

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
E-ISSN: 2413-7316  
Vol. 9, Is. 3, pp. 205-217, 2016

DOI: 10.13187/bgt.2016.9.205  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



UDC 631.46; 57.044

### Change of the Dehydrogenase Activity in Soils of Caucasus Black Sea Coast at Pollution of Heavy Metals and Oil

Sergei I. Kolesnikov <sup>a, \*</sup>, Anna A. Kuzina <sup>a</sup>, Kamil Sh. Kazeev <sup>a</sup>, Natal'ya A. Vernigorova <sup>a</sup>, Natal'ya A. Evstegneeva <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Southern Federal University, Russian Federation

#### Abstract

At the present time soils are exposed to increasing anthropogenic impact. The construction of new resorts, roads, pipelines – all of which can increase the soil pollution with heavy metals and oil. One of the most sensitive and informative indicators of the ecological condition of soils is the determination of the activity of the dehydrogenase. As a result, modeling studies found that pollution of chromium, copper, nickel, lead and oil reduces the dehydrogenase activity in all major soils of the Black Sea coast of the Caucasus: southern chernozem, brown typical, brown leached, brown carbonate, brown forest acidic, brown forest acid podzolized, sod-carbonate typical, sod-carbonate leached soils, zheltozem. As a rule, for all investigated heavy metals and oil was a direct relationship between the content in the soil contaminant and the degree of reduction of the biological indicator. The results indicate that the most significant negative impact has chrome. In terms of the negative impact of the change dehydrogenase activity in the studied soils Black Sea coast heavy metal oxides to form the following generalized sequence:  $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$ . A comparative evaluation of the stability of the dehydrogenase activity to contamination with heavy metals and oil for the main soils of the Black Sea coast of the Caucasus. Heavy metal pollution is least affected dehydrogenase activity typical sod-carbonate soils. For oil pollution on a particular indicator were more stable brown soil Resistance to the chemical contamination of soil depends on the nature and concentrations of pollutants in the soil, as well as the genetic properties of the soil itself.

**Keywords:** chrome, nickel, lead, copper, oil, dehydrogenase, stability, pollution.

#### 1. Введение

Несмотря на попытки природоохранных мероприятий, внедрение различные экологических программ, создание охраняемых территорий, усилий ликвидировать прошлый экологический ущерб и т.п., уже около 60 % экосистем нашей планеты нарушено (Reid et al., 2005), истощаются ресурсы, а многие почвы находятся в состоянии деградации в виде урбанизированных, промышленных территориальных комплексов или пустынь (Kalinitchenko, 2016a). Для преодоления деградации земель, создания технологий биogeосистемотехники (Glazko, Sister, 2016) следует иметь адекватные решению задачи

\* Corresponding author  
E-mail addresses: [kolesnikov@sfedu.ru](mailto:kolesnikov@sfedu.ru) (S. I. Kolesnikov)

конструирования почв (Шоба и др., 2015; Глинушкин и др., 2016), рециклинга отходов (Teaf et al., 2010; Калиниченко, 2016), качества (Pardo et al., 2014), устойчивости и определенности биосферы (Batukaev et al., 2016; Kalinitchenko, 2016b) сведения о свойствах почв в различных условиях антропогенного воздействия.

В Российской Федерации на территории Черноморского побережья Кавказа встречаются редкие, представляющие научный интерес почвы: желтоземы влажных субтропиков, коричневые почвы сухих субтропиков, черноземы южные (каштановые) Тамани. В настоящее время перечисленные почвы подвергаются все большему антропогенному воздействию. А строительство новых курортов, автомобильных дорог, нефтепроводов могут усилить загрязнение этих почв тяжелыми металлами (ТМ) и нефтью. Считается, что загрязнение ТМ (Minnikova et al., 2016) и нефтью (Smirnova, Breus, 2013; Yakovleva, Beznosikov et al., 2012) относятся к наиболее опасной категории загрязняющих веществ и является важной гео-экологической проблемой (Urazmetov, Smirnova, 2014).

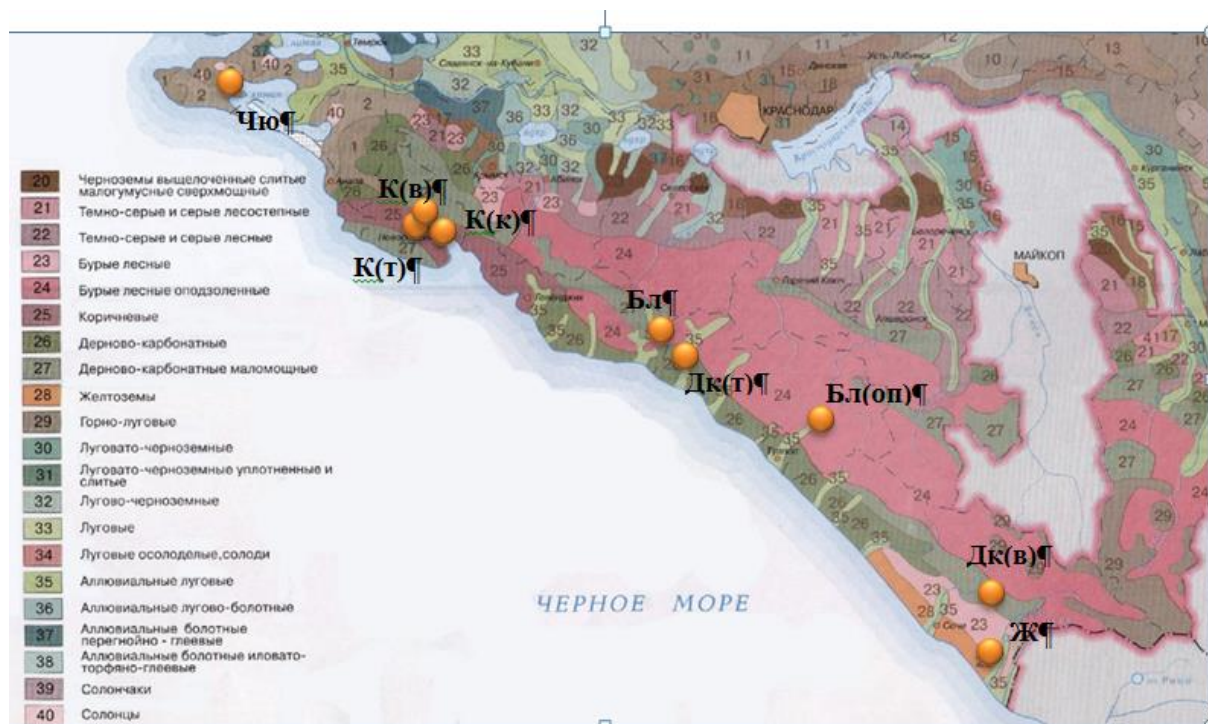
В силу значительных отличий эколого-генетических свойств исследуемых почв, таких как количество гумуса, интенсивность биологических процессов, реакция среды, поглотительная способность и др. (Вальков и др., 2008), почвы Черноморского побережья Кавказа существенно разнятся между собой по устойчивости к антропогенному воздействию.

