



## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 57. 042

Е.Н. Еськова, Н.Н. Кириенко

### ОЦЕНКА ЭКОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КРАСНОЯРСКА МЕТОДОМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

E.N. Eskova, N.N. Kirienko

#### ASSESSMENT OF ECOTOXICITY OF THE SOIL COVER OF VICINITIES OF KRASNOYARSK BY PHYTOTESTING METHOD

**Еськова Е.Н.** – канд. биол. наук, доц., зав. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Кириенко Н.Н.** – д-р биол. наук, проф. каф. экологии и естествознания Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: nata.k62@mail.ru

**Eskova E.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural University, Krasnoyarsk. E-mail: nikeskov@mail.ru

**Kirienko N.N.** – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Ecology and Natural Sciences, Krasnoyarsk State Agricultural university, Krasnoyarsk. E-mail: nata.k62@mail.ru

Целью исследования являлось определение влияния автотрассы М-53 на экотоксичность почвенного покрова в окрестностях г. Красноярск (п. Логовой, Емельяновский район). В задачи исследования входило выявить методом фитотестирования токсичность почвы, взятой на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50 и 100 м от дорожного полотна. Исследование проводилось в 2015–2016 гг. В качестве тест-организмов использовались пшеница мягкая яровая (*Triticum vulgare* L.) сорта Новосибирская 29 (однодольное растение) и кресс-салат (*Lepidium sativum*) сорта Забава (двудольное растение). По общепринятым методикам определялись всхожесть и энергия прорастания семян. Через 10 дней у проростков обоих видов тест-растений измерялись длина надземной части и корней. В качестве контроля использовались семена, проросшие на почве, взятой на расстоянии 200 м от дороги. Для экотоксикологической оценки определялись средние показатели снижения всхожести семян и угнетения роста корней тест-культур, выра-

женные на опытном субстрате по сравнению с данными параметрами растений, проращиваемыми на контрольной среде. Исследование экотоксичности почвенного покрова методом фитотестирования показало, что на расстоянии до 40 м от дорожного полотна автотрассы М-53 наблюдается достоверное угнетение жизненных функций тест-растений, таких как энергия прорастания и длина проростков, и на расстоянии до 50 м – всхожесть семян и длина корней. К автотранспортному загрязнению почвы большей чувствительностью обладают семена *Lepidium sativum* L. по сравнению с семенами *Triticum vulgare* L., а среди изучаемых тест-функций – длина корней. На основании экотоксикологической оценки образцов почвы, полученных по обоим видам тест-растений, к группе «опасно токсичная» относится почва на расстоянии 10 м от края автотрассы, «умеренно токсичная» – 20 м, «мало токсичная» – 30 и 40 м, «не токсичная» – 50 и 100 м.

**Ключевые слова:** почвенный покров, экотоксичность, фитотестирование, тест-растения, автотранспорт, дорожное полотно, энергия прорастания, всхожесть.

The research objective was the definition of influence of the M-53 highway on the ecotoxicity of soil cover in vicinities of Krasnoyarsk (the village of Logovoy, Emelyanovsky area). The research problems were to reveal the toxicity of the soil taken at the distance of 10, 20, 30, 40, 50 and 100 m from a roadbed by phytotesting method. The research was conducted in 2015–2016. As test organisms were used wheat soft summer (*Triticum vulgare* L.) grades Novosibirsk 29 (monocotyledonous plant) and garden cress (*Lepidium sativum*) of the grade Zabava (two-submultiple plant). Viability and energy of germination of seeds were determined by the standard techniques. In 10 days at sprouts of both species of test plants the length of elevated part and roots was measured. As control the seeds sprouted on the soil taken at distance of 200 m from the road were used. For ecotoxicological assessment the average values of decrease in viability of seeds and oppression of growth of roots of test cultures grown on a experimental substratum in comparison with these parameters of plants couched on the control environment were defined. The research of ecotoxicity of soil cover by method of phytotesting showed that on the distance up to 40 m from the roadbed of the M-53 highway reliable oppression of vital signs of test plants, such as energy of germination and length of sprouts, and on the distance to 50 m – the viability of seeds and the length of roots were observed. To motor transportation pollution of the soil big sensitivity had the seeds of *Lepidium sativum* L. in comparison with the seeds of *Triticum vulgare* L., and among the studied test functions – the length of roots. On the basis of an ecotoxicological assessment of the samples of the soil received by both species of test plants the soil at the distance of 10 m from the edge of the highway belongs to the group "dangerously toxic", "moderately toxic" – 20 m, "a little toxic" – 30 and 40 m, "not toxic" – 50 and 100 m.

