

УДК 631.4

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-76-91

ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПОД ЛЕСНЫМ ЦЕНОЗОМ

Ю.И. Чевердин¹, *д-р биол. наук*; *ResearcherID: [AAZ-6497-2020](https://orcid.org/0000-0002-9905-0547)*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-0547>

В.А. Беспалов¹, *канд. биол. наук*; *ResearcherID: [AAK-4088-2021](https://orcid.org/0000-0001-6787-929X)*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6787-929X>

М.Ю. Сауткина², *канд. с.-х. наук*; *ResearcherID: [AAE-9165-2021](https://orcid.org/0000-0001-9244-1177)*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9244-1177>

Т.В. Титова¹, *канд. биол. наук*; *ResearcherID: [AAP-6052-2021](https://orcid.org/0000-0002-6435-5455)*,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-5455>

¹Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева, квартал 5, д. 81, пос. 2-го участка института им. Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл., Россия, 397463; e-mail: cheverdin62@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, ул. Ломоносова, д. 105, г. Воронеж, Россия, 394087; e-mail: sautmar@mail.ru

Оригинальная статья / Поступила в редакцию 26.02.20 / Принята к печати 30.04.20

Аннотация. Изучен комплекс показателей почв под лесными полосами. Объектами исследований являлись старовозрастные (65–68 лет) прибалочные и полезащитные лесные насаждения Каменной Степи. Результаты позволяют оценить тренды изменения характеристик почв за длительный период. Заложены ключевые участки размером 100×100 м с использованием регулярной сетки опробования. Шаг опробования – 15–25 м. Установлено положительное влияние полезащитных лесных полос на свойства черноземов. Отмечено увеличение мощности гумусового горизонта с 42,3 см (пашня на склоне) до 72,6±5,1 см (под лесом). Максимальные значения характерны для черноземов водораздельных участков: 59,6±2,4 см (пашня) и 85,6±3,9 см (лесная полоса). Максимальную глубину вскипания имеют черноземы выщелоченные за счет активизации процессов миграции карбонатов в нижележащие почвенные горизонты. Наименьшую – зоотурбированные путем механического переноса и перемешивания аккумулятивно-карбонатного горизонта. Обнаружена общая тенденция к снижению глубины вскипания под лесным ценозом. Наибольшей гумусированностью отличаются водораздельные участки: 7,14±0,24 % (пашня) и 8,56±0,18 % (лесная полоса). Прибалочная лесная полоса снижает риск развития эрозионных процессов. На пахотных участках в зоне ее влияния удалось сохранить достаточно мощный гумусовый профиль с высоким содержанием органического вещества: 7,03±0,27 % (под лесом) и 6,10±0,10 % (на пашне). Посадка лесных полос обуславливает изменение характера растительности. Влияние кислых продуктов распада подстилки сформировало почвенные горизонты со среднекислой реакцией среды в гумусовой толще. В составе обменно-поглощенных катионов, несмотря на лидирующее положение кальция, отмечено повышенное содержание магния. Лесные полосы в связи с изменяющимися климатическими условиями приобретают в последние десятилетия особую значимость. В степных регионах России такие насаждения являются мощным почвоохранным фактором, способствующим стабилизации и повышению почвенного плодородия. Необходима активизация работ по посадке искусственных лесных древостоев в степных регионах России.

Для цитирования: Чевердин Ю.И., Беспалов В.А., Сауткина М.Ю., Титова Т.В. Эколого-агрохимическая оценка почв Каменной Степи под лесным ценозом // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 5. С. 76–91. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-76-91

Ключевые слова: чернозем, лесные полосы, мощность генетических горизонтов, гумусное состояние, реакция среды, обменные основания, Каменная Степь.

ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL ASSESSMENT OF THE KAMENNAYA STEPPE SOILS UNDER FOREST CENOSIS

*Yuriy I. Cheverdin*¹, Doctor of Biology; ResearcherID: [AAZ-6497-2020](https://orcid.org/0000-0002-9905-0547),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9905-0547>

*Vladimir A. Bepalov*¹, Candidate of Biology; ResearcherID: [AAK-4088-2021](https://orcid.org/0000-0001-6787-929X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6787-929X>

*Marina Yu. Sautkina*², Candidate of Agriculture; ResearcherID: [AAE-9165-2021](https://orcid.org/0000-0001-9244-1177),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9244-1177>

*Tatyana V. Titova*¹, Candidate of Biology; ResearcherID: [AAP-6052-2021](https://orcid.org/0000-0002-6435-5455),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6435-5455>

¹Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev, kv. 5, 81, pos. 2 uchastka instituta im. Dokuchayeva, Talovskiy District, Voronezh Region, 397463, Russian Federation; e-mail: cheverdin62@mail.ru

²All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, ul. Lomonosova, 105, Voronezh, 394087, Russian Federation; e-mail: sautmar@mail.ru

Original article / Received on February 26, 2020 / Accepted on April 30, 2020

Abstract. A set of parameters of soils under forest belts was studied. The objects of research were old-growth (65–68 yrs) ravine and shelterbelt forest plantations of the Kamennaya Steppe. The results allow assessing the trends of changes in soil characteristics over a long period of time. Key plots of 100×100 m were laid out using a regular sampling grid. The sampling interval is 15–25 m. A positive effect of forest shelterbelts on the properties of chernozems was found. There is an increase in thickness of the humus horizon from 42.3 cm (arable land on the slope) to 72.6±5.1 cm (under forest). The maximum values are typical for chernozems of watershed areas: 59.6±2.4 cm (arable land) and 85.6±3.9 cm (forest belt). Chernozems leached due to the activation of migration processes of carbonates into the underlying soil horizons have the maximum depth of soil effervescence. Chernozems zooturbated due to mechanical transport and mixing of accumulative-carbonate horizon have the lowest depth of soil effervescence. A general trend to decrease the depth of soil effervescence under the forest cenosis was found. The highest humus content is observed in watershed areas: 7.14±0.24 % (arable land) and 8.56±0.18 % (forest belt). A ravine forest belt reduces the risk of erosion processes. A fairly strong humus profile with a high content of organic matter: 7.03±0.27% (under forest) and 6.10±0.10% (on arable land), was possible to preserve on arable lands in the zone of the belt's influence. The planting of forest belts causes a change in the nature of vegetation. The influence of acidic products of litter decomposition formed soil horizons with a moderately acidic reaction of the environment in the humus layer. Despite the leading position of calcium, an increased content of magnesium was found in the composition of exchange-absorbed cations. Forest belts have become especially important in recent decades due to changing climatic conditions. In the steppe regions of Russia, such plantations are a powerful soil conservation factor that helps stabilize and increase soil fertility. It is necessary to intensify the planting of artificial forest stands in the steppe regions of Russia.

