

ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ / APPLIED ECOLOGY

Оригинальная статья / Original article

УДК 631.4

DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-173-180

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

© А.С. Мерзлякова, А.А. Околелова, В.Н. Заикина, А.В. Пасикова

Волгоградский государственный технический университет,
Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корпус «Б».

Нефтехимические предприятия являются постоянными источниками антропогенного воздействия на почвы. До настоящего времени в г. Волгограде не проводили комплексной оценки их влияния на состояние почвенного покрова. Существующие стандартизованные методы определения нефтепродуктов (НП) в почвах имеют большие разночтения в получаемых результатах. В связи с этим появляется необходимость повышения эффективности их интерпретации. С увеличением концентрации НП в почве содержание $C_{орг}$ возрастает за счет органического углерода антропогенного происхождения. Установлена прямая зависимость между концентрацией НП, содержанием органического углерода и pH.

Ключевые слова: «нефтепродукты», «тяжелые металлы», «органический углерод», «pH», «бенз(а)пирен», «фенол», «колонии *Escherichia coli*».

Формат цитирования: Мерзлякова А.А., Околелова А.А., Заикина В.Н., Пасикова А.В. Изменение свойств нефтезагрязненных почв // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. Т. 7, N 2. С. 173–180. DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-2-173-180

CHANGING THE PROPERTIES OF OIL-CONTAMINATED SOILS

© A.S. Merzlyakova, A.A. Okolelova, V.N. Zaikina, A.V. Pasikova

Volgograd State Technical University,
28 B, Lenin Ave., Volgograd, 400131, Russian Federation

Petrochemical plants are the permanent sources of anthropogenic impact on soil. Up to now, in Volgograd there has been no a comprehensive assessment of their impact on the state of the soil cover performed. Existing standardized methods for the determination of petroleum products in soils have large discrepancies in results. In this regard, there is a need to improve their interpretation. The accumulation of phenols, hydrogen sulfide, lead and mercury not detected. With increasing concentration of petroleum products in the soil the content of organic carbon (C_{org}) increases due to the organic carbon of anthropogenic origin.. Direct dependence between the concentration of petroleum products and organic carbon content and pH was found.

Keywords: petroleum products, heavy metals, organic carbon, pH, benzo(a)pyrene, phenol, colony of *Escherichia coli*

For citation: Merzlyakova A.A., Okolelova A.A., Zaikina V.N., Pasikova A.V. Changing the properties of oil-contaminated soils. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya I Biotekhnologiya* [Proceeding of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology]. 2017, vol. 7, no. 2, pp. 173–180 (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2017-7-1-173-180

ВВЕДЕНИЕ

Нефтехимические предприятия являются постоянными источниками антропогенного воздействия на почвы. До настоящего времени в Волгограде не проводили комплексной оценки их влияния на состояние почвенного покрова.

Цель исследования. Существующие стандартизованные методы определения нефте-

продуктов (НП) в почвах имеют большие разночтения в получаемых результатах. В связи с этим появляется необходимость повышения эффективности их интерпретации.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом данного исследования является ОАО «ЛУКОЙЛ» – Волгограднефтепереработ-

ка (НПЗ), расположенный в Красноармейском районе г. Волгограда.

Объект исследования разделен по зонам: целина, в 25 км на север от предприятия, рекреация, дачный массив, (в 2 км от предприятия); жилые массивы (1–2 км); санитарно-защитная зона (СЗЗ, менее 1 км); территория предприятия, (промзона, 12 объектов); полигоны захоронения твердых и вязких отходов, пруд-накопитель. В Классификации почв России их относят к типу каштановых почв, частично – бурых [1]. Более подробно описание объектов приведено нами ранее [2–5].

