



## ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 631.4

doi: 10.17308/sorpchrom.2022.22/9339

### **Сорбционная способность почв Ирака к поглощению нефтепродуктов и тяжелых металлов**

**Татьяна Анатольевна Девятова<sup>✉</sup>, Гафар Хамид Гафар Гафар**

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, devyatova@bio.vsu.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** В настоящее время вопрос восстановления окружающей среды от загрязнения, вызванного процессами добычи, переработки и транспортировки нефти является актуальным по всему миру. Особое значение приобретает ремедиация загрязненной территории не только от нефтепродуктов, но и от тяжелых металлов (ТМ), поскольку они в больших количествах поступают на почвенный покров в результате попутного сжигания нефтяного газа. В связи с этим исследование гранулометрического состава почвы приобретает все большую актуальность, поскольку данный параметр определяет их сорбционные свойства, тем самым влияет на миграцию загрязняющих веществ в сопредельные среды.

Цель работы: изучение сорбционной способности почв Ирака (имеющих различный гранулометрический состав) к нефтепродуктам, валовому содержанию и подвижным соединениям ТМ (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn) на различном расстоянии от предприятий по добыче и переработке нефти и установок, сопровождающих нефтедобычу.

Объектом исследования были почвы северной части Ирака (арениковые кальцисоли Кайяра и кальциковые вертисоли Таук), имеющие различный гранулометрический состав. Образцы отбирались в районе действия предприятий по нефтедобыче и нефтепереработке в 2021 году, на различном расстоянии от нефтяного разлива и факельных установок. Согласно полученным данным отмечается накопление нефтепродуктов, валового содержания и подвижных соединений ТМ относительно фонового участка, не подверженного какому-либо антропогенному загрязнению. Кальциковые вертисоли, имеющие тяжелый гранулометрический состав, обладают более высокой сорбционной способностью к изучаемым загрязнителям. Повышенная сорбционная способность приводит к накоплению загрязнителей на поверхности почв и их возможно удалять механически. Что касается арениковых кальцисолей, то за счет облегченного гранулометрического состава загрязнители способны интенсивно мигрировать вниз по почвенному профилю, поступая в сопредельные среды. Постоянное наличие пыльных бурь в районе исследования способствует миграции токсикантов на значительные расстояния от источника загрязнения, что приводит к возникновению вторичных очагов загрязнения территории.

**Ключевые слова:** сорбционная способность почв, нефтепродукты, тяжелые металлы, валовое содержание, подвижные соединения.

**Для цитирования:** Девятова Т.А., Гафар Г.Х.Г. Сорбционная способность почв Ирака к поглощению нефтепродуктов и тяжелых металлов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2022. Т. 22, № 3. С. 327-334. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9339>

Original article

### **Sorption capacity of soils in Iraq to absorb oil products and heavy metals**

**Tatyana A. Devyatova<sup>✉</sup>, Ghafar Hameed Ghafar Ghafar**

Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, devyatova@bio.vsu.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** Today, the issue of pollution remediation caused by oil extraction, refining, and transportation is a topical concern all over the world. It is of particular importance to remediate the polluted areas not only from oil products, but also from heavy metals (HM), as they enter the soil in large quantities as a result of associated petroleum gas combustion. Therefore, the study of the granulometric composition of soil is gaining relevance.

The parameter determines the sorption capacity of soil, thereby influencing the migration of pollutants into the adjacent environment.

The aim of the work was to study the sorption capacity of soils in Iraq (with different granulometric composition) for oil products, as well as the gross content of HM (Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn) and mobile compounds of HM at different distances from oil production and processing enterprises and facilities involved in oil extraction.

In our study, we focused on the soils of northern Iraq (arenic calcisols of Qayyarah and calcic vertisols of Daquq) with different granulometric compositions. The samples were taken near oil production and refining enterprises in 2021, at different distances from the oil spill and flares. Based on the obtained data, we detected an increase in the levels of oil products, gross content of HM, and HM mobile compounds compared to the reference area, which was not subjected to any anthropogenic contamination. Calcic vertisols are heavy-textured and have a higher sorption capacity for the pollutants under study. Their increased sorption capacity leads to the accumulation of pollutants on the soil surface, and it is possible to remove them mechanically. The arenic calcisols are light-textured, so, pollutants are able to migrate intensively down the soil, entering the adjacent layers. Regular dust storms in the studied area contribute to the migration of pollutants over considerable distances from the source of pollution, which leads to the emergence of secondary centres of pollution of the territory.

