

УДК 57.044; 631.46

UDC 57.044; 631.46

**РАЗРАБОТКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ СОДЕРЖАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ ЮГА РОССИИ\***

**DEVELOPMENT OF A REGIONAL ECOLOGICAL REGULATIONS OF CONTENT OF CONTAMINANTS IN SOILS OF SOUTHERN RUSSIA**

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

Kolesnikov Sergey Ilich  
Dr.Sci.Agr., professor

Казеев Камил Шагидуллоевич  
д.г.н., к.б.н., профессор

Kazeev Kamil Shagidulloevich  
Dr.Sci.Geol., Cand.Biol.Sci., professor

Денисова Татьяна Викторовна  
д.б.н., профессор

Denisova Tatyana Viktorovna  
Dr.Sci.Biol., associate professor

Даденко Евгения Валериевна  
к.б.н., доцент  
*Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия*

Dadenko Evgeniya Valerievna  
Cand.Biol.Sci., associate professor  
*South Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

Предложены региональные экологические нормативы содержания тяжелых металлов, нефти и нефтепродуктов в основных почвах юга России

In the article, we have proposed regional environmental standards for heavy metals, oil and oil products in the main soils of southern Russia

Ключевые слова: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НОРМАТИВЫ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, НЕФТЬ, НЕФТЕПРОДУКТЫ, ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, НОРМИРОВАНИЕ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ

Keywords: ENVIRONMENTAL STANDARDS, HEAVY METALS, OIL, PETROLEUM PRODUCTS, SOIL CONTAMINATED, REGULATION, BIOLOGICAL INDICATORS, ECOLOGICAL FUNCTIONS OF SOIL

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в отечественной и мировой науке и практике создан значительный задел по проблеме нормирования химического загрязнения почв и экосистем [1-4]. Однако многие задачи, по-прежнему, не решены. Для многих загрязняющих веществ (элементов) не разработаны экологически безопасные нормы их содержания в почве (например, нефть и нефтепродукты, многие тяжелые металлы и т.д.). В то же время, для тех веществ, нормативы для которых установлены, значения этих нормативов

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (14.A18.21.1269, 14.A18.21.0187, 14.740.11.1029, 16.740.11.0528), Министерства образования и науки Российской Федерации (5.5160.2011), Президента РФ по государственной поддержке ведущей научной школы РФ (НШ-5316.2010.4).

(ПДК и ОДК) носят общий («глобальный») характер. Они разработаны, как правило, либо для «почвы в целом» (ПДК), либо для «крупных групп почв» (ОДК), сходных по основным свойствам почвы, определяющим устойчивость к загрязнению (гранулометрический состав, рН и др.). Однако значения этих нормативов часто оказываются несостоятельными в силу как объективных, так и субъективных причин [4].

Таким образом, представляется актуальным создание методики, позволяющей устанавливать «региональные» и «локальные» нормативы содержания в почве загрязняющих веществ (элементов) с учетом местных эколого-геохимических особенностей территории.

В последнее время и в России, и за рубежом, при оценке состояния окружающей среды и нормировании ее качества экологический подход стал доминирующим. Нами предлагается оценивать степень негативного воздействия химического загрязнения на основе «эмерджентного» подхода по степени нарушения экологических и хозяйственных функций, выполняемых почвой в природной экосистеме, агроэкосистеме или урбосистеме.

Цель настоящей работы — установить региональные экологические нормативы содержания приоритетных загрязняющих веществ в основных почвах юга России.

## **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

В настоящей работе обобщены результаты серии модельных экспериментов по исследованию влияния загрязнения приоритетными загрязняющими веществами на биологические свойства и экологические функции почв юга России [5-35]. Исследования проведены по единой методике на кафедре экологии и природопользования Южного федерального уни-

верситета (ранее Ростовского государственного университета) в период с 1993 по 2012 гг.

В качестве объекта исследования были использованы основные почвы юга России: чернозем обыкновенный (ОПХ ДонГАУ, п. Персиановский, Ростовская область), чернозем выщелоченный слитой (окрестности г. Белореченск, Краснодарский край); серая лесная почва (окрестности с. Даховская, Республика Адыгея); бурая лесная кислая почва (окрестности п. Никель, Республика Адыгея); дерново-карбонатная выщелоченная почва (Азишский хребет, Краснодарский край); горно-луговая субальпийская почва (плато Лаго-Наки, Республика Адыгея). Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-20 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ.

