

УДК 57.044; 504.05; 631.46

UDC 57.044; 504.05; 631.46

**ДИНАМИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА
ОБЫКНОВЕННОГО, ЗАГРЯЗНЕННОГО
НЕФТЬЮ***

**DYNAMICS OF RESTORATION OF
BIOLOGICAL PROPERTIES OF BLACK
SOILS POLLUTED WITH OIL**

Кутузова Ирина Владимировна
аспирант

Kutuzova Irina Vladimirovna
postgraduate student

Колесников Сергей Ильич
д.с.-х.н, профессор

Kolesnikov Sergey Ilich
Dr.Sci.Agr., professor

Казеев Камил Шагидуллович
д.г.н, профессор

Kazeev Kamil Shagidullovich
Dr.Sci.Geogr., professor

Акименко Юлия Викторовна
ассистент

Akimenko Yuliya Viktorovna
assistant

Козунь Юлия Сергеевна
ассистент

Kozun Yuliya Sergeevna
assistant

Мясникова Маргарита Алексеевна
ассистент

Myasnikova Margarita Alekseevna
assistant

Налета Екатерина Васильевна
аспирант

Naleta Ekaterina Vasilyevna
postgraduate student

Цалоева Анастасия Сергеевна
студент

Tsaloyeva Anastasia Sergeevna
student

Черникова Мария Петровна
магистрант
Южный федеральный университет

Chernikova Maria Petrovna
master's degree student
Southern Federal University

Негативное воздействие нефти на биологические свойства почв проявляется сразу после загрязнения. С течением времени происходит их восстановление. Однако даже через несколько лет после загрязнения биологические свойства почв не восстанавливаются полностью

Negative impact of oil on biological properties of soils right after pollution is shown in the article. Eventually, there is their restoration. However, even in some years after pollution, the biological properties of soils aren't restored completely

Ключевые слова: ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕФТЬЮ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ЧЕРНОЗЕМ ОБЫКНОВЕННЫЙ, ПОЛЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Keywords: POLLUTION BY OIL, BIOLOGICAL PROPERTIES, BLACK SOIL, FIELD MODELING

ВВЕДЕНИЕ

Большинство исследований влияния химического загрязнения на свойства почв, в том числе нефтью, проводились либо на территориях техногенного

* Исследование выполнено в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности Министерства образования и науки РФ № 6.345.2014/К и при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

загрязнения, либо в условиях лабораторного моделирования [1-7]. Исследование влияния загрязнения на биологические свойства чернозема обыкновенного в полевых модельных условиях проведено впервые.

Цель настоящей работы — исследовать влияние загрязнения нефтью на биологические свойства чернозема обыкновенного в полевом модельном опыте.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели были проведены полевые модельные эксперименты на черноземе обыкновенным в Ботаническом саду Южного федерального университета на территории города Ростова-на-Дону (Россия).

Использовали делянки площадью 1 м² и промежутками между делянками 0,5 м. Повторность трехкратная. Для выражения концентрации нефти в почве использовали ее процентное содержание. ПДК в почве нефти не разработана. Дозы нефти — 0,25; 0,5; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0 % от массы почвы. Нефть равномерно вносили и распределяли в пахотном горизонте почвы каждой делянки. Для изучения динамики происходящих в почве биологических процессов образцы почвы отбирали через 10, 30, 90, 180, 240, 330, 690, 730, 970, 1030, 1060, 1150 суток после загрязнения после загрязнения. После закладки опытных делянок через 1 месяц их засеяли озимой пшеницей (сорт Дончанка), на следующий год - яровым ячменем, на третий год - также озимой пшеницей.

Лабораторно-аналитические исследования выполнены с использованием общепринятых в экологии, биологии и почвоведении методов [8, 9]. Определяли обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы, активность дегидрогеназы, целлюлозолитическая активность, всхожесть семян редиса. Бактерии рода *Azotobacter* традиционно и успешно используют как индикатор химического загрязнения почвы. Каталазная, дегидрогеназная и целлюлозолитическая активность отражают интенсивность различных биоло-

гических процессов в почве. При этом активность ферментов служит показателем потенциальной биологической активности почвы, а скорость разложения полотно характеризует актуальную активность. Каталаза и дегидрогеназа принадлежат к окислительно-восстановительным ферментам – наиболее чувствительным к химическому загрязнению. Всхожесть, длина корней и надземной части редиса отражает фитотоксические свойства химически загрязненной почвы. Таким образом, представленный набор показателей дает объективную и информативную картину о протекающих в почве биологических процессах и о ее экологическом состоянии в целом.

