

УДК 57.044:332.368-032.32(1-924.7)

## Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Центрального Кавказа, Западного Кавказа и Республики Крым к загрязнению нефтью

*Мощенко Д. И., Кузина А. А., Колесников С. И., Тер-Мисакянц Т. А.,  
Неведомая Е. Н., Казеев К. Ш.*

*Академия биологии и биотехнологий имени Д. И. Ивановского  
Южный федеральный университет  
Ростов-на-Дону, Россия  
dimoshenko@sfedu.ru*

Исследовано загрязнение нефтью бурых лесных почв Центрального и Западного Кавказа, а также Республики Крым. Биодиагностику проводили по результатам биологических показателей, так как они являются наиболее чувствительными к химическому загрязнению. Было отмечено, что загрязнение бурых лесных почв нефтью вызывает ухудшение их биологических свойств (микробиологические, ферментативные параметры, а также влияет на показатели роста и развитие растений). Усредненный ряд устойчивости бурых лесных почв к загрязнению нефтью по территориальной принадлежности: Центральный Кавказ  $\geq$  Республика Крым  $>$  Западный Кавказ. На основании степени нарушения экологических функций почвы получены ориентировочные значения предельно допустимого содержания нефти в бурых лесных почвах Центрального и Западного Кавказа, Республики Крым, которые целесообразно использовать для разработки региональных экологических нормативов.

*Ключевые слова:* нефть, загрязнение, бурые лесные почвы, биотестирование, Центральный Кавказ, Западный Кавказ, Республика Крым, нормирование, региональные предельно допустимые концентрации.

### ВВЕДЕНИЕ

Нефтяные углеводороды, попадая в почву, оказывают неблагоприятное воздействие на почвенную биоту, а, следовательно, создают условия стресса и изменения для наземных экосистем. Один литр отработанной нефти может загрязнить до 3784 м<sup>2</sup> почвы. Загрязненные участки являются непригодными для сельского хозяйства в течение до 100 лет (Chin et al., 2012).

Загрязнение почвы нефтью изменяет ее свойства, что приводит к плохой аэрации, иммобилизации питательных веществ и снижению pH, которые в значительной степени определяют плодородие почвы (Shukry et al., 2013). Эти изменения приводят к нарушению биологического равновесия почвы, которое выражается в снижении жизнедеятельности микроорганизмов (Das and Chandran, 2011). Таким образом, почва становится менее продуктивной (Plohl et al., 2002). Нефть относят к категории умеренно опасных веществ (ГОСТ 12.1.007-76) загрязняющих окружающую среду и оказывает негативное влияние на здоровье человека.

Цель исследований – биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Центрального и Западного Кавказа, а также Республики Крым к загрязнению нефтью и разработка региональных предельно допустимых концентраций нефти в почве.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования были использованы бурые лесные почвы, которые характеризуется кислой реакцией среды (pH 4,9), тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, низкой биологической активностью. Эти почвы формируются в экосистемах смешанных широколиственных лесов и характерны для буково-грабовых лесов.

Для модельных исследований почву отбирали из верхнего слоя 0–10 см в окрестностях города Теберды (Карачаево-Черкесская Республика, Карачаевский городской округ, 43°23'11.06"С, 41°42'20.32"В), села Горское (Краснодарский край, Туапсинский район, 44°45'47.28"С, 038°43.894' В), Ангарского перевала (Республика Крым, 44°45'47.28"С, 34°20'32.94"В). Загрязнение нефтью проводили в концентрации – 1, 5 и 10 % от массы почвы, так как ПДК для нефти не разработана. Нефть, используемая в исследовании, имеет малое количество механических примесей, среднюю плотность, среднее содержание хлористых солей и серы (Химическая энциклопедия, 1992). Загрязнение почвы нефтью до 10 % от массы почвы и более часто встречается в районах нефтедобычи, транспортировки и переработки нефти (Трофимов и др., 2000; Пиковский, 2003). Образцы для лабораторно-аналитического исследования отбирали через 30 дней после загрязнения. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным (Колесников и др., 2008).

Биологические параметры в почвах, исследовали согласно общепринятым методам в биологии, почвоведении и экологии. (Казеев и др., 2016). Они представлены в таблице 1.

