

УДК 574.5; 572.4  
DOI: 10.37890/jwt.vi72.301

## **Определение совместного влияния тяжелых металлов и нефтепродуктов на фитотоксичность почв**

**И.Б. Мясникова<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2352-2659>

**С.М. Павлова<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9110-7334>

<sup>1</sup>*Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия*

**Аннотация.** Урбанизированные территории подвержены высокой антропогенной нагрузке. Наиболее опасными поллютантами являются нефтепродукты и тяжелые металлы. Однако изучение их совместного влияния на свойства почв подробно не проводилось. В данной работе было определено совместное влияние нефтепродуктов и тяжелых металлов на фитотоксичность почвы. Эксперимент проводили на модельных системах. Установили, что при небольшом загрязнении тяжелыми металлами ведущим фактором фитотоксического эффекта является загрязнение нефтепродуктами. При значительном загрязнении тяжелыми металлами и нефтепродуктами фитотоксическое действие носит аддитивный характер от содержания данных поллютантов. С помощью программного комплекса STATISTICA 8.0 определена математическая зависимость фитотоксичности от содержания нефтепродуктов и тяжелых металлов.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, тяжелые металлы, фитотоксичность, совместное влияние, поллютанты, математическое уравнение

## **Determination of the joint effect of heavy metals and petroleum products on soil phytotoxicity**

**Irina B. Myasnikova<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2352-2659>

**Svetlana M. Pavlova<sup>1</sup>**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9110-7334>

<sup>1</sup>*Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia*

**Abstract.** Urbanized territories are subject to high anthropogenic pressure. The most dangerous pollutants are oil products and heavy metals. However, the study of their joint influence on soil properties has not been carried out in detail. In this work, the combined effect of oil products and heavy metals on soil phytotoxicity was determined. The experiment was carried out on model systems. It was found that with a small amount of heavy metal pollution, the leading factor in the phytotoxic effect is oil pollution. With significant pollution by heavy metals and oil products, the phytotoxic effect is additive in nature from the content of these pollutants. Using the software package STATISTICA 8.0, the mathematical dependence of phytotoxicity on the content of oil products and heavy metals was determined.

**Keywords:** oil products, heavy metals, phytotoxicity, joint effect, pollutants, mathematical equation

## **Введение**

Почва – сложная гетерогенная система. Она выполняет множество важных функций, в том числе предоставляет жизненное пространство для живых организмов.

Рост городов и транспортной системы приводит к уменьшению доли почв, находящихся в естественном состоянии. Образуется отдельный тип измененных почв – урбаноземы. На этих землях представлен широкий спектр типов антропогенного воздействия, что значительно ухудшает их санитарно-гигиенические, биосферные и экологические функции [1].

При всем разнообразии антропогенного воздействия на урбаноземы наиболее опасными поллютантами признаны нефтепродукты (НП) и тяжелые металлы (ТМ) [2, 3]. НП изменяют морфологические, химические, биохимические и физико-химические свойства почвы, вызывая гибель растений и микроорганизмов, способствующих её самоочищению [4]. ТМ влияют на обмен веществ организмов, изменяют осмотическое давление почвенного раствора.

Однако изучение совместного влияния НП и ТМ на свойства почв столь подробно не проводилось [5]. Для оценки состояния почвы был выбран интегральный показатель качества почв – фитотоксичность по показателям прорастания и интенсивности начального роста растений [6], поскольку эти показатели отличаются высокой чувствительностью к этим поллютантам. Поэтому целью нашей работы было – определить совместное влияние тяжёлых металлов и нефтепродуктов на фитотоксичность почв и определения ведущего фактора фитотоксического эффекта.

## **Методы**

Исследование фитотоксичности проводилось в соответствии с ГОСТ 32627-2014 и ГОСТ Р ИСО 22030-2009.

Для определения ведущего фактора фитотоксического эффекта загрязнителей определили фитотоксичность (ФТ) модельных систем: почвогрунт-НП-ТМ. В качестве тест-культуры использовали редис сорта Чемпион. В емкость высевали по 10 растений. Число параллельных опытов для каждого образца составило 3.