Одним из важных параметров экологического состояния почв является определение ферментативной активности (Kotrocó et al., 2014; Karaca, 2010; Колесников и др., 2000; Mganga et al., 2015). Этот показатель все чаще применяют для диагностики качества почв (Paz-Ferreiro et al., 2011; Vasconcellos et al., 2013). Актуальность использования данного показателя в качестве диагностического параметра при нефтяном загрязнении подтверждают и последние исследования (Сулейманов, 2005). Применению ферментативной активности в качестве диагностического показателя биологического состояния почв способствуют низкая ошибка опытов 5-8 %, хорошая устойчивость ферментов к длительному хранению почвенных образцов (Галстян, 1982; Даденко и др., 2003).

Цель настоящей работы — исследовать изменение активности дегидрогеназы в основных типах и подтипах почв Черноморского побережья Кавказа при загрязнении тяжелыми металлами и нефтью.

## **2. Материалы и методы**

В качестве объектов исследования были использованы все основные почвы Черноморского побережья Кавказа: чернозем южный, коричневая выщелоченная, коричневая типичная, коричневая карбонатная, бурая лесная кислая, бурая лесная кислая оподзоленная, дерново-карбонатная типичная, дерново-карбонатная выщелоченная, желтозем (рис. 1, табл. 1).



**Рис. 1.** Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа для модельных опытов на почвенной картосхеме.

Условные обозначения: Чю – чернозем южный, К(т) – коричневая типичная, К(в) – коричневая выщелоченная, К(к) – коричневая карбонатная, Бл – бурая лесная кислая, Бл(оп) – бурая лесная кислая оподзоленная, Дк(т) – дерново-карбонатная типичная, Дк(в) – дерново-карбонатная выщелоченная, Ж – желтозем

Образцы почв для лабораторного моделирования загрязнения были отобраны в слое 0–10 см, где накапливается основное количество загрязняющих веществ.

В качестве ТМ были выбраны *Cr*, *Cu*, *Ni*, *Pb*, поскольку именно ими в значительной степени загрязнены почвы на юге России (Алексеев и др., 2012). Кроме того, эти ТМ интересны для сравнения – их предельно допустимые концентрации (ПДК) составляют 100 мг/кг почвы (Касьяненко, 1992). Использовали значения ПДК, разработанные в Германии. Во-первых, потому, что ПДК в почве общего (валового) содержания меди и никеля в России отсутствуют. Во-вторых, «российская» ПДК свинца зачастую не может быть использована, так как меньше содержания этого элемента во многих почвах (Колесников и др., 2000).

ПДК в почве нефти также не разработана (Околелова и др., 2015), поэтому ее содержание в почве выражали в процентах. Нефть вносили в концентрации 1, 5, 10 % от массы почвы. Установлено, что попадание в почву минеральных и органических компонентов нефти вызывает значительные изменения свойств самих почв и условий произрастания растений. А геохимическая трансформация почв при нефтяном загрязнении приводит к деградационным процессам и потере почвенного плодородия (Околелова и др., 2016).

ТМ в почву вносили в форме оксидов:  $CrO_3$ ,  $CuO$ ,  $NiO$ ,  $PbO$ . Их существенная доля поступает в почву именно в этой форме (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Применение оксидов ТМ исключает воздействие на показатели почвы сопутствующих анионов, как это бывает при внесении солей металлов.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20–22 °С) и оптимальном увлажнении (60 % полной влагоемкости) в трехкратной повторности.

Количество гумуса определяли в незагрязненных образцах по методике Тюрина со спектрофотометрическим окончанием (Орлов, Гришина, 1981).

**Таблица 1.** Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа и их эколого-генетические характеристики

Почва	Место отбора	Координаты	Содержание гумуса, %	pH	Гранулометрический состав
Чернозем южный	Темрюкский район, г. Тамань	45°10'51.73"N 36°41'30.47"E	3,2	7,7	Тяжелосуглинистый
Коричневая типичная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°46.764 E. 37°31.702 N	9,3	7,2	Тяжелосуглинистый
Коричневая карбонатная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°47.139 E 37°24.971 N	15,0	7,0	Среднесуглинистый
Коричневая выщелоченная	Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»	44°45.880 E 37°26.958 N	6,8	7,1	Тяжелосуглинистый
Бурая лесная кислая	Туапсинский р-н, с. Горское	44°23.342' N 038°43.894' E	1,3	4,4	Тяжелосуглинистый
Бурая лесная кислая оподзоленная	г. Сочи, Лазаревский р-н, Сочинский национальный парк	43°52.048' N 039°24.214' E	1,7	4,1	Легкосуглинистый
Дерново-карбонатная типичная	Туапсинский р-н, п. Джубга	44°19.624' N 038°41.636' E	5,4	7,5	Тяжелосуглинистый
Дерново-карбонатная выщелоченная	г. Сочи, Хостинский р-н, Кавказский заповедник, Тисосамшитовая роща	43°31.683' N 39°52.412' E	4,8	6,9	Тяжелосуглинистый
Желтозем	г. Сочи, Адлерский р-н	43°27.445' N 039°56.952' E	3,2	5,2	Тяжелосуглинистый

pH почв определяли в контрольных вариантах потенциометрическим методом (Практикум по почвоведению, 1986).

