

УДК: 10.18522/2308-9709-2020-34-3  
<https://new.jbks.ru/archive/issue-34/article-3>

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

[Колесников С. И.<sup>1</sup>](#), [Кузина А. А.<sup>2</sup>](#), [Тер-Мисакянц Т. А.<sup>3</sup>](#), [Неведомая Е. Н.<sup>4</sup>](#), [Самохвалова Л. С.<sup>5</sup>](#), [Казеев К. Ш.<sup>6</sup>](#)

1. Доктор с.х.наук, профессор, зав. кафедрой экологии ФАОУ ВПО «Южный Федеральный Университет»
2. Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет
3. Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет
4. Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет
5. Место работы (полностью): Пятигорский медико-фармацевтический институт, кафедра морфологии
6. Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет

В силу значительных отличий эколого-генетических свойств, почвы Черноморского побережья Кавказа существенно разнятся по устойчивости к антропогенному воздействию. Цель настоящей работы — исследовать изменение активности каталазы в основных типах и подтипах почв Черноморского побережья Кавказа при загрязнении тяжелыми металлами (ТМ) и нефтью. В качестве загрязняющих веществ были выбраны нефть и ТМ (Cr, Cu, Ni, Pb), именно ими в значительной степени загрязнены почвы на юге России. Активность каталазы определяли методом Галстяна через 30 суток после загрязнения. В результате проведенных модельных опытов установлено, что загрязнение почв ТМ и нефтью, как правило, снижает активность каталазы почв Черноморского побережья Кавказа. По степени негативного влияния на активность каталазы почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий ряд: Cr > Cu ≥ Pb ≥ Ni. Были получены ряды почв Черноморского побережья Кавказа по степени снижения активности каталазы при загрязнении ТМ (почвы расположены по мере снижения их устойчивости): желтозем ≥ дерново-карбонатная типичная ≥ коричневая типичная ≥ коричневая карбонатная = дерново-карбонатная выщелоченная ≥ бурая лесная кислая ≥ коричневая выщелоченная ≥ бурая лесная кислая оподзоленная, и при загрязнении нефтью: коричневая карбонатная > коричневая типичная > дерново-карбонатная выщелоченная > бурая лесная кислая оподзоленная ≥ дерново-карбонатная типичная ≥ желтозем ≥ бурая лесная кислая.