**Keywords:** sorption capacity of soil, oil products, heavy metals, gross content, mobile compounds.

**For citation:** Devyatova T.A., Gafar G.H.G. Sorption capacity of soils in Iraq to absorb oil products and heavy metals. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2022. 22(3): 327-334. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/9339>

## Введение

Аварийные разливы нефти являются постоянным явлением, на территориях, прилегающих к нефтедобывающим и нефтеперерабатывающим предприятиям [1-4]. Нефтяное загрязнение почв является важной проблемой, как с экологической точки зрения [4-6], так и с экономической, поскольку требует огромных затрат, направленных на восстановление загрязненных территорий [2, 7-9]. Особое внимание следует уделить тому, что в районах нефтедобычи обязательным составляющим являются факельные установки для сжигания попутного нефтяного газа. В состав газа и продуктов его сгорания входит ряд тяжелых металлов (ТМ), в том числе, приоритетных загрязнителей, таких как Pb, Ni, Mn, Zn [10, 11]. В результате формируются очаги загрязнения не только нефтепродуктами, но и ТМ [12]. Следует отметить особые климатические условия района исследования. Аридизация и, как следствие, опустынивание исследуемой территории препятствуют формированию растительного покрова. В районе исследования отмечается постоянное действие ветровой эрозии, переходящей в пыльные бури.

Данное явление приводит к миграции загрязнителей на значительные территории. При таких условиях огромное значение приобретают сорбционные процессы, происходящие в почвах, которые способствуют закреплению исследуемых загрязнителей в почвенном профиле.

Цель работы – исследование сорбционной способности почв Ирака (имеющих различный гранулометрический состав) к нефтепродуктам, валовому содержанию и подвижным соединениям ТМ – Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn на различном расстоянии от предприятий по добыче и переработке нефти и установок, сопровождающих нефтедобычу.

## Экспериментальная часть

Отбор почвенных образцов проводился в окрестностях города Кайяра (север Ирака, провинция Ниневия, западный берег р. Тигр; географические координаты: 35,47470 N, 43,17360 E), а также рядом с населенным пунктом Таук (север Ирака, провинция Духок, округ Захо; географические координаты: 35,251 N, 42,62 E). Нефтеперерабатывающий завод Кайяра был запущен в 1956 году нефтяными компаниями Англии и является старейшим нефтеперера-

батывающим предприятием Ирака. Завод, с момента открытия не модернизировался. Во втором месте отбора с 2014 года норвежская компания (DNO) начала добычу нефти из четырех нефтяных месторождений.

Отбор почвенных образцов проводился из 0-20 см слоя на удалении 1, 50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500 и 3000 м от границы нефтедобывающего комплекса г. Кайяра и на расстоянии 1, 10, 50, 100 и 200 м от нефтедобывающего предприятия населенного пункта Таук. В качестве фоновых участков использовалась почва не подверженная загрязнению, находящаяся вдали от всех антропогенных источников загрязнений, в том числе и нефтяного.

Аналитические исследования проводились в лабораториях федерального государственного бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по центральному федеральному округу» (филиал ЦЛАТИ по Воронежской области). В отобранных образцах было определено содержание нефтепродуктов методом колоночной хроматографии с гравиметрическим окончанием. Валовое содержание и подвижные формы соединений ТМ – Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Mn атомно-абсорбционным методом на спектрометре КВАНТ–

З.ЭТА. Достоверность полученных данных не вызывает сомнения, поскольку использовались современные инструментальные методы исследования с высокой точностью и хорошей воспроизводимостью результатов, полученные в аккредитованной лаборатории. Аналитические данные были обработаны методами математической статистики с оценкой точности и достоверности результатов с использованием пакета анализа программы Microsoft Excel 2010.

### Обсуждение результатов

В исследуемых почвах содержание нефтепродуктов превышает 1000 мг/кг (допустимый уровень загрязнения) [13], а также фоновые концентрации загрязнителя. Кальциковые вертисоли обладают тяжелым гранулометрическим составом, они обогащены илистой фракцией, которая характеризуется максимальными сорбционными свойствами. Максимальное содержание нефтепродуктов достигает 37858 мг/кг на расстоянии 1 м от источника загрязнения (рис. 1). По мере удаления от границы нефтяного разлива, происходит постепенное уменьшение содержания нефтепродуктов, несмотря на это, уровень загрязнения характеризуется как очень высокий [13].