For citation: Cheverdin Yu.I., Bespalov V.A., Sautkina M.Yu., Titova T.V. Ecological and Agrochemical Assessment of the Kamennaya Steppe Soils under Forest Cenosis. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 5, pp. 76–91. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-5-76-91

Keywords: chernozem, forest belts, thickness of genetic horizons, humus state, environmental reaction, exchangeable bases, Kamennaya Steppe.

Введение

Основным фактором изменения характеристик почв и почвенного покрова степных регионов России в последние столетия стало интенсивное антропогенное воздействие, многие вопросы которого широко обсуждаются в современной научной литературе [2, 4, 13, 16, 20, 25–28, 30].

В результате интенсивной антропогенной деятельности сформированы современные агролесокультурные ландшафты. Их ключевыми компонентами можно назвать лесные полосы (ЛП), играющие существенную роль в стабилизации плодородия. Общая площадь таких насаждений в Центральном Черноземье в настоящее время составляет 488,2 тыс. га, в том числе в Воронежской области – 172,8 тыс. га [23]. Рукотворный лесокультурный ландшафт Каменной Степи, заложенный В.В. Докучаевым, является уникальным научным объектом, позволяющим вести длительный мониторинг [15, 21].

Необходимо проведение комплексных исследований особенностей формирования структуры искусственно созданного насаждения и влияния лесных полос на процессы почвообразования [14, 19, 24, 28]. В научных публикациях много внимания уделяется гумусовому состоянию черноземов как одному из ведущих факторов плодородия почв [6, 18, 29]. Характер изменения растительности оказывает существенное влияние на содержание органического углерода и определяется особенностями использования угодий [5, 7, 8, 17, 27, 32].

Цель настоящей работы – исследование свойств черноземов отдельных компонентов лесокультурного агроландшафта при разном характере использования черноземов водоразделов и склонов. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: оценка изменения мощности генетических горизонтов под влиянием прибалочных ЛП; выявление особенностей гумусового состояния черноземов; изучение изменений физико-химического состояния почв.

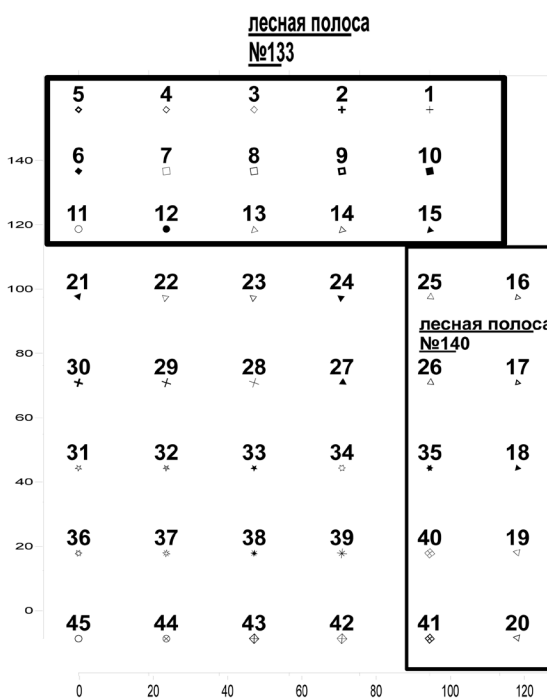
Объекты и методы исследования

Исследования проведены в агролесокультурном ландшафте Каменная Степь. Объектом служили старовозрастные ЛП № 133, 140 и прилегающие к ним пахотные участки полевого зернопаропропашного севооборота. В ЛП № 133 выбраны два участка (на водоразделе и на склоне), в ЛП № 140 – один. Пашня также включала два объекта исследований – на водоразделе и склоне. Полезащитная ЛП № 133 посажена в 1950 г. Ее размер 2070×27 м. Состав древостоя на водоразделе: 1-й ярус – 5Д2Б2К₀1(В+Я₁); 2-й ярус – 5К₀5Д. На склоне: 1-й ярус – 5Б2К₀2Д1В; 2-й ярус – 7К₀3Д. Расположение – с запада на восток. В этом же направлении отмечается общий уклон местности с перепадом высот до 50–60 м. Прибалочная ЛП № 140 посажена в 1953 г. и имеет следующий состав: 1-й ярус – 9Б1Д; 2-й ярус – 6Д3Я₁Б [3]. Расположена

поперек склона, перпендикулярно ЛПП № 133 и примыкает к ней с восточной стороны. Для оценки изменения почвенных свойств использован метод закладки ключевых участков с регулярной сеткой точек опробования: на пахотном участке размером 100×100 м с шагом 25 м количество точек опробования 20. На рис. 1 представлена схема отбора проб на склоновом участке: номера точек опробования 1–15 относятся к ЛПП № 133; 16–20, 25, 26, 35, 40, 41 – к ЛПП № 140; остальные – к участку пашни. Аналогично этому взяты почвенные пробы на водоразделе. Для ЛПП в связи с их незначительной шириной шаг опробования был иной – 15×25 м, при размере ключевого участка 100×30 м количество точек опробования 15 и 10 шт. для ЛПП № 133 и 140 соответственно. Расстояния измеряли с помощью металлических мерных лент длиной 100 м. Для точной ориентации точек опробования прямые углы на местности закладывали с помощью трех мерных лент (египетский треугольник со сторонами кратными 3:4:5). На рис. 2 приведена схема изменения высот вдоль ЛПП № 133 и 140.

Рис. 1. Схема расположения точек отбора почвенных проб на склоне

Fig. 1. Layout of soil sampling points on the slope



Опробование проводили ручным буром до глубины 200 см с описанием мощности горизонтов и отбором почвенных проб. Была создана база данных, включающая в себя информацию о координатах пронумерованных точек опробования, названии почвы, морфометрических показателях. На основе этих данных проведен статистический анализ выборок почвенных свойств: мощности темногогумусового горизонта $A(AU)$ (для пахотных аналогов $A_{\text{пах}}(PU)$) и общей мощности $PU+AU$, глубины нижней границы переходного горизонта $A+AB$. Также выделены горизонты с активной проработкой землероющими животными, глубина верхней границы сплошного вскипания, мощность глинисто-иллювиального горизонта BI , выщелоченного действием карбонатов, показатели гумусного состояния почв и качественный состав гумуса, гидролитическая

кислотность, рН водной и солевой вытяжек, состав обменных катионов – Са и Mg. Ввиду активной деятельности землероющих животных выделялись горизонты зоотурбации.