Таблица 1

Лабораторно-аналитические методы исследования почв

Показатель	Метод
Общая численность бактерий	По Д. Г. Звягинцеву, П. А. Кожевину
Активность каталазы	По А. Ш. Галстяну
Активность дегидрогеназ	По А. Ш. Галстяну в модификации Ф. Х. Хазиева
Численность бактерий рода <i>Azotobacter</i>	Метод комочков обрастания на среде Эшби
Целлюлозолитическая активность	По разложению хлопчатобумажного полотна
Фитотоксические свойства почвы	По изменению показателей прорастания семян (всхожесть) и интенсивности начального роста проростков (длина корней)

Для комплексной оценки результатов исследования, использовали интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы. (Колесников и др., 2007).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Загрязнение бурых лесных почв нефтью, приводит к угнетению их эколого-биологических показателей. Это выражается в снижении численности бактерий, обилия бактерий рода *Azotobacter*, активности каталазы и дегидрогеназ, длины корней растений редиса. Генетические свойства почвы, природа и концентрация загрязняющего вещества определяют степень снижения биологических показателей.

На рисунках 1–4 представлены результаты устойчивости бурых лесных почв по биологическим показателям.

В результате исследования установлено, что загрязнение бурой лесной почвы Центрального Кавказа нефтью ведет, в большинстве случаев, к снижению биологической активности почвы. В вариантах целлюлозолитической способности почвы с концентрацией нефти равной 10 % воздействие на почвенную биоту достаточно велико, о чем свидетельствует не разложившееся хлопчатобумажное полотно. В случае обилия бактерии рода *Azotobacter*, при концентрации нефти равной 5 % и 10 % токсическое воздействие имеет схожую силу.

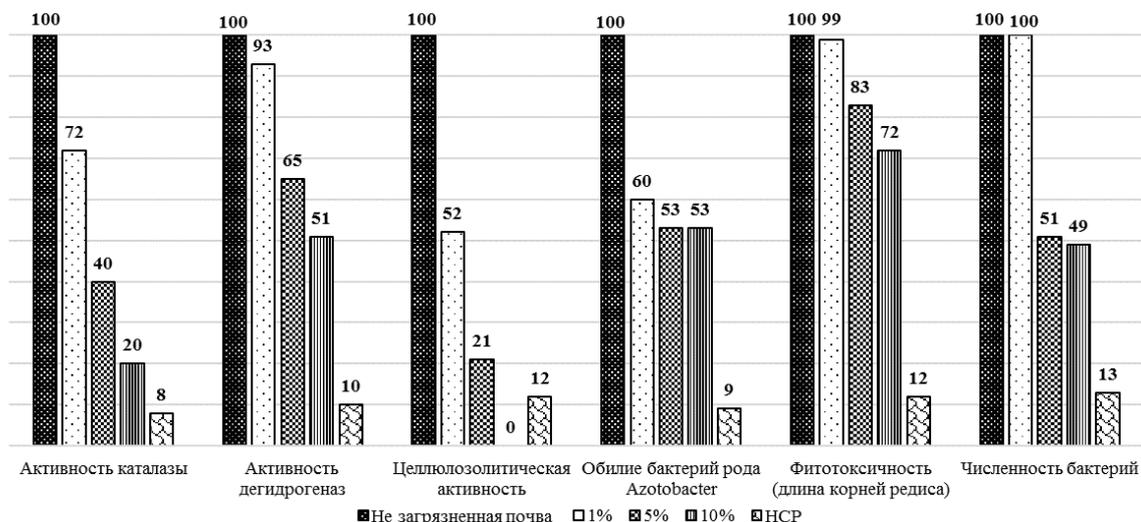


Рис. 1. Изменение биологических показателей бурой лесной почвы Центрального Кавказа после загрязнения нефтью, % от контроля

