

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ ПОД ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫМИ ИНТРОДУЦЕНТАМИ

кандидат биологических наук **Т.Н. Крамарева**

кандидат биологических наук **Е.В. Моисеева**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

В работе представлены результаты ранжирования критериев оценки экологических функций почв. Такое ранжирование представлено впервые. Авторами предлагается оценивать экологические функции почв по степени измененности основных их свойств по сравнению с фоном, используя шеститочечную шкалу. Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный малогумусный мощный суглинистый на покровном карбонатном суглинке, залегающий на территории ботанического сада Воронежского государственного университета им. Б.М. Козо-Полянского в г. Воронеже под коллекциями древесно-кустарниковых интродуцентов. По предложенным критериям оценивались следующие биогeoценотические функции чернозема выщелоченного: 1) функции почв как источника питательных элементов и соединений; 2) депо влаги, элементов питания и энергии; 3) стимулятор и ингибитор ряда биохимических процессов; 4) функции почв, обусловленные ее физико-химическими свойствами. По полученным результатам предложены практические рекомендации по улучшению биогeoценотических функций чернозема выщелоченного малогумусного мощного суглинистого в целом и в особенности под хвойной, кустарниковой и хвойно-кустарниковой растительностью.

Ключевые слова: экологические функции почв, чернозем выщелоченный, ферментативная активность почв, оценка биогeoценотических экологических функций почв

CRITERIA FOR ASSESSING THE BIOGEOCENOTIC ECOLOGICAL FUNCTIONS OF SOILS UNDER TREE-SHRUB INTRODUCERS

PhD (Biology) **T.N. Kramareva**

PhD (Biology) **E.V. Moiseeva**

FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

The paper presents the results of ranking the criteria for assessing the ecological functions of soils. This ranking is presented for the first time. The authors propose to evaluate the ecological functions of soils by the degree of variability of their basic properties compared to the background using a six-point scale. The object of the study is leached chernozem, low-humus, powerful loamy soil on a cover carbonate loam, occurring on the territory of the Botanical Garden of Voronezh State University named after B.M. Kozo-Polyansky in the city of Voronezh under the collections of tree-shrub introducers. Based on the proposed criteria, the following biogeocenotic functions of leached chernozem have been evaluated: 1. Soil functions as a source of nutrients and compounds; 2. Depot of moisture, batteries and energy; 3. Stimulant and inhibitor of a number of biochemical processes; 4. Soil functions due to its physicochemical properties. Based on the results obtained, practical recommendations have been proposed for improving the biogeocenotic functions of leached low-humus powerful loamy chernozem as a whole and especially under coniferous, shrub and coniferous-shrub vegetation.

Keywords: ecological functions of soils, leached chernozem, enzymatic activity of soils, assessment of biogeocenotic ecological functions of soils

Введение

Одним из важнейших факторов формирования и функционирования почв является растительный покров. В свою очередь, растения в той или иной мере избирательны к свойствам и режимам почв. Поэтому вопрос взаимосвязи растительности и почв не только имеет принципиальное значение для дальнейшего развития науки о почве, но и относится к числу важнейших актуальных направлений исследования в экологии.

Имеющиеся сведения об изменениях в свойствах почв и, как следствие, трансформации почвенных экологических функций под различными интродуцентами, которые не являются естественными для данных почвенно-климатических условий, пока недостаточны и требуют всестороннего изучения. В настоящее время также не существует критериев оценки экологических функций почв. Все эти моменты делают весьма актуальным в теоретическом и практическом отношении изучение вопросов, затрагиваемых в данной публикации [7, 9–12].

Цель исследования – изучить влияние интродуцентов на свойства чернозема выщелоченного и его биогеоценологические экологические функции.

Объектом исследования являлся чернозем выщелоченный малогумусный мощный суглинистый на покровном карбонатном суглинке, залегающий на территории ботанического сада Воронежского государственного университета им. Б.М. Козо-Полянского в г. Воронеже [6].

Материалы и методы исследования

В качестве фонового участка изучались идентичные черноземы выщелоченные, расположенные на расстоянии 10–500 м от зоны исследования. Под фоновыми почвами подразумеваются почвы, идентичные по строению и свойствам исследуемым, но отличающиеся видовой структурой фитоценозов.