Активность дегидрогеназы определяли методом Галстяна в модификации Хазиева (Казеев и др., 2003) через 30 суток после загрязнения. Установлено, что этот срок является наиболее информативным для оценки химического воздействия на почву (Колесников и др., 2006).

### 3. Результаты и обсуждения

В результате проведенных модельных опытов установлено, что загрязнение почв ТМ и нефтью, как правило, снижает активность дегидрогеназы почв Черноморского побережья Кавказа (табл. 2).

ТМ связываются с сульфгидрильными группами молекулы дегидрогеназы, тем самым нарушая ее ферментные свойства. Нефть обволакивает почвенные частицы, ограничивает доступ воздуха и блокирует работу окислительно-восстановительного фермента.

По степени негативного влияния на активность дегидрогеназы почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий ряд:  $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$ .

Поскольку ПДК всех четырех исследованных ТМ одинаково — 100 мг/кг — возможно корректное сравнение их токсического действия по отношению к исследованным биологическим показателям. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное негативное воздействие оказал хром. Свинец, медь и никель проявили меньшее по силе воздействие.

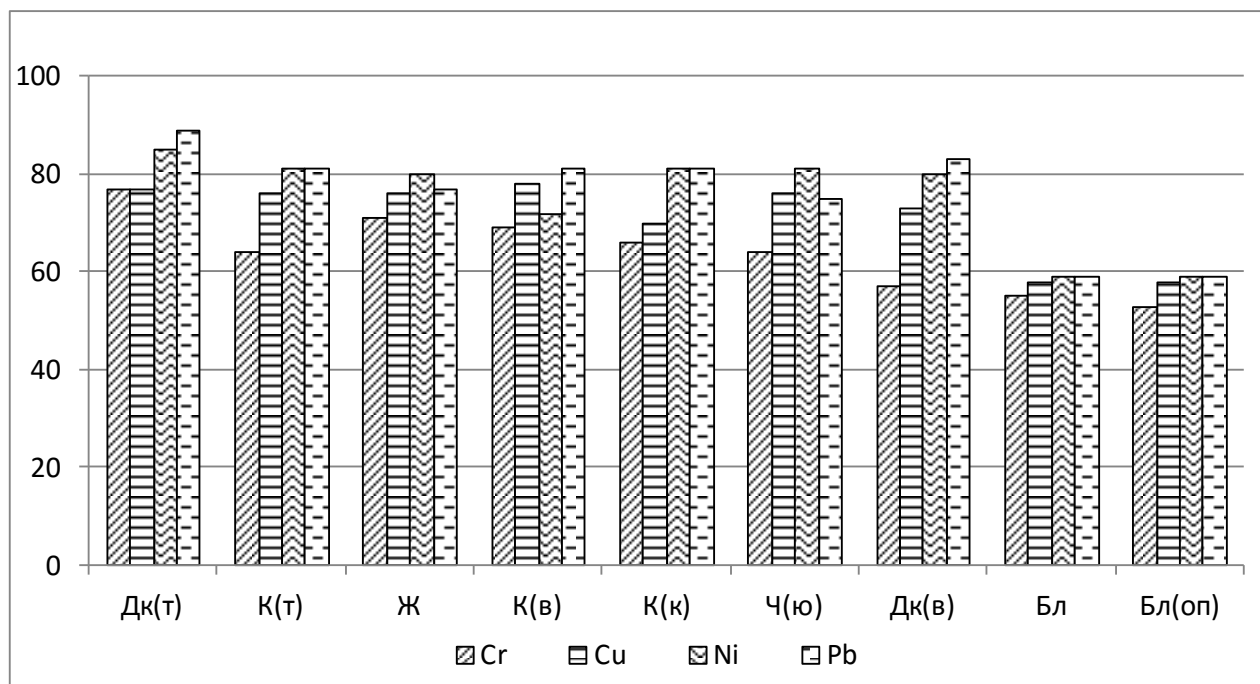
**Таблица 2.** Влияния химического загрязнения на активность дегидрогеназы в почвах Черноморского побережья Кавказа