**Keywords:** soil cover, ecotoxicology, phytotesting, test plants, motor transport, roadbed, energy of germination, viability.

**Введение.** Одним из эффективных методов мониторинга потенциальной опасности антропогенного воздействия на окружающую среду является фитотестирование. Этот метод основан на восприимчивости живых организмов к экзогенному воздействию. Реакцию тест-организмов в лабораторных условиях при фитотестировании оценивают по таким параметрам, как энергия прорастания, всхожесть семян, длина стебля и корней [1, 2].

Согласно международному стандарту ISO 11269-2, для фитотестирования следует выбирать не меньше двух видов растений, при этом одно из них должно относиться к однодольным, а второе – к двудольным. Тест-культуры должны выращиваться в условиях непосредственного контакта с тест-объектом – почвой. При этом почва, используемая в качестве контроля, и изучаемая почва должны быть тождественными по структуре и составу [4].

Автотранспорт относится к одному из наиболее масштабных источников антропогенного загрязнения природной среды, особенно придорожных территорий [3, 5]. На основании проведенных мониторинговых исследований в соответствии с ГОСТ 17.22.03-77 автотрасса М-53 в окрестностях г. Красноярска отнесена к дорогам с высокой интенсивностью движения (около 40 тыс. автомобилей в сутки) [6].

**Цель исследования:** определить влияние автотрассы М-53 на экотоксичность почвенного покрова в окрестностях г. Красноярска (п. Логовой, Емельяновский район).

В **задачи исследования** входило выявить методом фитотестирования токсичность почвы, взятой на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50 и 100 м от дорожного полотна.

**Методика исследования.** Отбор образцов почвы проводился согласно ГОСТ 17.4.301-83 методом «конверта» с глубины 0–20 см. Пробы почвы брались на расстоянии 10, 20, 30, 40, 50 и 100 м от кромки дороги. В качестве тест-организмов использовались пшеница мягкая яровая (*Triticum vulgare* L.) сорта Новосибирская 29 (однодольное растение) и кресс-салат (*Lepidium sativum*) сорта Забава (двудольное растение).

По общепринятым методикам (ГОСТ 12039-82 и ГОСТ 12038-84) определялись всхожесть и энергия прорастания семян. Энергию пророста-

ния у кресс-салата определяли на 3-и и всхожесть на 5-е сутки, пшеницы – на 3-и и 7-е сутки соответственно. В качестве контроля использовались семена, проросшие на почве, взятой на расстоянии 200 м от дороги.

Через 10 дней у проростков обоих видов тест-растений измерялись длина надземной части и корней с точностью до 1 мм.

Экотоксикологическая оценка давалась в соответствии с «Методикой выполнения измерений...» [7]. Определялись средние показатели снижения всхожести семян и угнетения роста корней тест-культур, выращенных на опытном субстрате, по сравнению с данными параметрами растений, проращиваемыми на контрольной среде. В соответствии с методикой техногенно-загрязненные почвы и субстраты могут быть отнесены к 5 степеням токсичности: «практически не токсичные» (снижение всхожести семян и угнетение роста корней по сравнению с контрольной пробой в пределах 20 %), «малотоксичные» (угнетение 20–40 %), «умеренно токсичные» (угнетение 40–60 %), «опасно токсичные» (угнетение 60–80 %) и «высоко опасно токсичные» (угнетение 80–100 %).

**Результаты исследования.** Полученные результаты отражены в таблицах 1–6. Из табличных данных видно негативное влияние автотрассы на тест-культуры. Так, у *Lepidium sativum* L. в зависимости от удаления от края дорожного полотна достоверное снижение ( $p < 0,05–0,01$ ) энергии прорастания составляло от 13,75 до 78,25 абс.%, лабораторной всхожести – от 11,75

до 60,5 абс.% (табл. 1) по сравнению с контролем. Подобная тест-реакция наблюдалась и у второй тест-культуры – *Triticum vulgare* L. (табл. 2): энергия прорастания семян была ниже по сравнению с контролем на 11,0–50,5 абс.%, а всхожесть – на 9,5–56,0 %.

Наибольшее угнетающее воздействие на жизнедеятельность тест-растений оказывали образцы почвы, взятые в 10 м от края дорожного полотна. Так, энергия прорастания и всхожесть семян *Lepidium sativum* L. уменьшилась на 58,5 и 60,5 абс.% по сравнению с контролем – семенами, проращиваемыми в почве, взятой в 200 м от дороги. Полученные результаты на образцах почвы, отобранной в 20 м от автотрассы, были выше на 13,25 и 9,25 абс.%.