Рис. 2. Изменение высот вдоль склона по профилю ЛП № 133

Fig. 2. Change in elevation along the slope lengthwise the profile of the forest belt No. 133

Исследования, наблюдения и анализы проводили следующими методами: гумус – по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова (ГОСТ 26213–91); рН солевой (в 1,0 н. KCl) и водной вытяжек – потенциометрически (ГОСТ 26483–85); гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212–91); обменные Са и Mg – трилометрически; вытеснение обменных катионов Са и Mg хлористым натрием – по методике Почвенного института; качественный состав гумуса – по методу Тюрина в модификации В.В. Пономаревой и Т.А. Плотниковой [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Одной из основных характеристик почвенного покрова являются морфологические свойства, дающие важную информацию об изменении мощности генетических горизонтов под влиянием природных и антропогенных факторов. Анализируемые участки хотя и были схожи по диапазону мощности почвенных горизонтов, имели некоторые различия. Как и следовало ожидать, более высокая мощность пахотного и гумусового горизонтов характерна для почв лесных насаждений (табл. 1). Средние значения как на водоразделе, так и на склоне оказались близки – $35,1 \pm 0,6$ и $35,2 \pm 1,9$ см соответственно (ЛП № 133). При этом минимальные показатели на склоне равнялись 18 см, максимальные – 47 см. На плакорной части разброс был намного меньше – 30...39 см. Более высокая мощность горизонта в первом случае обусловлена активной деятельностью землероющих животных, которые хорошо развиваются на теплых обращенных к солнцу участках.

На пахотных угодьях, несмотря на различную эрозионную опасность на них, мощность горизонтов имела практически равные значения – $26,4 \pm 1,2$ см (водораздел) и $27,5 \pm 1,6$ см (склон). При этом минимум составил 21 и 12 см, максимум – 32 и 38 см соответственно. Схожесть средних показателей связана с образованием в результате ежегодных обработок почвы (вспашка) однородного гомогенного слоя.

Таблица 1

Мощность генетических горизонтов, см

Участок	$\frac{A(A_{\text{max}}+A)}{AU(PU+AU)}$	$AB(AUb)$	BI	Глубина вскипания
ЛП № 133, склон	35,2±1,9	61,8±3,1	83,1±2,7	73,6±4,5
ЛП № 140, склон	30,2±2,1	72,6±5,1	–	55,0±5,2
Пашня, склон	27,5±1,6	53,3±1,8	80,3±4,4	57,7±5,1
ЛП № 133, водораздел	35,1±0,6	85,6±3,9	95,0±1,3	64,7±5,2
Пашня, водораздел	26,4±1,2	59,6±2,4	77,3±5,7	62,7±4,9

Примечание: Для агрогенных почв темногумусовый горизонт состоит из $PU+AU$, для лесных – только из AU .

В ЛП № 140, расположенной поперек эродированного склона, средняя мощность темногумусового горизонта равнялась $30,2\pm 2,1$ см, минимум – 23 см, максимум – 40 см. При этом она увеличивалась по мере удаления от опушечной части лесной полосы.

Наиболее существенные различия отмечаются при оценке мощности гумусового слоя AB в целом. Большинство почв соответствуют среднемошным видам. Только под ЛП № 133 на водоразделе их можно отнести к мощным – $85,6\pm 3,9$ см. Интересен факт увеличения по сравнению с ЛП № 133 мощности горизонта AB под ЛП № 140 на склоне – $72,6\pm 5,1$ см. Различие составляет 10,8 см. Расположение ЛП № 140 поперек склона способствовало снижению эрозионных процессов и предотвращению смыва почвы. Об этом можно судить по увеличению общей мощности гумусового горизонта по мере приближения к опушке (рис. 3).

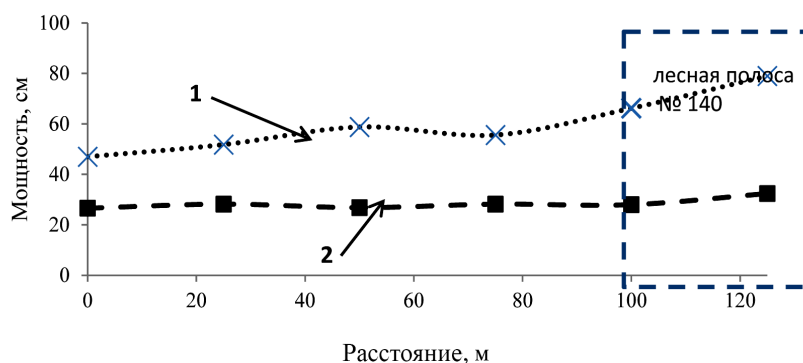


Рис. 3. Изменение мощности гумусового горизонта под влиянием прибалочной почвоохранной полосы: 1 – горизонт $AU(PU+AU)$; 2 – горизонт AUb ; прямоугольником (пунктирная линия) отмечена ЛП № 140

Fig. 3. Change in thickness of the humus horizon under the influence of the ravine soil-saving belt: 1 – horizon $AU(PU+AU)$; 2 – horizon AUb ; forest belt No. 140 is marked by the rectangle (dashed line)

В результате развития эрозионных процессов гумусовый горизонт пахотного участка, расположенного на склоне, был минимальным: $53,3 \pm 1,8$ см. Наименьшие показатели составили 35 см, максимальные – 70 см. Медиана на одном уровне со средним значением – 55 см.

Почвы обследованных участков имеют некоторые различия по глубине верхней границы появления карбонатов кальция (линия вскипания от HCl). Наименьшая глубина вскипания отмечена у почв ЛП № 140 в связи с большой долей в их составе чернозема зоотурбированного и за счет перемешивания материала гумусового и аккумулятивно-карбонатного горизонтов. Средняя глубина вскипания – $55,0 \pm 5,2$ см, вариация – 40,0...90,0 см. Смежнорасположенный эродированный участок пашни имел близкие показатели – $57,7 \pm 5,1$. Однако из-за пестроты почв, наличия зоотурбированных и выщелоченных черноземов глубина вскипания варьирует от 2 до 100 см.

Под ЛП № 133 карбонаты появляются в более глубоких почвенных горизонтах. На водораздельном участке глубина вскипания отмечена на уровне $64,7 \pm 5,2$ см, на склоне увеличивается до $73,6 \pm 4,5$ см. Это связано с наличием в составе почвенных комбинаций большой доли черноземов выщелоченных.