Элемент	Доза загрязняющего вещества				
	Контроль	1 ПДК (1%)	10 ПДК (5%)	100 ПДК (10%)	НСР <sub>05</sub>
Чернозем южный					
Cr	16,5	12,8	10,2	3,2	1,4
Cu	16,5	13,7	12,6	7,3	1,7
Ni	16,5	16,5	12,2	8,3	1,8
Pb	16,5	15,8	10,6	6,9	1,7
Нефть	16,5	14,2	11,4	6,8	0,8
НСР <sub>05</sub>		1,4	1,1	0,9	
Коричневая типичная					
Cr	9,0	7,5	3,6	2,9	4,2
Cu	9,0	8,8	6,4	3,3	2,5
Ni	9,0	8,9	7,3	3,9	2,9
Pb	9,0	8,7	7,1	4,5	1,0
Нефть	9,0	9,3	8,6	5,4	4,1
НСР <sub>05</sub>		1,0	1,0	0,8	
Коричневая выщелоченная					
Cr	7,3	6,6	3,8	2,5	0,7
Cu	7,3	6,8	6,1	2,7	0,8
Ni	7,3	6,5	5,6	1,7	0,7
Pb	7,3	6,2	5,1	5,1	0,8
Нефть	7,3	6,7	5,3	3,4	0,8
НСР <sub>05</sub>		0,9	0,7	0,5	
Коричневая карбонатная					
Cr	8,7	8,5	4,6	1,3	1,4
Cu	8,7	8,4	5,2	2,2	0,8
Ni	8,7	9,1	6,1	4,2	0,7
Pb	8,7	8,8	7,5	3,4	1,0
Нефть	8,7	8,9	6,6	5,3	1,0
НСР <sub>05</sub>		1,0	0,9	0,7	
Бурая лесная кислая					
Cr	5,0	2,7	2,2	1,2	0,7
Cu	5,0	2,7	2,5	1,4	0,4
Ni	5,0	2,8	2,2	1,9	0,3
Pb	5,0	3,1	2,6	1,1	0,4
Нефть	5,0	2,4	1,6	1,4	0,4
НСР <sub>05</sub>		0,3	0,3	0,2	
Бурая лесная кислая оподзоленная					
Cr	3,7	1,5	1,4	1,2	0,5
Cu	3,7	2,0	1,5	1,3	0,3
Ni	3,7	2,0	1,5	1,5	0,2
Pb	3,7	2,6	2,5	1,4	0,3
Нефть	3,7	1,9	0,7	0,7	0,2
НСР <sub>05</sub>		0,2	0,2	0,2	
Дерново-карбонатная типичная					
Cr	6,3	6,3	4,7	2,1	1,1
Cu	6,3	5,8	4,5	2,9	0,7
Ni	6,3	7,1	4,5	3,5	0,6
Pb	6,3	6,8	5,4	3,9	0,8
Нефть	6,3	4,8	4,3	3,8	0,6
НСР <sub>05</sub>		0,7	0,6	0,6	
Дерново-карбонатная выщелоченная					
Cr	6,9	4,4	2,4	2,0	0,9
Cu	6,9	7,1	3,9	2,3	0,7
Ni	6,9	5,9	5,2	4,2	0,6
Pb	6,9	6,1	5,1	4,9	0,8
Нефть	6,9	7,6	4,3	2,6	0,7
НСР <sub>05</sub>		0,8	0,7	0,6	
Желтозем					
Cr	14,5	12,6	8,3	5,8	2,4
Cu	14,5	13,1	9,1	7,4	1,5
Ni	14,5	13,7	11,5	6,6	1,2
Pb	14,5	12,3	10,3	7,5	1,5
Нефть	14,5	13,1	6,1	4,1	1,3
НСР <sub>05</sub>		1,5	1,3	1,0	

Как правило, для всех исследованных ТМ и нефти наблюдалась прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологических показателей.

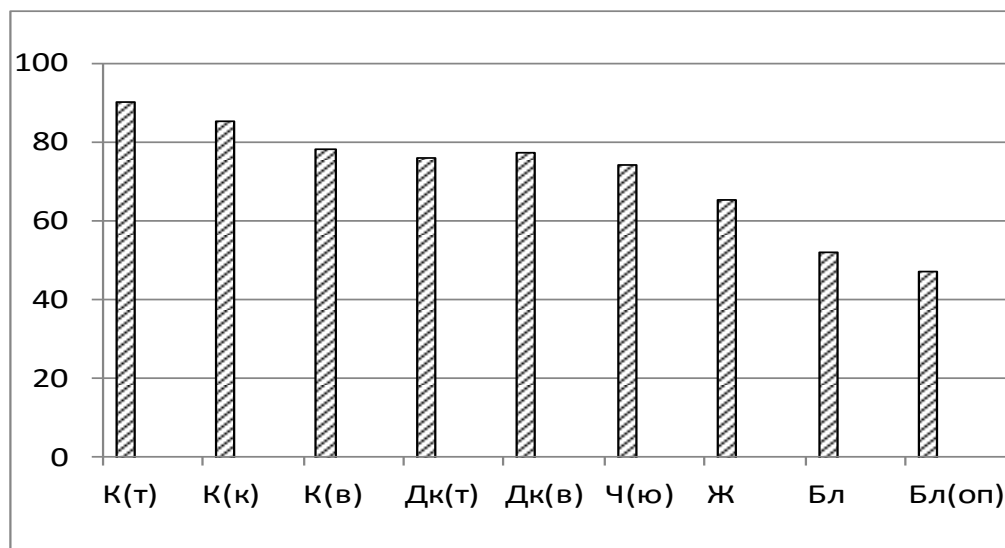
Подобные закономерности наблюдались в исследованиях с другими почвами юга России: черноземами, каштановыми, бурыми и серыми лесными, бурыми полупустынными, субальпийскими, песчаными и др. (Kolesnikov et al., 2009-2011, 2013a,b, 2014).

В результате сравнительной оценки, был получен ряд почв Черноморского побережья Кавказа (рис. 2) по степени устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению тяжелыми металлами (почвы расположены по мере снижения их устойчивости): дерново-карбонатная типичная (82) > коричневая типичная (76) = желтозем (76) ≥ коричневая выщелоченная (75) = коричневая карбонатная (75) ≥ чернозем южный (74) ≥ дерново-карбонатная выщелоченная (73) > бурая лесная кислая (59) ≥ бурая лесная кислая оподзоленная (58).



**Рис. 2.** Устойчивость активности дегидрогеназы основных почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению ТМ, % от контроля. Условные обозначения согласно рис. 1.

По степени снижения активности дегидрогеназы после загрязнения нефтью (в среднем) почвы Черноморского побережья Кавказа образуют следующую последовательность (рис. 3): коричневая типичная (90) > коричневая карбонатная (85) > коричневая выщелоченная (78) ≥ дерново-карбонатная выщелоченная (77) ≥ дерново-карбонатная типичная (76) ≥ чернозем южный (74) > желтозем (65) > бурая лесная кислая (52) > бурая лесная кислая оподзоленная (46).