Наиболее значимое ингибирование тест-функций фиксировалось у семян кресс-салата: энергия прорастания снизилась на 40,5 %, а всхожесть – на 42,8 %, т. е. они более чувствительно реагировали на загрязнение среды по сравнению с семенами ячменя.

При анализе таких тест-функций растений, как морфометрические показатели – это длина проростков и длина корней, достоверная разница с контролем наблюдалась у *Lepidium sativum* L. по длине ростков до 40 м от дорожного полотна и длине корней до 50 м (табл. 3). Подобные результаты получены и у проростков *Triticum vulgare* L. (табл. 4). Угнетение длины ростков составляло от 24,2 до 57,5 мм, или 15,6–57,4 %, длины корней – 15,8–56,7 %, или 11,4–60,3 % ( $p < 0,05–0,01$ ).

Таблица 1

**Влияние расстояния от автотрассы на энергию прорастания и лабораторную всхожесть *Lepidium sativum* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Энергия прорастания, %	Разница с контролем, абс.%	Всхожесть, %	Разница с контролем, абс.%
Контроль	94,75±1,9	-	92,5±1,85	-
10	36,25±1,78	58,5**	32,0±1,98	60,5**
20	49,5±2,14	45,25**	41,25±1,77	51,25**
30	65,25±1,85	29,0**	56,75±2,11	35,75**
40	81,0±1,69	13,75*	73,75±1,85	18,75**
50	86,25±2,06	8,5	80,75±1,97	11,75*
100	93,75±1,83	1,0	90,3±2,12	2,5

Здесь и далее: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ .

**Влияние расстояния от автотрассы на энергию прорастания и лабораторную всхожесть  
*Triticum vulgare* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Энергия прорастания, %	Разница с контролем, абс. %	Всхожесть, %	Разница с контролем, абс. %
Контроль	98,0±1,21	-	97,5±1,15	-
10	47,5±1,95	50,5**	41,5±2,02	56,0**
20	69,75±1,88	28,25**	56,75±1,78	40,75**
30	80,25±2,15	17,75**	76,0±1,65	21,5**
40	87,0±1,76	11,0*	82,25±1,80	15,25**
50	95,25±2,05	2,75	88,0±1,14	9,5*
100	98,75±2,16	-0,75	97,0±1,54	0,5

Таблица 3

**Влияние расстояния от автотрассы на морфометрические показатели проростков  
*Lepidium sativum* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Длина ростков, мм	Разница с контролем, мм	Длина корней, мм	Разница с контролем, мм
Контроль	46,5±1,85	-	61,4±2,08	-
10	21,8±1,62	24,7**	19,8±1,36	41,6**
20	25,3±1,85	21,2**	23,6±2,15	37,8**
30	31,4±2,19	15,1*	31,2±2,09	30,2**
40	35,1±1,96	11,4*	40,2±2,13	20,2**
50	42,7±1,85	3,8	48,7±3,15	12,7*
100	48,3±1,74	-1,8	57,8±1,97	3,6

Таблица 4

**Влияние расстояния от автотрассы на морфометрические показатели проростков  
*Triticum vulgare* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Длина ростков, мм	Разница с контролем, мм	Длина корней, мм	Разница с контролем, мм
Контроль	174,3±3,45	-	121,5±4,68	-
10	116,8±2,64	57,5**	64,8±3,39	56,7**
20	133,5±2,43	40,8**	73,1±3,56	48,4**
30	142,4±3,11	31,9**	81,7±2,14	39,8**
40	150,1±2,98	24,2*	87,2±2,89	34,1**
50	162,7±2,31	12,0	105,7±3,18	15,8*
100	168,5±2,54	5,8	118,8±2,69	2,7

В таблицах 5 и 6 и приведена экотоксикологическая оценка образцов почвы по таким тест-функциям, как всхожесть семян и длина корней тест-растений. Сделано следующее заключение о токсичности проб. К группе «опасно токсичные» отнесена почва, взятая на расстоянии 10 м от дорожного полотна. Угнетающее действие на обе тест-функции у *Lepidium sativum* L. составило 66,6 %, у *Triticum vulgare* L. – 60,3 %. К «умеренно токсичным» отнесены пробы, взятые на расстоянии 20 и 30 м от дороги по отклику кресс-салата и 20 м – пшеницы. К группе

«малотоксичная» отнесена почва на расстоянии 40 м от автотрассы по тест-функциям *Lepidium sativum* L. (27,4 %) и на расстоянии 30 и 40 м по тест-реакциям *Triticum vulgare* L. (27,5 и 21,9 % соответственно). Почвенный покров на расстоянии 50 м и более от автотрассы отнесен к «не токсичным» по результатам, полученным на обоих видах тест-растений.