Отбор проб и подготовку почв к анализам проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Контроль содержания поллютантов в почвах проводили в течение четырех лет – с 2009 по 2012 гг. весной, летом и осенью. Лабораторная часть исследований включает определение следующих показателей: влажность почвы – термостатно-весовым методом ГОСТ 28268-89, плотность почвы – буром Н.А. Качинского, определение структурно-агрегатного состава по методу Н.И. Савинова, сокращенный анализ гранулометрического и микроагрегатного состава почвы – по методу Н.А. Качинского, рН водный – потенциометрическим методом ГОСТ 26423-85, содержание гумуса – по И.В. Тюрину в модификации Д.С. Орлова и Л.А. Гришиной со спектрофотометрическим окончанием, поглощенные катионы – по ГОСТ 26487-85(86), водная вытяжка – по ГОСТ 26423-85. Содержание НП определяли экстракцией четыреххлористым углеродом (ЧХУ) – на приборе АН-2. Массовое содержание фенолов в почвах – на фотоэлектроколориметре КФК-2. Концентрацию 3,4 бенз(а)пирена – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии («Стайер»). Атомно-адсорбционным методом на спектрометре AGILENT AA140 с пламенной атомизацией определяли Pb, Zn, Hg.

Выращивали модельную культуру микроорганизмов *Escherichia coli* на селективной среде Эндо. Из суточной агаровой культуры кишечной палочки готовили в физиологическом растворе (0,89% NaCl) бактериальную суспензию. В стерильные чашки Петри с пробами почвы и селективной средой Эндо засевали культуру в объеме 0,1 мл. Чашки инкубировали в термостате при температуре 37 °С в течение 24 час. Через сутки производили подсчет выросших на пластинках агара колоний *Escherichia coli*. В качестве контроля использовали культуру кишечной палочки, засеянную в чашки Петри со средой Эндо, без почвы, повторность трехкратная. Пробы почвы стерили-

зовали термическим методом в автоклаве MLS-3020U (SANVO, Япония) при 1,5 атм (122 °С) и прогревали в сухожаровом шкафу ШС-80-01 при температуре 170 °С в течение 40 мин. Для извлечения высокомолекулярных углеводородов до и после автоклавирования использовали метод автоматизированной ускоренной экстракции в субкритических условиях в аппарате Сокслета.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нефтепродукты в почвах. Превышение концентрации НП выше установленного норматива (1000 мг/кг) выявлено только в почвах полигонов в 2009 и 2010 гг., в почвах других зон объекта – ниже установленного норматива (рис.). Отчетливо прослеживается снижение НП во всех зонах от 2009 к 2012 гг. в ряду: дачный массив → жилой массив → СЗЗ → промзона → полигоны. Фоновое значение НП в почвах снижается с 188 до 79 мг/кг, в почвах жилого массива – с 349 до 131, в почвах СЗЗ – с 445 до 299, в почвах промзоны – с 671 до 217, в почвах полигонов – с 1019 до 391 мг/кг [6–9].

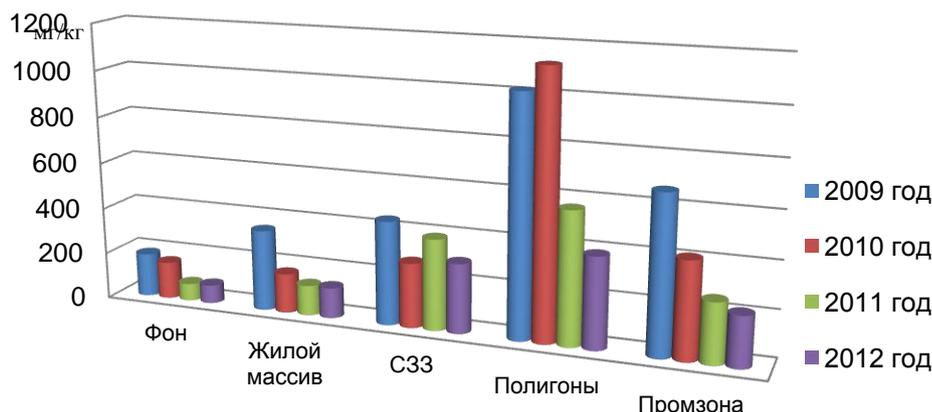
Фенолы в почвах. Содержание оксибензолов закономерно снижается в почвах с 2009 по 2012 г. на всех объектах. В 2012 г. по сравнению с рекреацией их накопление в жилом массиве выше в 1,1 раза, в СЗЗ – в 1,4, в промзоне – в 1,8, на полигонах – в 2,3 раза (рисунок). Диапазон концентраций – от 0,5 до 2,64 мг/кг.

