

УДК 631.46; 574.41.5:539.163

UDC 631.46; 574.41.5:539.163

**ВЛИЯНИЕ СОЧЕТАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ОКСИДА НИКЕЛЯ И ПЕРЕМЕННЫХ  
МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ  
БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА  
СОЛОНЦЕВАТОГО ПОЛУОСТРОВА КРЫМ  
(РОССИЯ)\***

**THE INFLUENCE OF NICKEL OXIDE  
COMBINED WITH THE INFLUENCE OF  
ALTERNATING MAGNETIC FIELDS ON  
BIOLOGICAL PROPERTIES OF ALKALINITY  
BLACK SOILS OF THE CRIMEA (THE RUSSIAN  
FEDERATION)**

Минникова Татьяна Владимировна  
аспирант, лаборант

Minnikova Tatiana Vladimirovna  
postgraduate student, laboratory assistant

Денисова Татьяна Викторовна  
д.б.н., профессор

Denisova Tatiana Viktorovna  
Dr.Sci.Biol., professor

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

Kolesnikov Sergei Ilich  
Dr.Sci.Agr., professor

Трушков Анатолий Владимирович  
магистрант

Trushkov Anatoly Vladimirovich  
master's degree student

*Южный федеральный университет*

*South Federal University*

Было исследовано влияние загрязнения оксидом никеля в количестве 100, 1000 мг/кг почвы (1, 10 ПДК) в сочетании с воздействием переменного магнитного поля индукцией 50, 100 и 650 мкТл промышленной частоты 50 Гц на биологические свойства чернозема солонцеватого

In the article we have investigated the influence of nickel oxide in the amount of 100, 1000 mg/kg of the soil (1, 10 MPC), combined with the influence of an alternating magnetic field of induction of 50, 100 and 650  $\mu$ T power frequency of 50 Hz on the biological properties of alkalinity black soil

Ключевые слова: ПЕРЕМЕННЫЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ  
ОКСИДОМ НИКЕЛЯ, СОЧЕТАННЫЙ ЭФФЕКТ,  
ПОЧВЕННЫЕ ФЕРМЕНТЫ,  
ФИТОТОКСИЧНОСТЬ, ЧЕРНОЗЕМ  
СОЛОНЦЕВАТЫЙ

Keywords: ALTERNATING ELECTROMAGNETIC  
FIELDS, POLLUTION OF NICKEL OXIDE, A  
COMBINED EFFECT, SOIL ENZYMES, SOIL  
PHYTOTOXICITY, ALKALINITY BLACK SOIL

## ВВЕДЕНИЕ

Почва является важнейшим звеном в сложной цепи биогеоценологических систем, обладая высокой сорбционной способностью по отношению к макроколичествам химических веществ и физических факторов. Учитывая современные темпы роста производства областей промышленности, воздействие на почвы комплекса загрязняющих факторов в настоящее

---

\* 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).

время является одной из приоритетных экологических проблем. Почва это основополагающий элемент сельского хозяйства, экономической ситуации и здоровья населения [15-17].

Химическое загрязнение тяжелыми металлами, аккумулирующимися в почве, способно приводить к изменению показателей биологической активности почв и структурным нарушениям почв. На распределение тяжелых металлов влияют формы тяжелых металлов, морфологические особенности почв, содержание органического вещества, величина рН и др. а также отсутствие периода разложения, в отличие от хлороорганических пестицидов, бенз(а)пирена. Поэтому связанные с почвенными частицами соединения тяжелых металлов, представляют длительную опасность для живых организмов [3, 6, 9].

Одним из главных физических факторов, воздействующих на жизнедеятельность человека и биоты, являются электромагнитные поля (ЭМП) промышленной частоты (50 Гц) [4].

Биологическое действие ЭМП на биоту является одной из самых актуальных и принципиальных проблем биофизики неионизирующих излучений [4, 22, 31, 34, 35, 27, 32, 33, 29, 30, 28].

Воздействие физических (электромагнитных полей) и химических факторов на почву и ее биологические свойства было исследовано многими исследователями [1, 5, 10, 13, 20, 21, 24, 25, 26, 36]. При этом комплексное воздействие физических и химических факторов на биологические свойства почв было исследовано в отдельных работах [36]. Проблема электромагнитного загрязнения окружающей среды в 1995 году включена Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) в перечень наиболее приоритетных задач для человечества. В рамках этой проблемы ВОЗ реализует международный электромагнитный проект (WHO International EMF Project) [8].