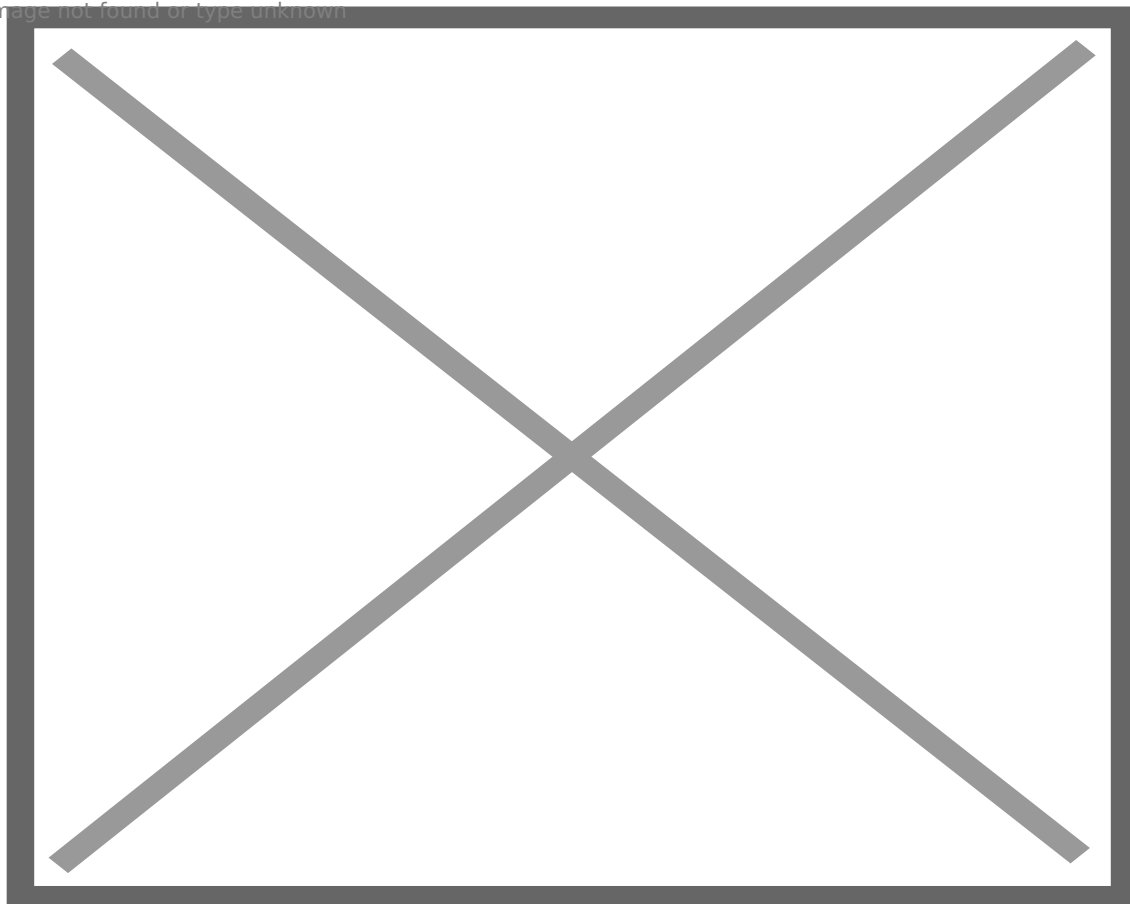
Природные условия Черноморского побережья Кавказа чрезвычайно разнообразны. Смена условий увлажнения, сезонная неоднородность, наличие гор и плоскогорий образуют разнообразную гамму природных зон и ландшафтов. Здесь расположены уникальные для России почвы, которые встречаются только в Причерноморье, такие как желтоземы влажных субтропиков, коричневые почвы сухих субтропиков. В силу значительных отличий эколого-генетических свойств этих почв, таких как количество гумуса, интенсивность биологических процессов, реакция среды, поглощательная способность и др. [2], почвы Черноморского побережья Кавказа существенно разнятся по устойчивости к антропогенному воздействию.

При этом через регион проходят транзитные пути экспорта нефтяного сырья, наращивается инфраструктура туризма и отдыха [1, 3]. В результате растет антропогенное воздействие на почвенный покров, в том числе риски загрязнения почв нефтью и тяжелыми металлами (ТМ), приводящие к ухудшению плодородия почв, нарушению их экологических и сельскохозяйственных функций [8;16-18].

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

В качестве объектов исследования были использованы все основные почвы Черноморского побережья Кавказа: коричневые типичные (Haplic Cambisols Eutric), коричневые карбонатные (Haplic Cambisols Eutric), коричневые выщелоченные (Haplic Cambisols Eutric), бурые лесные кислые (Haplic Cambisols Eutric), бурые лесные кислые оподзоленные (Haplic Cambisols Dystric), дерново-карбонатные типичные (Rendzic Leptosols Eutric), дерново-карбонатные выщелоченные (Rendzic Leptosols Eutric), желтоземы (Albic Luvisols Abruptic) (табл.1, рис.).