Рис. 1. Сорбционная способность кальциковых вертисолей Ирака (Таук) к нефтепродуктам

Fig. 1. Sorption capacity of calcic vertisols of Iraq (Daquq) for oil products

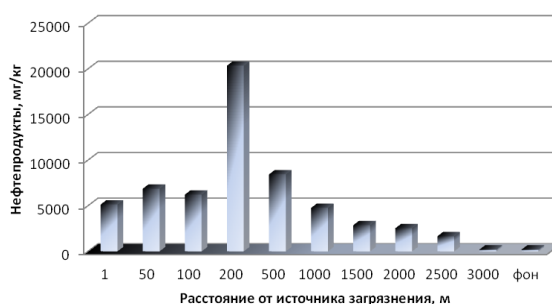


Рис. 2. Сорбционная способность ариенических кальцисолей Ирака (Кайяра) к нефтепродуктам

Fig. 2. Sorption capacity of arenic calcisols of Iraq (Qayyarah) for oil products

Таблица 1. Валовое содержание (числитель) и подвижные формы соединений (знаменатель) ТМ (мг/кг) в верхнем 0-20 см слое кальциковых вертисолей на различном расстоянии от источника нефтяного загрязнения, n=5

Table 1. Gross content (the numerator) and mobile forms of compounds (the denominator) of HM (mg/kg) in the upper (0-20 cm) layer of calcic vertisols at different distances from the source of oil contamination, n=5

Расстояние от источника загрязнения, м	Элемент, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Cu
1	<u>19.4±0.58</u>	<u>0.62±0.02</u>	<u>212.4±3.37</u>	<u>64.1±1.92</u>	<u>699.5±15.8</u>	<u>70.9±2.13</u>
	6.8±0.02	0.06±0.01	66.2±1.68	45.3±1.36	350.5±8.02	15.6±0.47
10	<u>11.7±0.35</u>	<u>0.52±0.02</u>	<u>188.5±5.66</u>	<u>60.7±1.82</u>	<u>622.6±18.7</u>	<u>41.4±1.24</u>
	5.6±0.15	0.06±0.01	56.7±1.46	33.3±1.00	325.1±9.75	22.9±0.69
50	<u>9.4±0.28</u>	<u>0.47±0.01</u>	<u>176.8±5.30</u>	<u>51.8±1.55</u>	<u>525.4±20.9</u>	<u>29.6±0.89</u>
	5.2±0.17	0.04±0.01	56.1±1.56	28.4±0.85	267.4±10.5	15.8±0.47
100	<u>11.8±0.35</u>	<u>0.33±0.01</u>	<u>165.0±4.95</u>	<u>58.4±1.75</u>	<u>365.0±10.9</u>	<u>29.4±0.88</u>
	5.0±0.19	0.03±0.01	52.1±1.99	15.4±0.46	255.0±9.72	12.4±0.37
200	<u>7.6±0.23</u>	<u>0.28±0.01</u>	<u>151.9±4.56</u>	<u>51.9±1.56</u>	<u>647.4±19.4</u>	<u>20.9±0.63</u>
	4.8±0.14	0.03±0.01	48.7±1.70	10.5±0.32	224.4±10.6	10.4±0.31
Фон	<u>1.5±0.05</u>	<u>0.09±0.03</u>	<u>165.0±4.95</u>	<u>18.3±0.55</u>	<u>645.4±19.6</u>	<u>20.9±0.63</u>
	0.5±0.02	0.02±0.01	33.9±0.92	1.3±0.04	118.9±3.57	2.60±0.08

Примечание: n – количество образцов;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое;  $s_{\bar{x}}$  – ошибка среднего арифметического.

В арениковых кальцисолях имеющих легкий гранулометрический состав данной закономерности в пространственном распределении нефтепродуктов не обнаружено. Их максимальное содержание отмечается на расстоянии 200 м от источника (рис. 2). Легкий гранулометрический состав, обладающий меньшими сорбционными свойствами не способствует закреплению нефтепродуктов в непосредственной близости от источника загрязнения. Ареал рассеяния охватывает гораздо большие площади, так очень высокое загрязнение фиксируется и на расстоянии 2500 м. Для данных почв характерен высокий коэффициент вариации 27%, что подчеркивает пространственную неравномерность в распределении нефтепродуктов, которая вызвана легким гранулометрическим составом. Постоянные пыльные бури способны приводить к

возникновению вторичных очагов нефтяного загрязнения.