Исследовали загрязнение почвы химическими элементами, являющимися приоритетными загрязнителями окружающей среды (табл. 1).

В лабораторных условиях моделировали загрязнение почвы заданным количеством загрязняющего вещества. В настоящем исследовании за систему отсчета количества элемента в почве была принята их предельно допустимая концентрация (ПДК) из соображения, что разные элементы содержатся в почве в различных несопоставимых, если их выражать в мг, количествах, различающихся на два порядка и более, а, кроме того, обладают различной степенью токсичности. Такой подход позволил сопоставить силу воздействия различных химических элементов между собой.

Для большинства элементов использовали ПДК (табл. 1), разработанные в Германии, так как в России ПДК валовых форм для многих из исследованных элементов не разработаны. Кроме того, многие из принятых в России ПДК не применимы для почв юга России в силу высокого фонового содержания исследуемых элементов [37, 39] и высокой буферности почв юга России к химическому загрязнению [4].

Для Ba, Sr и W были определены УДК равные трем фоновым концентрациям элемента в почве, на том основании, что ПДК Mn, Sb и Sn составляют около трех их фоновых концентраций в почве (табл. 1). Элементы вносили в почву в количестве — 1, 10 и 100 ПДК (УДК).

Использовали следующие формы загрязняющих веществ: CuO, ZnO, CdO, PbO, CoO, Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CrO<sub>3</sub>, Mo<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO<sub>2</sub>, BaO, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, WO<sub>3</sub>, HgCl<sub>2</sub>, SbCl<sub>2</sub>, SnCl<sub>2</sub>, SrCl<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaF<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AsO<sub>2</sub>. Металлы были взяты по возможности в форме оксидов, чтобы избежать сопутствующего внесения в почву аниона и в связи с тем, что антропогенное загрязнение почв происходит, как правило, оксидами металлов.

Также исследовали загрязнение почв нефтью, мазутом, бензином и дизельным топливом (соляровым маслом, соляровкой, газOLIном). Использовали нефть средней плотности, со средним содержанием серы и хлористых солей, низким содержанием механических примесей; топочный мазут 40, IV вида, со средним содержанием серы, средней зольности, температурой застывания — минус 15°C; бензин автомобильный неэтилированный Регуляр-92, экологический класс 2; топливо дизельное марки Л (летнее), экологический класс 2.

ПДК нефти, мазута, бензина и солярки в почве не разработаны. Для выражения их концентрации в почве использовали процентное содержание. Изучали действие разных концентраций нефти, мазута, бензина и солярки — 1, 5 и 10 % от массы почвы.

Исследовали равномерное загрязнение нефтью и нефтепродуктами всего объема почв. Для этого после внесения загрязняющего вещества почву в сосуде перемешивали. Нефть и нефтепродукты вносили во влажную почву.

Почву инкубировали в вегетационных сосудах при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60% от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности.

Биологические параметры состояния почв определяли через 30 суток после загрязнения. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным [4].

Степень опасности загрязняющего вещества оценивали по степени снижения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы [4]. ИПБС был рассчитан на основе наиболее чувствительных и информативных показателей биологической активности почвы: активность каталазы, активность дегидрогеназы, обилие бактерий рода *Azotobacter*, целлюлозолитическая активность, длина корней редиса (фитотоксичность). Показатели определяли с использованием общепринятых в биологии почв методов [40, 41].

Для расчета ИПБС значение каждого из указанных выше показателей на контроле (в незагрязненной почве) принимали за 100% и по отношению к нему выражали в процентах значения в остальных вариантах опыта (в загрязненной почве). Затем определяли среднее значение шести выбранных показателей для каждого варианта опыта. Полученное значение (ИПБС) выражено в процентах по отношению к контролю (к 100%). Используемая методика позволяет интегрировать (суммировать) относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть суммированы, так как имеют разные единицы измерения.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе [4] было показано, что нарушение экологических функций почвы происходит в определенной очередности. По мере увеличения концентрации загрязняющего почву химического вещества срыв выполняе-

мых ею экосистемных функций происходит в следующей последовательности: информационные → биохимические, физико-химические, химические и целостные → физические. (Классификация экосистемных функций почв дана по [42]). Тот факт, что различные экологические функции почвы нарушаются при различной концентрации загрязняющего вещества в почве, может лежать в основе экологического нормирования загрязнения почв. В качестве критерия степени нарушения экологических функций почвы предлагается использовать интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС). Установлено, что если значения ИПБС уменьшились менее чем на 5 %, то почва выполняет свои экологические функции нормально, при снижении значений ИПБС на 5-10% происходит нарушение информационных экофункций, на 10-25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических [4].