**Рис. 3.** Устойчивость активности дегидрогеназы основных почв Черноморского побережья Кавказа к загрязнению нефтью, % от контроля. Условные обозначения согласно рис. 1.

Полученная последовательность устойчивости почв определяется их генетическими свойствами, в частности, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными свойствами, гранулометрическим составом, содержанием органического вещества, биологической активностью. Так, загрязнение ТМ менее всего повлияло на активность дегидрогеназы дерново-карбонатной типичной почвы. Эта почва отличается тяжелым гранулометрическим составом, слабощелочной реакцией среды. Тяжелый гранулометрический состав определяют высокую емкость поглощения. Слабощелочная среда способствует закреплению катионообразующих металлов.

К загрязнению нефтью по определяемому показателю более устойчивыми оказались коричневые почвы, что объясняется и относительно высокой биологической активностью и хорошими окислительными условиями, способствующими разложению нефти.

#### 4. Заключение

Согласно выполненным исследованиям, загрязнение почв Черноморского побережья Кавказа нефтью, хромом, никелем, свинцом и медью существенно снижает активность дегидрогеназы. В большинстве случаев наблюдается прямая зависимость между содержанием загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемого показателя почвы. По степени негативного влияния на изменение активности дегидрогеназы в исследуемых почвах Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий обобщенный ряд:  $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$ . По степени снижения устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению ТМ почвы Черноморского побережья образуют следующий ряд дерново-карбонатная типичная > коричневая типичная = желтозем  $\geq$  коричневая выщелоченная = коричневая карбонатная  $\geq$  чернозем южный  $\geq$  дерново-карбонатная выщелоченная > бурая лесная кислая  $\geq$  бурая лесная кислая оподзоленная. По степени снижения активности дегидрогеназы после загрязнения нефтью (в среднем) почвы Черноморского побережья Кавказа образуют следующую последовательность: коричневая типичная > коричневая карбонатная > коричневая выщелоченная  $\geq$  дерново-карбонатная выщелоченная  $\geq$  дерново-карбонатная типичная  $\geq$  чернозем южный > желтозем > бурая лесная кислая > бурая лесная кислая оподзоленная. Устойчивость почв к химическому загрязнению зависит от природы загрязнителей и их концентрации в почве, а также генетических свойств самих почв.

## 5. Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (6.345.2014/К) и государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-9072.2016.11).

## Литература

- Алексенко и др., 2012** – Алексенко В.А., Суворинов А.В., Власова Е.В. (2012). Металлы в окружающей среде. Прибрежные аквальные ландшафты Черноморского побережья России. М.: ФГБНУ НИИ ПМТ, 360 с.
- Вальков и др., 2008** – Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. (2008). Почвы юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 276 с.
- Галстян, 1982** – Галстян А.Ш. (1982). Об устойчивости ферментов почв // *Почвоведение*, № 4, С. 108–110.
- Глинушкин и др., 2016** – Глинушкин А.П., Соколов М.С., Торопова Е.Ю. (2016). **Фитосанитарные и гигиенические требования к здоровой почве**, М.: «Издательство Агрорус», 288 с.
- Даденко, Казеев, 2003** – Даденко Е.В., Казеев К.Ш. (2003). Геостатистический анализ ферментативной активности чернозема «Персиановской степи» Экология и биология почв юга России. Вып. 2. Ростов н/Д: Изд-во ЦВВР, С. 87–90.
- Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989** – Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. (1989). Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 439 с.
- Казеев и др., 2003** – Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. (2003). Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 204 с.
- Калиниченко В.П., 2016** – Калиниченко В.П. (2016). Эффективное использование фосфогипса в земледелии // *Вестник Международного института питания растений*, №3.
- Касьяненко, 1992** – Касьяненко А.А. (1992). Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 136 с.
- Колесников и др., 2000** – Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. (2000). Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 232 с.
- Колесников и др., 2006** – Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. (2006). Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // *Почвоведение*. № 5. С. 616–620.
- Околелова и др., 2015** – Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С. Кастерина Н.Г. (2015). Особенности накопления и трансформации нефтепродуктов в почвах. Волгоград. ВГАУ. 104 с.
- Околелова и др., 2016** – Околелова А.А., Кастерина Н.Г., Егорова Г.С., Заикина В.Н. (2016). Особенности трансформации нефтепродуктов в почвах // *Научные ведомости Белгородского ун-та. Естественные науки*. № 18 (239). вып. 36. с. 151-159.
- Орлов, Гришина, 1981** – Орлов Д.С., Гришина Л.А. (1981). Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 271 с.
- Практикум по почвоведению, 1986** – Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. 4-е издание; перераб. доп. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.
- Сулейманов, 2005** – Сулейманов Р.Р. (2005). Изменение свойств почв в результате загрязнения высокоминерализованными нефтепромысловыми сточными водами на территории Туймазинского месторождения нефти (Республика Башкортостан) // *Известия РАН, Сер. Биологическая*, № 5, С. 613–620.
- Шоба и др., 2015** – Шоба С.А., Смагин А.В., Садовникова Н.Б. Методологические аспекты почвенного конструирования // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. IV Международная научная экологическая конференция. Краснодар, 2015, С. 7–17.
- Batukaev et al., 2016** – Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut



saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink // *Solid Earth*, 7, Is. 2, 415–423, doi:10.5194/se-7-415-2016

Glazko, Sister, 2016 – Glazko V.I., Sister V.G. (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres // *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36), pp. 46–68.

Kalinitchenko, 2016a – Kalinitchenko Valery P. (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review) // *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99-130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

Kalinitchenko, 2016b – Kalinitchenko Valery P. Technologies and Technical Means for Matter Recycling into the Soil (Review) // *International Journal of Environmental Problems*, 2016, Vol. (3), Is. 1, pp. 58-85. DOI: 10.13187/ijep.2016.3.58

Karaca et al., 2010 – Karaca A., Cetin S.C., Turgay O.C. et al.(2010) Effects of heavy metals on soil enzyme activities // *Soil Heavy Metals*, 2010, Vol. 19, pp. 237–262.