Фенолы – неотъемлемая составляющая органической части почвы. В любой почве всегда присутствуют фенолы, поэтому ПДК для них не устанавливаются. Они – один из основных компонентов неспецифических органических соединений почвы. Ранее А. А. Околеловой было показано, что основными компонентами ароматической составляющей фульвокислот являются фенолы [6]. Считаем необходимым разделять их на фенолы естественного и антропогенного происхождения. Их содержание в незагрязненной почве, на фоновом участке нами принято как доля фенолов естественного происхождения. Для определения доли фенолов антропогенного происхождения предлагаем формулу расчета:

$$\Phi_{\text{ант}}, \text{ мг/кг} = \Phi_{\text{общ}} - \Phi_{\text{фон}},$$

где $\Phi_{\text{ант}}$ – доля фенолов антропогенного происхождения, $\Phi_{\text{фон}}$, $\Phi_{\text{общ}}$ – доля фенолов в фоновой (незагрязненной) и исследуемой загрязненной почвах, мг/кг ($\Phi_{\text{фон}} = 0,5$) соответственно.

Изменение свойств нефтезагрязненных почв



Динамика изменения концентрации нефтепродуктов в почвах (АН-2)

За годы наблюдений содержание $\Phi_{\text{ант}}$ существенно снижается: в СЗЗ – в 8,1 раза, в промзоне – в 3,03 раза, на полигонах – в 3,29, и максимальна – на территории прудов-накопителей, в 4,8 раза (табл. 1).

3,4-бенз(а)пирен в почвах. Его содержание в сырой нефти составляет 2,8 мг/кг [3]. ПДК 3,4-бенз(а)пирена в почвах составляет 0,02 мг/кг. В окрестностях полигона и прудонакопителя концентрация БП превышает ПДК в 7-8 раз. В отдельных объектах промзоны незначительно превышает ПДК или соответствует ему (0,02-0,025 мг/кг: водоблоки, реагентное хозяйство, трубопроводы, установка селективной очистки масел). В почвах дачного и жилого массивов и СЗЗ превышений практически нет [4].

Тяжелые металлы в почвах. Средние значения результатов определения ТМ в зонах по данным за 2012 г. приведены в табл. 2. В почве целины по сравнению с дачным массивом выше содержание ртути и цинка, ниже – свинца. Концентрация цинка превышает ПДК в почвах всех объектов за исключением дачного массива. Максимальное накопление цинка и свинца – в почвах СЗЗ, ртути – в почвах промзоны. Превышение ПДК по цинку отмечено в почвах жилого массива у школы № 71 (227 мг/кг), максимальное его накопление в зоне СЗЗ у стеллы «Волгоград», равное 1958 мг/кг, также ПДК превышено у причалов (262), нефтебазы (136), автобазы (125). Наибольшая концентрация ртути (0,47) и свинца (38,5) в почве промзоны у факельного хозяйства.

Таблица 1

Доля фенолов антропогенного происхождения, мг/кг

Годы	Жилой массив	СЗЗ	Промзона	Полигоны	Пруд-накопитель
2009	0,23	0,57	1,21	2,14	2,11
2010	0	0,65	0,87	1,90	1,74
2011	0	0,05	0,62	1,57	1,47
2012	0	0,07	0,40	0,65	0,44

Таблица 2

Содержанием ТМ в почвах, мг/кг

Зона	Hg	Zn	Pb
ПДК/ОДК	2,1	100/220	32/130
Целина, фон	0,013	49	10
Дачный массив	0,009	34	17
Жилой массив	0,048	112	23
СЗЗ	0,055	304	28

Концентрация свинца больше норматива в почве нефтебазы (44 мг/кг), ДК «Царицын» (37) и овощной базы (36). Доля ртути в почвах всех объектов намного ниже нормы. Наибольшее ее накопление выявлено у нефтебазы (0,19) и школы (0,11). Накопление цинка до 115,5 мг/кг в светло-каштановой почве южной пригородной зоны Волгограда отмечено в 2007 г. Трофимовой Т.А. с соавторами [8]. Выявлена тенденция большего содержания цинка в почвах с высокой концентрацией НП. Цинк легко адсорбируется не только минеральными, но и органическими компонентами, что объясняет его аккумуляцию в почвах [9].

Свойства почв. Исследованные светло-каштановые почвы малогумусны, рН верхних горизонтов изменяется от 7,15 до 7,45. Степень засоления – от незасоленной к слабозасоленной, химизм – хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный. Почвы фона и станции водоочистки некарбонатны, остальные – карбонатны [2–5].