Крымский полуостров является уникальным природным объектом, на котором расположены единственные в своем роде почвы и природные экосистемы: коричневые почвы сухих дубовых и фисташковых лесов и можжевельного редколесья (горный Крым), сверхмощные черноземы южные (каштановые) южно-европейской фации под виноградниками (степной Крым), рендзины горных лесов и лугов, реликтовые терра-росса (южное побережье Крыма) и другие. Особая роль в экономическом и рекреационном развитии региона уделена черноземам, занимающими площадь более 1 млн 100 тыс.га (45% площади полуострова) предгорного Крыма. На Керченском полуострове на майкопских и сарматских глинах, а в предгорье — на аптских глинах меловой системы сформировались солонцеватые слитые остаточо-засоленные глинистые черноземы. Они распространены на площади свыше 64 тыс.га. Эти объекты требуют особого изучения и охраны для устойчивого развития региона.

Устойчивость почв региона и его наземных экосистем к сочетанному химическому загрязнению и воздействию электромагнитных полей пока еще мало изучена.

Целью настоящей работы было исследование влияния сочетанного загрязнения никелем и переменным магнитным полем промышленной частоты на биологические свойства чернозема солонцеватого полуострова Крым.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования был чернозем солонцеватый южно-европейской фации карбонатный мощный среднегумусный слабосолонцеватый на лессовидных тяжелых суглинках. Почву для экспериментов отбирали из пахотного слоя (0-25 см) в октябре 2014 г. в Крыму в 1-ом км от г. Керчь в сторону пос. Приморского.

Чернозем солонцеватый относится горному типу черноземов южно-европейской фации, распространенной в пределах Предкавказской

почвенной провинции [7, 19]. Среди горных черноземов южно-европейской фации в литературе больше изучены выщелоченные и типичные подтипы, реже - солонцеватые, карбонатные, слитые. Черноземы солонцеватые распространены в Краснодарском и Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарии, Чеченской республике, Ингушетии, Алании, Адыгее, Северной Осетии, на юго-западе Калмыкии и юго-западе Ростовской области. Чернозем солонцеватый также встречается в Крыму, но еще достаточно мало изучен. Согласно литературным данным содержание гумуса в почве составляло 6,0-8,0%, мощность гумусовых горизонтов А+АВ – 100-170 см, рН – 6,0-10,0 [7].

Свежевысушенные образцы почвы помещали в стеклянные сосуды, загрязняли никелем в форме оксида ( $\text{Ni}_2\text{O}_3$ ) в концентрации 100, 1000 мг никеля на килограмм почвы (что соответствует 1 и 10 ПДК свинца, принятых в Германии) увлажняли водой (до 60% от полной влагоемкости) и помещали в установку (соленоид) на 10 суток. Уровни индукции переменного магнитного поля составили 50, 100 и 650 мкТл промышленной частоты 50 Гц. Описание установки подробно представлено в нашей предыдущей работе [12].

Контролем служили образцы почвы, находившиеся в тех же условиях, но не подвергавшиеся воздействию магнитных полей и не загрязненные никелем.

После окончания срока инкубации во влажных образцах определяли фитотоксичность почвы с использованием в качестве тест-объекта редиса (*Raphanus sativus*), сорт «Кварта». Навеску почвы (опытные и контрольные образцы) в количестве 20 г помещали в чашку Петри. Почву увлажняли водой до состояния густой пасты и тщательно размазывали по чашке Петри металлическим шпателем до получения ровной поверхности. На поверхность раскладывали по 20 семян редиса. Семена проращивали 5 суток при температуре 25°C и каждый день почву увлажняли равным

объемом водопроводной воды. Через каждые сутки отмечали количество проросших семян. Степень токсичности почвы определяли по разнице показателей в опыте и контроле. Об изменении фитотоксичности почвы под действием магнитного поля и никеля судили по изменению показателей прорастания семян тест-объекта (всхожесть, дружность и скорость прорастания), интенсивности начального роста проростков (длина корней и побегов, сухая фитомасса корней и побегов) [18, 23].