На наш взгляд, устойчивость почвы к загрязнению или иным антропогенным воздействиям должна пониматься, прежде всего, под устойчивостью именно целостных биогеоценологических функций, таких как аккумуляция и трансформация веществ и энергии в биогеоценозе, санитарная функция, функция буферного и защитного биогеоценологического экрана, условия существования и эволюции организмов. Нарушение этой группы функций следует считать порогом устойчивости почвы к антропогенному воздействию, превышение которого чревато экологическим кризисом или даже катастрофой для экосистемы.

По результатам настоящего исследования были определены уравнения регрессии, отражающие зависимость снижения значений ИПБС от содержания в почве загрязняющего вещества. По этим уравнениям были рассчитаны концентрации загрязняющих веществ, при которых происхо-

дит нарушение тех или иных групп экологических функций почвы (табл. 2-4).

Предложенный подход и полученные количественные значения содержания загрязняющих веществ в почве, вызывающие нарушение разных групп экологических функций, представляется целесообразным использовать при экологическом нормировании, где главной целью должно быть сохранение экологических функций почвы.

В результате разработаны схемы экологического нормирования загрязнения основных почв юга России тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, с количественными значениями содержания загрязняющего вещества в почве, вызывающего срыв той или иной экологической функции, и соответственно разделением почв на незагрязненные, слабо-, средне- и сильнозагрязненные.

Предложенные подходы и разработанные методики могут быть использованы и по отношению к другим антропогенным воздействиям на почву: распашка, переувлажнение, засоление, водная эрозия, дефляция и др. Они также могут быть распространены и на наземные экосистемы в целом, поскольку почва в наземной экосистеме является основным компонентом, депонирующим и трансформирующим загрязняющие вещества.

Разработанную технологию оценки экологических последствий деградации почв на основе нарушения ее экологических функций можно использовать при проведении целого ряда научных и природоохранных мероприятий: при оценке воздействия на окружающую среду (разработке ОВОС); при биоиндикации и биодиагностике деградационных изменений в почве; при биомониторинге состояния почв, а также естественных и антропогенно нарушенных экосистем в целом; при экологическом нормировании загрязнения почв и других деградационных процессов, разработке региональных ПДК или ОДК; при определении степени ответственности

(размера штрафа и др.) предприятий при нерациональном природопользовании; при разработке методов санации (восстановления) загрязненных почв; при определении предельно допустимой антропогенной нагрузки на территорию; при создании экологических карт (районирования, фактологических и прогнозных); при прогнозировании экологических последствий хозяйственной деятельности на данной территории; при оценке риска катастроф; при проведении экологической экспертизы, паспортизации, сертификации территории или хозяйственного объекта и т.д.

### **ВЫВОДЫ**

1. По результатам исследования разработаны схемы экологического нормирования загрязнения основных почв юга России тяжелыми металлами, нефтью и нефтепродуктами, с количественными значениями содержания загрязняющего вещества в почве, вызывающего срыв той или иной экологической функции, и соответственно разделением почв на незагрязненные, слабо-, средне- и сильнозагрязненные.