С увеличением концентрации НП в почве содержание $C_{орг}$ возрастает за счет доли органического углерода антропогенного происхождения. Возможен и обратный механизм – органические соединения обладают более высокой поглотительной способностью, чем почвы, поэтому в почвах, обогащенных гумусом, выше доля НП. С возрастанием доли $C_{орг}$ в почвах с 0,90 до 1,78% концентрация нефтепродуктов увеличивается с 48 до 369 мг/кг (0,48–3,69%), рН увеличивается от 7,21 до 8,21 (табл. 3). За фон принимали содержание $C_{орг}$ на целине и по разности концентраций между $C_{общ}$ и $C_{орг}$ рассчитывали долю органического углерода антропогенного происхождения.

Завышенные концентрации $C_{орг}$ можно объяснить тем, что в состав нефти входят органические соединения, способные к окислению. Даже предельные углеводороды при наличии третичного атома углерода окисляют-

ся хромовой смесью. Значения $C_{орг}$ в почве целины, равные 0,9%, можно принять за содержание органического углерода в незагрязненной почве (фон), превышение этой величины – за счет органического углерода антропогенного происхождения. Максимальное количество $C_{ант}$ в почве нефтебазы, наименьшее – в почвах СЗЗ (разрезы 1,2), что можно объяснить периодическим обновлением верхнего слоя. В почвах промзоны зависимость между $C_{орг}$ и НП сохраняется [2-5].

Установленную зависимость подтверждает концентрация фенола. В почве нефтебазы его содержание максимально (1,52 мг/кг), в почвах остальных объектов не превышает 0,05 мг/кг. Возрастание рН вероятно вызвано тем, что представители практически всех классов компонентов НП (кроме кислот и фенолов) вступают в реакцию с катионами водорода и водой. Считаем, что «нефтепродукты» незагрязненной почвы целины – это неспецифические органические соединения.

Максимальное количество поглощенных катионов на целине (28,15 мг-экв/100г почвы), минимальное – в светло-каштановой почве нефтебазы (5,75). Наибольшая концентрация водорастворимых ионов характерна для почвы нефтебазы (3,98 мг-экв/100г почвы), наименьшая – для почвы ст. Водоочистки (1,82). С увеличением концентрации НП количество поглощенных катионов снижается, а растворимых ионов в почвах повышается.

Распределение фракций гранулометрических элементов в светло-каштановых почвах приведено в табл. 4. С увеличением концентрации НП в почвах повышается концентрация ила (<0,001 мм), физической глины (< 0,01), средней и мелкой пыли (0,01–0,005 и 0,005–0,001) и снижается количество фракций песка (крупного, среднего и мелкого (1–0,25; 0,25–0,05)).

Таблица 3

Свойства гумусовых горизонтов светло-каштановых почв

Объект, гранулометрический состав	$C_{общ}$, %	$C_{ант}$		НП		рН
		%	% от $C_{общ}$	мг/кг	%	
Легкосуглинистая (целина, фон)	0,90	0	0	48	0,48	7,21
Среднесуглинистая, рекреация	1,20	0,30	25,0	118	1,18	7,32
Супесчаная, станция водоочистки	1,24	0,34	27,4	136	1,36	7,45
Легкосуглинистая, пос. Керамический	1,26	0,36	28,6	132	1,32	7,48
Легкосуглинистая, СЗЗ, нефтебаза	1,78	0,88	49,4	369	3,69	8,21
Супесчаная, СЗЗ, разрез 1	1,09	0,19	17,4	146	1,46	8,51
Супесчаная, СЗЗ, разрез 2	1,12	0,22	19,6	347	3,47	8,00

Содержание фракций гранулометрических элементов в светло-каштановых почвах

Почва	Содержание фракции, %; размер частицы, мм						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
Целина	40,80	32,32	7,28	5,28	8,24	6,08	19,60
Рекреация	33,60	23,60	24,92	4,36	5,92	7,60	17,88
Ст. Водоочистки	21,25	18,90	30,33	8,72	5,08	15,72	29,52
Нефтебаза	11,09	16,51	17,28	11,20	15,84	28,08	55,12
Пос. Керамический	22,41	24,95	26,48	9,20	6,64	10,32	26,16