Почвогрунт загрязняли НП и ТМ (катионами железа III) из расчета ОПДК, 0,25ПДК, 0,5ПДК, 1ПДК и 2ПДК. ПДК (НП) = 2г/кг (средний уровень загрязнения) ПДК (ТМ) подвижная форма = 0,5 г/кг в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06.

Модельные системы находились в местах с контролируемой температурой и освещенностью при поддержании постоянной влажности.

Расчет ФТ проводили по формуле (1)

$$ФТ = \left(1 - \frac{N_i}{N_{\phi}}\right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $N_i$  - число проростков в  $i$ -ой модельной системе,

$N_{\phi}$  – число проростков в модельной системе без загрязнений.

## **Результаты**

Ошибка определения ФТ не превышала 12%.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1, 2, 3.

По данным рисунков видно, что до значения 1ПДК как по НП, так и по ТМ ФТ не выходит за пределы 20-40%. При загрязнении ТМ до 2ПДК наблюдается резкий рост ФТ при увеличении загрязнения НП. Как видим из рис. 1, 2, 3, эта тенденция сохраняется для различных вариантов расчёта фитотоксичности (проростки, длина растения, длина корня), и на рис.4 приведен обобщённый вариант влияния загрязнителей на фитотоксичность.

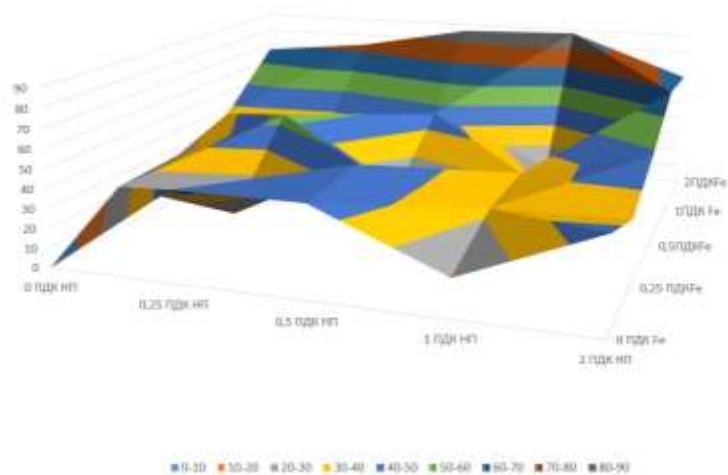


Рис. 1. Фитотоксичность по длине корня

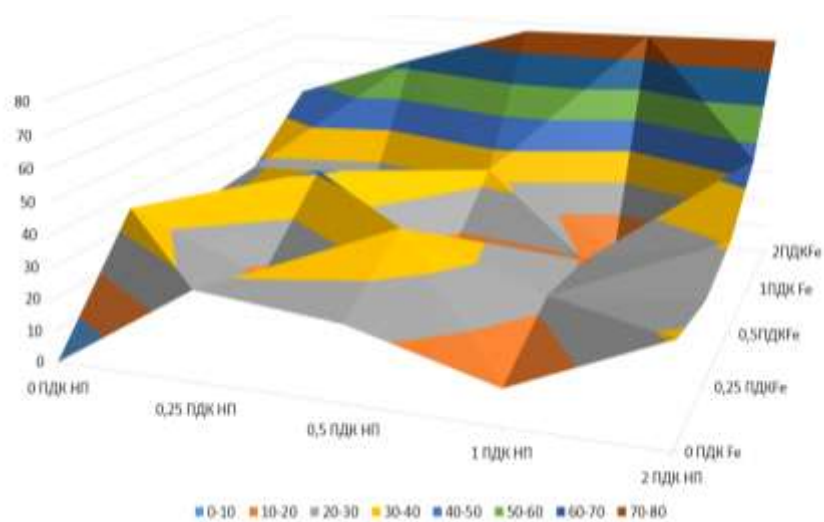


Рис. 2. Фитотоксичность по длине растения

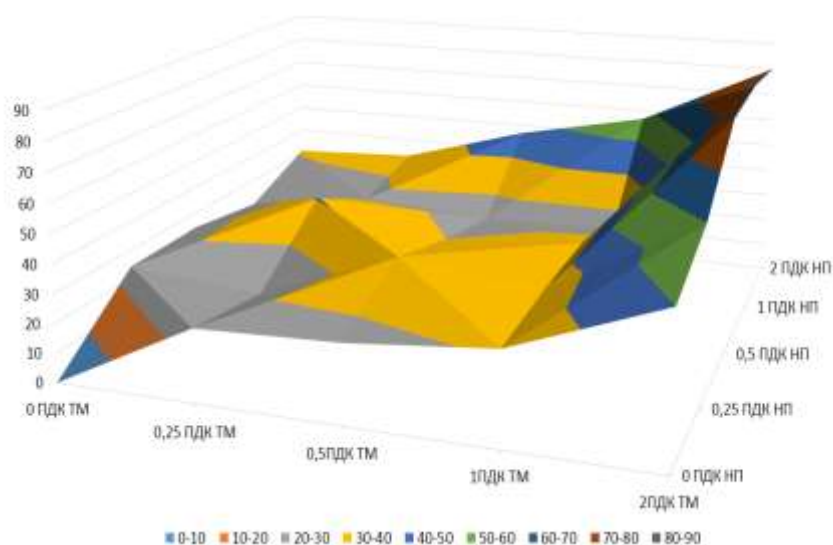


Рис. 3. Фитотоксичность по числу проростков.

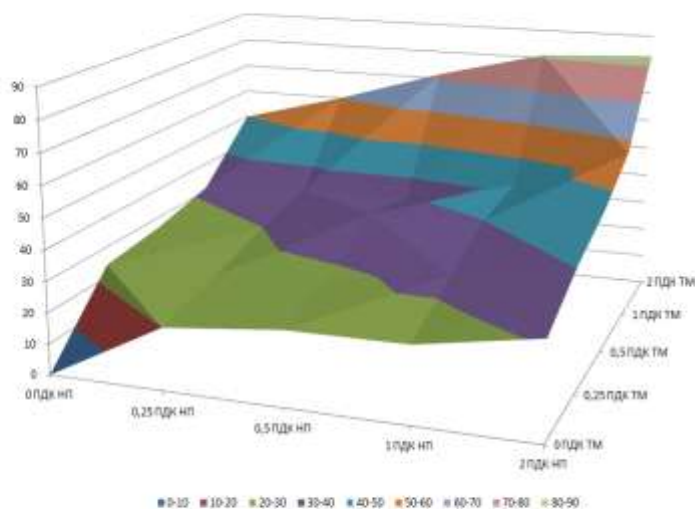


Рис. 4 Зависимость средней фитотоксичности от содержания НП и ТМ

С помощью программного комплекса STATISTICA 8.0 определили математическую зависимость ФТ от содержания НП и ТМ:  $FT = 12,4423 + 22,2367(NP) + 17,1087(TM) - 6,1531(NP)^2 + 2,801(NP)(TM) + 1,8815(TM)^2$   $R^2 = 0,92$ , что свидетельствует о хорошей сходимости результатов. На рис. 5 представлены результаты работы в программном комплексе STATISTICA 8.0.