В воздушно-сухих образцах почвы определяли активность почвенных ферментов (оксидоредуктаз): каталазы и дегидрогеназы, согласно общепринятым методикам [18, 23]. Статистическая обработка данных (дисперсионный и корреляционный анализы) была выполнена с использованием статистического пакета MS Excel 2010 для Windows.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

*Ферментативная активность.* На активность каталазы сочетанное воздействие в целом оказало стимулирующее действие в отличие от дегидрогеназы, где наблюдалось ингибирование активности фермента с ростом индукции магнитного поля (рис. 1,2). Магнитное поле индукцией 50 мкТл и при воздействии 1 ПДК никеля достоверно отлично для каталазы на 11% ( $p < 0,01$ ), дегидрогеназы – 20% ( $p < 0,01$ ) (табл. 1). Для вариантов с облучением только магнитным полем индукции 100 мкТл были получены значимые отличия: каталаза -19% ( $p < 0,05$ ), дегидрогеназа – 12% ( $p < 0,01$ ). Значимые отличия получены для всех вариантов с облучением 650 мкТл ( $p < 0,01$ ).

Таблица 1

Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным магнитным полем на активность ферментов (M±m)

№	Вариант опыта	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> /г/мин	Активность дегидрогеназы, мг ТФФ/10г/24 часа
1	Контроль	7,8±0,2	35,0±0,3
2	1 ПДК Ni,	8,6±0,7	38,7±0,3**
3	10 ПДК Ni,	7,9±0,9	32,1±0,9
4	ПеМП, 50 мкТл	7,9±1,0	35,6±0,3
5	50 мкТл+1 ПДК Ni	8,7±0,1**	28,5±0,5**
6	50 мкТл+10 ПДК Ni	7,6±0,4	25,0±0,6**
7	ПеМП, 100 мкТл	9,0±0,7*	24,2±0,4**
8	100 мкТл+1 ПДК Ni	9,1±0,7	37,8±0,9
9	100 мкТл+10 ПДК Ni	9,3±0,9*	30,8±0,5**
10	ПеМП, 650 мкТл	9,4±0,4**	27,6±0,2***
11	650 мкТл+1 ПДК Ni	9,9±0,4***	24,4±0,4***
12	650 мкТл+10 ПДК Ni	10,5±0,5**	24,8±0,5**

Достоверные отличия по отношению к контролю:  
\*p<0,05; \*\* p<0,01; \*\*\*p<0,001

Согласно рис. 1. при увеличении индукции магнитного поля и концентрации никеля в почве происходит значительное увеличение каталазной активности почвы. Скорость распада перекиси водорода растет по мере увеличения магнитной индукции и концентрации никеля в почвах. В тоже время дегидрогеназная активность для данных вариантов сочетанного воздействия магнитного поля и оксида никеля (1 и 10 ПДК) ингибируется с ростом индукции (рис. 2).

Таким образом, значимые отличия были получены для вариантов с облучением 50 мкТл+1 и 10 ПДК никеля, 100 мкТл, 100 мкТл+10 ПДК, всех вариантов сочетанного воздействия 650 мкТл и никеля (табл. 1).

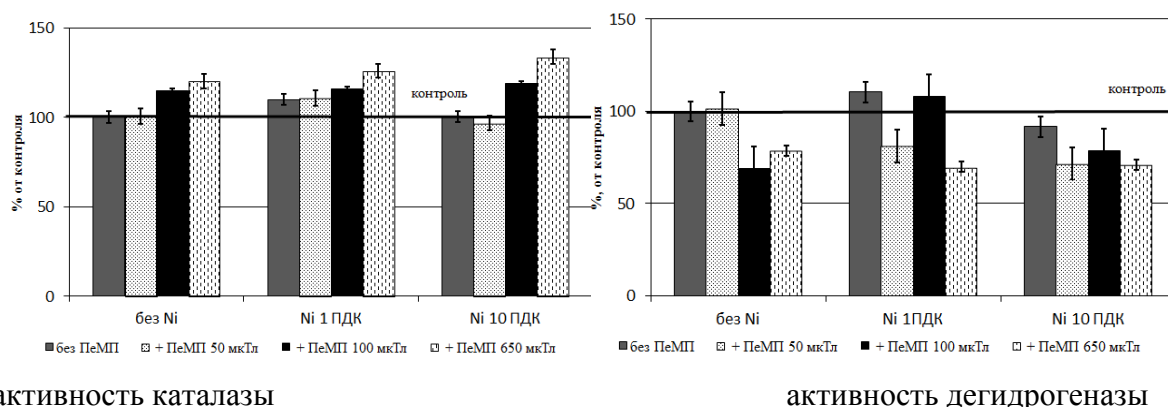


Рисунок 1 – Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным магнитным полем на активность каталазы и дегидрогеназы, % от контроля

*Фитотоксические свойства.* Сочетанное действие магнитного поля и загрязнения никелем исследованных уровней не оказало достоверного влияния на показатели прорастания редиса: всхожесть, скорость и дружность прорастания, сухую фитомассу корней и побегов, длину корней и побегов (табл. 2).