Экотоксикологическая оценка почвогрунтов по снижению всхожести семян и угнетению роста корней на основании средних данных по обоим видам тест-растений приведена на рисунке.

Таблица 5

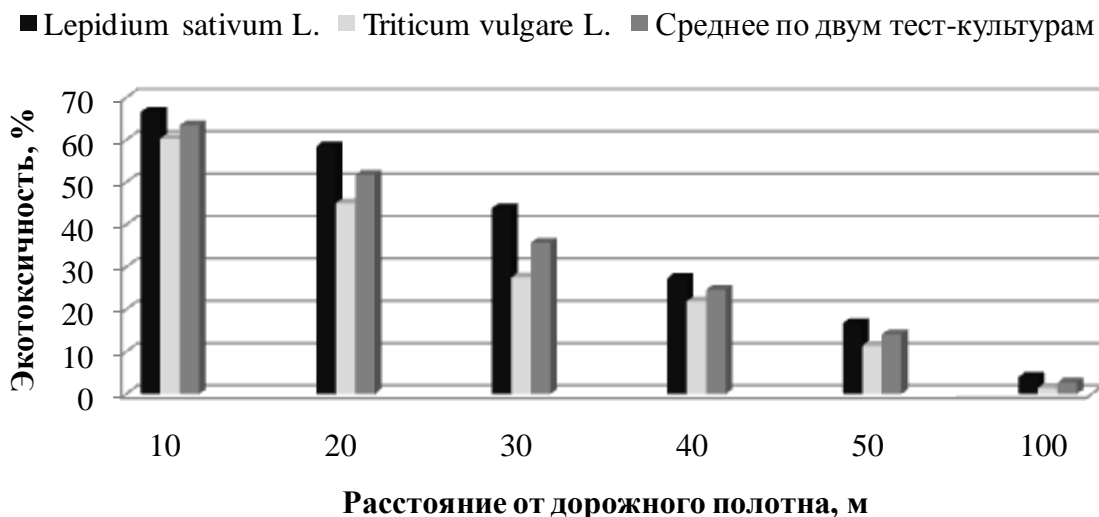
**Экотоксикологическая оценка почвы по снижению всхожести семян и угнетению роста корней *Lepidium sativum* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Разница с контролем по всхожести, %	Разница с контролем по длине корня, %	Среднее по двум тест-функциям, %	Заключение о токсичности проб
10	65,4	67,8	66,6	Опасно токсичная
20	55,4	61,6	58,5	Умеренно токсичная
30	38,6	49,2	43,9	Умеренно токсичная
40	20,3	34,5	27,4	Малотоксичная
50	12,7	20,7	16,7	Не токсичная
100	2,1	5,9	4,0	Не токсичная

Таблица 6

**Экотоксикологическая оценка почвы по снижению всхожести семян и угнетению роста корней *Triticum vulgare* L.**

Расстояние от дорожного полотна, м	Разница с контролем по всхожести, %	Разница с контролем по длине корня, %	Среднее по двум тест-функциям, %	Заключение о токсичности проб
10	57,4	63,1	60,3	Опасно токсичная
20	41,8	48,1	45,0	Умеренно токсичная
30	22,1	32,8	27,5	Мало токсичная
40	15,6	28,2	21,9	Мало токсичная
50	9,7	13,0	11,4	Не токсичная
100	0,5	2,2	1,4	Не токсичная



Влияние расстояния от автодороги на экотоксичность почвы

**Выводы.** Исследование экотоксичности почвенного покрова методом фитотестирования показало следующее:

1. На расстоянии до 40 м от дорожного полотна автодороги М-53 наблюдается достоверное угнетение жизненных функций тест-растений, таких как энергия прорастания и длина проростков, и на расстоянии до 50 м – всхожесть семян и длина корней.

2. К автотранспортному загрязнению почвы большей чувствительностью обладают семена *Lepidium sativum* L. по сравнению с семенами *Triticum vulgare* L., а среди изучаемых тест-функций – длина корней.

3. На основании экотоксикологической оценки образцов почвы, полученных по обоим видам тест-растений, к группе «опасно токсичная» относится почва на расстоянии 10 м от края автодороги, «умеренно токсичная» – 20 м, «малотоксичная» – 30 и 40 м, «не токсичная» – 50 и 100 м.

