

УДК 57.044; 631.46

UDC 57.044; 631.46

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ ЮГА РОССИИ К ХИМИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ*

STABILITY EVALUATION OF SOUTHERN RUSSIA SOILS TO CHEMICAL POLLUTION

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

Kolesnikov Sergey Ilich
Dr.Sci.Agr., professor

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

Kazeev Kamil Shagidulloevich
Dr.Sc. professor

Денисова Татьяна Викторовна
д.б.н., профессор

Denisova Tatiana Viktorovna
Dr.Sc. professor

Даденко Евгения Валерьевна
к.б.н., доцент
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Dadenko Evgenia Valerievna
Ph.D., associate professor
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Предложен метод биодиагностики устойчивости почв к химическому загрязнению и его нормирования по степени нарушения экологических функций почвы на основе определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы. Дана сравнительная оценка устойчивости основных почв юга России к химическому загрязнению

We propose a method of biodiagnostics of soil resistance to chemical pollution and its regulation on the degree of violation of the ecological functions of soil based on the definition of the integral indicator of biological state (IBS) of the soil. The comparative assessment of the stability of the major soils of the south Russian to chemical pollution are considered in this article

Ключевые слова: ПОЧВЫ ЮГА РОССИИ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ, УСТОЙЧИВОСТЬ

Keywords: SOILS OF SOUTHERN RUSSIA, POLLUTION, HEAVY METALS, BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOIL RESISTANCE

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в отечественной и мировой науке накоплен обширный материал по проблеме влияния химического загрязнения на состояние почв и экосистем. Однако многие задачи, по-прежнему, не решены. Не раскрыты многие закономерности, механизмы и возможные последствия химического загрязнения на экологические и хозяйственные функции почв, не установлены пределы их устойчивости, превышение которых ведет к экологическому кризису или катастрофе; не разработаны методы оценки выполнения почвой экологических функций, установления

* Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (14.515.11.0055).

порогов их устойчивости, прогнозирования на их основе экологических последствий химического загрязнения, его нормирования и т.д.

На наш взгляд, представляется перспективным осуществление мониторинга, диагностики и нормирования химического загрязнения, а также определение пределов устойчивости почв и экосистем, по степени нарушения экологических и хозяйственных функций, выполняемых почвой в природной экосистеме, агроэкосистеме или урбосистеме. Нарушение (срыв) экологических функций почвы происходит в определенной очередности в зависимости от степени загрязнения.

В качестве критерия степени нарушения экофункций предлагается использовать интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы, определенный на основе набора наиболее информативных биологических показателей, первыми реагирующими на антропогенное воздействие. При снижении интегрального показателя в той или иной степени происходит нарушение тех или иных экологических функций почвы.

Цель работы — разработать метод биодиагностики устойчивости почв к химическому загрязнению и его нормирование по степени нарушения экологических функций почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе обобщены результаты модельных экспериментов по исследованию влияния загрязнения приоритетными загрязняющими веществами на биологические свойства и экологические функции почв юга России [1-22].

Почвенный покров юга России характеризуется уникальным разнообразием почв, значительно различающихся по эколого-генетическим свойствам, а соответственно и по устойчивости к техногенным воздействиям. В качестве объекта исследования были использованы основные

почвы юга России: черноземы, каштановые, бурые полупустынные, коричневые, серые и бурые лесные, дерново-карбонатные, субальпийские, засоленные и песчаные почвы. Почва для модельных экспериментов была отобрана из верхнего слоя 0-20 см. Именно в этом слое накапливается основное количество загрязняющих почву веществ.

Моделировали загрязнение почвы Cr, Cu, Ni, Pb в дозах 100, 1000 и 10000 мг/кг. Металлы вносили в почву в форме оксидов: CrO₃, CuO, NiO, PbO.