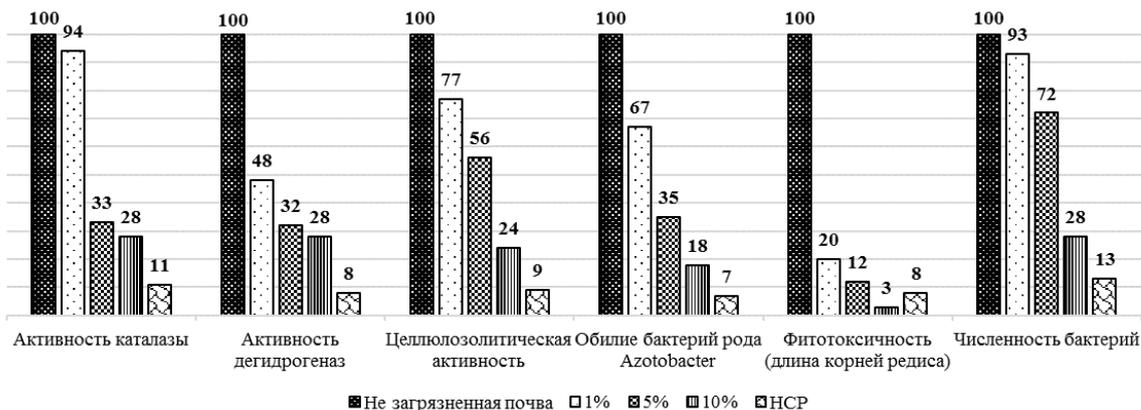


Рис. 2. Изменение биологических показателей бурой лесной почвы Западного Кавказа после загрязнения нефтью, % от контроля

Загрязнение бурой лесной почвы Западного Кавказа нефтью приводит к снижению: микробиологических показателей, ферментативной активности, целлюлозолитической способности и численности бактерий. Нефть оказала существенное влияние на фитотоксические свойства бурой лесной почвы (длина корней редиса). Наблюдалась прямая зависимость снижения фитотоксических показателей от концентрации нефти: чем выше доза, тем меньше длина корней редиса.

При загрязнении бурой лесной почвы Республики Крым установлено отрицательное влияние нефти на ферментативную активность. Активность дегидрогеназ снижалась сильнее, чем активность каталазы. Так же существенное отрицательное воздействие нефти даже при малых концентрациях можно отметить в вариантах обилия бактерий рода *Azotobacter*.

На основании полученных данных (рис. 4), можно сделать вывод, что наиболее устойчивой к загрязнению нефтью является бурая лесная почва, отобранная на территории Центрального Кавказа. Промежуточную устойчивость проявила бурая лесная почва, отобранная на территории Республики Крым. Наименее устойчивой, является бурая лесная почва Западного Кавказа.

Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв  
Центрального Кавказа, Западного Кавказа и Республики Крым к загрязнению нефтью

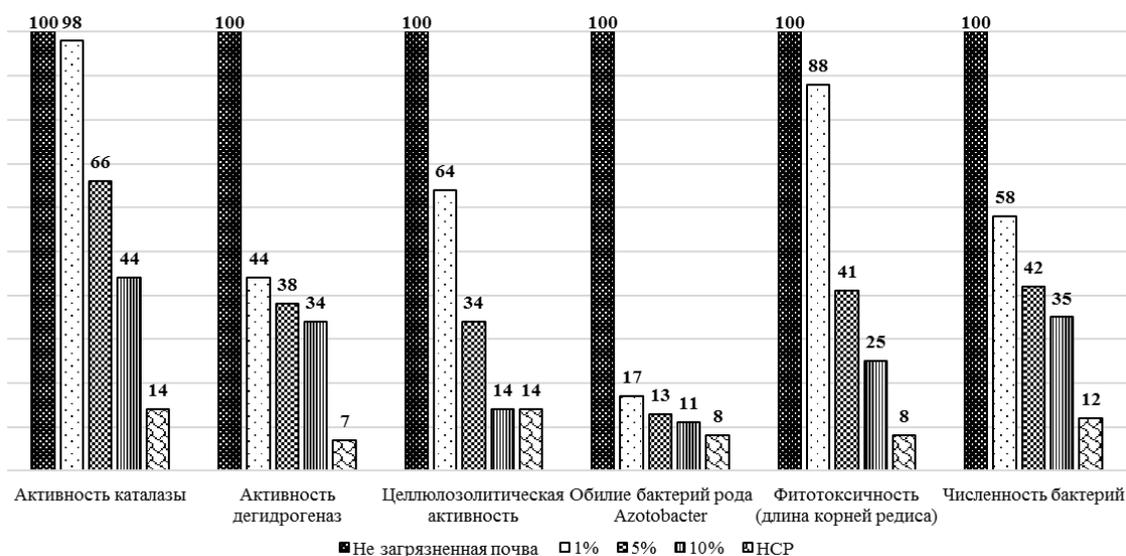


Рис. 3. Изменение биологических показателей бурой лесной почвы Республики Крым после загрязнения нефтью, % от контроля