Изучение гумусного состояния черноземов свидетельствует о довольно высоком содержании органических веществ в этих почвах. Как и следовало ожидать, максимально высокая концентрация таких веществ характерна для почв водораздельных участков. В черноземах ЛП № 133 она составила $8,56 \pm 0,18$ % (минимум – 7,32 %, максимум – 9,86 %). Медианное значение – 8,55 %. Коэффициент варьирования – 8,30 % (табл. 2).

Таблица 2

Качественный состав гумуса в слое 0–20 см

Участок	Гумус, %	Сорг., %	Сгк., %	Сфк., %	Сгк.:Сфк.	Сно., %
ЛП № 133, склон	$7,42 \pm 0,18$	$3,04 \pm 0,18$	$2,37 \pm 0,16$	$0,67 \pm 0,05$	$3,53 \pm 0,33$	1,26/31,2
ЛП № 140, склон	$7,03 \pm 0,27$	$2,71 \pm 0,13$	$1,87 \pm 0,12$	$0,84 \pm 0,05$	$2,22 \pm 0,21$	1,36/33,4
ЛП № 133, пашня, склон	$6,10 \pm 0,10$	$2,50 \pm 0,05$	$1,79 \pm 0,05$	$0,71 \pm 0,08$	$2,52 \pm 0,23$	1,03/29,3
ЛП № 133, водораздел	$8,56 \pm 0,18$	$3,39 \pm 0,11$	$2,54 \pm 0,11$	$0,85 \pm 0,02$	$2,98 \pm 0,16$	1,57/31,8
ЛП № 133, пашня, водораздел	$7,14 \pm 0,24$	$3,23 \pm 0,08$	$2,53 \pm 0,08$	$0,70 \pm 0,03$	$3,61 \pm 0,21$	0,91/22,0

Примечание: Сорг. – сумма гуминовых и фульвокислот; Сгк. – углерод гуминовых кислот; Сфк. – углерод фульвокислот; Сно. – углерод негидролизуемого остатка (гумина) от общего содержания подвижного углерода (Собщ.).

На смежном участке пахотной почвы плакора черноземы были менее гумусированы. Среднее содержание гумуса в слое 0–20 см составило $7,14 \pm 0,24$ % (минимум – 6,4 %, максимум – 9,14 %). Медиана – 7,02 %, коэффициент варьирования – 10,8 %. Можно констатировать, что почти через 70 лет после посадки ЛП разница гумусированности черноземов пашни и ЛП составила 1,42 % (при равных условиях на момент посадки древесных культур). Это объясняется влиянием антропогенного фактора. Ежегодные потери на дегумификацию

пашни равняются 0,02 %. Такие данные согласуются с полученными ранее [22]. Существует мнение, что в почвах ЛП содержание гумуса постоянно или меняется незначительно [11].

В черноземах склонов содержание органического вещества под ЛП в среднем составляет $7,42 \pm 0,18$ % (ЛП № 133) и $7,03 \pm 0,27$ % (ЛП № 140). На пашне отмечено минимальное содержание гумуса – $6,10 \pm 0,10$ %. При этом его ежегодные потери также были близки к 0,02 % (как и на водоразделе). Таким образом, прибалочная ЛП № 140 существенным образом снизила эрозионные процессы и способствовала сохранению гумуса. При среднем его содержании под ЛП № 140 7,03 % на удалении до 50 м от опушки (вверх по склону) количество органического вещества было на уровне 6,50 %. И лишь на удалении свыше 70 м снижалось до 5,90 %.

В исследованных черноземных почвах лесных ценозов Каменной Степи гумус имеет, как правило, гуматный состав. Гуминовые кислоты доминируют над фульвокислотами. Более высокое отношение Сгк./Сфк. характерно для черноземов под ЛП № 133: $3,53 \pm 0,33$ (склон) и $2,98 \pm 0,16$ (водораздел). Пашня водораздельного участка также характеризовалась высоким значением этого показателя – $3,61 \pm 0,21$. Минимальное соотношение Сгк./Сфк. отмечено в черноземах склона на пашне и ЛП № 140: $2,52 \pm 0,23$ и $2,22 \pm 0,21$ соответственно. В этой связи можно отметить, что характер изменения был идентичен особенностям гумусового состояния. Самые высокие Сгк./Сфк. были у почв с максимальным значением содержания гумуса. Общей закономерностью является высокая степень гумификации органического вещества почв. Доля гуминовых кислот от общего Сорг. составляет 45,9... 61,3 %.

Одной из причин высокого содержания гуминовых кислот может служить реакция среды черноземов. Изменение рН водной вытяжки в нейтральную или щелочную сторону приводит к накоплению гумусовых веществ, преимущественно гуматного типа [12]. В свою очередь повышенная карбонатность черноземов вызывает синтез гуматов кальция [1].

Анализ содержания гумина позволяет выявить одну общую закономерность: уменьшение его доли на пахотных участках. Минимальное количество характерно для пашни водоразделов – 0,91 % в составе общего содержания органического вещества (относительная доля 22,00 %). На эродированной пашне гумина 1,03 %, относительная доля повышается до 29,30 %. Максимально высоким содержанием этого вещества характеризовался чернозем под ЛП № 133 водораздельного участка – 1,57 % (31,80 % относительных). На склоне Сгум. несколько ниже – 1,26 и 1,36 % для ЛП № 133 и 140 соответственно. Повышенное содержание гумина связано с поступлением большего количества листового опада и характером гумусообразовательного процесса – он отличается от присущих пахотным угодьям. По мнению И. Кегель-Кнабнера [31], гумин в почвах под лесом состоит из полуразложившихся растительных остатков, гуминовые кислоты являются продуктом окисления гумина.

Закономерности изменения качественного состава гумуса верхнего слоя почвы нашли отражение и в гумусовом состоянии всего почвенного профиля. Установлено более высокое содержание гумуса в черноземах ЛП. На водораздельном участке ЛП № 133 количество гумуса изменялось от $8,56 \pm 0,18$ % (в слое почвы 0–20 см) до $4,97 \pm 0,22$ % на глубине 50–70 см (табл. 3). На смежно расположенном черноземе пашни абсолютные значения были ниже – от $7,14 \pm 0,24$ % (слой 0–20 см) до $4,05 \pm 0,80$ % (50–70 см).