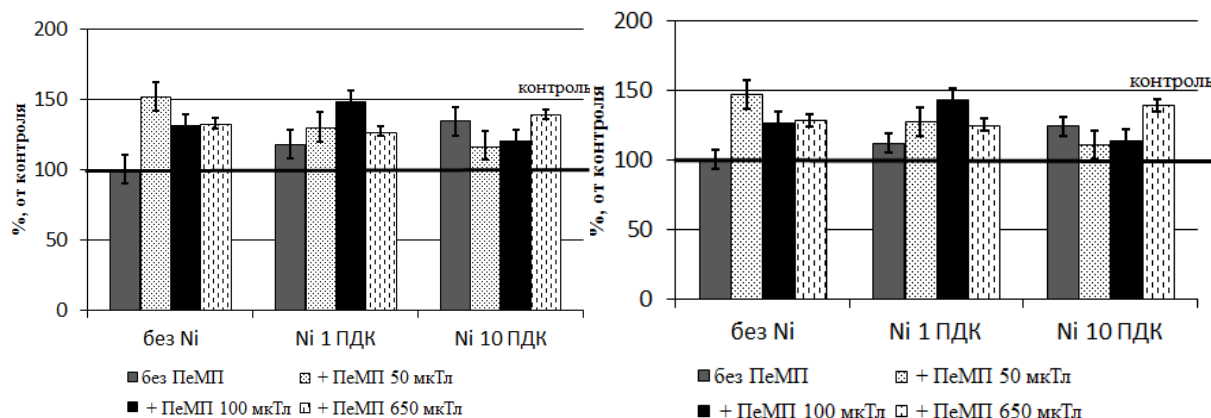
С ростом индукции магнитного поля и содержания никеля в почвах наблюдалась стимуляция скорости и дружности прорастания редиса. При этом максимальная стимуляция составила в варианте 50 мкТл – на 52% и в варианте (100 мкТл+1 ПДК никеля) и 30% соответственно (рис.3).

Несмотря на увеличение всхожести по сравнению с контролем на 11% (вариант 50 мкТл+10 ПДК) до 43% (вариант 100 мкТл+1 ПДК) (рис. 4) с ростом индукции и концентрации никеля, наблюдали значительное угнетение роста корней и побегов редиса.

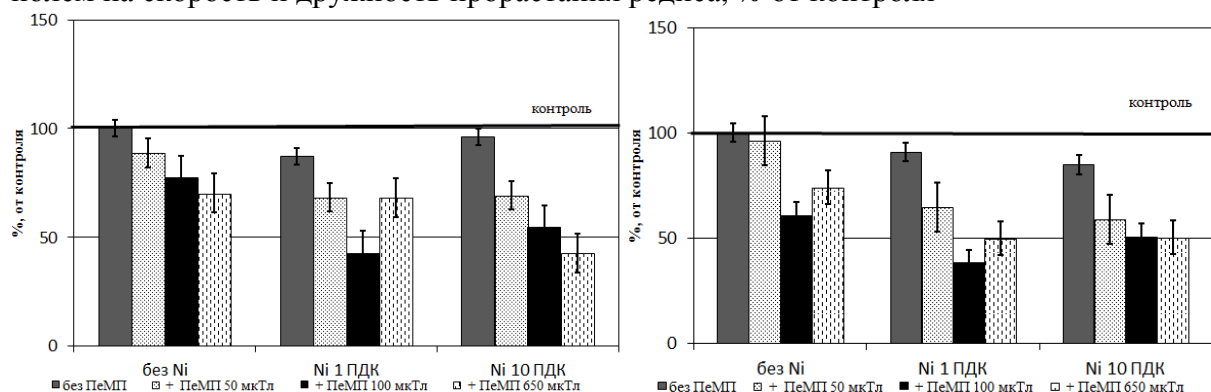
Таблица 2

Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным электромагнитным полем на фитомассу, длину корней и побегов чернозема солонцеватого (M±m)