Для объединения различных биологических показателей была использована методика определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы [10].

Статистическая обработка данных была проведена с использованием дисперсионного анализа с последующим определением наименьшей существенной разности (НСР), корреляционного и регрессионного анализов. Для проведения математической обработки результатов исследования использовали компьютерную программу Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В подавляющем большинстве случаев наблюдалось негативное воздействие нефти на биологические показатели чернозема обыкновенного. Как правило, была характерна прямая зависимость между концентрацией нефти в почве и степенью снижения исследуемых показателей. Загрязнение нефтью вызвало снижение активности каталазы (рис. 1А) максимум до 6 % на 30 сутки от момента загрязнения, а активности дегидрогеназы — вплоть до 10 % от контроля в срок 90 суток.

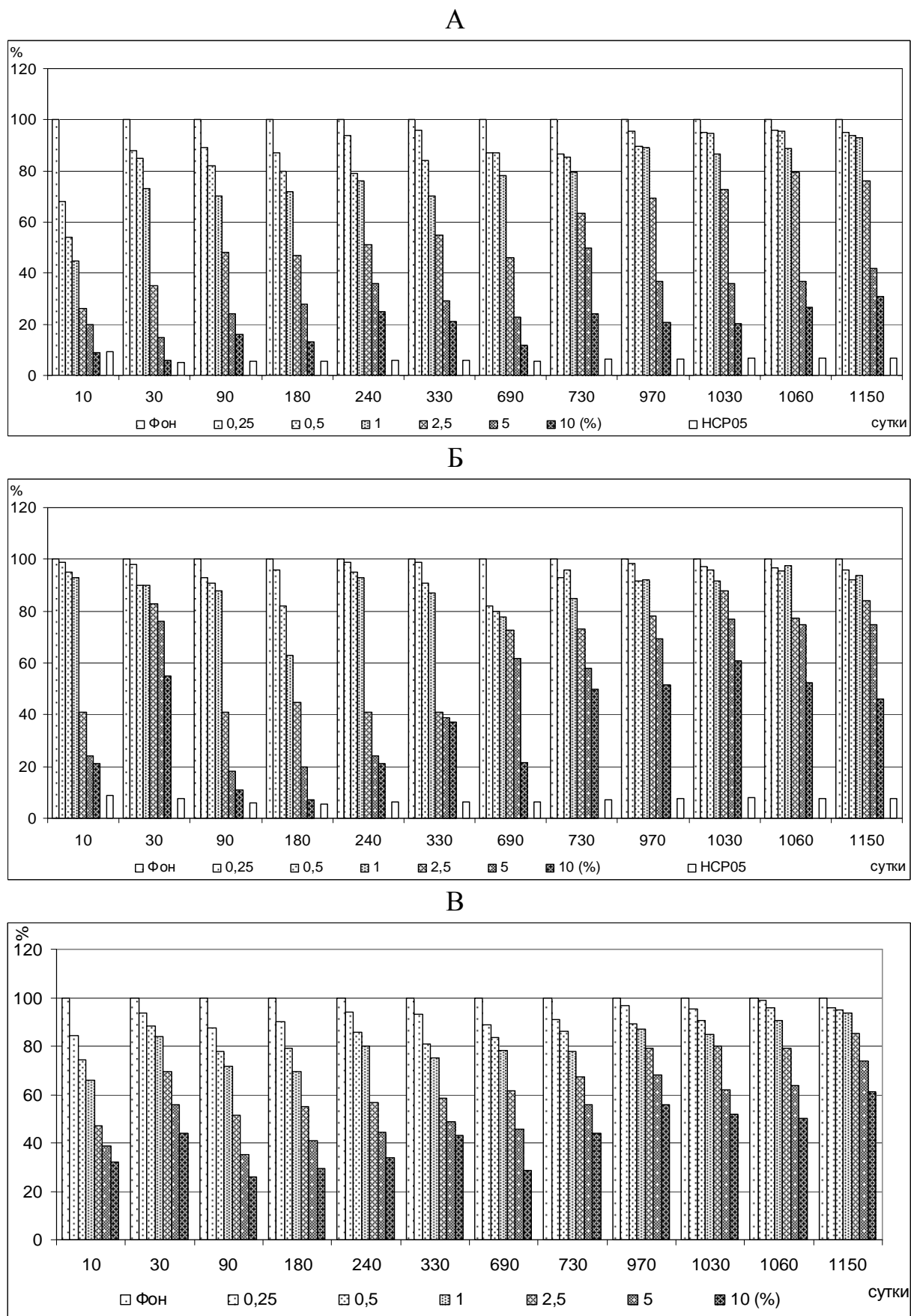


Рис. 1. Влияние загрязнения чернозема обыкновенного нефтью на активность каталазы (А), всхожесть редиса (Б) и ИПБС (В), % от контроля