Таблица 3

Гумусное состояние почв, %

Слой почвы, см	ЛП № 133, склон	ЛП № 140	ЛП № 133, пашня, склон	ЛП № 133, водораздел	ЛП № 133, пашня, водораздел
0–20	7,42±0,18	7,03±0,27	6,09±0,10	8,56±0,18	7,14±0,24
20–30	6,88±0,17	6,58±0,42	5,64±0,10	8,13±0,18	6,58±0,14
30–50	4,94±0,42	5,38±0,20	3,72±0,14	6,49±0,25	5,71±0,37
50–70	2,60±0,36	3,46±0,28	2,17±0,18	4,97±0,22	4,05±0,80

Склоновые почвы характеризовались меньшим содержанием гумуса. Его минимальное количество отмечено на пахотном участке – 6,09±0,10... 2,17±0,18 % по профилю почвы. Под пологом древесных культур, в нижних горизонтах, – 2,60±0,36...3,46±0,28 %.

В характере изменения профильного содержания гумуса необходимо отметить некоторые особенности. Для плакорных угодий свойственен более медленный тренд его снижения от верхних к нижним почвенным горизонтам. Разница между слоями 0–20 и 50–70 см составила 72,2–76,2 %. На склоновых элементах рельефа различия достигали 180,6–185,3 %. Исключением стала ЛП № 140, расположенная поперек склона. Она является своеобразным барьером, сдерживающим эрозионные процессы. Под ее влиянием увеличивается мощность гумусового горизонта и в конечном итоге содержание гумуса. На глубине 50–70 см его количество составило 3,46 %, что на 0,86–1,29 % выше по отношению к склону и пашне ЛП № 133. Древесные культуры обеспечивают больший объем растительных остатков в виде листового опада, миграцию гумусовых веществ по почвенному профилю и подвижность гумуса. Гумусовый профиль в этой связи приобретает отличительные черты, несвойственные пахотным угодьям. В черноземах пашни снижение содержания гумуса обусловлено усилением процессов минерализации гумуса и растительных остатков из-за ежегодной обработки почвы с оборотом пласта.

Важными компонентами, характеризующими состояние почвенной среды, являются физико-химические показатели плодородия. Посредством анализа наиболее заметные различия в гидrolитической кислотности (Нг) выявлены в гумусово-аккумулятивном горизонте (0–70 см). В нижележащих почвенных горизонтах (70–200 см) заметных и достоверных расхождений не установлено. Нг варьировала в основном в интервале 0,2–0,3 смоль (экв)/кг почвы (табл. 4).

Более высокие значения Нг для гумусово-аккумулятивного горизонта наблюдаются у черноземов лесных ценозов. На водораздельном участке под ЛП № 133 Нг изменялась по профилю от 4,26±0,06 до 1,96±0,47 смоль (экв)/кг, на склоне ЛП № 133 – от 4,91±0,84 до 2,55±0,35 смоль (экв)/кг. На смежных пахотных черноземах – от 1,88±0,28 до 0,93±0,59 и от 2,26±0,20 до 0,23±0,04 смоль (экв)/кг соответственно. Столь существенное различие объясняется характером поступающих на поверхность почвы органических остатков. В лесном ценозе листовая опад способствует изменению течения почвенных процессов и подкислению черноземов (влияние продуктов распада).

Таблица 4

Гидролитическая кислотность, смоль (экв)/кг

Слой почвы, см	ЛП № 133, склон	ЛП № 140, склон	ЛП № 133, пашня, склон	ЛП № 133, водораздел	ЛП № 133, пашня, водораздел
0–20	3,79±1,12	2,26±0,29	2,26±0,20	4,26±0,06	1,88±0,28
20–30	4,91±0,84	2,44±0,66	2,53±0,10	4,44±0,31	2,01±0,20
30–50	4,25±0,36	1,62±0,80	0,70±0,06	3,51±0,44	1,80±0,17
50–70	2,55±0,35	0,92±0,70	0,23±0,04	1,96±0,47	0,93±0,59
70–100	0,34±0,06	0,23±0,01	0,23±0,05	0,44±0,06	0,23±0,01
100–120	0,24±0,02	0,29±0,06	0,23±0,03	0,23±0,01	0,23±0,01
120–150	0,23±0,02	0,29±0,06	0,23±0,02	0,23±0,01	0,23±0,01
150–170	0,21±0,02	0,29±0,06	0,23±0,02	0,23±0,01	0,23±0,01
170–200	0,25±0,02	0,23±0,01	0,11±0,01	0,23±0,01	0,23±0,01

Актуальная кислотность черноземов имела особенности, определяемые характером использования угодий и произрастающей на них растительностью. Анализ показателей рН водной вытяжки позволил отметить два основных момента: все почвы характеризуются нейтральной реакцией среды с поверхности, реакция переходит в щелочную в карбонатно-аккумулятивном горизонте; различен характер профильного изменения актуальной кислотности. В верхнем слое почвы 0–20 см значение рН вод варьиовало в незначительных пределах – 6,69±0,09...7,30±0,09 (табл. 5). В черноземах лесных ценозов в нижележащих почвенных горизонтах (20–50 см) происходит смещение кислотности почвы до 6,47...6,70 ед. рН, что наиболее заметно на склоновом участке ЛП № 133. У черноземов пашни эта закономерность не выражена. Увеличение кислотности лесных почв обусловлено воздействием кислых продуктов распада лесной подстилки. На пахотных землях, несмотря на применение минеральных удобрений, смещения реакции среды черноземов нами не отмечено. В этом отношении роль лесной подстилки была выражена более отчетливо.

В карбонатных горизонтах почвы значения актуальной кислотности были существенно сдвинуты в щелочную сторону. На глубине ниже гумусового слоя рН водной вытяжки изменялся в пределах от 7,86 до 8,72. Причиной стало подтягивание к поверхности среднеминерализованных грунтовых вод, что подтверждают проведенные нами исследования [22].

Анализ показателей рН солевой вытяжки (табл. 5) указывает на изменение кислотности черноземов под лесным ценозом до средне- и слабокислой степени по существующей классификации [9]. Такие особенности отмечены под ЛП № 133 по всей толще гумусово-аккумулятивного горизонта. В нижележащих карбонатно-аккумулятивных горизонтах зафиксирован резкий скачок смещения реакции среды в щелочную сторону. По всем объектам исследований на глубине 70–200 см рН солевой вытяжки варьировал в интервале 7,32...7,84.