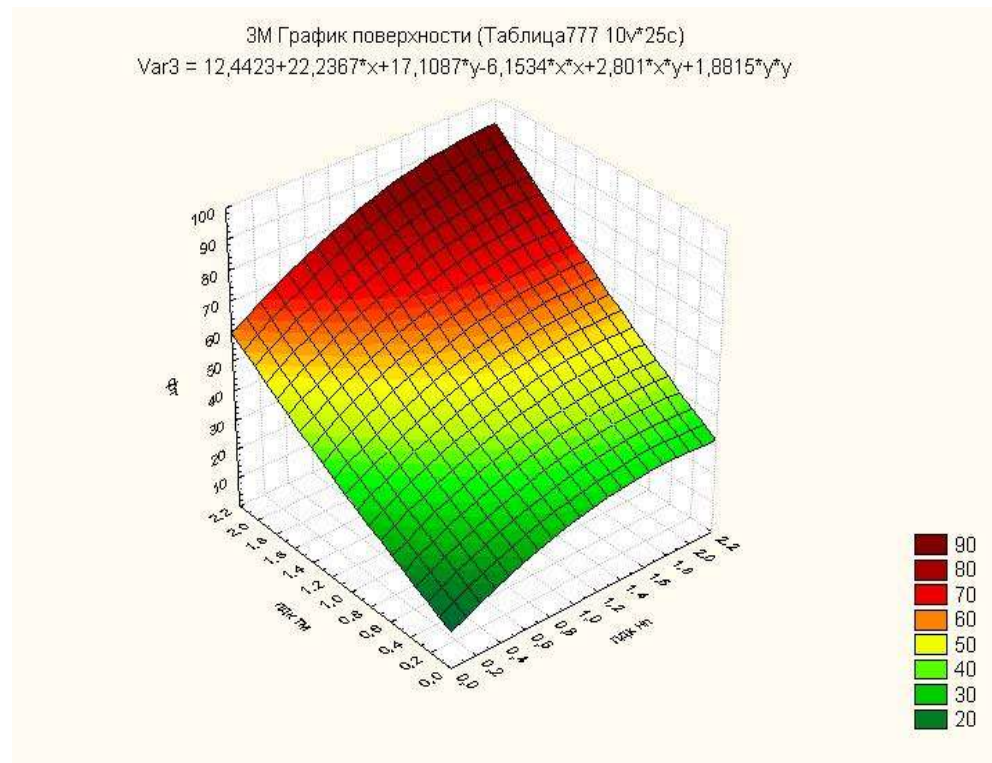


Рис. 5 График и зависимость фитотоксичности почвы от совместного влияния нефтепродуктов и тяжелых металлов.

### Обсуждение

При невысоком содержании ТМ ведущая роль фитотоксического эффекта принадлежит НП, которые даже в небольших количествах вызывают укрупнение агрегатов, ухудшают влаго- и воздухопроницаемость за счет гидрофобизирующего действия. В итоге изменяются не только морфологические свойства почвы, но и свойства почвенно-поглолительного комплекса. Гидрофобизированные частицы почвы затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних.

Напротив, ТМ в малых дозах вызывают стимулирование функциональных резервов растений при стрессовых воздействиях. При высоких концентрациях подвижных форм ТМ могут ингибировать окислительно-восстановительные реакции в клетках и влиять на отдельные этапы углеводно-липидного и аминокислотного обмена. Выше значений 1 ПДК как для НП, так и для ТМ фитотоксическое действие данных поллютантов носит аддитивный характер.

### Заключение

Было изучено совместное влияние НП и ТМ на фитотоксичность модельных систем. Установили, что при небольших концентрациях ТМ ведущая роль фитотоксического эффекта принадлежит НП, а при высоких концентрациях как ТМ, так и НП, вклад поллютантов носит аддитивный характер. С помощью программного комплекса STATISTICA 8.0 определили математическую зависимость ФТ от содержания НП и ТМ.

### Благодарности

Выражаем благодарность коллегам Пластинину А.Е и Каленкову А.Н., за помощь при работе с программным комплексом STATISTICA 8.0.