В результате сжигания попутного нефтяного газа на факельных установках в исследуемых районах нефтедобычи, обязательными загрязняющими компонентами являются тяжелые металлы. Полученные результаты подтверждают данное положение. Во всех почвенных образцах валовое содержание и их подвижные соединения достоверно превышают их фоновое количество (табл. 1, 2). На сорбцию элементов также оказывает влияние гранулометрический состав. Так кальциковые вертисоли, обогащенные илстой фракцией более интенсивно накапливают ТМ. В них превышение валового содержания ТМ относительно фона достигает 5 раз, а подвижных соединений – в 7 раз (табл. 1).

Таблица 2. Валовое содержание (числитель) и подвижные формы соединений (знаменатель) ТМ (мг/кг) в верхнем 0-20 см слое арениковых кальцисолей на различном расстоянии от источника нефтяного загрязнения, n = 5

Table 2. Gross content (the numerator) and mobile forms of compounds (the denominator) of HM (mg/kg) in the upper (0-20 cm) layer of arenic calcisols at different distances from the source of oil contamination, n=5

Расстояние от источника загрязнения, м	Элемент, $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$					
	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Cu
1	<u>5.3±0.16</u>	<u>0.79±0.02</u>	<u>145.5±4.37</u>	<u>22.1±0.66</u>	<u>269.2±8.08</u>	<u>13.6±0.41</u>
	0.8±0.02	0.3±0.01	77.2±2.32	7.1±0.21	152.5±4.58	2.5±0.08
50	<u>11.2±0.34</u>	<u>0.28±0.08</u>	<u>141.3±4.24</u>	<u>40.5±1.22</u>	<u>361.5±10.8</u>	<u>14.1±0.42</u>
	0.8±0.02	0.21±0.01	92.3±2.77	2.6±0.08	226.9±6.81	2.1±0.06
100	<u>14.5±0.44</u>	<u>0.25±0.08</u>	<u>205.4±61.6</u>	<u>52.5±1.58</u>	<u>322.5±9.68</u>	<u>30.3±0.91</u>
	2.0±0.06	0.18±0.01	86.7±2.60	8.2±0.25	238.1±7.14	2.2±0.07
200	<u>9.0±0.27</u>	<u>0.18±0.05</u>	<u>198.6±5.96</u>	<u>38.6±1.16</u>	<u>295.7±7.79</u>	<u>34.1±1.02</u>
	1.3±0.04	0.15±0.01	93.4±2.80	1.3±0.04	209.4±6.28	2.5±0.08
500	<u>8.7±0.26</u>	<u>0.12±0.04</u>	<u>189.7±5.69</u>	<u>37.1±1.11</u>	<u>286.1±8.58</u>	<u>18.5±0.56</u>
	1.4±0.04	0.11±0.01	99.5±2.99	1.7±0.05	212.4±6.37	2.4±0.07
1000	<u>5.2±0.16</u>	<u>0.09±0.03</u>	<u>167.6±5.02</u>	<u>46.2±1.39</u>	<u>262.6±7.88</u>	<u>9.1±0.27</u>
	2.9±0.09	0.08±0.01	66.3±1.90	1.6±0.05	191.4±5.74	1.6±0.05
1500	<u>5.0±0.15</u>	<u>0.10±0.02</u>	<u>158.9±4.77</u>	<u>22.5±0.68</u>	<u>255.7±7.67</u>	<u>10.1±0.30</u>
	1.5±0.05	0.07±0.01	58.7±1.76	10.5±0.32	115.8±3.47	0.81±0.02
2000	<u>5.2±0.16</u>	<u>0.08±0.03</u>	<u>124.4±3.73</u>	<u>20.0±0.60</u>	<u>189.8±5.69</u>	<u>9.6±0.29</u>
	1.0±0.03	0.06±0.01	49.7±1.40	8.1±0.24	95.7±2.87	0.75±0.02
2500	<u>4.2±0.13</u>	<u>0.09±0.01</u>	<u>102.7±3.08</u>	<u>41.3±1.24</u>	<u>195.7±5.87</u>	<u>15.3±0.46</u>
	0.8±0.02	0.08±0.01	56.7±1.70	0.8±0.02	96.7±2.90	0.58±0.01
3000	<u>3.8±0.11</u>	<u>0.03±0.01</u>	<u>99.6±2.99</u>	<u>15.3±0.46</u>	<u>184.4±5.53</u>	<u>4.5±0.14</u>
	0.6±0.02	0.02±0.01	33.9±1.02	1.5±0.05	69.7±2.09	0.49±0.01
Фон	<u>5.36±0.16</u>	<u>0.06±0.01</u>	<u>34.9±1.05</u>	<u>19.8±0.59</u>	<u>177.6±5.33</u>	<u>10.7±0.32</u>
	0.12±0.04	0.02±0.01	16.4±0.49	0.9±0.03	36.1±1.08	0.33±0.01

Примечание: обозначения те же, что и в таблице 1.