Через 30 суток после загрязнения определяли активность каталазы и дегидрогеназы, обилие бактерий рода *Azotobacter*, целлюлозолитическую активность, длина корней редиса (фитотоксичность). Бактерии рода *Azotobacter* традиционно и успешно используют как индикатор химического загрязнения почвы. Каталазная, дегидрогеназная и целлюлозолитическая активности отражают интенсивность различных биологических процессов в почве. При этом активность ферментов служит показателем потенциальной биологической активности почвы, а скорость разложения полотна характеризует актуальную активность. Каталаза и дегидрогеназа принадлежат к окислительно-восстановительным ферментам – наиболее чувствительным к химическому загрязнению. Длина корней редиса отражает фитотоксические свойства химически загрязненной почвы. Представленный набор показателей дает информативную картину протекающих в почве биологических процессов и ее экологического состояния.

Показатели определяли с использованием общепринятых в биологии почв методов [23, 24].

На основе этих наиболее чувствительных и информативных биологических показателей состояния почвы был рассчитан интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) почвы. Для расчета ИПБС (табл. 1) значение каждого из пяти 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 пяти выбранных показателей для каждого варианта опыта. Используемая методика позволяет интегрировать относительные значения разных показателей, абсолютные значения которых не могут быть объединены в единый показатель, так как имеют разные единицы измерения.

Таблица 1

Пример расчета ИПБС темно-каштановой почвы при загрязнении хромом (CrO_3), % от контроля

Содержание в почве, мг/кг	Активность каталазы	Активность дегидрогеназы	Целлюлозоразрушающая активность	Обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i>	Длина корней (фитотоксичность)	ИПБС
Контроль	100	100	100	100	100	100
100	60	74	24	69	38	53
1000	27	49	12	41	4	26
10000	8	31	11	15	0	13

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установлено, что по степени устойчивости биологических свойств к загрязнению тяжелыми металлами почвы юга России располагаются следующим образом: черноземы обыкновенные, черноземы обыкновенные (североприазовские), черноземы обыкновенные (предкавказские) > черноземы типичные (горные), черноземы типичные (предгорные) > черноземы типичные (предкавказские), черноземы южные, черноземы южные (каштановые) > черноземы выщелоченные слитые, дерново-карбонатные почвы (рендзины), темно-каштановые почвы, каштановые почвы > светло-каштановые почвы, горно-луговые (субальпийские) почвы, серые горно-лесные почвы > бурые полупустынные почвы, бурые горно-лесные почвы,

солонцы, солончаки > песчаные почвы степной зоны (серопески), песчаные почвы сухостепной зоны (каштанопески), песчаные почвы полупустынной зоны (буропески).

Установленная последовательность определяется эколого-генетическими свойствами исследованных почв, прежде всего, гранулометрическим составом, щелочно-кислотными и окислительно-восстановительными условиями, содержанием органического вещества, биологической активностью.

В работе [25] было показано, что нарушение экологических функций почвы происходит в определенной очередности. По мере увеличения концентрации загрязняющего почву химического вещества срыв выполняемых ею экосистемных функций происходит в следующей последовательности: информационные → биохимические, физико-химические, химические и целостные → физические. (Классификация экосистемных функций почв дана по [26]). 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 экوفункций, на 10-25 % — биохимических, физико-химических, химических и целостных, более чем на 25 % — физических.

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 происходит нарушение тех или иных групп экологических функций почвы. В табл. 2 представлен пример схемы экологического нормирования на примере чернозема выщелоченного слитого некоторыми загрязняющими веществами.

Таблица 2

Схема экологического нормирования загрязнения чернозема выщелоченного слитого по степени нарушения экофункций

Почвы	Не загрязненные	Слабо-загрязненные	Средне-загрязненные	Сильно-загрязненные
Степень снижения интегрального показателя ¹	< 5 %	5 – 10 %	10 – 25 %	> 25 %
Нарушаемые экологические функции ²	–	Информационные	Химические, физико-химические, биохимические; целостные	Физические
1	2	3	4	5
Черноземы выщелоченные слитые				
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

1.Определение интегрального показателя по [25].

2.Классификация экологических функций по [26].

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.

Разработанный подход к оценке 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.