Почвенные образцы были отобраны под фитоценозами различной видовой структуры:

Широколиственные древесные породы: ксантоцерас рябинолистный (*Xanthoceras sorbifolium* Bunge), дуб каштановый (*Quercus castaneifolia* С.А. Мей.), бересклет сахалинский (*Euonymus sachalinensis* (F. Schmidt) Maxim.), дуб

грузинский (*Quercus siberica* Stev.), дуб крупноплодный (*Quercus macrocarpa* Michx.), дуб ливанский (*Quercus libani* G. Olivier), лунносемянник канадский (*Menispermum canadense* L.), бересклет форчуна (*Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Mazz.), мушмула германская (*Mespilus germanica* L.) – прикопка № 1.

Хвойная растительность: туя белокончиковая (*Thuja occidentalis* «*Albospicata*»), туя Бодмери (*Thuja occidentalis* «*Bodmeri*»), туя спиральная (*Thuja occidentalis* «*Spiralis*»), кедр сибирский (*Pinus sibirica* Du Tour), туевик поникающий, (*Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.), можжевельник казацкий тамариксолистный (*Juniperus sabina* «*Tamariscifolia*»), туя шаровидная низкая (*Thuja occidentalis* *Globosa Nana*), сосна оregonская (*Pinus ponderosa* Dougl.), пихта одноцветная (*Abies concolor* Lindl. ex Hildebr.), туя западная «Вариана Лютесценс» (*Thuja occidentalis* *Wareana Lutescens*), туя Вагнера (*Thuja occidentalis* *Wagnerii*), сикуринга полукустарниковая (*Securinéga suffruticósa* (Pall) Rehd.), кипарисовик нутканский Пендула (*Chamaecyparis nootkatensis* «*Pendula*»), можжевельник китайский Стрикта Вариегата (*Juniperus chinensis* *Stricta Variegata*), можжевельник лежачий Нана (*Juniperus procumbens* *Nana*), можжевельник чешуйчатый Блю стар (*Juniperus squamata* *Blue Star*), сосна горная карликовая (*Pinus mugo* *Nana*) – прикопка № 2.

Кустарниковая растительность: дерен белый (*Cornus alba* L.), дерен белый «Кроваво-красный» (*Cornus alba* «*Argenteo-marginata*»), дейция шершавая «Махровая» (*Deutzia scabra* «*Plena*»), стефанандра Танаки (*Stephanandra tanakae* Franch. et Sav.), ива белая «Свердловская Плакучая» (*Salix alba* «*Sverdlovskaja Plakutshaja*»), вейгела цветущая (*Weigela florida* Bunge), вейгела гибридная «Бристоль Руби» (*Weigela hybrida* «*Bristol Ruby*»), вейгела цветущая «Александра» (*Weigela florida* «*Alexandra*»), пузыреплодник калинолистный «Диаболо» (*Physocarpus opulifolia* «*Diablo*»), диервилла жимолостная (*Diervilla lonicera* L.), диервилла сидячелистная (*Diervilla sessilifolia* Buckl), ива каспийская (*Salix caspica* Pall.), жимолость Брауна «Фуксиевидная» (*Lonicera x brownii* «*Fuchsioides*»), форзиция свисающая (*Forsythia suspensa* (Thunb.)