№	Варианты	Фитомасса, г		Длина, мм	
		корни	побеги	корни	побеги
1	Контроль	0,035±0,004	0,115±0,007	31,2±0,7	15,6±0,3
2	1 ПДК Ni,	0,038±0,002	0,108±0,002	28,3±0,7	13,5±0,3
3	10 ПДК Ni,	0,035±0,004	0,110±0,004	26,4±0,7	14,9±0,3
4	ПеМП, 50 мкТл	0,040±0,004	0,140±0,004	30,0±0,7	13,8±0,3
5	50 мкТл+1 ПДК Ni	0,038±0,005	0,135±0,004	20,1±0,4	10,6±0,2
6	50 мкТл+10 ПДК Ni	0,028±0,005	0,100±0,004	18,3±0,7	10,8±0,2
7	ПеМП, 100 мкТл	0,030±0,004	0,113±0,002	18,8±0,4	12,0±0,2
8	100 мкТл+1 ПДК Ni	0,025±0,004	0,105±0,004	11,8±0,3	6,6±0,2
9	100 мкТл+10 ПДК Ni	0,023±0,002	0,093±0,020	15,7±0,9	8,4±0,3
10	ПеМП, 650 мкТл	0,028±0,002	0,108±0,002	23,0±0,6	10,9±0,2
11	650 мкТл+1 ПДК Ni	0,038±0,002	0,130±0,004	15,5±0,2	10,6±0,2
12	650 мкТл+10 ПДК Ni	0,033±0,005	0,113±0,002	15,7±0,6	6,6±0,1



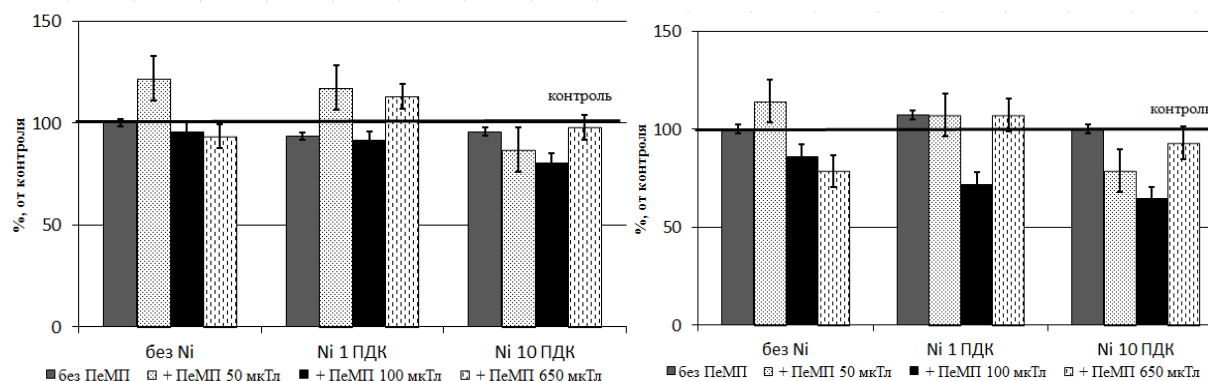
дружность прорастания скорость прорастания  
 Рисунок 3 - Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным магнитным полем на скорость и дружность прорастания редиса, % от контроля



длина побегов длина корней  
 Рисунок 4 - Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным электромагнитным полем на длину и корней редиса, % от контроля

На фитомассу побегов (рис. 5) с увеличением индукции магнитного поля до 100 мг никеля на 1 кг почвы в целом оказало стимулирующее действие, при этом длина побегов стала уменьшаться при достижении концентрации 1000 мг/кг почвы (10 ПДК). Аналогичная ситуация наблюдалась для сухой фитомассы корней, но в отличие от фитомассы побегов, для варианта без воздействия магнитного поля и для вариантов 1 и 10 ПДК, наблюдали значения близкие к контролю. Под влиянием поля индукцией 100 мкТл (100 мкТл без никеля, 100 мкТл+1 и 100 мкТл+10 ПДК) наблюдали заметное угнетение массы корней на 14, 19 и 36%, соответственно.





фитомасса побегов

фитомасса корней

Рисунок 5 - Влияние сочетанного загрязнения никелем и переменным магнитным полем на фитомассу побегов и корней редиса, % от контроля

Результаты полученные для показателей интенсивности начального роста соответствует данным полученным ранее для гамма- и СВЧ-излучений [11, 14]: облучение различных почв Юга России (чернозем обыкновенный, чернозем предкавказский, серая лесная, бурая лесная, дерново-карбонатная почва (плато Лагонаки), дерново-карбонатная почва (Апшеронское лесничество) не вызывало изменения фитотоксических показателей прорастания пшеницы и редиса.