Таблица 5

Значения реакции среды

Слой почвы, см	ЛП № 133, склон	ЛП № 140, склон	ЛП № 133, пашня, склон	ЛП № 133, водораздел	ЛП № 133, пашня, водораздел
pH_{H_2O}					
0–20	7,01±0,20	7,06±0,07	7,02±0,09	6,69±0,09	7,30±0,09
20–30	6,50±0,12	6,93±0,11	6,83±0,11	6,55±0,07	7,24±0,12
30–50	6,47±0,06	7,31±0,24	7,69±0,11	6,70±0,09	7,23±0,12
50–70	6,83±0,14	7,72±0,32	8,34±0,14	7,30±0,21	7,68±0,41
70–100	7,86±0,19	8,16±0,08	8,50±0,14	8,04±0,14	8,31±0,03
100–120	8,29±0,08	8,34±0,03	8,72±0,18	8,40±0,04	8,33±0,05
120–150	8,40±0,01	8,46±0,06	8,42±0,12	8,42±0,05	8,44±0,03
150–170	8,41±0,05	8,45±0,05	8,57±0,11	8,41±0,10	8,33±0,03
170–200	8,47±0,07	8,43±0,06	8,65±0,12	8,49±0,15	8,43±0,16
pH_{KCl}					
0–20	6,15±0,20	6,45±0,12	6,25±0,11	6,13±0,12	6,62±0,14
20–30	5,61±0,18	6,33±0,25	5,90±0,12	5,87±0,09	6,54±0,14
30–50	5,41±0,12	6,74±0,42	7,14±0,10	5,88±0,14	6,34±0,09
50–70	5,62±0,25	7,03±0,48	7,52±0,23	6,45±0,28	6,46±0,46
70–100	7,32±0,06	7,47±0,09	7,59±0,18	7,34±0,06	7,47±0,01
100–120	7,46±0,05	7,53±0,04	7,63±0,14	7,51±0,02	7,50±0,01
120–150	7,51±0,04	7,56±0,04	7,61±0,18	7,56±0,02	7,45±0,06
150–170	7,52±0,04	7,56±0,06	7,68±0,11	7,58±0,02	7,51±0,04
170–200	7,48±0,02	7,54±0,06	7,84±0,15	7,61±0,03	7,50±0,02

Важной частью физико-химических показателей почв является состав обменных катионов черноземов. Содержание обменного Са достигало наибольшего значения в верхних горизонтах черноземов. Каких-либо явных различий установить не удалось. Можно лишь отметить слабовыраженную тенденцию к увеличению количества Са под ЛП. Некоторое его снижение в пахотных почвах связано с ежегодным отчуждением с поля зерновой и вегетативной части урожая (под пологом ЛП остается листовая опад богатый зольными элементами). Профильное распределение обменного Са характеризовалось постепенным уменьшением в гумусово-аккумулятивном горизонте, при переходе в карбонатные горизонты оно было еще более заметно.

Большее содержание обменного Mg отмечено в почвах лесных ценозов. Особенно отчетливо данная закономерность прослеживается на водоразделе. Высокое соотношение обменного кальция к магнию зафиксировано на всех участках. В верхних горизонтах вариация составила 4,61...6,40 (табл. 6). В карбонатных горизонтах, особенно в эродированных почвах, содержание Mg заметно увеличивалось.

Таблица 6

Состав обменных катионов, смоль (экв)/кг

Слой почвы, см	ЛП № 133, склон	ЛП № 140, склон	ЛП № 133, пашня, склон	ЛП № 133, водораздел	ЛП № 133, пашня, водораздел
<i>Ca</i>					
0–20	26,9±1,52	29,5±1,30	28,0±0,92	27,4±0,89	24,8±1,21
20–30	25,0±1,88	26,1±0,50	25,6±0,63	29,1±1,73	26,5±0,89
30–50	23,1±1,84	28,4±1,45	27,5±0,69	26,3±0,68	24,2±1,20
50–70	22,9±1,43	26,3±1,88	26,8±0,59	26,4±0,82	23,8±1,78
70–100	22,5±1,00	22,4±2,81	21,3±0,39	26,1±1,10	23,0±1,20
100–120	20,4±0,06	19,4±1,64	20,0±0,32	20,8±0,50	20,8±0,13
120–150	20,2±1,28	17,2±0,94	16,1±0,98	19,4±1,08	20,8±0,35
150–170	17,4±1,24	17,9±1,66	12,0±0,45	18,4±1,46	20,6±0,52
170–200	18,4±2,33	17,4±2,15	8,5±0,22	17,2±1,50	19,6±1,15
<i>Mg</i>					
0–20	5,2±0,47	4,6±0,37	4,7±0,43	6,3±0,16	4,1±0,09
20–30	5,0±0,64	4,8±0,34	5,1±0,56	6,3±0,47	5,1±0,29
30–50	4,6±0,59	4,1±0,79	4,7±0,36	4,9±0,32	4,0±0,15
50–70	4,1±0,53	4,0±0,42	4,6±0,29	4,0±0,24	3,6±0,35
70–100	4,2±0,46	4,2±0,43	10,5±0,65	4,5±0,25	4,1±0,91
100–120	4,4±0,51	6,4±1,37	12,6±0,95	4,9±0,34	3,9±0,35
120–150	5,8±0,46	6,9±1,38	12,0±0,89	6,9±0,49	5,1±0,49
150–170	5,4±0,56	8,4±1,61	8,2±0,54	9,4±0,63	5,8±0,35
170–200	5,9±0,68	8,4±1,18	5,3±0,16	10,0±0,48	5,6±0,76

Выводы

1. Интенсивные работы по созданию лесных почвоохранных насаждений в степных регионах европейской части России, проведенные во второй половине прошлого столетия, показали, что искусственные лесные полосы положительно влияют на морфологические признаки черноземных почв, способствуют повышению мощности генетических горизонтов и содержания гумуса. Необходимо дальнейшее проведение работ по облесению современных агроландшафтов и мероприятий, направленных на сохранение имеющихся лесных полос.

2. У фракционного состава гумуса черноземов есть свои особенности, связанные с характером использования угодий. Эти почвы имеют гуматный тип гумуса, что связано с высокой карбонатностью и образованием гумата кальция. В черноземах лесных насаждений гумусовые вещества характеризуются миграцией в более глубокие слои почвенного профиля. Абсолютные величины фракций гуминовых кислот и фульвокислот, а также гумина черноземов лесных полос превышают данные показатели для почв пахотных угодий. Причем максимальные значения характерны для водораздельных участков.

3. Влияние лесных полос на показатели реакции среды отмечается только в гумусово-аккумулятивном горизонте до глубины 50–70 см. Гидролитическая кислотность черноземов под лесной полосой доходила до 4,91 смоль (экв)/кг, на пашне не превышала 2,5 смоль (экв)/кг. Гумусовый профиль под лесными полосами характеризуется средне- и слабокислой реакцией среды.