Image not found or type unknown



*Рис. 1 – Места отбора почв Черноморского побережья Кавказа для модельных опытов*

Условные обозначения: 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

*Таблица 1 — Эколого-генетические и эколого-биологические характеристики исследованных почв*

| №  | Почва               | Условные обозначения | World Reference Base for Soil Resources (WRB) [19] | Место отбора              | Координаты                  | Содержание гумуса, % | pH  | Гранулометрический состав | Численность бактерий, млрд/г |
|----|---------------------|----------------------|--|---------------------------|-----------------------------|----------------------|-----|---------------------------|------------------------------|
| 1. | Коричневая типичная | К(т)                 | Haplic Cambisols Eutric                            | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш» | 44°46.764 E.<br>37°31.702 N | 9,3                  | 7,2 | Тяжелосуглинистый         | 4,2                          |

|    |                                  |        |                          |   |                               |      |     |                   |     |
|----|----------------------------------|--------|--------------------------|---|-------------------------------|------|-----|-------------------|-----|
| 2. | Коричневая карбонатная           | К(к)   | Haplic Cambisols Eutric  | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»   | 44°47.139 E<br>37°24.971 N    | 15,0 | 7,0 | Среднесуглинистый | 3,7 |
| 3. | Коричневая выщелоченная          | К(в)   | Haplic Cambisols Eutric  | Анапский р-н, ГПЗ «Утриш»   | 44°45.880 E<br>37°26.958 N    | 6,8  | 7,1 | Тяжелосуглинистый | 3,4 |
| 4. | Бурая лесная кислая              | Бл     | Haplic Cambisols Eutric  | Туапсинский р-н, с. Горское   | 44°23.342' N<br>038°43.894' E | 1,3  | 4,4 | Тяжелосуглинистый | 2,9 |
| 5. | Бурая лесная кислая оподзоленная | Бл(оп) | Haplic Cambisols Dystric | г. Сочи, Лазаревский р-н, Сочинский национальный парк               | 43°52.048' N<br>039°24.214' E | 1,7  | 4,1 | Легкосуглинистый  | 2,5 |
| 6. | Дерново-карбонатная типичная     | Дк(т)  | Rendzic Leptosols Eutric | Туапсинский р-н, п. Джубга  | 44°19.624' N<br>038°41.636' E | 5,4  | 7,5 | Тяжелосуглинистый | 2,5 |
| 7. | Дерново-карбонатная выщелоченная | Дк(в)  | Rendzic Leptosols Eutric | г. Сочи, Хостинский р-н, Кавказский заповедник, Тисосамшитовая роща | 43°31.683' N<br>39°52.412' E  | 4,8  | 6,9 | Тяжелосуглинистый | 2,3 |
| 8. | Желтозем                         | Ж      | Albic Luvisols Abruptic  | г. Сочи, Адлерский р-н  | 43°27.445' N<br>039°56.952' E | 3,2  | 5,2 | Тяжелосуглинистый | 3,5 |

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

В качестве загрязняющих веществ были выбраны нефть и ТМ (Cr, Cu, Ni, Pb), именно ими в значительной степени загрязнены почвы на юге России. Выбранные ТМ интересны для сравнения — их предельно допустимые концентрации (ПДК) составляют 100 мг/кг почвы. Использовали значения ПДК, разработанные в Германии [5]. 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 [6]. ПДК в почве нефти также не разработана, поэтому ее содержание в почве выражали в процентах.

ТМ в почву вносили в форме оксидов: CrO<sub>3</sub>, CuO, NiO, PbO. Их существенная доля поступает в почву именно в этой форме [4]. Применение оксидов ТМ исключает воздействие на показатели почвы сопутствующих анионов, как это бывает при внесении солей металлов.

Моделировали загрязнение почв 1, 5, 10 % нефти. Эти значения выбраны с учетом того, что данные концентрации нефти часто фиксируются в почвах в местах добычи, переработки и транспортировки нефти [12-13; 15].

Используемая нефть имела следующие характеристики: плотность 0,8616 кг/м<sup>3</sup> при t=20°C, содержание хлористых солей -73,0 мг/дм<sup>3</sup> и серы -1,34 %.

Внесение нефти производили во влажную почву. Это связано с тем, что если сначала внести нефть в сухую почву, а затем добавить воду, то вода будет очень тяжело впитываться в нефтезагрязненную почву. Почву после внесения нефти перемешивали, добиваясь равномерного загрязнения.

Почву (по 500 г) инкубировали в вегетационных сосудах (550 мл) при комнатной температуре (+20-22°C) и оптимальном увлажнении (60 % полной влагоемкости) в трехкратной повторности.