Таблица 1

Использованные в исследовании ПДК и УДК\* элементов в почве  
(валовое содержание), мг/кг почвы

Элемент	Кларк в почве [36]	Кларк в черноземах [37]	ПДК (Россия) [36]	ПДК (Германия) [38]	УДК*
As	6		2	<b>50</b>	
B	20		-	<b>100</b>	
Be	-		-	<b>10</b>	
Cd	0,35		5	<b>3</b>	
Co	8		-	<b>50</b>	
Cr	70		90	<b>100</b>	
Cu	30		-	<b>100</b>	
F	200		-	<b>500</b>	
Hg	0,06		2,1	<b>5</b>	
Mo	1,2		-	<b>10</b>	
Ni	50		-	<b>100</b>	
Pb	35		32	<b>100</b>	
Se	0,4		-	<b>10</b>	
Zn	90		-	<b>300</b>	
Mn	1000	500	<b>1500</b>	-	
Sb	1	1	<b>4,5</b>	-	
Sn	4	1,5	<b>4,5</b>	-	
V	90	50	<b>150</b>	-	
Ba	-	500	-	-	<b>1500</b>
Sr	250	250	-	-	<b>750</b>
W	1,5	-	-	-	<b>4,5</b>

\* — УДК — «условно допустимая концентрация» (3 фона).

Таблица 2

Схема экологического нормирования загрязнения черноземов приоритетными химическими загрязнителями по степени нарушения экофункций

Почвы <sup>1</sup>	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя <sup>2</sup>	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции <sup>3</sup>	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
Элемент	Содержание элемента в почве, мг/кг			
As	< 17	17-30	30-160	> 160
B	< 35	35-50	50-200	> 200
Ba	< 900	900-1500	1500-4000	> 4000
Cd	< 0,5	0,5-1,8	1,8-170	> 170
Co	< 18	18-36	36-250	> 250
Cr	< 70	70-90	90-170	> 170
Cu	< 40	40-80	80-650	> 650
F	< 350	350-550	550-2000	> 2000
Hg	< 0,6	0,6-3,5	> 3,5	
Mn	< 1000	1000-1600	1600-8000	> 8000
Mo	< 8	8-400	> 400	
Ni	< 50	50-100	100-700	> 700
Pb	< 45	45-55	55-350	> 350
Sb	< 5	5-12	12-200	> 200
Se	< 0,7	0,7-1,4	1,4-9	> 9
Sn	< 7	7-12	12-80	> 80
Sr	< 250	250-450	450-3200	> 3200
V	< 200	200-300	300-850	> 850
W	< 7	7-12	12-80	> 80
Zn	< 125	125-200	200-850	> 850
Вещество	Содержание вещества в почве, %			
нефть	< 0,75	0,75-1,15	1,15-4,2	> 4,2
бензин	< 0,67	0,67-1,25	1,25-8,8	> 8,8

1.Разработано на черноземах обыкновенных южно-европейской фации.

2.Определение интегрального показателя по [12].

3.Классификация экологических функций по [42].

**Таблица 3**  
**Схема экологического нормирования загрязнения почв юга России**  
**приоритетными химическими загрязнителями**  
**по степени нарушения экофункций**

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя <sup>1</sup>	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции <sup>2</sup>	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
1	2	3	4	5
<b>Черноземы выщелоченные слитые</b>				
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 115	115-130	130-210	> 210
Cu	< 55	55-85	85-400	> 400
Ni	< 65	65-100	100-450	> 450
Pb	< 50	50-75	75-320	> 320
Вещество	Содержание нефти в почве, %			
нефть	< 0,45	0,45-1,30	1,30-4,5	> 4,5
<b>Серые лесные почвы</b>				
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-190	> 190
Cu	< 55	55-80	80-225	> 225
Ni	< 55	55-75	75-250	> 250
Pb	< 50	50-65	65-200	> 200
Вещество	Содержание нефти в почве, %			
нефть	< 0,25	0,25-0,75	0,75-3,2	> 3,2
<b>Бурые лесные почвы</b>				
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-115	115-150	> 150
Cu	< 55	55-70	70-150	> 150
Ni	< 55	55-75	75-150	> 150
Pb	< 50	50-65	65-150	> 150
Вещество	Содержание нефти в почве, %			
нефть	< 0,20	0,20-0,70	0,70-2,4	> 2,4
<b>Дерново-карбонатные почвы</b>				
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-250	> 250
Cu	< 55	55-85	85-350	> 350
Ni	< 55	55-85	85-350	> 350
Pb	< 50	50-75	75-350	> 350
Вещество	Содержание нефти в почве, %			

нефть	< 0,40	0,40-1,20	1,20-4,0	> 4,0
<b>Горно-луговые почвы</b>				
Элемент	Содержание ТМ в почве, мг/кг			
Cr	< 110	110-120	120-190	> 190
Cu	< 55	55-65	65-175	> 175
Ni	< 55	55-85	85-225	> 225
Pb	< 50	50-65	65-200	> 200
Вещество	Содержание нефти в почве, %			
нефть	< 0,20	0,20-0,90	0,90-3,3	> 3,3

1.Определение интегрального показателя по [12].