Угнетающее воздействие нефти на активность ферментов проявляется и при внесении малых доз. Загрязнение нефтью почвенной массы приводит к изменениям в химическом составе, свойствах и структуре почв, что и объясняет ингибирующее действие нефти на активность ферментов. Также установлена высокая чувствительность к загрязнению активности ферментов группы оксидоредуктаз, причем, каталазы в большей степени, чем дегидрогеназы, что подтверждено другими исследователями [1]. Так при внесении максимальной дозы нефти - 10% от массы почвы, активность каталазы не достигла значения более 31 %, а активность дегидрогеназы восстановилась до 75% от контроля на 1150 сутки от момента загрязнения.

Всхожесть редиса (рис. 1Б) снизилась вплоть до 7 % от контроля на 180 сутки от момента загрязнения.

Длина корней редиса в некоторых случаях даже увеличилась. Такая тенденция наблюдается практически на всех дозах нефти на более поздних сроках от момента загрязнения. Это можно объяснить тем, что небольшое содержание загрязнителя в почве может давать стимулирующее действие на рост и развитие растений, т.к. в почве резко возрастает количество углерода.

Обилие бактерий рода *Azotobacter* снизилось вплоть до 63% от контроля. Этот показатель проявил наибольшую тенденцию к восстановлению. На более поздних сроках наблюдения этот показатель восстановился полностью.

С целью выявления общих закономерностей воздействия нефти на чернозем обыкновенный определяли интегральный показатель состояния (ИПБС) почвы. На рис. 1В представлены значения ИПБС, рассчитанного по следующим показателям: активность каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий рода *Azotobacter*, всхожесть. В расчет ИПБС мы не включили показатель длины корней редиса, т.к. при расчете данного показателя целесообразно его рассчитывать по наиболее информативным показателям.

Наименьшее значение ИПБС зафиксировано на 90 сутки от момента загрязнения. На последующих сроках наблюдается тенденция к восстановлению биологических свойств чернозема. Однако полного восстановления биологических показателей не происходит даже через 1150 суток после загрязнения.

Информативность биологических показателей оценивали по тесноте корреляции между показателем и содержанием в почве нефти. Коэффициенты корреляции исследованных показателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между содержанием в почве нефти и исследованными показателями ($\alpha=0,05$)

Показатель	Срок, сутки												Среднее значение
	10	30	90	180	240	330	690	730	970	1030	1060	1150	
Активность каталазы	-0,78	-0,89	-0,90	-0,92	-0,90	-0,91	-0,92	-0,97	-0,96	-0,96	-0,95	-0,95	-0,92
Активность дегидрогеназы	-0,87	-0,97	-0,90	-0,91	-0,89	-0,87	-0,85	-0,74	-0,75	-0,64	-0,84	-0,85	-0,84
Всхожесть	-0,87	-0,98	-0,90	-0,91	-0,87	-0,82	-0,96	-0,93	-0,98	-0,99	-0,97	-0,99	-0,93
Длина корней	-0,49	-0,92	-0,82	-0,88	-0,89	-0,76	-0,84	-0,93	-0,50	-0,96	0,08	-0,03	-0,66
Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i>	0,14	-0,50	-0,60	-0,52	-0,94	-0,38			-0,87			-0,79	-0,56

По степени информативности (по тесноте корреляции между показателем и содержанием в почве загрязняющего вещества) исследованные биологические показатели располагаются следующим образом: всхожесть \geq активность каталазы > активность дегидрогеназы > длина корней > обилие бактерий рода *Azotobacter*.

Наиболее информативным показателем из исследованных при загрязнении почвы нефтью является всхожесть редиса.

Как следует из значений коэффициентов корреляции, большинство исследованных показателей проявили сильную степень корреляции. Такие биологические показатели, как активность каталазы, активность дегидрогеназы, всхожесть целесообразно использовать для мониторинга состояния почв, загрязненных нефтью.

Чувствительность показателя оценивали по степени снижения его значений в различных вариантах по сравнению с контролем. Значения степени снижения исследованных показателей представлены в табл. 2.