### Список литературы

1. Феоктистова И.Д.Сахно О.Н., Журавлева А.Г Оценка экологического состояния почв урбанизированных территорий, загрязненных нефтепродуктами// Известия Самарского научного центра РАН. 2011. №1(5). С. 1233-1239.
2. Михайлова А.А., Попова Л.Ф., Труфанова Н.Е. Степень загрязнения почв нефтепродуктами как показатель воздействия автотранспорта// Экологические проблемы человечества: материалы научно-практической конференции. – М.: 2009. С. 56-59.
3. Лапина Г.П., Чернавская Н.М., Литвиновский М.Е., Сазанова С.В. Физико-химические характеристики загрязнения окружающей среды при техногенных катастрофах (разлив нефти)// Химическая и биологическая безопасность. 2007. №1(31). С. 24 -32.
4. Назаров А.В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения// Вестник Пермского университета. Биология. 2007. Вып. 5 (10). С. 134-141.
5. Ляпина Н.Ш., Мясникова И.Б., Усова Л.С., Колосов Е.С. Определение фитотоксичности почв как метод оценки ее загрязнения// II Всероссийская научно-практическая конференция «Образование России и актуальные вопросы современной науки» МНИЦ ПГАУ. Часть 1. Пенза: РИО ПГАУ. 2019. С. 257 -260.
6. Кузина А. А., Колесников С.И., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В. Влияние загрязнения тяжелыми металлами и нефтью на фитотоксичность почв Черноморского побережья Кавказа.// Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2016. №2. С. 68 – 71.

### References

1. Feoktistova I.D.Saxno O.N., Zhuravleva A.G Ocenka e`kologicheskogo sostoyaniya pochv urbanizirovanny`x territorij, zagryaznenny`x nefteproduktami// Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2011. №1(5). S. 1233-1239.
2. Mixajlova A.A., Popova L.F., Trufanova N.E. Stepen` zagryazneniya pochv nefteproduktami kak pokazatel` vozdejstviya avtotransporta// E`kologicheskie pro-blemy` chelovechestva: materialy` nauchno-prakticheskoy konferencii. – M.: 2009. S. 56-59.
3. Lapina G.P., Chernavskaya N.M., Litvinovskij M.E., Sazanova S.V. Fiziko-ximicheskie karakteristiki zagryazneniya okruzhayushhej sredy` pri texnogenny`x katarst-rofax (razliv nefiti)// Ximicheskaya i biologicheskaya bezopasnost`. 2007. №1(31). S. 24 -32.
4. Nazarov A.V. Vliyanie neftyanogo zagryazneniya pochvy` na rasteniya// Vestnik Permskogo universiteta. Biologiya. 2007. Vy`p. 5 (10). S. 134-141.
5. Lyapina N.Sh., Myasnikova I.B., Usova L.S., Kolosov E.S. Opređenje fito-toksichnosti pochv kak metod ocenki ee zagryazneniya// II Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Obrazovnie Rossii i aktual`ny`e voprosy` sovremennoj nauki» MNICz PGAU. Chast` 1. Penza: RIO PGAU. 2019. S. 257 -260.
6. Kuzina A. A., Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Akimenko Yu.V. Vliyanie za-gryazneniya tyazhely`mi metallami i nef`yu na fitotoksichnost` pochv Chernomorskogo poberezh`ya Kavkaza.// Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazkij region. Estestvenny`e nauki. 2016. №2. S. 68 – 71.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мясникова Ирина Борисовна**, к.х.н., доцент, доцент кафедры охраны окружающей среды и производственной безопасности, Волжский государственный университет водного транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г.

**Irina B. Myasnikova**, Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Protection and Industrial Safety, Volga State University of Water Transport, 5, st. Nesterova, Nizhny

Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5, e-mail:  
irina120669@yandex.ru

Novgorod, 603951

**Павлова Светлана Михайловна**, ассистент  
кафедры охраны окружающей среды и  
производственной безопасности, Волжский  
государственный университет водного  
транспорта (ФГБОУ ВО «ВГУВТ»), 603951, г.  
Нижний Новгород, ул. Нестерова, 2, e-mail:  
s.pavlova2774334@gmail.com

**Svetlana M. Pavlova**, Assistant of the  
Department of Environmental Protection  
and Industrial Safety, Volga State  
University of Water Transport, 5, st.  
Nesterova, Nizhny Novgorod, 603951

Статья поступила в редакцию 08.06.2022; опубликована онлайн 20.09.2022  
Received 08.06.2022; published online 20.09.2022.