2.Классификация экологических функций по [42].

Таблица 4

Схема экологического нормирования почв юга России нефтью и нефте-продуктами по степени нарушения экوفункций

Почвы	Не загряз-ненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
1	2	3	4	5
Степень снижения интегрального показателя <sup>1</sup>	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции <sup>2</sup>	–	Информационные	Химические, физи-ко-химические, биохимические; целостные	Физические
<b>Черноземы выщелоченные слитые</b>				
Вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, %			
нефть	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,70	> 0,70
мазут	< 0,15	0,15-0,25	0,25-0,90	> 0,90
бензин	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,90	> 0,90
солярка	< 0,15	0,15-0,30	0,30-1,10	> 1,10
<b>Серые лесные почвы</b>				
Вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, %			
нефть	< 0,10	0,10-0,20	0,20-0,50	> 0,50
мазут	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,90	> 0,90
бензин	< 0,10	0,10-0,15	0,15-0,50	> 0,50
солярка	< 0,15	0,15-0,30	0,30-1,10	> 1,10
<b>Бурые лесные почвы</b>				
Вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, %			
нефть	< 0,10	0,10-0,15	0,15-0,45	> 0,45
мазут	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,60	> 0,60
бензин	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,70	> 0,70
солярка	< 0,15	0,15-0,25	0,25-0,90	> 0,90
<b>Дерново-карбонатные почвы</b>				
Вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, %			

нефть	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,70	> 0,70
мазут	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,60	> 0,60
бензин	< 0,15	0,15-0,25	0,25-1,10	> 1,10
солярка	< 0,20	0,20-0,30	0,30-0,90	> 0,90
<b>Горно-луговые почвы</b>				
Вещество	Содержание загрязняющего вещества в почве, %			
нефть	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,60	> 0,60
мазут	< 0,15	0,15-0,25	0,25-0,70	> 0,70
бензин	< 0,15	0,15-0,20	0,20-0,65	> 0,65
солярка	< 0,15	0,15-0,25	0,25-0,85	> 0,85

1. Определение интегрального показателя по [12].
2. Классификация экологических функций по [42].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев Ю.М., Попова И.В., Чернова О.В. Регламентация и нормирование содержания химических соединений в почвах (концепция и методология установления предельно-допустимых концентраций) / Охрана окружающей природной среды. Почвы. М.: ВНИИприроды, 2001. С. 49-64.
2. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Изд-во Минздрав СССР, 1987. 25 с.
3. Шандала М.Г., Кондрусев А.И., Беляев А.Н. и др. Гигиеническое и экологическое нормирование: методологические подходы и пути их интеграции // Гигиена и санитария. 1992. № 4. С. 70-75.
4. 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.
5. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на фитотоксичность чернозема // Агрехимия. 1997. № 6. С. 50-55.
6. Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш., Тащев С.С. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микроскопические грибы и *Azotobacter* чернозема обыкновенного // Экология. 1997. № 5. С. 388-390.
7. Евреинова А.В., Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами второго класса опасности (Cr, Co, Ni, Mo) на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. Приложение. 2006. № 9. С. 54-58.
8. 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.
9. Колесников С.И., Евреинова А.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств чернозема при загрязнении тяжелыми металлами второго класса опасности (Mo, Co, Cr, Ni) // Почвоведение. 2009. № 8. С. 1007-1013.
10. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Моделирование загрязнения чернозема свинцом с целью установления экологически безопасной концентрации // Экология и промышленность России. 2009. № 9. С. 34-36.
11. Колесников С.И., Жаркова М.Г., Кутузова И.В., Молчанова Е.В., Зубков Д.А., Казеев К.Ш. Биологические свойства чернозема обыкновенного в полевом опыте при загрязнении свинцом // Агрехимия. 2012. № 8. С. 3-8.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного // Экология. 2000. № 3. С. 193-201.
13. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. 1999. № 4. С. 505-511.
14. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия в черноземе обыкновенном // Агрехимия. 2001. № 9. С. 54-59.
15. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические функции почв и влияние на них загрязнения тяжелыми металлами // Почвоведение. 2002. № 12. С. 1509-1514.
16. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф., Денисова Т.В. Методология нормирования химического загрязнения почв на основе нарушения их экологических функций // Экология и промышленность России. 2007. № 11. С. 48-51.