Результаты исследования ТМ в кальциковых вертисолях, показывают постепенное уменьшение их содержания от источника загрязнения к периферии. Илстая фракция прочно удерживает элементы в труднодоступном состоянии и препятствует их пространственной миграции. В арениковых кальцисолях закономерное распределение ТМ в пространстве (максимальное содержание около факельных установок сжигания ПНГ с постепенным уменьшением содержания по мере удаления от источника загрязнения) характерно только для Cd и ча-

стично для Pb (табл. 2). Для пространственного распределения остальных ТМ данная закономерность не прослеживается, что подтверждается и высоким коэффициентом вариации 38%. В данных условиях – легкий гранулометрический состав и интенсивная ветровая эрозия, сопровождаемая пыльными бурями, приводят к перераспределению загрязняющих веществ, в том числе и ТМ. Для всех исследуемых элементов характерно превышение их валового содержания и подвижных элементов относительно фона.

Полученные данные свидетельствуют о значительном влиянии гранулометрического состава на сорбционные свойства почв к нефтепродуктам и ТМ. Данное свойство почв можно использовать в процессах восстановления и ремедиации почвенного покрова с целью предотвращения образования вторичных очагов загрязнения, а также миграции загрязнителей в сопредельные ландшафты.

### **Заключение**

Исследуемые территории подвергаются регулярным аварийным разливам нефти, что приводит к трансформации почвенного покрова. В будущем почвы могут эволюционировать в битуминозные хемоземы. Поскольку кроме регулярного разлива нефти, для исследуемого региона характерно постоянное подтягивание нефтяных вод через тектонические трещины, вследствие засушливого климата. Фоновые территории, которые послужили для оценки степени загрязнения нефтепродуктами и ТМ, представлены кальциковыми вертисолями и арениковыми кальцисолями.

Гранулометрический состав оказывает прямое влияние на сорбционные свойства почв. Чем тяжелее гранулометрический состав, тем больше содержание илистой и коллоидной фракции, которые интенсивно сорбируют нефтепродукты и ТМ. В исследуемых кальциковых вертисолях, имеющих тяжелый гранулометрический состав, содержание нефтепродуктов и ТМ более чем в 2 раза превышает их количество в арениковых кальцисолях, имеющих песчаный гранулометрический состав.

Пространственное распределение нефтепродуктов в кальциковых вертисолях характеризуется постепенным уменьшением их содержания при отдалении от источника загрязнения. В арениковых кальцисолях максимум содержания нефтепродуктов отмечается на расстоя-

нии 200 м от источника загрязнения. Явление объясняется постоянным перераспределением загрязняющих веществ в пространстве. Легкий гранулометрический состав создает большую пространственную неоднородность, о чем свидетельствует высокий коэффициент вариации.

Постепенное уменьшение содержания ТМ от факельных установок сжигания нефтяного попутного газа в кальциковых вертисолях отмечается для всех исследуемых ТМ. В арениковых кальцисолях закономерность характерна только для Cd и частично для Pb. Выявлена сильная пространственная неоднородность в распределении ТМ в арениковых кальцисолях. Такому перераспределению способствуют интенсивные эрозионные явления, вызываемые регулярными пыльными бурями. Валовое содержание и подвижные соединения всех исследуемых ТМ в несколько раз превышают показатели фонового участка. Отмечается загрязнение исследуемой территории, как нефтепродуктами, так и ТМ. Тяжелый гранулометрический состав и повышенная сорбционная емкость кальциковых вертисолей препятствует профильной и пространственной миграции загрязняющих веществ. Данное свойство илистой фракции почв необходимо использовать для ремедиации почвенного покрова и предотвращения образования вторичных очагов загрязнения в случае арениковых кальцисолей.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.