Vahl), розовик цепкий (*Rhodotyus kerrioides* (Thunb.) Makino), актинидия острая (*Actinidia arguta* Planch.), актинидия острая «Клара Цеткин» (*Actinidia colomicta* «Clara Tcetkin»), жимолость выющаяся (*Lonicera periclymenum* L.), барбарис оттавский «Суперба» (*Berberis ottawensis* «Superba»), спирея nipпонская (*Spiraea nipponica* Maxim.), спирея Дугласа (*Spiraea douglasii* Hook.), спирея Бумальда «Дартс Ред» (*Spiraea bumalda* «Darts Red»), спирея Бумальда «Широбана» (*Spiraea x bumalda* «Shirobana»), спирея Бумальда «Криспа» (*Spiraea bumalda* «Crispa»), спирея остроазубренная (*Spiraea x arguta* Zab.), спирея Бумальда «Голдмаунд» (*Spiraea bumalda* «Goldmound»), спирея Бумальда «Энтони Ветерер» (*Spiraea bumalda* «Anthony Waterer»), спирея Бумальда «Голдфлем» (*Spiraea bumalda* «Goldflamme»), спирея стелющаяся (*Spiraea decumbens* Koch.), спирея японская «Альпина» (*Spiraea japonica* «Alpina»), спирея японская «Кроваво-красная» (*Spiraea japonica* «Atrosanguinea»), керрия японская (*Kerria japonica* (L.) DC.), барбарис Тунберга «Сильвер Бьюти» (*Berberis thunbergii* «Silver Beauty»), бирючина китайская «Пестролистная» (*Ligustrum sinense* «Variegata»), мирикария лисохвостниковая (*Myricaria alopecuroides* Schrenk.), барбарис Тунберга «Атропурпуреа» (*Berberis thunbergii* «Atropurpurea»), Барбарис корейский (*Berberis koreana* Pal.), лапчатка маньчжурская «Белая» (*Dasiphora mandshurica* «Alba»), лапчатка кустарниковая «Принцесса» (*Dasiphora fruticosa* «Princess»), бересклет большекрылый (*Euonymus macroptera* Rupr.), клен ясенелистный «Ауреовариегата» (*Acer negundo* «Aureovariegatum»), жимолость татарская «Марит» (*Lonicera tatarica* «Marit»), гинкго билоба (*Ginkgo biloba* L.), ива пурпурная «Пендула» (*Salix purpurea* «Pendula»), пузыреплодник калинолистный «Дартс Голд» (*Physocarpus opulifolius* «Dart's gold»), вейгела цветущая «Виктория» (*Weigela florida* «Victoria»), можжевельник скальный «Скайрокет» (*Juniperus scopulorum* «Skyrocket»), сосна густоцветковая «Умбракулифера» (*Pinus densiflora* «Umbraculifera»), рододендрон катавбинский «Альбум Новум» (*Rhododendron catawbiense* «Album Novum»), туя западная «Смарагд» (*Thuja occidentalis* «Smaragd»),

можжевельник виргинский «Грей Оул» (*Juniperus virginiana* «Grey Owl»), можжевельник средний «Минт Джулеп» (*Juniperus media* «Mint Julep»), рододендрон катавбинский «Розеум Элеганс» (*Rhododendron catawbiense* «Roseum Elegans»), можжевельник скальный «Мунглоу» (*Juniperus scopulorum* «Moonglow»), ель канадская «Эхиноформис» (*Picea glauca* «Echiniformis»), ель канадская «Коника» (*Picea glauca* «Conica»), рододендрон катавбинский «Катерина ван Тоил» (*Rhododendron* «Katerina van Tol»), пихта бальзамическая «Нана» (*Abies balsamea* «Nana»), рододендрон якушманский «Перси Вайсман» (*Rhododendron yakushmanum* «Percy Wiseman») – прикопка № 3.

Хвойно-кустарниковая растительность, характеризуется смешением хвойных древесных пород и кустарников, которые представлены выше, – прикопка № 4.

Пар – прикопка № 5.

Фон – прикопка № 6.

Отбор почвенных образцов проводился послойно, каждые 20 см до глубины 40 см. В подготовленных для лабораторных исследований образцах определялись следующие показатели:

1. Содержание гигроскопической влажности гравиметрическим методом;
2. pH водной суспензии потенциометрическим методом;
3. pH солевой суспензии потенциометрическим методом;
4. Определение валового гумуса методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова;
5. Содержание обменных ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в некарбонатных почвах методом К.К. Гедройца с комплексонометрическим окончанием;
6. Гидролитическая кислотность методом Капена;
7. Степень насыщенности основаниями расчетным методом;
8. Определение азота легкогидролизующих соединений в щелочной вытяжке по методу Корнфилда;
9. Определение легкорастворимых фосфатов по методу Чирикова;
10. Определение обменного калия по методу Чирикова с пламеннофотометрическим окончанием;

11. Каталазная активность почвы титрометрическим методом Джонсона и Темпле;

12. Активность уреазы колориметрическим методом;

13. Активность инвертазы методом А.Ш. Галстяна;

14. Активность фосфатазы методом А.Ш. Галстяна и Э.А. Арутюнян [1, 4, 5].