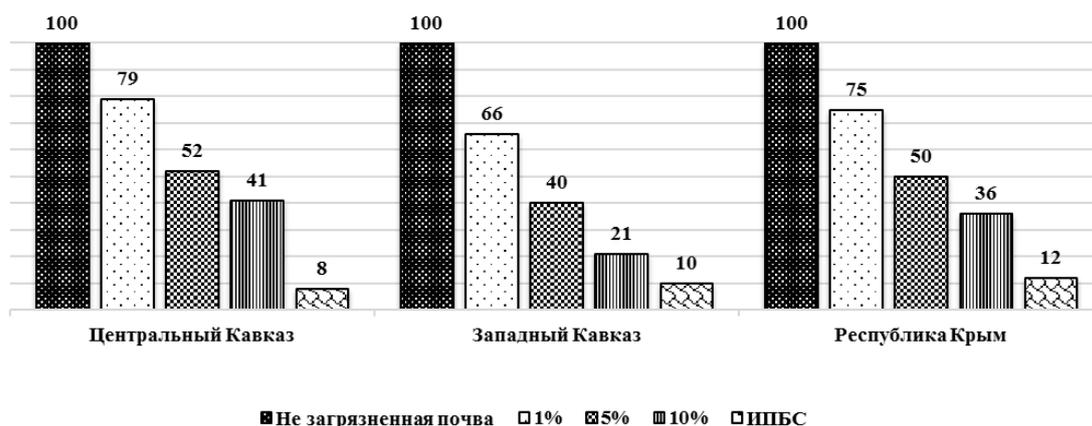


Рис. 4. Изменение ИПБС бурых лесных почв после загрязнения нефтью, % от контроля

Обобщив полученные данные, можно построить усредненный ряд устойчивости бурых лесных почв к загрязнению нефтью по территориальной принадлежности: Центральный Кавказ  $\geq$  Республика Крым  $>$  Западный Кавказ.

Устойчивость почв к загрязнению нефтью зависит от их биологической активности и степени оструктуренности. Хорошая оструктуренность почв обеспечивает поддержание водно-воздушного режима, важного для биологических процессов, а высокая биологическая активность способствует высокой скорости разложения нефти в почве (Колесников и др., 2013).

В данном исследовании с помощью уравнений регрессии, отражающих зависимость снижения значений ИПБС от содержания в почве загрязняющего вещества были получены ориентировочные значения для разработки региональных нормативов предельно допустимого содержания нефти в бурых лесных почвах Центрального Кавказа, Западного Кавказа, Республики Крым (табл. 2).

Таблица 2

Ориентировочные значения для разработки региональных нормативов предельно допустимого содержания нефти в бурых лесных почвах по степени нарушения экофункций

Степень загрязнения почв	Не загрязненные	Загрязненные слабо	Загрязненные средне	Загрязненные сильно
Изменение выполняемых функций почвы <sup>1</sup>	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические, целостные	Физические
Снижение интегрального показателя <sup>2</sup>	<5 %	5–10 %	10–25 %	>25 %
Регион	Содержание нефти в почве, %			
Центральный Кавказ	<0,15	0,15–0,25	0,25–1,50	>1,50
Западный Кавказ	<0,15	0,15–0,20	0,20–0,50	>0,5
Республика Крым	<0,15	0,15–0,25	0,25–1,50	>1,50

Примечание к таблице. Классификация экологических функций по Г. В. Добровольскому и Е. Д. Никитину (1990); Определение интегрального показателя по С. И. Колесникову, К. Ш. Казееву и В. Ф. Валькову (2000).

## ВЫВОДЫ

1. Загрязнение бурых лесных почв Центрального Кавказа, Западного Кавказа и Республики Крым нефтью, приводит к снижению значений всех биологических показателей: общей численности бактерий, обилия бактерий рода *Azotobacter*, активности каталазы и дегидрогеназ, целлюлозолитической способности, длины корней редиса.

2. Бурые лесные почвы Центрального Кавказа, Западного Кавказа, Республики Крым показали относительно низкую устойчивость к загрязнению нефтью. Нами был построен усредненный ряд устойчивости бурых лесных почв к загрязнению нефтью по территориальной принадлежности: Центральный Кавказ  $\geq$  Республика Крым  $>$  Западный Кавказ.