### Литература

1. Бурдин К.С. Основы биологического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 155 с.
2. Дьяченко Г.И. Мониторинг окружающей среды. – Новосибирск, 2003. – 146 с.
3. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Экологические действия автомобильных двигателей на окружающую среду. Итоги науки и техники. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1993. – 238 с.

4. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 190–198.

5. Федорова А.И., Никольская А.Н. Автотранспорт – основной загрязнитель биосферы больших городов. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М.: ВЛАДОС, 2001. – 288 с.

6. Еськова Е.Н., Кириенко Н.Н. Влияние автотранспорта на фитотоксичность снежного покрова окрестностей г. Красноярск // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 12. – С. 136–141.

7. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв / Л.П. Капелькина, Т.В. Бардина, Л.Г. Бакина [и др.]. – СПб.: Фора-принт, 2009. – 19 с.

### Literatura

1. Burdin K.S. Osnovy biologicheskogo monitoringa. – M.: Izd-vo MGU, 1985. – 155 s.
2. D'yachenko G.I. Monitoring okruzhajushhej sredy. – Novosibirsk, 2003. – 146 s.
3. Lukanin V.N., Trofimenko Ju.V. Jekologicheskie dejstvija avtomobil'nyh dvigatelej na okruzhajushhuyu sredy. Itogi nauki i tehniki. – M.: Izd-vo VINITI, 1993. – 238 s.
4. Terehova V.A. Biotestirovanie pochv: podhody i problemy // Pochvovedenie. – 2011. – № 2. – S. 190–198.

5. Fedorova A.I., Nikol'skaja A.N. Avtotransport – osnovnoj zagrjaznitel' biosfery bol'shih gorodov. Praktikum po jekologii i ohrane okruzhajushhej sredy. – M.: VLADOS, 2001. – 288 s.
6. Es'kova E.N., Kirienko N.N. Vlijanie avtotransporta na fitotoksichnost' snezhnogo pokrova okrestnostej g. Krasnojarska // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 12. – S. 136–141.
7. Metodika vypolnenija izmerenij vszhzhesti semjan i dliny kornej prorostkov vysshih rastenij dlja opredelenija toksichnosti tehnogenno-zagrjaznennyh pochv / L.P. Kapel'kina, T.V. Bardina, L.G. Bakina [i dr.]. – SPb.: Fora-print, 2009. – 19 s.



УДК 581.524

Н.А. Кононова, Т.М. Зоркина

### ДИНАМИКА ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ГАЛОФИТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ КОЙБАЛЬСКОЙ СТЕПИ (ХАКАСИЯ)\*

Н.А. Kononova, Т.М. Zorkina

### THE DYNAMICS OF HORIZONTAL STRUCTURE OF HALOPHYTIC VEGETATION IN THE CONDITIONS OF KOYBALSKY STEPPE (KHAKASSIA)

**Кононова Н.А.** – мл. науч. сотр. Института биофизики СО РАН ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: nata\_slyusar@mail.ru

**Зоркина Т.М.** – канд. биол. наук, доц. каф. биологии и экологии Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева, г. Красноярск. E-mail: tm\_zorkina@mail.ru

**Kononova N.A.** – Junior Staff Scientist, Institute of Biophysics, SB RAS FRC KRC SB RAS, Krasnoyarsk. E-mail: nata\_slyusar@mail.ru

**Zorkina T.M.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Biology and Ecology, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk. E-mail: tm\_zorkina@mail.ru

В статье рассмотрены исследования динамики галофитной растительности на южном побережье горько-соленого оз. Куринка (Койбальская степь, Хакасия). Исследования проводились в период с 2008 по 2016 г. маршрутным и стационарным методами. В ходе исследования отмечена последовательная смена растительных сообществ. Основной причиной, в отличие от северного побережья, является изменение высоты местности относительно зеркала озера. Южный берег более крутой и представляет собой северный склон куэстовой гряды, у подножия которой располагается озеро. Здесь более заметна смена видового состава в зависимости от высоты берега, крутизны склона и степени за-

соления почв. В результате исследования выделено шесть зон с последовательной сменой растительных сообществ: прибрежная зона без растительности, периодически затопляемая озерной водой; солеросовый, бескильницево-сведовый, полынно-волоснецовый, ирисово-волоснецово-бескильницево-полынно-ковыльный фитоценозы. Преобладающими являются виды из семейств Poaceae, Asteraceae и Amaranthaceae (Chenopodiaceae). Показано, что доля галофитов составляет 23 % от общего числа видов, это свидетельствует о значительной степени засоления почв. Отмечено, что видовой состав растительных сообществ остается практически неизменным за весь период ис-

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-34-00402 мол\_а.