Kolesnikov et al., 2009 – Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. (2009). Chemical Contamination of Adygea Soils and Changes in Their Biological Properties // *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 12, pp. 1397-1403.

Kolesnikov et al., 2010 – Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F. (2010). Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment // *Eurasian Soil Science*, Vol. 43, No. 8, pp. 929-934.

Kolesnikov et al., 2011 – Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., and Kazeev K.Sh. (2011). The Effect of Model Soil Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in the Dry Steppe and Semidesert Regions of Southern Russia // *Eurasian Soil Science*, Vol. 44, No. 9, pp. 1001–1007.

Kolesnikov et al., 2013 – Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznetsova Yu.S., and Kazeev K.Sh. (2013). Effect of Model Oil Pollution on Biological Properties of Soils of Dry Steppes and Semi-Deserts of Southern Russia // *Arid Ecosystems*, Vol. 3, No. 2, pp. 101–105.

Kolesnikov et al., 2013 – Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., and Dadenko E.V. (2013). Biodiagnostics of the Resistance of Highland and Mountain Soils in the Western Caucasus to Pollution with Crude Oil and Oil Products // *Russian Agricultural Sciences*, Vol. 39, No. 2, pp. 151–156.

Kolesnikov et al., 2014 – Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Kutuzova I.V., Samokhvalova L.S., Naleta E.V., and Zubkov D.A. (2014). Ecotoxicity Assessment of Heavy Metals and Crude Oil Based on Biological Characteristics of Chernozem // *Russian Journal of Ecology*, Vol. 45, No. 3, pp. 157–166.

Kotroczo et al., 2014 – Kotroczo Z, Veres Z, Fekete I, et al. (2014). Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation // *Soil Biol Biochem* 2014; 70: 237–43

Mganga et al., 2015 – Mganga K. Z., Razavi B. S., Kuzyakov Y (2015). Microbial and enzymes response to nutrient additions in soils of Mt. Kilimanjaro region depending on land use // *European Journal of Soil Biology* 69, pp. 33–40.

Minnikova T.V. et al, 2016 – Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V. (2016). Assessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the biological activity of soils in the adjacent areas // *Journal of Geochemical Exploration*. Available online 21 June 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.06.007>

Pardo et al., 2014 – Pardo T., Clemente R., Epelde L., Garbisu C., & Bernal M. P. (2014). Evaluation of the phytostabilisation efficiency in a trace elements contaminated soil using soil health indicators // *Journal of hazardous materials*, 268, 68–76, doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.003

Paz-Ferreiro et al., 2011 – Paz-Ferreiro J, Trasar-Cepeda C, Leirós MC, Seoane S, Gil-Sotres F. (2011). Intra-annual variation in biochemical properties and the biochemical equilibrium of different grassland soils under contrasting management and climate // *Biology and Fertility of Soils* 47: 633–645.

Reid et al., 2005 – Reid Walter V. et al. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis, 155 p. ISBN: 1-59726-040-1

Smirnova, Breus, 2013 – Smirnova E.V., Breus I.P. (2013). Transportation of liquid hydrocarbons in leached chernozem. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 73 p.

Teaf et al., 2010 – Teaf Christopher M.; Covert Douglas J.; Teaf Patrick A.; Page Emily; and Starks Michael J. (2010). Arsenic Cleanup Criteria for Soils in the US and Abroad: Comparing Guidelines and Understanding Inconsistencies // *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*, Vol. 15, Article 10

Urazmetov, Smirnova, 2014 – Urazmetov I.A. Smirnova E.V. (2014). Ecological State of Water and Soil of Natural-Anthropogenic Landscapes in the Oil-Producing Regions // *Mediterranean Journal of Social Sciences*, MCSER Publishing, Rome-Italy, Vol. 5, No 18.

Vasconcellos et al., 2013 – Vasconcellos RLF, Bonfim JA, Baretta D, Cardoso EJB. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil // *Land Degradation and Development*, DOI: 10.1002/ldr.2228

Yakovleva, Beznosikov et al., 2012 – Yakovleva E.V., Beznosikov V.A. et al. (2012). Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil-plant systems of the Northern Taiga biocenoses // *Eurasian Soil Science*, V. 3, pp. 309–320.

## References

Alekseenko i dr., 2012 – Alekseenko V.A., Suvorinov A.V., Vlasova E.V. (2012). Metally v okruzhayushchei srede. Pribrezhnye akval'nye landshafty Chernomorskogo poberezh'ya Rossii. M.: FGBNU NII PMT, 360 s.

Val'kov i dr., 2008 – Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. (2008). Pochvy yuga Rossii. Rostov n/D: Izd-vo «Everest», 276 s.

Galstyan, 1982 – Galstyan A.Sh. (1982). Ob ustoichivosti fermentov pochv, *Pochvovedenie*, № 4, S. 108–110.

Glinushkin i dr., 2016 – Glinushkin A.P., Sokolov M.S., Toropova E.Yu. (2016). Fitosanitarnye i gigienicheskie trebovaniya k zdorovoi pochve, M.: «Izdatel'stvo Agrorus», 288 s.

Dadenko i dr., 2003 – Dadenko E.V., Kazeev K.Sh. (2003). Geostatisticheskii analiz fermentativnoi aktivnosti chernozema «Persianovskoi stepi», *Ekologiya i biologiya pochv yuga Rossii*. Vyp. 2. Rostov n/D: Izd-vo TsVVR. S. 87–90.

Kabata-Pendias, Pendias, 1989 – Kabata-Pendias A., Pendias Kh. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. M.: Mir. 439 s.

Kazeev i dr., 2003 – Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. (2003). Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy / Rostov n/D: Izd-vo Rost. un-ta, 204 s.

Kalinitchenko, 2016 – Kalinitchenko. V.P. (2016) Ehffektivnoe ispolzovanie fosfogipsa v zemledelii, *Vestnik mezhdunarodnogo Instituta Pitaniya Rastenij*, №3.