4. У черноземов, использовавшихся неодинаково, не удалось обнаружить существенной разницы в составе обменно-поглощенных катионов. Отмечается тенденция повышения доли обменного кальция под лесным ценозом. Наряду с этим значительна доля магния в карбонатном горизонте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России / Ростов. гос. ун-т. Ростов н/Д: СКНЦ ВШ, 2001. 224 с. Bezuglova O.S. *Humus State of Soils in the South of Russia*. Rostov-on-Don, SKNTs VSh Publ., 2001. 224 p.

2. Брескина Г.М., Чуян Н.А. Структура запасов энергии и экологическая емкость агроэкосистем агроландшафта // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. Краснодар: КубГАУ, 2018. С. 61–63. Breskina G.V., Chuyan N.A. Structure of Stocks of Energy and Ecological Capacity of Agroecosystems of the Agrolandscape. *Environmental Problems of Development of Agrolandscapes and Ways of Increase in Their Efficiency*. Krasnodar, KubSAU Publ., 2018, pp. 61–63.

3. Вавин В.С., Рымарь В.Т., Ахтямов А.Г., Свиридов Л.Т. Создание долговечных защитных лесных насаждений в условиях юго-востока ЦЧЗ: моногр. Воронеж: ВГЛТА, 2007. 240 с. Vavin V.S., Rymar' V.T., Akhtyamov A.G., Sviridov L.T. *Creation of Long-Lived Protective Forest Plantations in the South-East of the Central Black Earth Region: Monograph*. Voronezh, VGLTA Publ., 2007. 240 p.

4. Гостев А.В., Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Пыхтин А.И. Система оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия // Земледелие. 2017. № 8. С. 3–7. Gostev A.V., Pykhtin I.G., Nitchenko L.B., Plotnikov V.A., Pykhtin A.I. Evaluation System of Ecological Balance in an Agricultural Landscape and the Degree of Conformity to the Used Farming System. *Zemledelie*, 2017, no. 8, pp. 3–7.

5. Казакова А.И., Семиколенных А.А., Горнов А.В., Горнова М.В., Лукина Н.В. Влияние растительности на лабильные характеристики лесных почв задровых местностей заповедника «Брянский лес» // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17: Почвоведение. 2018. № 3. С. 9–15. Kazakova A.I., Semikolennykh A.A., Gornov A.V., Gornova M.V., Lukina N.V. Influence of Vegetation on Lability Characteristics of Soils of Zander Locations of Bryansky Forest Nature Reserve. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedeniye* [Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science], 2018, no. 3, pp. 9–15.

6. Когут Б.М. Трансформация гумусового состояния черноземов при их сельскохозяйственном использовании // Почвоведение. 1998. № 7. С. 794–802. Kogut B.M. Transformation of Humus Status in Cultivated Chernozems. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1998, no. 7, pp. 794–802.

7. Копцик Г.Н., Куприянова Ю.В., Кадулин М.С. Пространственная изменчивость эмиссии диоксида углерода в основных типах лесных экосистем Звенигородской биостанции МГУ им. М.В. Ломоносова // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17: Почвоведение. 2018. № 2. С. 40–47. Koptsik G.N., Kupriyanova Yu.V., Kadulin M.S. Spatial Variability of Carbon Dioxide Emission by Soils in Main Types of Forest Ecosystems in Zvenigorod Biological Station of Moscow State University. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17.*

Pochvovedeniye [Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science], 2018, no. 2, pp. 40–47.

8. Лукина Н.В., Орлова М.А., Бахмет О.Н., Тихонова Е.В., Тебенькова Д.Н., Казакова А.И., Крышень А.М., Горнов А.В., Смирнов В.Э., Шашков М.П., Ершов В.В., Князева С.В. Влияние растительности на характеристики лесных почв Республики Карелия // Почвоведение. 2019. № 7. С. 827–842. Lukina N.V., Orlova M.A., Bakhmet O.N., Tikhonova E.V., Tebenkova D.N., Kasakova A.I., Kryshen A.M., Gornov A.V., Smirnov V.E., Shashkov M.P., Ershov V.V., Knyaseva S.V. Influence of Vegetation on Forest Soils Properties in the Republic of Karelia. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2019, no. 7, pp. 827–842. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0032180X19050071>

9. Молчанов Э.Н., Савин И.Ю., Яковлев А.С., Булгаков Д.С., Макаров О.А. Отечественные подходы к оценке деградации почв и земель // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1394–1406. Molchanov E.N., Savin I.Y., Bulgakov D.S., Yakovlev A.S., Makarov O.A. National Approaches to Evaluation of the Degree of Soil Degradation. *Pochvovedeniye* [Eurasian Soil Science], 2015, no. 11, pp. 1394–1406. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X15110118>

10. Орлов Д.С., Гришина Л.А., Ерошичева Н.Л. Практикум по биохимии гумуса. М.: МГУ, 1969. 157 с. Orlov D.S., Grishina L.A., Eroshicheva N.L. *Workshop on the Biochemistry of Humus*. Moscow, MGU Publ., 1969. 157 p.

11. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Реальные и кажущиеся потери органического вещества почвами Российской Федерации // Почвоведение. 1996. № 2. С. 197–207. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Real and Apparent Losses of Organic Matter by the Soils of the Russian Federation. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 1996, no. 2, pp. 197–207.

12. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Розанова М.С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов // Почвоведение. 2004. № 8. С. 918–926. Orlov D.S., Biryukova O.N., Rozanova M.S. Revised System of the Humus Status Parameters of Soils and Their Genetic Horizons. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2004, no. 8, pp. 918–926.

13. Поляков Д.Г., Бакиров Ф.Г., Халин А.В., Нестеренко Ю.М. Трансформация солевого профиля чернозема южного под влиянием способов основной обработки почвы // Бюл. Оренбург. науч. центра УрО РАН (электрон. журн.). 2017. № 2. С. 6. Polyakov D.G., Bakirov F.G., Halin A.V., Nesterenko Yu.M. Dynamics of Humidity of Southern Chernozems of the Orenburg Region when Applying Plowing and No-Till. *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2017, no. 2, p. 6.