## ВЫВОДЫ

1. Переменное магнитное поле как самостоятельный фактор не оказывало достоверного влияния на ферментативную активность и фитотоксические свойства чернозема солонцеватого.
2. При сочетанном воздействии магнитного поля и загрязнения никелем, наблюдалось угнетение длины корней и побегов тест-объекта редиса (на 30-50%), незначительное уменьшение фитомассы корней и побегов, в то время как всхожесть, скорость и дружность прорастания с ростом концентрации увеличивались (10-50%);
3. При сочетанном воздействии магнитного поля и загрязнения никелем активность каталазы с ростом концентрации никеля – достоверно увеличивалась, а активность дегидрогеназы – снижалась.

4. Наиболее информативными показателями при сочетанном действии переменного магнитного поля и загрязнения никелем, являются активность каталазы, длина побегов и корней.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бабанин В.Ф., Трухин В.И., Карпачевский Л.О., Иванов А.В., Морозов В.В. Магнетизм почв. Ярославль: ЯГТУ, 1995. 223 с.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. 336 с.
3. Байдина Н.Л. Инактивация тяжелых металлов гумусом и цеолитами в техногенно загрязненной почве // Почвоведение. 1994. № 9. С. 121-125.
4. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели. М.: МИЛТА, 2002. 592 с.
5. Вадюнина А.Ф. Электромелиорация почв засоленного ряда. М.: МГУ, 1979. 225 с.
6. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Экология почв: Учебное пособие для студентов вузов. Часть 3. Загрязнение почв. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 2004. 54 с.
7. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2008, 276 с.
8. Григорьев О.А., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шенфильд Б.Е. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы / Сборник трудов. «Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений». М.: Изд-во РУДН, 2003. С. 46-74.
9. Горбатов В.С. Устойчивость и трансформация оксидов тяжелых металлов (Zn, Pb, Cd) в почвах // Почвоведение. 1988. №1. С. 35-43.
10. Дабах Е.В., Кондакова Л.В., Домрачева Л.И., Злобин С.С. Альгемикологическая оценка состояния почв в зоне влияния Кирово-чепецкого химического комбината / Почвоведение. 2013. №2. С. 187.
11. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние гамма-излучения на биологические свойства почвы (на примере чернозема обыкновенного) // Почвоведение. 2005. № 7. С. 877-881.
12. Денисова Т.В., Казеев К.Ш. Влияние переменного и постоянного магнитных полей на биоту и биологическую активность чернозема обыкновенного // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 47. №. 3. С. 345-348.
13. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Влияние электромагнитных полей на биологические свойства почв. Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2011а. 286 с.
14. Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Изменение ферментативной активности и фитотоксических свойств почв юга России под влиянием СВЧ-излучения // Агрехимия. 2011б. № 4. С. 77-82.
15. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.
16. Добровольский Г.В. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. М.: Наука, 2003. 364 с.
17. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосфера и педосфера. М.: ГЕОС, 2010. 190 с.

18. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. Ун-та, 2003. 204 с.

19. *Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Колесников С.И.* Атлас почв Юга России. Ростов-на-Дону: Изд-во «Эверест», 2010, 128 с.

20. *Козут Б.М., Шульц Э., Галактионов А.Ю., Титова Н.А.* Содержание и состав полициклических ароматических углеводородов в гранулоденсиметрических фракциях почв парков Москвы / Почвоведение. 2006. № 10. С. 1182-1189.

21. *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.

22. *Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф., Рубин А.Б.* Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения. Учебник: для вузов. М.: Физматлит, 2008. 184 с.

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

24. *Мирзоев Э.Б.* Молекулярно-клеточные аспекты действия ионизирующего излучения и кадмия в малых дозах на млекопитающих / Автореф. док. биол. наук. Саратов, 2008. 25 с.

25. *Сорокин Н.Д., Гродницкая И.Д., Шапченкова О.А., Евграфова С.Ю.* Экспериментальная оценка устойчивости почвенного микробоценоза при химическом загрязнении / Почвоведение. 2009. № 6. С. 701-707.

26. *Степанов А.Л., Цветнова О.Б., Паников С.Н.* Изменение структуры микробного сообщества под влиянием нефтяного и радиоактивного загрязнения / Почвоведение. 2012. № 12. С. 1320.

27. *Adey W.R.* Biological effects of electromagnetic fields // J. Cell Biochem. 1993. Vol. 51. P. 410-416.