Kas'yanenko, 1992 – Kas'yanenko A.A. Kontrol' kachestva okruzhayushchei sredy. M.: Izd-vo RUDN, 1992. 136 s.

Kolesnikov i dr., 2000 – Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. (2000). Ekologicheskie posledstviya zagryazneniya pochv tyazhelymi metallami. Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNTs VSh. 232 s.

Kolesnikov i dr., 2006 – Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosyan M.L., Val'kov V.F. (2006). Vliyanie zagryazneniya nef'tyu i nef'teproduktami na biologicheskoe sostoyanie chernozema obyknovennogo, *Pochvovedenie*, № 5, S. 616–620.

Okolelova i dr., 2015 – Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S. Kasterina N.G. (2015). Osobennosti nakopleniya i transformatsii nef'teproduktov v pochvakh. Volgograd. VGU. 104 s.

Okolelova i dr., 2016 – Okolelova A.A., Kasterina N.G., Egorova G.S., Zaikina V.N (2016). Osobennosti transformatsii nef'teproduktov v pochvakh. nauchnye vedomosti Belgorodskogo un-ta, *Estestvennye nauki*, № 18 (239), vyp. 36, s. 151-159.

Orlov, Grishina, 1981 – Orlov D.S., Grishina L.A. (1981). Praktikum po khimii gumusa. M.: Izd-vo MGU, 1981. 271 s.

Praktikum po pochvovedeniyu, 1986 – *Praktikum po pochvovedeniyu* / Pod red. I.S. Kauricheva. 4-e izdanie; pererab. dop. M.: Agropromizdat, 1986. 336 s.

[Suleimanov, 2005](#) – *Suleimanov R.R.* (2005). Izmenenie svoystv pochv v rezul'tate zagryazneniya vysokomineralizovannymi neftepromyslovymi stochnymi vodami na territorii Tuimazinskogo mestorozhdeniya nefti (Respublika Bashkortostan), *Izvestiya RAN. Ser. Biologicheskaya*, № 5, S. 613–620.

[Shoba i dr., 2015](#) – *Shoba S.A., Smagin A.V., Sadovnikova N.B.* (2015). Metodologicheskie aspekty pochvennogo konstruirovaniya, Problemy rekul'tivatsii otkhodov byta, promyshlennogo i sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva. IV Mezhdunarodnaya nauchnaya ekologicheskaya konferentsiya. Krasnodar, s. 7–17.

[Batukaev et al., 2016](#) – *Batukaev Abdulmalik A., Anatoly P. Endovitsky, Andrey G. Andreev, Valery P. Kalinichenko, Tatiana M. Minkina, Zaurbek S. Dikaev, Saglara S. Mandzhieva, and Svetlana N. Sushkova* (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink, *Solid Earth*, 7, Is. 2, 415–423, doi:10.5194/se-7-415-2016

[Glazko, Sister, 2016](#) – *Glazko V.I., Sister V.G.* (2016). Biogeosystem technique as a method to attenuate the conflict between bio-, agri- and techno- spheres, *ISJ Theoretical & Applied Science*, 04 (36), pp. 46–68.

[Kalinitchenko, 2016a](#) – *Kalinitchenko Valery P.* (2016). Optimizing the Matter Flow in Biosphere and the Climate of the Earth at the Stage of Technogenesis by Methods of Biogeosystem Technique (Problem-Analytical Review), *International Journal of Environmental Problems*, Vol. (4), Is. 2, pp. 99-130. DOI: 10.13187/ijep.2016.4.99

[Kalinitchenko, 2016b](#) – *Kalinitchenko Valery P.* Technologies and Technical Means for Matter Recycling into the Soil (Review), *International Journal of Environmental Problems*, 2016, Vol. (3), Is. 1, pp. 58-85. DOI: 10.13187/ijep.2016.3.58

[Karaca et al., 2010](#) – *Karaca A., Cetin S.C., Turgay O.C. et al.* (2010). Effects of heavy metals on soil enzyme activities, *Soil Heavy Metals*, 2010, Vol. 19, pp. 237–262.

[Kolesnikov et al., 2009](#) – *Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F.* (2009). Chemical Contamination of Adygea Soils and Changes in Their Biological Properties, *Eurasian Soil Science*, Vol. 42, No. 12, pp. 1397–1403.

[Kolesnikov et al., 2010](#) – *Kolesnikov S.I., Gaivoronskii V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., and Val'kov V.F.* (2010). Assessment of Soil Tolerance toward Contamination with Black Oil in the South of Russia on the Basis of Soil Biological Indices: A Model Experiment, *Eurasian Soil Science*, Vol. 43, No. 8, pp. 929–934.

[Kolesnikov et al., 2011](#) – *Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., and Kazeev K.Sh.* (2011). The Effect of Model Soil Contamination with Cr, Cu, Ni, and Pb on the Biological Properties of Soils in the Dry Steppe and Semidesert Regions of Southern Russia, *Eurasian Soil Science*, Vol. 44, No. 9, pp. 1001–1007.

[Kolesnikov et al., 2013](#) – *Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., and Dadenko E.V.* (2013). Biodiagnostics of the Resistance of Highland and Mountain Soils in the Western Caucasus to Pollution with Crude Oil and Oil Products, *Russian Agricultural Sciences*, Vol. 39, No. 2, pp. 151–156.

[Kolesnikov et al., 2013](#) – *Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznetsova Yu.S., and Kazeev K.Sh.* (2013). Effect of Model Oil Pollution on Biological Properties of Soils of Dry Steppes and Semi-Deserts of Southern Russia, *Arid Ecosystems*, Vol. 3, No. 2, pp. 101–105.

[Kolesnikov et al., 2014](#) – *Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kazeev K.Sh., Kutuzova I.V., Samokhvalova L.S., Naleta E.V., Zubkov D.A.* (2014). Ecotoxicity Assessment of Heavy Metals and Crude Oil Based on Biological Characteristics of Chernozem, *Russian Journal of Ecology*, Vol. 45, No. 3, pp. 157–166.