Таблица 2

Степень снижения исследованных биологических показателей при загрязнении нефтью (значения усреднены по дозам),
% от контроля

Показатель	Срок, сутки												Среднее значение
	10	30	90	180	240	330	690	730	970	1030	1060	1150	
Активность каталазы	46,0	57,4	61,3	61,0	65,9	65,0	61,9	69,8	71,6	72,2	74,7	75,9	65,2
Активность дегидрогеназы	55,9	71,4	56,6	68,3	63,9	70,1	75,9	74,6	77,2	82,8	88,3	87,5	72,7
Всхожесть	67,6	84,6	63,1	59,0	67,6	70,6	70,8	79,3	83,1	87,2	85,0	83,9	75,1
Длина корней	103,6	65,6	54,7	60,9	63,9	52,0	57,9	100,1	73,6	85,9	108,6	107,1	77,8
Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i>	83,6	92,4	75,7	77,0	85,1	79,9			97,6			98,3	86,2

По степени чувствительности (степени снижения значений) к загрязнению чернозема нефтью биологические показатели образуют следующую последовательность активность каталазы > активность дегидрогеназы > всхожесть > длина корней > обилие бактерий рода *Azotobacter*. Наиболее чувствительным оказался показатель активности каталазы, наименее чувствительным - обилие бактерий рода *Azotobacter*.

Аналогичные закономерности были установлены ранее в лабораторных условиях [11-18].

Таким образом, в результате исследования установлено негативное воздействие нефти на биологические свойства чернозема обыкновенного. Снижается обилие бактерий рода *Azotobacter*, активность каталазы и дегидрогеназы, ухудшаются рост и развитие растений. В отдельных случаях отмечена стимуляция длины корней редиса.

В большинстве случаев наблюдалась прямая зависимость между содержанием нефти в почве и степенью снижения исследованных показателей.

Негативное воздействие загрязнителей проявляется уже через 10 суток от момента загрязнения почвы. Наиболее сильное негативное воздействие загрязнения нефтью было зафиксировано через 90 суток от момента загрязнения. После этого срока наблюдалась тенденция к восстановлению биологических показателей. Однако даже через 1150 суток биологические свойства чернозема не восстанавливаются полностью.

Большинство исследованных биологических показателей целесообразно использовать для мониторинга состояния почв, загрязненных нефтью. Исключение составляет показатель обилия бактерий рода *Azotobacter*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Frankenberger W., Jr. Johanson, J. Johanson. Influence of crude oil and refined petroleum products on soil dehydrogenase activity. *J. Environ. Qual.*, 4, 1982, pp. 602-607.
2. Wilke B.-M. Effects of non-pesticide organic pollutants on soil microbial activity. *Adv. GeoEcol. Reiskirchen*, 30, 1977, pp. 117-132.
3. Popa A. Inductia enzimatica in sol ca leste ecotoxicologic pentru poluanti anorganici si organici. *Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol.*, 1, 2000, pp. 129-138.
4. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. 312 с.
5. 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.
6. Киреева Н.А., Новоселова Е.И., Хазиев Ф.Х. Активность карбогидраз в нефтезагрязненных почвах // *Почвоведение*. 1998. № 12. С. 1444-1448.

7. 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.

8. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 304 с.

9. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.

10. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. 232 с.

11. Колесников С.И., Азнаурьян Д.К., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению // Экология. 2010. № 5. С. 357-364.

12. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Оценка устойчивости почв Юга России к загрязнению мазутом по биологическим показателям (в условиях модельного эксперимента) // Почвоведение. 2010. № 8. С. 995-1000.

13. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Западного Кавказа к загрязнению тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами // Сибирский экологический журнал. 2014. № 3. С. 493-500.

14. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Велигонова Н.В., Патрушева Е.В., Татосян М.Л., Азнаурьян Д.К., Вальков В.Ф. Изменение комплекса почвенных микроорганизмов при загрязнении чернозема обыкновенного нефтью и нефтепродуктами // Агрехимия. 2007. № 12. С. 44-48.

15. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Кутузова И.В., Казеев К.Ш. Сопоставление результатов лабораторного и полевого моделирования химического загрязнения почв // Агрехимия. 2013. № 5. С. 86-94.

16. Колесников С.И., Спивакова Н.А., Везденева Л.С., Кузнецова Ю.С., Казеев К.Ш. Влияния модельного загрязнения нефтью на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // Аридные экосистемы. 2013. Vol. 19. No. 2(55). С. 70-76.