17. 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 // *Агрохимия*. 2007. № 12. С. 44-48.
18. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Нормирование химического загрязнения почв по степени нарушения их экологических функций // *Экология и промышленность России*. 2011. № 11. С. 56-59.
19. 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.
20. Колесников С.И., Коваленко В.Д., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на содержание в черноземе обыкновенном подвижных форм азота и фосфора // *Агрохимия*. 1999. № 2. С. 73-78.
21. Колесников С.И., Пономарева С.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении Ва, Мп, Sb, Sn, Sr, V, W // *Агрохимия*. 2011. № 1. С. 81-89.
22. Колесников С.И., Пономарева С.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения Ва, Мп, Sb, Sn, Sr, V, W на фитотоксичность чернозема // *Агрохимия*. 2009. № 8. С. 49-53.
23. Колесников С.И., Пономарева С.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Ранжирование химических элементов по степени их экологической опасности для почвы // *Доклады РАСХН*. 2010. № 1. С. 27-29.
24. Колесников С.И., Попович А.А., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения фтором, бором, селеном, мышьяком на биологические свойства чернозема обыкновенного // *Почвоведение*. 2008. № 4. С. 448-453.
25. Колесников С.И., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Влияние модельного загрязнения Cr, Cu, Ni, Pb на биологические свойства почв сухих степей и полупустынь юга России // *Почвоведение*. 2011. № 9. С. 1094-1101.
26. 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.
27. Колесников С.И., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение биологических свойств почв Адыгеи при химическом загрязнении // *Почвоведение*. 2009. № 12. С. 1499-1505.
28. Пономарева С.В., Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами (Ва, Мп, Sb, Sn, Sr, V, W) на экологическое состояние чернозема обыкновенного // *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки*. 2008. № 2. С. 102-104.
29. Попович А.А., Колесников С.И. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении продуктами техногенеза неметаллической природы // *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. Приложение*. 2005. №5. С. 69-70.
30. Татлок Р.К., Колесников С.И. Биодиагностика устойчивости бурых лесных почв Северо-Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // *Вестник Майкопского государственного технологического университета*. 2011. № 1. С. 31-35.
31. Татлок Р.К., Колесников С.И. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологические свойства слитых черноземов // *Труды Кубанского ГАУ*. 2011. № 4 (31). С. 119-121.

32. Татлок Р.К., Колесников С.И. Изменение биологических свойств субальпийских почв Адыгеи при загрязнении нефтью, мазутом, бензином и соляной кислотой // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2011. № 1 (76). С. 114-118.
33. Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Колесников С.И. Биодиагностика устойчивости серых лесных почв Адыгеи к загрязнению нефтью, мазутом, бензином и дизельным топливом // Новые технологии. 2012. № 2. С. 94-97.
34. Тлехас З.Р., Колесников С.И. Влияние химического загрязнения на биологические свойства серых лесных почв Адыгеи // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2011. № 4. С. 75-80.
35. Ярославцев М.В., Колесников С.И. Оценка устойчивости черноземов юга России к загрязнению тяжелыми металлами по биологическим показателям // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. 2011. № 4. С. 83-86.
36. Торшин С.П., Удельнова Т.М., Ягодин Б.А. Микроэлементы, экология и здоровье человека // Успехи современной биологии. Т. 109. Вып. 2. 1990. С. 279-292.
37. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.
38. Касьяненко А.А. Контроль качества окружающей среды. М.: Изд-во РУДН, 1992. 136 с.
39. Дьяченко В.В. Геохимия, систематика и оценка состояния ландшафтов Северного Кавказа. Ростов-на-Дону: Издательский центр «Комплекс», 2004. 268 с.
40. 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.
41. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
42. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.