14. Примаков Н.В. Состояние лесных фитоценозов склоновых земель Краснодарского края // Изв. вузов. Лесн. журн. 2019. № 3. С. 55–63. Primakov N.V. Condition of the Slope Land Forest Phytocenosis in Krasnodar Krai. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2019, no. 3, pp. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2019.3.55>

15. Приходько В.Е., Чевердин Ю.И., Титова Т.В. Изменение форм органического вещества черноземов Каменной Степи при разном использовании, местоположении и увеличении степени гидроморфизма // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1494–1504. Prikhod'ko V.E., Cheverdin Y.I., Titova T.V. Changes in the Organic Matter Forms in Chernozems of the Kamennaya Steppe under Different Land Uses, Locations, and Hydromorphism Degrees. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2013, no. 12, pp. 1494–1504. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120095>

16. Пыхтин И.Г., Дубовик Д.В., Айдиев А.Я. Текущие проблемы в земледелии // Земледелие. 2018. № 5. С. 8–11. Pykhtin I.G., Dubovik D.V., Aldlev A.Ya. Current Prob-

lems of Agriculture. *Zemledelie*, 2018, no. 5, pp. 8–11. DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10502>

17. Рыжова И.М., Телеснина В.М., Ситникова А.А. Динамика свойств почв и структуры запасов углерода в постагрогенных экосистемах в процессе естественного лесовосстановления // Почвоведение. 2020. № 2. С. 230–243. Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Sitnikova A.A. Dynamics of Soil Properties and Carbon Stocks Structure in Postagrogenic Ecosystems of Southern Taiga during Natural Forest Restoration. *Pochvovedenie* [Eurasian Soil Science], 2020, no. 2, pp. 230–243. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0032180X20020100>

18. Семенов В.М., Когут Б.М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с. Semenov V.M., Kogut B.M. *Soil Organic Matter*. Moscow, GEOS Publ., 2015. 233 p.

19. Тунякин В.Д., Вавин В.С., Рыбалкина Н.В. Новое о лесообразовательном процессе в лесных полосах Каменной Степи // Изв. вузов. Лесн. журн. 2018. № 6. С. 89–100. Tunyakin V.D., Vavin V.S., Rybalkina N.V. Recent Trends of Forest Formation in Forest Strips of the Kamennaya Steppe. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2018, no. 6, pp. 89–100. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.6.89>

20. Уваров Г.И. Экологические функции почв. СПб.: Лань, 2018. 296 с. Uvarov G.I. *Ecological Functions of Soils*. Saint Petersburg, Lan' Publ., 2018. 296 p.

21. Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И. Почвы Каменной Степи от времени В.В. Докучаева до наших дней // Живые и биокостные системы. 2016. № 16. С. 2. Khitrov N.B., Cheverdin Yu.I. Soils of Kamennaya Steppe from the Days of V.V. Dokuchaev till Nowadays. *Zhivyye i biokosnyye sistemy*, 2016, no. 16, p. 2.

22. Чевердин Ю.И. Изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия: моногр. Воронеж: Истоки, 2013. 336 с. Cheverdin Yu.I. *Changes in Soil Properties in the Southeast of the Central Chernozem Region under the Anthropogenic Influence: Monograph*. Voronezh, Istoki Publ., 2013. 336 p.

23. Чеканышкин А.С., Лепёхин А.А. Состояние защитного лесоразведения в Центрально-Черноземной зоне // Изв. вузов. Лесн. журн. 2015. № 4. С. 9–17. Chekanyshkin A.S., Lepyohin A.A. Condition of Protective Afforestation in Central Black Earth Territories. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2015, no. 4, pp. 9–17. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2015.4.9>

24. Чендев Ю.Г., Беспалова Е.С. Оценка роли лесополос в оптимизации почв и ландшафтов: литературный обзор сведений // Науч. вед. БелГУ. Сер.: Естеств. науки. 2019. Т. 43, № 2. С. 124–133. Chendev Yu.G., Bepalova E.S. Assessment of the Role of Shelterbelts in Optimization of Soils and Landscapes: Literature Review of Information. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series], 2019, vol. 43, no. 2, pp. 124–133. DOI: <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2019-43-2-124-133>

25. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Долинина Е.А., Рухович Д.И. Оценка влияния переувлажнения на смену типов землепользования пахотных земель Тамбовской области в 1968–2018 годах методами ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова // Науч. вед. БелГУ. Сер.: Естеств. науки. 2018. Т. 42, № 3. С. 358–379. Shapovalov D.A., Koroleva P.V., Dolinina E.A., Rukhovich D.I. Assessment of Waterlogging on the Change of Types of Land Use of Arable Land of the Tambov Region in 1968–2018 by Methods of Retrospective Monitoring of the Soil-Land Cover. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Belgorod State Univer-

sity Scientific Bulletin. Natural Sciences Series], 2018, vol. 42, no. 3, pp. 358–379. DOI: <https://doi.org/10.18413/2075-4671-2018-42-3-358-379>

26. Bazikina G.S., Ovechkin S.V. The Influence of Climate Cycles on the Water Regime and Carbonate Profile in Chernozems of Central European Russia and Adjacent Territories. *Eurasian Soil Science*, 2016, vol. 49, iss. 4, pp. 437–449. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229316040025>

27. Chendev Yu.G., Sauer T.J., Gennadiev A.N., Novykh L.L., Petin A.N., Petina V.I., Zazdravnykh E.A., Burras C.L. Accumulation of Organic Carbon in Chernozems (Mollisols) under Shelterbelts in Russia and the United States. *Eurasian Soil Science*, 2015, vol. 48, iss. 1, pp. 43–53. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1064229315010032>

28. Collins H.P., Elliot E.T., Paustian K., Bundy L.G., Dick W.A., Huggins D.R., Smucker A.J.M., Paul E.A. Soil Carbon Pools and Fluxes in Long-Term Corn Belt Agroecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 2000, vol. 32, iss. 2, pp. 157–168. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(99\)00136-4](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(99)00136-4)

29. Karabutov A.P., Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D. Humus Status of Typical Black Soil under Different Intensity of Arable Land Usage. *Eurasian Journal of BioSciences*, 2019, vol. 13, iss. 2, pp. 1317–1321.

30. Karabutov A.P., Tyutyunov S.I., Solovichenko V.D. Biologization – Strategic Basis of the Agriculture in the Central Black Soil Region of the Russian Federation. *Eurasian Journal of BioSciences*, 2019, vol. 13, iss. 2, pp. 1427–1432.

31. Kögel-Knabner I., Zech W., Hatcher P.G. Chemical Composition of the Organic Matter in Forest Soils: The Humus Layer. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1988, vol. 151, iss. 5, pp. 331–340. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.19881510512>

32. Sauer T.J., Nelson M.P. Science, Ethics, and the Historical Roots of Our Ecological Crisis: Was White Right? *Sustaining Soil Productivity in Response to Global Climate Change: Science, Policy, and Ethics*. Chichester, UK, Wiley-Blackwell, 2011, pp. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470960257.ch1>