Исследование выполнено при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (14.515.11.0055).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложен метод биодиагностики устойчивости почв к химическому загрязнению и его нормирования по степени нарушения экологических функций почвы на основе определения интегрального показателя биологического состояния (ИПБС) почвы.
2. Дана сравнительная оценка устойчивости основных почв юга России к химическому загрязнению по биологическим показателям.

Литература

1. 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.
2. Колесников С.И., Гайворонский В.Г., Ротина Е.Н., Жаркова М.Г., Денисова Т.В., Казеев К.Ш. Результаты экспериментального изучения загрязнения бурых почв мазутом // Геоэкология. 2011. № 2. С. 183-187.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. 1999. № 4. С. 505-511.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Разработка региональных экологических нормативов содержания загрязняющих веществ в почвах юга России // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2012. № 08(82). <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/73.pdf>
13. 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.
14. Колесников С.И., Пономарева С.В., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Биологические свойства чернозема обыкновенного при загрязнении Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W // Агрехимия. 2011. № 1. С. 81-89.

15. 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.
16. Колесников С.И., Попович А.А., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Изменение эколого-биологических свойств почв Юга России при загрязнении фтором // Агрехимия. 2008. № 1. С. 76-82.
17. Колесников С.И., Спивакова Н.А., Везденева Л.С., Казеев К.Ш., Кузнецова Ю.С. Моделирование влияния химического загрязнения на биологические свойства гидроморфных солончаков зоны сухих степей Юга России // Аридные экосистемы. 2011. № 47. С. 18-22.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Колесников С.И., Ярославцев М.В., Спивакова Н.А., Казеев К.Ш. Сравнительная оценка устойчивости биологических свойств разных подтипов черноземов юга России к загрязнению Cr, Cu, Ni, Pb (в модельном эксперименте) // Почвоведение. 2013. № 2. С. 195-200.
23. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под. ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
24. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. 2012. 260 с.
25. 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.
26. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.

References

1. Kolesnikov S.I., Aznaur'jan D.K., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ustojchivost' biologicheskikh svojstv pochv Juga Rossii k neftjanomu zagrjazneniju // Jekologija. 2010. № 5. S. 357-364.
2. Kolesnikov S.I., Gajvoronskij V.G., Rotina E.N., Zharkova M.G., Denisova T.V., Kazeev K.Sh. Rezul'taty jeksperimental'nogo izuchenija zagrjaznenija buryh pochv ma-zutom // Geojekologija. 2011. № 2. S. 183-187.
3. Kolesnikov S.I., Gajvoronskij V.G., Rotina E.N., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Ocenka ustojchivosti pochv Juga Rossii k zagrjazneniju mazutom po biologicheskim pokazateljam (v uslovijah model'nogo jeksperimenta) // Pochvovedenie. 2010. № 8. S. 995-1000.