Преобладание фракций крупного и среднего песка максимально в почве целины и минимально – в почве нефтебазы. Наименьшее содержание фракции крупной пыли (0,05–0,01) в светло-каштановой целинной почве, пыли средней и физической глины – в почвах рекреации и на целине. В почве нефтебазы наибольшее количество фракций физической глины, ила, пыли средней и мелкой, наименьшее – крупного, среднего и мелкого песка. По мнению Шеина, «в частицах песка отсутствуют поры, поэтому нефтепродукты не могут проникать внутрь частиц, сорбируются на поверхности, образуя на каждой песчинке тонкий слой»¹. Этим можно объяснить высокие значения водопрочных агрегатов в супесчаной почве.

Наибольшая концентрация НП в почвах нефтебазы, равная 369 мг/кг (3,69%) соответствует максимальной доле ила, равной 28,08% и фракций физической глины (55,12%). В супесчаной почве ст. Водоочистки содержание ила составляет 6,08 %, физической глины – 19,60%, нефтепродуктов – 136 мг/кг (1,36%). Высокая плотность у почвы целины (1,35 г/см³), в почвах остальных объектов плотность ниже (1,12–1,30). Плотность твердой фазы наибольшая в супесчаной почве ст. Водоочистки жилого массива (2,96 г/см³), наименьшая – в почве рекреации (2,62 г/см³).

Микробиологические исследования

Штаммы грам-отрицательных палочковидных бактерий семейства *Enterobacteriaceae* род *Escherichia* энтеропатогенны, в большинстве своем безвредны. *Escherichia coli* – самые изучаемые прокариотические организмы, важнейший объект в биотических и микробиологических исследованиях, может существовать на

разных субстратах. Результаты опыта приведены в табл. 5.

На целинной незагрязненной почве больше колоний *Escherichia coli*, чем в исследуемых нефтезагрязненных образцах, а в иллювиальном горизонте – выше, чем на контроле без почвы, соответственно 210 и 150 %. Это может быть результатом отсутствия в почве поллютантов, токсикации, лучшими условиями для питания микроорганизмов. Фактически «нефтепродуктами» в почвах целины являются природные неспецифические органические соединения.

Снижение количества выросших колоний с увеличением доли НП в почвах подтверждено и литературными данными [10–14]. С увеличением доли НП в почвах с 21,6 до 347 мг/кг (с 0,22 до 3,47%) (в 16,1 раза) численность выросших колоний *Escherichia coli* снижается с 210 до 45% (в 4,7 раза). По профилю уменьшается количество НП и повышается количество выросших колоний. Снижение численности колоний *Escherichia coli* может свидетельствовать о токсикации почв нефтепродуктами.

ВЫВОДЫ

1. Содержание НП во всех исследованных почвах превышает установленный норматив, цинка – ПДК. Концентрация НП в почвах снижается от 2009 к 2012 гг. в ряду: рекреация → жилой массив → СЗЗ → промзона → полигоны.

2. Концентрация оксibenзолов закономерно уменьшается в почвах с 2009 по 2012 гг. на всех объектах. В 2012 г. по сравнению с рекреацией их накопление в почвах жилого массива выше в 1,1 раза, в СЗЗ – в 1,4, в промзоне – в 1,8, в полигонах – в 2,3 раза. В почвах полигонов концентрация БП превышает ПДК в 7,7 раза. В почвах промзоны превышение ПДК бенз(а)пирена локально – до 0,25 мг/кг, в почвах дачного и жилого массивов и СЗЗ (за исключением нефтебазы) превыше-

¹ Шеин Е.В. Курс физики почв: учебник. М.: Изд-во МГУ. 2005. - 432 с.

Shein E. V. physics of soils: a textbook. M.: Publ. house of Moscow state University, 2005, 432 p.

Содержание НП и микроорганизмов в почвах

Объект, горизонт	Количество выросших колоний, %	НП, мг/кг/(АН-2)
Целина, А1	135±10	48,0/0,48
Целина, В1	210±28	21,6/0,22
Разрез 1, гор. А 1	62±58	146,4/1,46
Разрез 1, гор. В 1	76±77	64,5/0,65
Разрез 2, гор. А 1	45±70	347,0/3,47
Разрез 2, гор. В 1	82±50	51,1/0,51

ний не выявлено. Концентрация Zn локально превышает ПДК в почвах жилого массива, СЗЗ и промзоны. Накопление фенолов, сероводорода, свинца, ртути не выявлено.