28. *Binhi V.N.* Theoretical concepts in magnetobiology // Electro Magnetobiol. 2001. Vol. 20. № 1. P. 47-62.

29. *Biological effects of magnetic and electromagnetic fields* / Editor S. Ueno. Kluwer/Plenum. New York. 1996.

30. *Brocklehurst B. and McLauchlan K.A.* Free radical mechanism for the effect of environmental electromagnetic fields on biological systems // Int. J. Radiat. Biol. 1996. Vol. 61. № 1. P. 3-24.

31. *Conley C.C.* Effect of near-zero-magnetic field upon biological systems / In M. Barnothy editor. Biological effects of magnetic fields. 1969. Plenum, New York. Vol. 2. P. 29.

32. *Goodman R., Chizmadzhev Y. And Henderson A.S.* Electromagnetic fields and cells // J. Cell Biochem. 1993. Vol. 51. P. 436-441.

33. *Electromagnetic fields: biological interactions and mechanisms* / M. Blank, editor. Advanced in chemistry – 250. Am. Chem. Soc., Washington. 1995.

34. *Kholodov Yu.A.* Basic problems of electromagnetic biology. In M. Markov and M. Blank editors. Electromagnetic fields and biomembranes. Plenum, New York. 1986. P. 109-116.

35. *Pool R.* Electromagnetic fields: the biological evidence // Science. 1990. Vol. 249. P. 1378-1381.

36. *Wang Jin-Hua, Ding Hui, Lu Yi-Tong, Shen Guo-Qing.* Combined effects of cadmium and butachlor on microbial activities and community DNA in a paddy soil // Pedosphere. 19(5), 2009. P. 623–630.

## References

1. Babanin V.F., Truhin V.I., Karpachevskij L.O., Ivanov A.V., Morozov V.V. Magnetizm pochv. Jaroslavl': JaGTU, 1995. 223 s.
2. Bab'eva I.P., Zenova G.M. Biologija pochv. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1989. 336 s.
3. Bajdina N.L. Inaktivacija tjazhelyh metallov gumusom i ceolitami v tehnogenno zagrijaznennoj pochve // Pochvovedenie. 1994. № 9. S. 121-125.
4. Bingi V.N. Magnitobiologija: jeksperimenty i modeli. M.: MILTA, 2002. 592 s.
5. Vadjunina A.F. Jeletromelioracija pochv zasolennogo rjada. M.: MGU, 1979. 225 s.
6. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Jekologija pochv: Uchebnoe posobie dlja studentov vuzov. Chast' 3. Zagrijaznenie pochv. Rostov-na-Donu: UPL RGU, 2004. 54 s.
7. Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Pochvy Juga Rossii. Rostov-na-Donu: Izd-vo «Jeverest», 2008, 276 s.
8. Grigor'ev O.A., Bicheldej E.P., Merkulov A.V., Stepanov V.S., Shenfil'd B.E. Opredelenie podhodov k normirovaniju vozdejstvija antropogenogo jeletromagnitnogo polja na prirodnye jekosistemy / Sbornik trudov. «Ezhegodnik Rossijskogo nacional'nogo komiteta po zashhite ot neionizirujushhijh izluchenij». M.: Izd-vo RUDN, 2003. S. 46-74.
9. Gorbatov V.S. Ustojchivost' i transformacija oksidov tjazhelyh metallov (Zn, Pb, Cd) v pochvah // Pochvovedenie. 1988. №1. S. 35-43.
10. Dabah E.V., Kondakova L.V., Domracheva L.I., Zlobin S.S. Al'go-mikologicheskaja ocenka sostojanija pochv v zone vlijanija Kirovo-chepeckogo himicheskogo kombinata / Pochvovedenie. 2013. №2. S. 187.
11. Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Vlijanie gamma-izluchenija na biologicheskie svojstva pochvy (na primere chernozema obyknovenno) // Pochvovedenie. 2005. № 7. S. 877-881.
12. Denisova T.V., Kazeev K.Sh. Vlijanie peremennogo i postojannogo magnitnyh polej na biotu i biologicheskiju aktivnost' chernozema obyknovenno // Radiacionnaja biologija. Radiojekologija. 2007. T. 47. №. 3. S. 345-348.
13. Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Vlijanie jeletromagnitnyh polej na biologicheskie svojstva pochv. Rostov n/D: ZAO «Rostizdat», 2011a. 286 s.
14. Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Izmenenie fermentativnoj aktivnosti i fitotoksicheskijh svojstv pochv juga Rossii pod vlijaniem SVCh-izluchenija // Agrohimiya. 2011b. № 4. S. 77-82.
15. Dobrovolskij G.V., Nikitin E.D. Funkcii pochv v biosfere i jekosistemah (jekologicheskoe znachenie pochv). M.: Nauka, 1990. 261 s.
16. Dobrovolskij G.V. Strukturno-funkcional'naja rol' pochv i pochvennoj bioty v biosfere. M.: Nauka, 2003. 364 s.
17. Dobrovolskij G.V., Karpachevskij L.O., Kriksunov E.A. Geosfera i pedosfera. M.: GEOS, 2010. 190 s.
18. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Val'kov V.F. Biologicheskaja diagnostika i indikacija pochv: metodologija i metody issledovanij. Rostov n/D: Izd-vo Rost. Un-ta, 2003. 204 s.
19. Kazeev K.Sh., Val'kov V.F., Kolesnikov S.I. Atlas pochv Juga Rossii. Rostov-na-Donu: Izd-vo «Jeverest», 2010, 128 s.
20. Kogut B.M., Shul'c Je., Galaktionov A.Ju., Titova N.A. Soderzhanie i sostav policiklicheskijh aromatcheskijh uglevodorodov v granulodensimetricheskijh frakcijah pochv parkov Moskvy / Pochvovedenie. 2006. № 10. S. 1182-1189.

21. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Jekologicheskoe sostojanie i funkcii pochv v uslovijah himicheskogo zagrjaznenija. Rostov n/D: Izd-vo Rostizdat, 2006. 385 s.
22. Kudrjashov Ju.B., Perov Ju.F., Rubin A.B. Radiacionnaja biofizika: radiochastotnye i mikrovolnovye jelektromagnitnye izluchenija. Uchebnik: dlja vuzov. M.: Fizmatlit, 2008. 184 s.
23. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii. Pod red. D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU. 1991. 304 s.
24. Mirzoev Je.B. Molekuljarno-kletochnye aspekty dejstvija ionizirujushhego izluchenija i kadmija v malyh dozah na mlekopitajushhih / Avtoref. dok. biol. nauk. Saratov, 2008. 25 s.
25. Sorokin N.D., Grodnickaja I.D., Shapchenkova O.A., Evgrafova S.Ju. Jeksperimental'naja ocenka ustojchivosti pochvennogo mikrobocenoza pri himicheskom zagrjaznenii / Pochvovedenie. 2009. № 6. S. 701-707.
26. Stepanov A.L., Cvetnova O.B., Panikov S.N. Izmenenie struktury mikrobnogo soobshhestva pod vlijaniem neftjanogo i radioaktivnogo zagrjaznenija / Pochvovedenie. 2012. № 12. S. 1320.
27. Adey W.R. Biological effects of electromagnetic fields // J. Cell Biochem. 1993. Vol. 51. P. 410-416.
28. Binhi V.N. Theoretical concepts in magnetobiology // Electro Magnetobiol. 2001. Vol. 20. № 1. P. 47-62.
29. Biological effects of magnetic and electromagnetic fields / Editor S. Ueno. Kluwer/Plenum. New York. 1996.
30. Brocklehurst B. and McLauchlan K.A. Free radical mechanism for the effect of environmental electromagnetic fields on biological systems // Int. J. Radiat. Biol. 1996. Vol. 61. № 1. P. 3-24.
31. Conley C.C. Effect of near-zero-magnetic field upon biological systems / In M. Barnothy editor. Biological effects of magnetic fields. 1969. Plenum, New York. Vol. 2. P. 29.
32. Goodman R., Chizmadzhev Y. And Henderson A.S. Electromagnetic fields and cells // J. Cell Biochem. 1993. Vol. 51. P. 436-441.
33. Electromagnetic fields: biological interactions and mechanisms / M. Blank, editor. Advanced in chemistry – 250. Am. Chem. Soc., Washington. 1995.
34. Kholodov Yu.A. Basic problems of electromagnetic biology. In M. Markov and M. Blank editors. Electromagnetic fields and biomembranes. Plenum, New York. 1986. P. 109-116.
35. Pool R. Electromagnetic fields: the biological evidence // Science. 1990. Vol. 249. P. 1378-1381.
36. Wang Jin-Hua, Ding Hui, Lu Yi-Tong, Shen Guo-Qing. Combined effects of cadmium and butachlor on microbial activities and community DNA in a paddy soil // Pedosphere. 19(5), 2009. P. 623–630.