3. На основании степени нарушения экологических функций почвы получены ориентировочные значения предельно допустимого содержания нефти в бурых лесных почвах Центрального Кавказа, Западного Кавказа, Республики Крым, которые целесообразно использовать для разработки региональных экологических нормативов (рПДК).

*Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).*

## Список литературы

- ГОСТ Р. 12.1. 007-76 Вредные вещества // Классификация и общие требования безопасности. – М., Издательство стандартов, 1976. – 7 с.
- Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). – М.: Наука, 1990. – 261 с.
- Казеев К. Ш., Колесников С. И., Акименко Ю. В., Даденко Е. В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Южный федеральный университет – Ростов н/Д: Издательство Южного федерального университета, 2016. – 356 с.
- Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. – Ростов-н/Д: СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.

Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф., Азнаурьян Д. К., Жаркова М. Г. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. – Ростов-на-Дону: Изд-во: Ростиздат, 2007. – 192 с.

Колесников С. И., Казеев К. Ш., Вальков В. Ф., Тлехас З. Р. Устойчивость почв Республики Адыгея к химическому загрязнению. – Ростов н/Д: Эверест, 2008. – 156 с.

Колесников С. И., Спивакова, Н. А., Везденеева, Л. С., Кузнецова, Ю. С., Казеев, К. Ш. Влияние модельного загрязнения нефтью на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Аридные экосистемы. – 2013. – Т. 19, №. 2 (55). – С. 58–63.

Пиковский Ю. И., Геннадиев А. Н., Чернянский С. С., Сахаров Г. Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение, – 2003. №. 9. – С. 1132–1140.

Трофимов С. Я., Аммосова Я. М., Орлов Д. С., Осипова Н. Н., Суханова Н. И. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы // Вестник Московского Университета. Серия 17: Почвоведение. – 2000. № 2. – С.30–34.

Химическая энциклопедия: В 5 т.: – т. 3. [Гл. ред. И. Л. Кнунянц]. – М.: Большая Российская энциклопедия, – 1992. – 639 с.

Chin S. C., Shafiq N., Nuruddin F. Effects of used engine oil in reinforced concrete beams: the structural behaviour //International Journal of Civil and Geological Engineering. – 2012, N 6. – P. 83–90.

Das N., Chandran P. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview //Biotechnology research international. – 2011. – P. 1–14.

Plohl K., Leskovsek H., Bricelj M. Biological degradation of motor oil in water // Acta Chimica Slovenica. – 2002, Vol. 49, N 2. – P. 279–290.

Shukry W. M., Al-Hawas G. H. S., Al-Moaikal R. M. S., El-Bendary M. A. Effect of petroleum crude oil on mineral nutrient elements, soil properties and bacterial biomass of the rhizosphere of jojoba // British journal of environment and climate change. – 2013, – Vol. 3, N 1, – P. 103–118.

**Moshchenko D. I., Kuzina A. A., Kolesnikov S. I., Ter-Misakyants T. A., Nevedomaya E. N., Kazeev K. Sh. Biodiagnostics of resistance of brown forest soils of Central Caucasus, Western Caucasus and the Republic of Crimea to oil pollution // Ekosistemy. 2020. Iss. 24. P. 124–129.**

Brown forest soils pollution by oil of the Central and Western Caucasus, as well as the Republic of Crimea was studied. Biodiagnostics was conducted on the basis of biological indicators, as they are the most sensitive to chemical contamination. It was noted that brown forest soils pollution by oil caused deterioration of their biological features, such as microbiological indicators, enzymatic activity of the soil, deterioration of plant growth and development. The averaged series of brown forest soil resistance to pollution by oil by territory made the following sequence: Central Caucasus  $\geq$  Republic of Crimea  $>$  Western Caucasus. On the basis of the degree of reduction of environmental functions of the soil, approximate values of maximum permissible concentration of oil in brown forest soils of the Republic of Crimea, Central and Western Caucasus were obtained, which should be used for the development of regional environmental standards.

*Key words:* oil, pollution, brown forest soils, biotesting, Central Caucasus, Western Caucasus, Republic of Crimea, regulatory actions, regional maximum permissible concentrations.

*Поступила в редакцию 08.10.20*