3. С увеличением концентрации НП в почве содержание $S_{орг}$ возрастает за счет органического углерода антропогенного происхождения. С возрастанием $S_{орг}$ в почвах с 0,90 до 1,78% концентрация НП увеличивается с 48 до 369 мг/кг (с 0,48 до 3,69%), рН – с 7,21 до 8,21 за счет органического углерода антропогенно-

го происхождения.

4. С увеличением нефтепродуктов в почвах с 21,6 до 347 мг/кг (с 0,22 до 3,47%) (в 16,1 раза) численность выросших колоний снижается с 210 до 45 % (в 4,7 раза).

5. Установлена прямая зависимость между концентрацией НП и содержанием органического углерода, рН. С увеличением концентрации НП в почвах содержание поглощенных катионов и растворимых ионов снижается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безуглова О. С. Диагностика состава и свойств почв. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 124 с.

2. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Мерзлякова А.С. Оценка состояния почвенного покрова в зоне влияния нефтехимического предприятий // Проблемы региональной экологии. 2012, N 5. С. 59–61.

3. Околелова А.А., Мерзлякова А.С., Коженикова В.П. Содержание бензпирена в почвенном покрове нефтеперерабатывающего предприятия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2015, N 3 (200), вып. 30. С. 111–116.

4. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации // Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. 222 с.

5. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Мерзлякова А.С. Оценка почвенного покрова в зоне деятельности нефтехимического предприятия. Волгоград: ВолгГТУ, 2014. 132 с.

6. Околелова А.А. Природа и свойства фульвокислот // Почвоведение. 1992. N 1. С. 65–68.

7. Мажайский Ю.А. Нейтрализация загрязненных почв. Рязань: Россельхозакадемия, 2008. 528 с.

8. Трофимова Т.А., Кубраков В.Г. Фиторе-медиация цинка горчицей сарептской из загрязненных светло-каштановых почв г. Волгограда // Волгоград: Вестник АПК Волгоградской области. 2009, N 6. С. 11–12.

9. Kabata-Pendias A., Pendias H. Bio-geochemia pierwiastków śladowych. PWN: Warszawa, 1999. 398 p.

10. Калачникова И.Г., Безенкова Е.И., Колесникова Н.М. Исследование трансформации нефтяных углеводородов в почвенной экосистеме, как основа оптимизации антропогенных воздействий на нее // Научные труды Института экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН. Свердловск, 1999. С. 99.

11. Никифорова Е.М. Почвенно-геохимические условия разложения и миграции нефтепродуктов в ландшафтах СССР // Вопросы географии. М., 1983. Т. 120. С. 130–145.

12. Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Чернянский С.С., Сахаров Г.Н. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003, N 9. С. 1132–1140.

13. Розанова Е.П., Кузнецов С.И. Микрофлора нефтяных месторождений. М.: Наука, 1974. 198 с.

14. Dorf W., Stelof M. Snierung cines kontaminirten bodens Bacterieller abbau von disolf // Forsch: Actnel. 1989. V. 6, N 24-26. P. 33–36.

REFERENCES

1. Bezuglova O.S. *Diagnostika sostava i svoystv pochv* [Diagnostics of the composition and properties of soils]. Rostov-on-Don, SFedU Publ., 2008, 124 p.

2. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Merzlyakova A.S. Condition assessment of soil cover in the zone of influence of the petrochemical enterprises. *Problemy regional'noi ekologii* [Problems of regional ecology]. 2012, no. 5, pp. 59–61. (in Russian)

3. Okolelova A.A., Merzlyakova A.S., Kozhevnikova V.P. The content of benzopyrene in the soil cover of the oil-processing enterprise. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki* [Scientific statements of Belgorod State University. Natural science]. 2015, vol. 30, no. 3 (200), pp. 111–116. (in Russian)

4. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. *Osobennosti pochvennogo pokrova Volgogradskoi aglomeratsii* [Peculiarities of the soil cover of the Volgograd agglomeration]. Volgograd, Volgograd State Agricultural University Publ., 2014, 222 p.

5. Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Merzlyakova A.S. *Otsenka pochvennogo pokrova v zone deyatelnosti neftekhimicheskogo predpriyatiya* [Estimation of the soil cover in the area of petrochemical enterprises]. Volgograd, VSTU Publ., 2014, 132 p.

6. Okolelova A.A. Nature and properties of fulvic acid. *Pochvovedenie* [Soil science]. 1992, no. 1, pp. 65–68. (in Russian)

7. Mazhaiskii Yu.A. *Neitralizatsiya zagryaznennykh pochv* [Neutralization of contaminated soils]. Ryazan', Rossel'khozakademiya Publ., 2008, 528 p.

8. Trofimova T.A., Kubrakov V.G. *Fitoremediatsiya tsinka gorchitsej sareptskoi iz zagryaznennykh svetlo-kashtanovykh pochv g. Volgograda* [Phytoremediation of zinc by Brassica juncea from contaminated light-chestnut soils of Volgograd]. Volgograd, Vestnik APK of Volgograd region, 2009, no. 6, pp. 11–12. (in Russian)

9. Kabata-Pendias A., Pendias H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN, Warszawa, 1999, 398 p.

10. Kalachnikova I.G., Bezenkova E.I., Kolesnikova N.M., Kalashnikova I.G., Buzenkova E.I., Kolesnikova N.M. To study the transformation of petroleum hydrocarbons in the soil ecosystem, as the basis for optimization of human impacts on it. In: *Nauchnye trudy Instituta ekologii i genetiki mikroorganizmov UrO RAN* [Scientific papers of the Institute of ecology and genetics of microorganisms, Ural branch, Russian Academy of Sciences]. Sverdlovsk, 1999, p. 99.

11. Nikiforova E.M. Soil-geochemical conditions of decomposition and migration of oil in the landscapes of the USSR. *Voprosy geografii* [Problems of geography]. 1983, vol. 120, pp. 130–145. (in Russian)

12. Pikovskii Yu.I., Gennadiev A.N., Chernyanskii S.S., Sakharov G.N. The problem of diagnostics and standardization of soil pollution with oil and oil products. *Pochvovedenie* [Soil science]. 2003, no. 9, pp. 1132–1140. (in Russian)

13. Rozanova E.P., Kuznetsov S.I. *Mikroflora neftyanykh mestorozhdenii* [The microflora of oil deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 198 p.

14. Dorf W., Stelof M. Snierung cines kontaminirten bodens Bacterieller abbau von disolf. *Forsch, Actnel*. 1989, vol. 6, no. 24–26, pp. 33–36.

Критерии авторства

Мерзлякова А.С., Околелова А.А., Заикина В.Н., Пасикова А.В. выполнили экспериментальную работу, на основании полученных результатов провели обобщение и написали рукопись. Мерзлякова А.С., Околелова А.А., Заикина В.Н., Пасикова А.В. имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Анна С. Мерзлякова

Contribution

Merzlyakova A.S., Okolelova A.A., Zaikina V.N., Pasikova A.V. carried out the experimental work, on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. Merzlyakova A.S., Okolelova A.A., Zaikina V.N., Pasikova A.V. have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

Authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

AUTHORS' INDEX

Affiliations

Anna S. Merzlyakova

Волгоградский государственный технический университет
Аспирант кафедры ПЭБЖ
denstev@mail.ru

Алла А. Околелова

Волгоградский государственный технический университет
Д.б.н., профессор кафедры ПЭБЖ
allaokol@mail.ru

Вероника Н. Заикина

Волгоградский государственный технический университет
Аспирант кафедры ПЭБЖ
veronikazaikina@mail.ru

Альбина В. Пасикова

Волгоградский государственный технический университет
Магистр кафедры ПЭБЖ
albina-sheshenja@rambler.ru

Volgograd State Technical University
Postgraduate Student
Department of Industrial Ecology and Life Safety
denstev@mail.ru

Alla A. Okolelova

Volgograd State Technical University
Doctor of Biology, Professor
Department of Industrial Ecology and Life Safety
allaokol@mail.ru

Veronika N. Zaikina

Volgograd State Technical University
Postgraduate Student
Department of Industrial Ecology and Life Safety
veronikazaikina@mail.ru

Albina V. Pasikova

Volgograd State Technical University
Master
Department of Industrial Ecology and Life Safety
albina-sheshenja@rambler.ru

Поступила 02.11.2016

Received 02.11.2016