[Kotrocó et al., 2014](#) – *Kotrocó Z, Veres Z, Fekete I, et al.* (2014). Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation, *Soil Biol Biochem* 2014; 70: 237-43

[Mganga et al., 2015](#) – *Mganga K. Z., Razavi B. S., Kuzyakov Y* (2015). Microbial and enzymes response to nutrient additions in soils of Mt. Kilimanjaro region depending on land use, *European Journal of Soil Biology* 69, pp. 33–40.

[Minnikova T.V. et al, 2016](#) – *Minnikova T.V., Denisova T.V., Mandzhieva S.S., Kolesnikov S.I., Minkina T.M., Chaplygin V.A., Burachevskaya M.V., Sushkova S.N., Bauer T.V.* (2016). Essessing the effect of heavy metals from the Novocherkassk power station emissions on the

biological activity of soils in the adjacent areas, *Journal of Geochemical Exploration*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.06.007>

Pardo et al., 2014 – Pardo T., Clemente R., Epelde L., Garbisu C., & Bernal M. P. (2014). Evaluation of the phytostabilisation efficiency in a trace elements contaminated soil using soil health indicators, *Journal of hazardous materials*, 268, 68–76, doi:10.1016/j.jhazmat.2014.01.003

Paz-Ferreiro et al., 2011 – Paz-Ferreiro J, Trasar-Cepeda C, Leirós MC, Seoane S, Gil-Sotres F. (2011). Intra-annual variation in biochemical properties and the biochemical equilibrium of different grassland soils under contrasting management and climate, *Biology and Fertility of Soils*, v.47: 633–645.

Reid et al., 2005 – Reid Walter V. et al. (2005). Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being – Synthesis, 155 p. ISBN: 1-59726-040-1

Smirnova, Breus, 2013 – Smirnova E.V., Breus I.P. (2013). Transportation of liquid hydrocarbons in leached chernozem. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 73 p.

Teaf et al., 2010 – Teaf Christopher M., Covert Douglas J., Teaf Patrick A., Page Emily, Starks Michael J. (2010). Arsenic Cleanup Criteria for Soils in the US and Abroad: Comparing Guidelines and Understanding Inconsistencies, *Proceedings of the Annual International Conference on Soils, Sediments, Water and Energy*, Vol. 15, Article 10.

Urazmetov, Smirnova, 2014 – Urazmetov I.A., Smirnova E.V. (2014). Ecological State of Water and Soil of Natural-Anthropogenic Landscapes in the Oil-Producing Regions, *Mediterranean Journal of Social Sciences* MCSER Publishing, Rome-Italy, Vol. 5 No 18.

Vasconcellos et al., 2013 – Vasconcellos RLF, Bonfim JA, Baretta D, Cardoso EJB. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungi and glomalin-related soil protein as potential indicators of soil quality in a recuperation gradient of the Atlantic forest in Brazil, *Land Degradation and Development*, DOI: 10.1002/ldr.2228

Yakovleva, Beznosikov et al., 2012 – Yakovleva E.V., Beznosikov V.A. et al, (2012). Bioaccumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in the soil-plant systems of the Northern Taiga biocenoses, *Eurasian Soil Science*, V. 3, pp. 309–320.

УДК 631.46; 57.044

### **Изменение активности дегидрогеназы в почвах Черноморского побережья Кавказа при загрязнении тяжелыми металлами и нефтью**

Сергей Ильич Колесников <sup>а,\*</sup>, Анна Андреевна Кузина <sup>а</sup>, Камиль Шагидуллоевич Казеев <sup>а</sup>, Наталья Александровна Вернигорова <sup>а</sup>, Наталья Андреевна Евстегнеева <sup>а</sup>

<sup>а</sup> Южный федеральный университет, Российская Федерация

**Аннотация.** В настоящее время почвы подвергаются все большему антропогенному воздействию. Строительство новых курортов, автомобильных дорог, нефтепроводов – все это может усилить загрязнение почв тяжелыми металлами и нефтью. Одним из чувствительных и информативных показателей экологического состояния почв является определение активности дегидрогеназы. В результате модельных исследований установлено, что загрязнение хромом, медью, никелем, свинцом и нефтью снижает активность дегидрогеназы во всех основных почвах Черноморского побережья Кавказа: черноземе южном, коричневой типичной, коричневой выщелоченной, коричневой карбонатной, бурой лесной кислой, бурой лесной кислой оподзоленной, дерново-карбонатной типичной, дерново-карбонатной выщелоченной почвах, желтоземе. Как правило, для всех исследованных ТМ и нефти наблюдалась прямая зависимость между содержанием в почве загрязняющего вещества и степенью снижения биологического показателя. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наиболее значительное

\* Корреспондирующий автор

Адреса электронной почты: [kollesnikov@sfedu.ru](mailto:kollesnikov@sfedu.ru) (С.И. Колесников)

негативное воздействие оказал хром. По степени негативного влияния на изменение активности дегидрогеназы в исследуемых почвах Черноморского побережья Кавказа оксиды тяжелых металлов образуют следующий обобщенный ряд:  $Cr > Cu \geq Ni \geq Pb$ . Проведена сравнительная оценка устойчивости активности дегидрогеназы к загрязнению тяжелыми металлами и нефтью для основных почв Черноморского побережья Кавказа. Загрязнение тяжелыми металлами менее всего повлияло на активность дегидрогеназы дерново-карбонатной типичной почвы. К загрязнению нефтью по определяемому показателю более устойчивыми оказались коричневые почвы. Устойчивость почв к химическому загрязнению зависит от природы загрязнителей и их концентрации в почве, а также генетических свойств самих почв.

**Ключевые слова:** хром, никель, медь, свинец, нефть, дегидрогеназа, устойчивость, загрязнение.