Степень токсичности Degree of toxicity
1 (без разбавления) 1 (without dilution)	Слаботоксичная Mildly toxic
3	Среднетоксичная Moderately toxic
9	Токсичная Toxic
27	Сильнотоксичная Highly toxic
81	Гипертоксичная Hypertoxic

С этой целью из результатов биотестирования разведений пробы воды, кратных трем, выбиралось то разбавление, для которого рассчитанный коэффициент токсичности превышал значение 0,2 (подавление роста) или 0,3 (стимуляция роста).

Результаты и их обсуждение

При тестировании водных почвенных вытяжек токсическое действия на тест-культуру, помимо изменения ростовых процессов, может также проявляться в агрегации клеток водоросли (Шавнин и др., 2013; Фитотоксичность..., 2019), что сопровождается образованием в анализируемой суспензии бесцветных или зеленых комочков.

Результаты биотестирования показали, что во всех исследуемых образцах наблюдаются эффект стимуляции ростовых функций тест-культуры

Chlorella vulgaris Beijer и явление агрегации ее клеток. Однако оптическая плотность хлореллы в тестируемых образцах заметно различается. Наибольшие значения этого показателя характерны для образцов первого объекта (I-1, I-2, I-3). Наблюдается тенденция снижения численности клеток хлореллы в образцах первого и второго объектов относительно численности контрольных. Это свидетельствует об увеличении фитотоксичности почв в полосе отвода железной дороги, особенно перед защитной лесной полосой с путевой стороны.

Степень токсичности почв, установленная на основе токсикологических характеристик, в разрезе тестируемых образцов показана в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Степень токсичности почв
Degree of soil toxicity

Образец	Степень токсичности Degree of toxicity
I-1	Токсичная Toxic
I-2	Токсичная Toxic
I-3	Среднетоксичная moderately toxic
II-1	Слаботоксичная Slightly toxic
II-2	Среднетоксичная Moderately toxic
II-3	Слаботоксичная Slightly toxic
III-1	Слаботоксичная Slightly toxic
III-2	Слаботоксичная Slightly toxic
III-3	Среднетоксичная Slightly toxic

Данные табл. 2 свидетельствуют о негативном влиянии железнодорожного транспорта на состояние почвы прилегающих территорий. Такие сведения приводятся и другими исследователями (Ижова, 2016). Полученные материалы свидетельствуют, что на первом и втором участках первого объекта почва характеризуется как токсичная, а на третьем – как среднетоксичная. На втором (за полосой) и третьем (на удалении 500 м от дороги) объектах фитотоксичность почвы значительно ниже. По степени токсичности здесь почвы относятся в основном к категории слаботоксичных.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать заключение, что железнодорожный транспорт оказывает существенное влияние на состояние почв прилегающих территорий. От выбрасываемых при его функционировании вредных веществ в окружающую среду почвы в полосе отвода железной дороги становятся фитотоксичными.

Токсичность почв наиболее высока в зоне между дорогой и ЗЛП. ЗЛП выступает преградой распространению загрязняющих веществ, защищая от них прилегающие со стороны поля территории. Логично предположить, что защитные функции полос будут определяться их конструктивными и лесоводственно-таксационными характеристиками. Поэтому дальнейшие исследования в этом направлении должны быть направлены на выявление оптимальных характеристик ЗЛП не только по снегозадержанию, но и по снижению негативных последствий от токсичных выбросов железнодорожного транспорта.

Список источников

ГОСТ 14.4.4.02–2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа (введен в действие Приказом Росстандарта от 17.04.2018. № 202-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158951> (дата обращения: 09.01.2024).

Ижова К. Ф. Оценка фитотоксичности почвы в защитных лесных полосах вблизи автодороги Екатеринбург – Полевской // Молодой ученый. 2016. № 15 (119). С. 260–262.

- ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М. : МПР России, 2004. 25 с.
- Фитотоксичность почв сосновых древостоев в условиях аэротехногенного загрязнения / Н. В. Марина, А. С. Попов, Ю. Р. Касимова, М. В. Кученкова // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 1 (68). С. 31–37.
- Шавнин С. А., Марина Н. В., Голиков Д. Ю. Оценка фитотоксичности техногенных отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 4 (42). С. 204–206.

References

- GOST 14.4.4.02–2017. Interstate standard. Nature protection. Soils. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis (enacted by the Order of Rosstandart from 17.04.2018. № 202-st). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200158951> (accessed 09.01.2024). (In Russ.)
- Izhova K. F. Assessment of soil phytotoxicity in protective forest strips near the Yekaterinburg-Polevskoy highway // Young Scientist. 2016. № 15 (119). P. 260–262. (In Russ.)
- PDP F T 14.1:2:3:4.10-04. Toxicological methods of control. Methodology for determination of toxicity of samples of surface fresh, ground, drinking, waste water, aqueous extracts from soil, sewage sludge and waste by change of optical density of *Chlorella algae* (*Chlorella vulgaris* Beijer) culture. Moscow : Ministry of Natural Resources of Russia, 2004. 25 p.
- Phytotoxicity of soils of pine stands in conditions of aerotechnogenic pollution / N. V. Marina, A. S. Popov, Y. R. Kasimova, M. V. Kuchenkova // Forests of Russia and management in them. 2019. № 1 (68). P. 31–37. (In Russ.)
- Shavnin S. A., Marina N. V., Golikov D. Yu. Assessment of phytotoxicity of technogenic wastes // Izvestiya Orenburgskogo state agrarian university. 2013. № 4 (42). P. 204–206. (In Russ.)

Информация об авторах

- И. Н. Гавва – аспирант,
gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>
- Н. В. Марина – кандидат химических наук, доцент,
marinanv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2641-2981>;
- А. В. Капралов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>
- А. Ф. Уразова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>
- В. З. Нагимов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
nagimovvz@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>

Information about authors

- I. N. Gavva – postgraduate student,
gavvaivan@bk.ru, <http://orcid.org/0000-0002-9743-7879>
- N. V. Marina – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
marinanv@m.usfeu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2641-2981>

*A. V. Kapralov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
capralovav@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0001-6058-2661>*

*A. F. Urazova – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
urazovaaf@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2771-2334>*

*V. Z. Nagimov – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,
nagimovvz@m.usfeu.ru, <http://orcid.org/0000-0002-6853-2375>*

Статья поступила в редакцию 09.01.2024; принята к публикации 02.03.2024.

The article was submitted 09.01.2024; accepted for publication 02.03.2024.