### Список литературы/References

1. Cocartă D.M., Stoian M.A., Karademir A. Crude oil contaminated sites: evaluation by using risk assessment approach. *Sustainability*. 2017; 9: 1365-1380.
2. Sushkova S., Minkina T., Dudnikova T., Barbashev A., Mazarji M., Chernikova N., Lobzenko I., Deryabkina I., Kizilkaya R. Influence of carbon-containing and mineral sorbents on the toxicity of soil contaminated with benzo[a]pyrene during phytotesting. *Environmental Geochemistry and Health*. 2021; 44: 179-193. <https://doi.org/10.1007/s10653-021-00899-x>
3. Sazonova O.V., Ryazanova T.K., Tupikova D.S., Sudakova T.V., Toropova N.M., Vistyak L.N., Sokolova I.V., Suchkov V.V. Vliyanie predpriyatij neftehimicheskogo kompleksa na sostojanie pochvennogo pokrova na territorii Samarskoj oblasti. *Pochvovedenie*. 2018; 10 (prilozhenie); S10-S22. <https://doi.org/10.1134/S0032180X18120109>
4. Mazarji M., Minkina T.M., Sushkova S.N., Mandzhieva S.S., Barbashev A.V., Bidhendi G.N., Bhatnagar A. Effect of nanomaterials on remediation of polycyclic aromatic hydrocarbons-contaminated soils: a review. *Journal of environmental management*. 2021; 284: 112023. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112023>
5. Kovaleva E.I., Yakovleva A.S., Nikolaenko (Kegiyani) M.G., Makarov A.O., Makarov A.A. Jekologicheskaja ocenka neftezagrzajzennykh pochv s ispol'zovaniem jenhitreid (o. Sahalin). *Pochvovedenie*. 2017; 3: 360-369. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17030078>
6. Sushkova S., Minkina T., Turina I., Mandzhieva S., Bauer T., Zamulina I., Kizilkaya R. Monitoring of benzo[a]pyrene content in soils under the effect of long-term technogenic pollution. *Journal of geochemical exploration*. 2017; 174: 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.jexplo.2016.02.009>
7. Vasilyeva G., Kondrashina V., Strijkova E., Ortega-Calvo J.J. Adsorptive bioremediation of soil highly contaminated with crude oil. *The science of the total environment*. 2020; 706: 135739. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135739>
8. Kahla O., Melliti Ben Garali S., Sakka Hlaili A., Karray F., Ben Abdallah M., Kallel N., Mhiri N., Zaghdien H., Barhoumi B., Pringault O., Quéméneur M., Tedetti M., Sayadi S. Efficiency of benthic diatom-associated bacteria in the removal of benzo(a)pyrene and fluoranthene. *The science of the total environment*. 2021; 751: 141399. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141399>
9. Minnikova T., Kolesnikov S., Minkina T., Mandzhieva S. Assessment of ecological condition of haplic chernozem calcic contaminated with petroleum hydrocarbons during application of bioremediation agents of various natures. *Land*. 2021; 10(2): 1-20. <https://doi.org/10.3390/land10020169>
10. Metodika rascheta vybrosov vrednykh veshchestv v atmosferu pri szhiganii poputnogo neftyanogo gaza na fakel'nykh ustanovkakh. Utv. prikazom Goskomekologii Rossii № 199 ot 08.04.1998 g. Sankt-Peterburg, NII «Atmosfera». 1997.
11. Lipatov D.N., Shcheglov A.I., Manakhov D.V., Karpukhin M.M., Zavgorodnyaya Yu.A., Tsvetnova O.B. Raspre-delenie tjazhelykh metallov i benz(a)pirena v torfjanykh oligotrofnnykh pochvah i torfjanogleezemah na severo-vostoke o. Sahalin. *Pochvovedenie*. 2018; 5: 551-562. <https://doi.org/10.7868/S0032180X18050040>
12. Solntseva N.P. Dobycha nefiti i geokhimiya prirodnykh landshaftov. M. MGU. 1998. 376 p.
13. Gorbunova N.S., Gromovik A.I., Devyatova T.A., Cherepukhina I.V. Zagryaznenie pochv. Sposoby kontrolya i normirovaniya. Voronezh, Izdatel'skii dom VGU. 2022. 81 p.



### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Т.А. Девятова** – д.б.н., профессор, заведующая кафедрой экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета, Воронеж;

**Х.Г.Г. Гафар** – аспирант кафедры экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета, Воронеж.

**T.A. Devyatova** – doctor of biological sciences, professor, Head of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, [devyatova.eco@gmail.com](mailto:devyatova.eco@gmail.com)

**H.Gh.Gh. Ghafar** – postgraduate student of the Department of Ecology and Land Resources, Voronezh State University, Voronezh, [gafar.25@gmail.com](mailto:gafar.25@gmail.com)

*Статья поступила в редакцию 09.03.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 17.06.2022.*

*The article was submitted 09.03.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 17.06.2022.*