Активность каталазы определяли методом Галстяна [11] через 30 суток после загрязнения. Установлено, что этот срок является наиболее информативным для оценки химического воздействия на почву [7]. Активность каталазы является эффективным показателем в биодиагностике состояния почв благодаря ряду особенностей. Она отличается высокой информативностью и чувствительностью, достаточной воспроизводимостью, допустимым варьированием показателя, небольшой ошибкой опыта, простотой, малой трудоемкостью и высокой скоростью методов определения, широкой распространенностью методов и т.д. [11].

Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Влияние химического загрязнения на активность каталазы в почвах Черноморского побережья Кавказа

| Элемент  | Доза загрязняющего вещества (ПДК для ТМ, % для нефти) |                |                 |                   |                   |
|--|---|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|  | Контроль  | 1 ПДК<br>(1 %) | 10 ПДК<br>(5 %) | 100 ПДК<br>(10 %) | НСР <sub>05</sub> |
| Активность каталазы, мл О <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин |   |                |                 |                   |                   |
| Коричневая типичная  |   |                |                 |                   |                   |
| Cr   | 16,5  | 13,9           | 11,1            | 6,9               | 2,1               |
| Cu   | 16,5  | 15,8           | 15,4            | 14,7              | 1,4               |
| Ni   | 16,5  | 14,6           | 14,3            | 14,2              | 1,4               |
| Pb   | 16,5  | 15,3           | 14,7            | 13,8              | 1,4               |
| Нефть  | 16,5  | 16,1           | 13,3            | 9,8               | 2,7               |
| НСР <sub>05</sub>  |   | 1,3            | 1,5             | 1,6               |                   |
| Коричневая выщелоченная                                      |   |                |                 |                   |                   |
| Cr   | 8,7   | 6,5            | 3,6             | 2,2               | 0,7               |

|                                  |      |      |      |     |     |
|----------------------------------|------|------|------|-----|-----|
| Cu                               | 8,7  | 8,9  | 8,5  | 7,5 | 1,1 |
| Ni                               | 8,7  | 8,8  | 8,7  | 6,3 | 1,1 |
| Pb                               | 8,7  | 9,0  | 8,5  | 7,5 | 1,1 |
| Нефть                            | 8,7  | 6,6  | 5,6  | 4,5 | 0,9 |
| НСП <sub>05</sub>                |      | 0,7  | 0,8  | 0,8 |     |
| Коричневая карбонатная           |      |      |      |     |     |
| Cr                               | 11,9 | 9,1  | 8,1  | 6,6 | 1,7 |
| Cu                               | 11,9 | 10,5 | 10,5 | 8,1 | 0,9 |
| Ni                               | 11,9 | 10,5 | 10,4 | 9,4 | 1,0 |
| Pb                               | 11,9 | 10,9 | 10,4 | 9,8 | 1,0 |
| Нефть                            | 11,9 | 11,1 | 10,4 | 9,5 | 1,8 |
| НСП <sub>05</sub>                |      | 0,9  | 1,1  | 1,2 |     |
| Бурая лесная кислая              |      |      |      |     |     |
| Cr                               | 1,8  | 1,7  | 1,3  | 0,7 | 0,3 |
| Cu                               | 1,8  | 2,0  | 1,8  | 0,9 | 0,1 |
| Ni                               | 1,8  | 1,6  | 1,5  | 1,1 | 0,1 |
| Pb                               | 1,8  | 1,7  | 1,5  | 1,1 | 0,1 |
| Нефть                            | 1,8  | 1,7  | 0,6  | 0,5 | 0,2 |
| НСП <sub>05</sub>                |      | 0,1  | 0,1  | 0,1 |     |
| Бурая лесная кислая оподзоленная |      |      |      |     |     |