4. Kolesnikov S.I., Evreinova A.V., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Izmenenie jekologo-biologicheskikh svojstv chernozema pri zagryaznenii tjazhelymi metallami vtorogo klassa opasnosti (Mo, Co, Cr, Ni) // Pochvovedenie. 2009. № 8. S. 1007-1013.*
5. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kutuzova I.V., Kazeev K.Sh. *Sopostavlenie rezul'tatov laboratornogo i polevogo modelirovaniya himicheskogo zagryazneniya pochv // Agrohimiya. 2013. № 5. S. 86-94.*
6. Kolesnikov S.I., Zharkova M.G., Kutuzova I.V., Molchanova E.V., Zubkov D.A., Kazeev K.Sh. *Biologicheskie svojstva chernozema obyknovennogo v polevom opyte pri zagryaznenii svincom // Agrohimiya. 2012. № 8. S. 3-8.*
7. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Vliyanie zagryazneniya tjazhelymi metallami na jekologo-biologicheskie svojstva chernozema obyknovennogo // Jekologiya. 2000. № 3. S. 193-201.*
8. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Vliyanie zagryazneniya tjazhelymi metallami na mikrobnuju sistemu chernozema // Pochvovedenie. 1999. № 4. S. 505-511.*
9. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Jekologicheskie funkcii pochv i vliyanie na nih zagryazneniya tjazhelymi metallami // Pochvovedenie. 2002. № 12. S. 1509-1514.*
10. 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 pochvennykh mikroorganizmov pri zagryaznenii chernozema obyknovennogo nef'tju i nef'teproduktami // Agrohimiya. 2007. № 12. S. 44-48.*
11. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., Dadenko E.V. *Normirovanie himicheskogo zagryazneniya pochv po stepeni narusheniya ih jekologicheskikh funkcij // Jekologiya i promyshlennost' Rossii. 2011. № 11. S. 56-59.*
12. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Denisova T.V., Dadenko E.V. *Razrabotka regional'-nykh jekologicheskikh normativov sodержaniya zagryaznjajushhih veshhestv v pochvah juga Rossii // Politematicheskij setevoy jelektronnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnaja KubGAU). 2012. № 08(82). <http://ej.kubagro.ru/2012/08/pdf/73.pdf>*
13. Kolesnikov S.I., Kazeev K.Sh., Tatosjan M.L., Val'kov V.F. *Vliyanie zagryazneniya nef'tju i nef'teproduktami na biologicheskoe sostojanie chernozema obyknovennogo // Pochvovedenie. 2006. № 5. S. 616-620.*
14. Kolesnikov S.I., Ponomareva S.V., Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Bio-logicheskie svojstva chernozema obyknovennogo pri zagryaznenii Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W // Agrohimiya. 2011. № 1. S. 81-89.*
15. Kolesnikov S.I., Popovich A.A., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Vliyanie zagryazneniya ftorom, borom, selenom, mysh'jakom na biologicheskie svojstva chernozema obyknovennogo // Pochvovedenie. 2008. № 4. S. 448-453.*
16. Kolesnikov S.I., Popovich A.A., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. *Izmenenie jekologo-biologicheskikh svojstv pochv Juga Rossii pri zagryaznenii ftorom // Agrohimiya. 2008. № 1. S. 76-82.*
17. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kazeev K.Sh., Kuznecova Ju.S. *Modelirovanie vlijanija himicheskogo zagryazneniya na biologicheskie svojstva gidromorfnykh solonchakov zony suhih stepej Juga Rossii // Aridnye jekosistemy. 2011. № 47. S. 18-22.*
18. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Vezdeneeva L.S., Kuznecova Ju.S., Kazeev K.Sh. *Vlijanija model'nogo zagryazneniya nef'tju na biologicheskie svojstva pochv suhih stepej i polupustyn' juga Rossii // Aridnye jekosistemy. 2013. Vol. 19. No. 2(55). S. 70-76.*

19. Kolesnikov S.I., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Vlijanie model'nogo zagrjaznenija Cr, Cu, Ni, Pb na biologicheskie svojstva pochv suhих stepej i polupustyn' juga Rossii // Pochvovedenie. 2011. № 9. S. 1094-1101.
20. 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 zagrjazneniju neft'ju i nefteproduktami // Doklady RASHN. 2013. № 1. S. 30-34.
21. Kolesnikov S.I., Tlehas Z.R., Kazeev K.Sh., Val'kov V.F. Izmenenie biologicheskikh svojstv pochv Adygei pri himicheskom zagrjaznenii // Pochvovedenie. 2009. № 12. S. 1499-1505.
22. Kolesnikov S.I., Jaroslavcev M.V., Spivakova N.A., Kazeev K.Sh. Sravnitel'naja ocenka ustojchivosti biologicheskikh svojstv raznyh podtipov chernozemov juga Rossii k zagrjazneniju Cr, Cu, Ni, Pb (v model'nom jeksperimente) // Pochvovedenie. 2013. № 2. S. 195-200.
23. Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii / Pod. red. D.G. Zvjaginceva. M.: Izd-vo MGU, 1991. 304 s.
24. Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Biodiagnostika pochv: metodologija i metody issle-dovanij. Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Juzhnogo federal'nogo universiteta. 2012. 260 s.
25. 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.
26. Dobrovol'skij G.V., Nikitin E.D. Funkcii pochv v biosfere i jekosistemah (jekologicheskoe znachenie pochv). M.: Nauka, 1990. 261 s.