Результаты исследований

В настоящее время в экологии почв нет общепринятых критериев оценки экологических функций почв. В своей работе мы предлагаем взять за основу критерии оценки экологических функций литосферы с некоторыми изменениями [8]. Экологические функции почв мы будем оценивать по степени измененности основных свойств почв по сравнению с фоном. В табл. 1 мы приводим наши предложения по критериям оценки экологических функций почв.

По предложенным нами критериям мы оценим следующие биогеоценологические функции чернозема выщелоченного [2, 3]:

1. Функции почв как источника питательных элементов и соединений;

2. Депо влаги, элементов питания и энергии;

3. Стимулятор и ингибитор ряда биохимических процессов;

4. Функции почвы, обусловленные ее физико-химическими свойствами.

Результаты исследований приведены в табл. 2 и 3. Изучив основные химические, физико-химические и биологические свойства чернозема

выщелоченного под широколиственными древесными породами, кустарниковой, хвойной, хвойно-кустарниковой растительностью, паром и фоном, можно охарактеризовать следующие биогеоценологические экологические функции почв:

1. Функция почв как источника питательных элементов и соединений является одной из самых важных для существования биогеоценозов. Данную функцию мы характеризуем по содержанию наиболее доступных соединений минерального питания – азота, фосфора и калия. Как показали наши исследования, обеспеченность почв легкогидролизуемым азотом, легкорастворимым фосфатом и обменным калием относится к категории «очень низкая». Наименьшее содержание доступных элементов питания наблюдается под хвойной растительностью. Для улучшения данной функции можно рекомендовать внесение минеральных удобрений с учетом физиологических потребностей растительности.

2. Депо влаги, элементов питания и энергии. Сущность данной функции состоит в том, что почва имеет резервы почвенных компонентов, которые могут использоваться организмами при отсутствии более доступных запасов. Почвенное «депо» образуется за счет соединений в аморфных, кристаллических формах, скоагулированных гумусовых кислот и др. Наличие таких компонентов является залогом устойчивого почвенного плодородия и поддержки необходимых условий существования живых организмов.

Таблица 1

Критерии оценки экологических функций почв

Оценка экологических функций почв	Изменения по сравнению с фоном, %
Неизменная	<16
Слабоизменная	16-32
Среднеизменная	33-49
Сильноизменная	50-66
Очень сильно измененная	67-83
Катастрофически измененная	84 и более

Источник: собственные разработки авторов

Таблица 2

Химические и физико-химические свойства чернозема выщелоченного

Тип растительности	Глубина отбора образца, см	Содержание гумуса, %	Степень насыщенности основными катионами, %	pH _{вод.}	N _{цел.} , мг/100 г почвы	P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	K ₂ O, мг/100 г почвы	pH _{KCl}
Древесные широколиственные породы	0-20	5,59	90,31	6,00	4,64	4,88	8,74	5,9
	20-40	4,66	90,65	6,14	6,38	4,25	8,39	5,6
Хвойная растительность	0-20	4,24	91,88	5,81	5,80	2,25	7,43	5,5
	20-40	3,94	92,81	6,07	5,04	2,19	7,05	5,7
Кустарниковая растительность	0-20	5,48	91,36	6,39	4,06	3,75	8,12	5,4
	20-40	5,01	92,66	6,54	2,90	3,38	7,54	5,2
Хвойно-кустарниковая растительность	0-20	4,69	92,32	6,31	2,90	3,13	7,95	5,3
	20-40	4,48	93,36	6,22	3,48	2,13	7,35	5,3
Пар	0-20	5,79	93,74	6,34	3,48	3,50	8,16	5,5
	20-40	5,06	93,73	6,01	3,35	2,38	8,03	5,4
Фон	0-20	5,87	92,23	5,93	3,48	2,50	8,76	5,2
	20-40	5,53	100	6,05	6,38	2,50	8,29	5,3

Источник: собственные вычисления автора.