|                                  |     |     |     |     |     |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Cr                               | 2,9 | 2,1 | 1,5 | 1,5 | 0,4 |
| Cu                               | 2,9 | 2,0 | 2,1 | 1,6 | 0,2 |
| Ni                               | 2,9 | 3,0 | 2,4 | 2,3 | 0,2 |
| Pb                               | 2,9 | 2,8 | 2,5 | 1,9 | 0,2 |
| Нефть                            | 2,9 | 2,8 | 2,0 | 0,7 | 0,4 |
| НСП <sub>05</sub>                |     | 0,2 | 0,2 | 0,2 |     |
| Дерново-карбонатная типичная     |     |     |     |     |     |
| Cr                               | 4,3 | 3,7 | 3,4 | 2,5 | 0,7 |
| Cu                               | 4,3 | 4,9 | 4,1 | 2,5 | 0,4 |
| Ni                               | 4,3 | 4,6 | 4,0 | 3,3 | 0,4 |
| Pb                               | 4,3 | 4,4 | 4,1 | 3,4 | 0,4 |
| Нефть                            | 4,3 | 3,7 | 2,6 | 1,7 | 0,5 |
| НСП <sub>05</sub>                |     | 0,4 | 0,4 | 0,4 |     |
| Дерново-карбонатная выщелоченная |     |     |     |     |     |
| Cr                               | 2,6 | 1,8 | 1,7 | 0,8 | 0,3 |
| Cu                               | 2,6 | 2,4 | 2,6 | 1,4 | 0,2 |
| Ni                               | 2,6 | 2,6 | 2,5 | 2,1 | 0,2 |
| Pb                               | 2,6 | 2,9 | 2,8 | 2,2 | 0,2 |
| Нефть                            | 2,6 | 2,6 | 1,7 | 1,4 | 0,4 |
| НСП <sub>05</sub>                |     | 0,2 | 0,2 | 0,2 |     |

|                   |     |     |     |     |     |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Желтозем          |     |     |     |     |     |
| Cr                | 6,4 | 5,6 | 5,5 | 4,9 | 1,1 |
| Cu                | 6,4 | 6,2 | 6,0 | 5,3 | 0,5 |
| Ni                | 6,4 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 0,5 |
| Pb                | 6,4 | 6,3 | 6,1 | 5,2 | 0,5 |
| Нефть             | 6,4 | 4,1 | 3,3 | 3,2 | 0,7 |
| HCP <sub>05</sub> |     | 0,5 | 0,5 | 0,6 |     |

В результате проведенных модельных опытов установлено, что загрязнение почв ТМ и нефтью, как правило, снижает активность каталазы почв Черноморского побережья Кавказа. ТМ связываются с сульфгидрильными группами молекул каталазы, тем самым нарушая ее ферментные свойства. Нефть обволакивает почвенные частицы, ограничивает доступ воздуха и блокирует работу окислительно-восстановительного фермента каталазы [14].

По степени негативного влияния на активность каталазы почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий ряд:

$$Cr > Cu \geq Pb \geq Ni.$$

Подобная закономерность наблюдалась в исследованиях и с другими почвами юга России: черноземами, каштановыми, бурыми и серыми лесными, бурыми полупустынными, субальпийскими, песчаными и др. [9-10, 20].

В результате сравнительной оценки был получен ряд почв Черноморского побережья Кавказа, ранжированный по степени снижения активности каталазы к загрязнению тяжелыми металлами (в скобках представлены значения, усредненные для трех доз: 100, 1000 и 10000 мг/кг; почвы расположены по мере снижения их устойчивости): желтозем (92) ≥ дерново-карбонатная типичная (90) ≥ коричневая типичная (87) ≥ коричневая карбонатная (86) = дерново-карбонатная выщелоченная (86) ≥ бурая лесная кислая (83) ≥ коричневая выщелоченная (82) ≥ бурая лесная кислая оподзоленная (80).

Как правило, устойчивость почв к загрязнению ТМ определяется их генетическими свойствами, в частности, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными свойствами, гранулометрическим составом, содержанием органического вещества, биологической активностью.