17. Колесников С.И., Татосян М.Л., Азнаурьян Д.К. Изменение ферментативной активности чернозема обыкновенного при загрязнении нефтью и нефтепродуктами в условиях модельного эксперимента // Доклады РАСХН. 2007. № 5. С. 32-34.

18. Колесников С.И., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // Доклады РАСХН. 2013. № 1. С. 30-34.

References

1. Frankenberger W., Jr. Johanson, J. Johanson. Influence of crude oil and refined petroleum products on soil dehydrogenase activity. J. Environ. Qual., 4, 1982, pp. 602-607.

2. Wilke B.-M. Effects of non-pesticide organic pollutants on soil microbial activity. Adv. GeoEcol. Reiskirchen, 30, 1977, pp. 117-132.

3. Popa A. Inductia enzimatica in sol ca leste ecotoxicologic pentru poluanti anorganici si orsanici. Stud. Univ. Babes-Bolyai. Biol., 1, 2000, pp. 129-138.

4. Vosstanovlenie neftezagrzjaznennyh pochvennyh jekosistem. M.: Nauka, 1988. 312 s.
5. Trofimov S.Ja., Ammosova Ja.M., Orlov D.S., Osipova N.N., Suhanova N.I. Vlijanie nefiti na pochvennyj pokrov i problema sozdanija normativnoj bazy po vlijaniju neftezagrzjaznenija na pochvy // Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 17. Pochvovedenie. 2000. № 2. S.30-34.
6. Kireeva N.A., Novoselova E.I., Haziev F.H. Aktivnost' karbogidraz v neftezagrzjaznennyh pochvah // Pochvovedenie. 1998. № 12. S. 1444-1448.
7. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosjan M.L., Val'kov V.F. Vlijanie zagrzjaznenija neft'ju i nefteproduktami na biologicheskoe sostojanie chernozema obyknovenogo // Pochvovedenie. 2006. № 5. S. 616-620.
8. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / Pod. red. D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU. 1991. 304 s.
9. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.
10. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Jekologicheskie posledstvija zagrzjaznenija pochv tjazhelymi metallami. Rostov-na-Donu: Izd-vo SKNC VSh, 2000. 232 s.
11. Kolesnikov S.I., Aznaur'jan D.K., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ustojchivost' biologicheskikh svojstv pochv Juga Rossii k nefljanomu zagrzjazneniju // Jekologija. 2010. № 5. S. 357-364.
12. Kolesnikov S.I., Gajvoronskij V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ocenka ustojchivosti pochv Juga Rossii k zagrzjazneniju mazutom po biologicheskim pokazateljam (v uslovijah model'nogo jeksperimenta) // Pochvovedenie. 2010. № 8. S. 995-1000.
13. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Denisova T.V., Dadenko E.V. Biodiagnostika ustojchivosti buryh lesnyh pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrzjazneniju tjazhelymi metallami, neft'ju i nefteproduktami // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2014. № 3. S. 493-500.
14. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Veligonova N.V., Patrusheva E.V., Tatosjan M.L., Aznaur'jan D.K., Val'kov V.F. Izmenenie kompleksa pochvennyh mikroorganizmov pri zagrzjaznenii chernozema obyknovenogo neft'ju i nefteproduktami // Agrohimiya. 2007. № 12. S. 44-48.
15. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kutuzova I.V., Kazeev K.Sh. Sopostavlenie rezul'tatov laboratornogo i polevogo modelirovanija himicheskogo zagrzjaznenija pochv // Agrohimiya. 2013. № 5. S. 86-94.
16. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznecova Ju.S., Kazeev K.Sh. Vlijanija model'nogo zagrzjaznenija neft'ju na biologicheskie svojstva pochv suhих stepej i polupustyn' juga Rossii // Aridnye jekosistemy. 2013. Vol. 19. No. 2(55). S. 70-76.
17. Kolesnikov S.I., Tatosjan M.L., Aznaur'jan D.K. Izmenenie fermentativnoj aktivnosti chernozema obyknovenogo pri zagrzjaznenii neft'ju i nefteproduktami v uslovijah model'nogo jeksperimenta // Doklady RASHN. 2007. № 5. S. 32-34.
18. Kolesnikov S.I., Tatlok R.K., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., Dadenko E.V. Biodiagnostika ustojchivosti predgornyh i gornyh pochv Zapadnogo Kavkaza k zagrzjazneniju neft'ju i nefteproduktami // Doklady RASHN. 2013. № 1. S. 30-34.