Таблица 3

Энзимологическая активность чернозема выщелоченного [6]

Тип растительности	Глубина отбора образца, см	Каталазная активность, мг KMnO ₄ за 20 мин на 1 г почвы	Инвертазная активность, мг глюкозы на 1 г почвы за 24 ч	Фосфатазная активность, мг P ₂ O ₅ на 10 г почвы за 1 ч	Уреазная активность, мг N-NH ₃ на 100 г почвы за 24 ч
Древесные широколиственные породы	0-20	1,7	7,63	4,0	21,3
	20-40	1,4	7,63	3,9	21,8
Хвойная растительность	0-20	1,6	10,18	3,9	20,7
	20-40	1,6	10,81	3,9	20,1
Кустарниковая растительность	0-20	1,7	8,90	3,9	20,4
	20-40	0,9	10,81	3,9	19,4
Хвойно-кустарниковая растительность	0-20	1,9	10,18	3,9	20,2
	20-40	2,0	10,18	3,9	19,6
Пар	0-20	1,7	7,63	3,8	19,1
	20-40	0,9	7,63	3,9	18,7
Фон	0-20	1,6	9,54	4,0	22,7
	20-40	1,6	9,54	3,9	21,9

Источник: собственные вычисления автора.

Данную функцию мы характеризуем по содержанию гумуса в исследуемой почве. По содержанию гумуса исследованный чернозем выщелоченный относится к малогумусным почвам. Мини-

мальное содержание гумуса наблюдается под хвойной и хвойно-кустарниковой растительностью. Также инвертазная активность почв на этих участках максимальна, что может свидетельствовать об

усиленной минерализации органического вещества почвы. Поэтому необходимо обратить внимание на содержание гумуса в дальнейшем под данным типом растительности и рекомендовать дополнительное внесение органических удобрений.

Несмотря на то что изученная почва относится к категории малогумусной, следует отметить, что содержание гумуса в ней выше, чем в почвах, на которых в естественных условиях произрастают рассмотренные варианты растительности. Поэтому данную экологическую функцию можно охарактеризовать положительно.

3. Функция стимулятора и ингибитора ряда биохимических процессов обусловлена тем, что в течение жизнедеятельности растений, микроорганизмов и животных, а также после их отмирания в почву поступают разнообразные продукты метаболизма, которые могут стимулировать или угнетать жизнедеятельность живых организмов.

Мы характеризуем данную функцию по активности некоторых ферментов. Так, каталазная активность чернозема выщелоченного достаточно низкая (0,9-2,0 КМnO₄ за 20 мин на 1 г почвы). Каталаза разрушает ядовитую для живых организмов H₂O₂. Низкая активность данного фермента свидетельствует о достаточно хорошей экологической ситуации и отсутствии ингибирующих факторов.

Увеличение инвертазной активности под хвойной и хвойно-кустарниковой растительностью

свидетельствует о том, что на данных участках происходит стимулирование биохимических процессов.

4. Функции почвы, обусловленные ее физико-химическими свойствами.

Все изученные почвенные образцы обладают достаточно хорошими физико-химическими свойствами. Наиболее благоприятные свойства наблюдались на участках под кустарниками и хвойно-кустарниковой растительностью.

В табл. 4 мы приводим расчет изменений основных свойств чернозема выщелоченного под разным типом растительности для дальнейшей оценки экологических функций по предложенным нами критериям (см. табл. 1).

Таким образом, по гумусному состоянию биогеоценотических функций почвы под древесными широколиственными породами, хвойной и хвойно-кустарниковой растительностью можно отнести к слабоизмененным; по содержанию легкодоступного азота биогеоценотические функции почв под кустарниками и паром – слабоизмененные, а под хвойно-кустарниковой растительностью – среднеизмененные; в целом биогеоценотические функции почв не нарушены.

Таблица 4

Изменения основных свойств чернозема

Тип растительности	Гумус	Степень насыщенности	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Каталаза	Инвертаза	Фосфатаза	Уреаза
	Процент изменения по отношению к фону								
Древесные широколиственные породы	10,1	5,9	-11,8	-82,6	-0,5	3,1	20,0*	0,0	3,4
Хвойная растительность	28,3*	4,0	-9,9	11,2	15,1	0	-10,0	1,3	8,5
Кустарниковая растительность	8,0	4,3	29,4*	-42,6	8,2	18,7*	-3,3	1,3	10,8
Хвойно-кустарниковая растительность	19,6*	3,4	35,3 **	-5,2	10,3	-21,9	-6,7	1,3	10,8
Пар	4,8	2,5	30,7*	-17,6	5,0	18,7*	20,0*	2,5	15,2

* – слабоизмененные, ** – среднеизмененные

Источник: собственные вычисления автора.