В ходе исследования почвы Черноморского побережья Кавказа были ранжированы по степени снижения активности каталазы при нефтяном загрязнении (в скобках представлены значения, усредненные для трех доз: 1, 5 и 10 %; почвы расположены по мере снижения их устойчивости): коричневая карбонатная (90) > коричневая типичная (84) > дерново-карбонатная выщелоченная (79) > бурая лесная кислая оподзоленная (73) ≥ дерново-карбонатная типичная (71) ≥ желтозем (67) ≥ бурая лесная кислая (63).

Последовательность почв, отражающая степень снижения активности каталазы в результате загрязнения ТМ определяются, в основном, такими их генетическими свойствами, как реакция среды, гранулометрический состав, содержание гумуса, которые существенно влияют на подвижность ТМ в почве, а при загрязнении нефтью — оструктуренностью и биологической активностью, влияющими на скорость деструкции нефти в почве (табл.). В то же время, при загрязнении ТМ активность каталазы в наименьшей степени снижалась в желтоземе, что, возможно, связано с высоким содержанием в нем железа и алюминия, которые могут увеличивать скорость разложения перекиси водорода при определении каталазы. Однако факт и причины меньшего снижения активности каталазы в желтоземе при загрязнении ТМ требует проведения специальных исследований.

**ВЫВОДЫ**

1. Загрязнение почв Черноморского побережья Кавказа нефтью, хромом, никелем и свинцом существенно снижает активность каталазы.
2. В большинстве случаев, наблюдается прямая зависимость между содержанием загрязняющего вещества и степенью ухудшения исследуемого показателя почвы.
3. По степени негативного влияния на активность каталазы исследуемых почв Черноморского побережья Кавказа оксиды ТМ образуют следующий обобщенный ряд:  $Cr > Cu \geq Pb \geq Ni$ .
4. Получены ряды почв Черноморского побережья Кавказа, отражающие степень снижения активности каталазы при загрязнении ТМ и нефтью.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (№ 0852-2020-0029) и государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (грант Президента РФ НШ-2511.2020.11).*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Атлас социально-экономического развития Юга России / Под ред. А.Г. Дружинина. М.: Вузовская книга, 2011. 144 с.
2. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы юга России. Ростов н/Д: Изд-во «Эверест», 2008. 276 с.
3. Водяницкий Ю.Н., Трофимов С.Я., Шоба С.А. Перспективные подходы к очистке воды и почвенно-грунтовых вод от углеводородов (обзор) // Почвоведение. 2016. № 6. С. 755–765.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
5. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
6. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология. 2000. № 3. С. 193-201.
7. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения. Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2006. 385 с.
8. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татосян М.Л., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическое состояние чернозема обыкновенного // Почвоведение. 2006. № 5. С. 616-620.
9. Колесников С.И., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Почвоведение. 2011. № 9. С. 1094-1101.
10. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении // Почвоведение. 2009. № 12. С. 1499-1505.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
12. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.
13. Рубанова Н.А., Цхадая Н.Д. Экология нефти и газа. Системный подход. Ростов-на-Дону: Изд-во «ЗАО «Цветная печать», 2000. 254 с.
14. Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. Микроэлементы, экология и здоровье человека // Успехи современной биологии. Т. 109. Вып. 2. 1990. С. 279-292.
15. 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 // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2000. № 2. С.30-34.
16. Устинов В.В. Южный федеральный округ: состояние и перспективы топливно-энергетического комплекса региона // Федеральный справочник, 2011. URL:<http://federalbook.ru/files/TEK/Soderzhanie/Tom%2011/II/Ustinov.pdf>
17. Chen F., Li X., Zhu Q., Ma J., Zhang Sh. Bioremediation of petroleum-contaminated soil enhanced by aged refuse // Chemosphere. 2019. Vol.222. P.98-105.
18. Dindar E, Olcay Topaç Şağban F., Başkaya H.S. Variations of soil enzyme activities in petroleum-hydrocarbon contaminated soil // International Biodeterioration and Biodegradation. 2015, vol. 105. P. 268-275.
19. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.
20. Kolesnikov S.I., Kuzina A.A., Kazeev K.Sh., Evstegneeva N.A., Akimenko Yu.V. Assessment of resistance of brown forest sour soils of the black sea coast of the Caucasus to the chemical pollution//Ecology, Environment and Conservation 2016. Vol. 22 (3), pp. 519-523

**References**

1. Atlas of socio-economic development of the South of Russia/Ed. A.G. Druzhinina. M.: University Book, 2011. 144 s.
2. Valkov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Soils of southern Russia. Rostov N/A: Everest Publishing House, 2008. 276 s.