Выводы

На основании полевых опытов и лабораторных исследований по изучению биогеоценотических экологических функций почв под древесными и кустарниковыми интродуцентами ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского можно сделать следующие основные выводы:

1. В изученной почве под всеми видами продуцентов отмечено достаточно низкое содержание гумуса.

2. Чернозем выщелоченный на исследуемой территории обладает благоприятными физико-химическими свойствами.

3. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом, легкорастворимым фосфатом и обменным калием относится к категории очень низкой и низкой. Наиболее обеспеченной этими элементами является почва под широколиственными древесными породами. Наименее обеспечены почвы под хвойной и хвойно-кустарниковой растительностью.

4. Каталазная и инвертазная активность чернозема выщелоченного характеризуется, как очень слабая и слабая, а активность фосфатазы и уреазы – средняя.

Наименьшая ферментативная активность была у почвы, находящейся под паром.

5. Биогеоценотические экологические функции чернозема выщелоченного не нарушены.

6. По гумусному состоянию биогеоценотические функции «депо влаги, элементов питания и энергии почвы» под древесными широколиственными породами, хвойной и хвойно-кустарниковой растительностью можно отнести к слабоизмененным.

7. Функции почв как источника питательных элементов и соединений по содержанию легкодоступного азота под кустарниками и паром – слабоизмененные, а под хвойно-кустарниковой растительностью – среднеизмененные.

8. Для улучшения функций почвы «источник питательных элементов и соединений» и «депо влаги, элементов питания и энергии» можно рекомендовать дополнительное внесение минеральных и органических удобрений согласно физиологическим потребностям растительного покрова.

Библиографический список

1. Девятова, Т. А. Биодиагностика почв : учеб. пособие / Т. А. Девятова, Т. Н. Крамарева. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2008. – 140 с.
2. Добровольский, Г. В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. Функционально-экологический подход / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва : Наука, 2000. – 185 с.
3. Добровольский, Г. В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв : учебник / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – Москва : Издательство Московского университета, 2012. – 412 с.
4. Жаппарова, А. А. Агрохимические методы анализа почв, растений и удобрений : учеб. пособие / А. А. Жаппарова. – Алматы : Казахский национальный аграрный университет, 2012. – 98 с.
5. Крамарева, Т. Н. Ферментативная активность почв ботанического сада ВГУ им. проф. Б.М. Козо-Полянского под интродуцентами различного видового состава / Т. Н. Крамарева, Е. А. Юрова // Развитие науки в 21 веке : сб. ст. науч.-информ. центра «Знание» по матер. 25 Междунар. науч.-практ. конференции 15.05.2017 г., Харьков. – Харьков, 2017. – Ч. 1. – С. 39–46.
6. Моисеева, Е. В. Сравнительная характеристика засухоустойчивости некоторых видов древесно-кустарниковых растений природной флоры Центрального Черноземья и интродуцентов / Е. В. Моисеева, Е. А. Николаев // Ботанические сады в современном мире: теоретические и прикладные исследования : матер. Всерос. науч. конференции с междунар. участием, посвященной 80-летию со дня рождения академика Л.Н. Андреева. – Москва : ООО «Товарищество научных изданий КМК», 2011. – С. 473–475.
7. Шевченко, В. А. Изменение экологических функций почв при длительном воздействии природных и антропогенных факторов / В. А. Шевченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2016. – № 6. – С. 16–18.

8. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина [и др.]. – Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 430 с.
9. Dergacheva M. I. Ecological Functions of Soil Humus / M. I. Dergacheva // *Eurasian Soil Science*. – 2001. – Vol. 34 (51). – P. 100–105.
10. Ecological importance of soil bacterivores for ecosystem functions / J. Trap, E. Blanchart, M. Bonkowski, C. Plassard, C. Villenave // *Plant and Soil*. – 2016. – Vol. 398. – № 1-2. – P. 1–24.
11. Kolesnikov, S. I. Ecological Functions of Soils and the Effect of Contamination with Heavy Metals / S. I. Kolesnikov, Sh. Kamil, V. F. Val'kov // *Eurasian Soil Science*. – 2002. – Vol. 35 (12). – P. 1335–1340.
12. Structure and ecological functions of soil micro-food web / X. F. Du, Y. B. Li, F. Liu, X. L. Su, Q. Li // *Chinese Journal of Applied Ecology*. – 2018. – Vol. 29. – № 2. – P. 403–411.

References

1. Devyatova T.A., Kramareva T.N. Biodiagnostics of soils: a training manual. Voronezh: Publishing and Printing Center of Voronezh State University, 2008. 140 p. (in Russian).
2. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. Soil conservation as an indispensable component of the biosphere. Functional and environmental approach. Moscow: Nauka, 2000. 185 p. (in Russian).
3. Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. Ecology of soils. The doctrine of the ecological functions of soils: a textbook. Moscow: Moscow University Press, 2012. 412 p. (in Russian).
4. Zhapparova A.A. Agrochemical methods for the analysis of soils, plants and fertilizers: a training manual. Almaty: Kazakh National Agrarian University, 2012. 98 p. (in Russian).
5. Kramareva T.N., Yurova E.A. (2017) Enzymatic activity of soils of the botanical garden of Voronezh State University prof. B.M. Kozo-Polyansky under introducers of various species composition. *The development of science in the 21st century: a collection of articles of the Knowledge Knowledge Center based on the materials of the 25th International Scientific and Practical Conference 05/15/2017, Kharkov*. Kharkov, 2017. Part 1. P. 39-46 (in Russian).
6. Moiseeva E.V., Nikolaev E.A. (2011) Comparative characteristic of drought tolerance of some species of tree-shrub plants of the natural flora of the Central Black Earth Region and introduced species. *Botanical gardens in the modern world: theoretical and applied research: materials of the All-Russian Scientific Conference with international participation, dedicated to the 80th birthday of Academician L.N. Andreev*. Moscow: KVM Partnership of Scientific Publications LLC, 2011. P. 473-475 (in Russian).
7. Shevchenko V.A. (2016) Change in the ecological functions of soils with prolonged exposure to natural and anthropogenic factors. *Land Reclamation and Water Management*. No. 6. P. 16-18 (in Russian).
8. Trofimov V.T., Zieling D.G., Baraboshkina T.A. [et al.] Ecological functions of the lithosphere. Moscow: Moscow University, 2000. 430 p. (in Russian).
9. Dergacheva M.I. (2001) Ecological Functions of Soil Humus. *Eurasian Soil Science*. Vol. 34 (51). P. 100-105.
10. Trap J., Blanchart E., Bonkowski M., Plassard C., Villenave C. (2016) Ecological importance of soil bacterivores for ecosystem functions. *Plant and Soil*. Vol. 398. No. 1-2. P. 1-24.
11. Kolesnikov S.I., Kamil Sh., Val'kov V.F. (2002) Ecological Functions of Soils and the Effect of Contamination with Heavy Metals. *Eurasian Soil Science*. Vol. 35 (12). P. 1335-1340.
12. Du X.F., Li Y.B., Liu F., Su X.L., Li Q. (2018) Structure and ecological functions of soil micro-food web. *Chinese Journal of Applied Ecology*. Vol. 29. No. 2. P. 403-411.

Сведения об авторах

Крамарева Татьяна Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: tkramarewa@mail.ru.

Моисеева Евгения Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: evjen23.82@rambler.ru.

Information about authors

Kramareva Tatyana Nikolaevna – PhD (Biology), Associate Professor of the Department of Ecology, Protection of Forests and Forest-hunt Conduction, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: tkramarewa@mail.ru.

Moiseeva Evgenia Vladimirovna – PhD (Biology), Associate Professor of of the Department of Ecology, Protection of Forests and Forest-hunt Conduction, FSBEI HE "Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov", Voronezh, Russian Federation; e-mail: evjen23.82@rambler.ru.