3. Vodyanitsky Yu.N., Trofimov S.Ya., Shoba S.A. Promising approaches to the treatment of water and soil and groundwater from hydrocarbons (review )//Soil science. 2016. N 6. С. 755-765.
4. Kabata-Pendias A., Pendias H. Trace elements in soils and plants. M.: World, 1989. 439 s.
5. Kasyanenko A.A. Environmental quality control. M.: Publishing House RUDN, 1992. 136 s.
6. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. Influence of contamination with heavy metals on ecological and biological properties of common chernozem//Ecology. 2000. № 3. С. 193-201.
7. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. Ecological state and functions of soils in conditions of chemical pollution. Rostov N/A: Publishing House Rostizdat, 2006. 385 s.
8. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosyan M.L., Valkov V.F. Influence of oil and oil products contamination on biological state of common chernozem//Soil science. 2006. N 5. С. 616-620.
9. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. The influence of model pollution Cr, Cu, Ni, Pb on the biological properties of soils of dry steppes and semi-deserts of southern Russia//Soil science. 2011. № 9. S. 1094-1101.
10. Kolesnikov S.I., Tlekhaz Z.R., Kazeev K.Sh., Valkov V.F. Changing the biological properties of Adygea soils during chemical pollution//Soil science. 2009. № 12. S. 1499-1505.
11. Soil Microbiology and Biochemistry/Sub. ed. D.G. Zvyagintseva. M.: Publishing House of Moscow State University, 1991. 304 s.
12. Pikovsky Yu.I. Natural and man-made hydrocarbon flows in the environment. M.: Publishing House of Moscow State University, 1993. 208 s.
13. Rubanova N.A., Tskhadaya N.D. Ecology of oil and gas. A systemic approach. Rostov-on-Don: Publishing House "ZAO" Color Seal, "2000. 254 s.
14. Torshin S.P., Udelnova T.M., Yagodin B.A. Micronutrients, ecology and human health//Successes of modern biology. T. 109. Issue. 2. 1990. С. 279-292.
15. Trofimov S.Ya., Ammosova Y.M., Orlov D.S., Osipova N.N., Sukhanova N.I. The influence of oil on the soil cover and the problem of creating a regulatory framework for the influence of oil pollution on soils//Vestn. Mosk. un-that. It is gray. 17. Soil science. 2000. № 2. Page 30-34.
16. Ustinov V.V. Southern Federal District: State and Prospects of the Fuel and Energy Complex of the Region//Federal Directory, 2011. URL:<http://federalbook.ru/files/TEK/Soderzhanie/Tom%2011/II/Ustinov.pdf>
17. Chen F., Li X., Zhu Q., Ma J., Zhang Sh. Bioremediation of petroleum-contaminated soil enhanced by aged refuse // Chemosphere. 2019. Vol.222. P.98-105.
18. Dindar E, Olcay Topaç Şağban F., Başkaya H.S. Variations of soil enzyme activities in petroleum-hydrocarbon contaminated soil // International Biodeterioration and Biodegradation. 2015, vol. 105. P. 268-275.9
19. I.U.S.S. Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106.
20. Kolesnikov S.I., Kuzina A.A., Kazeev K.Sh., Evstegneeva N.A., Akimenko Yu.V. Assessment of resistance of brown forest sour soils of the black sea coast of the Caucasus to the chemical pollution//Ecology, Environment and Conservation 2016. Vol. 22 (3), pp. 519-523.