

## УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Евгений Степанович Савченко<sup>1</sup>, член-корреспондент РАН  
Сергей Викторович Лукин<sup>2,3</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: 0000-0003-0986-9995

<sup>1</sup>Российская академия наук, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Центр агрохимической службы «Белгородский», г. Белгород, Россия

<sup>3</sup>Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Белгород, Россия

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

**Аннотация.** Исследования проводили в Белгородской области (2010–2022 годы), расположенной на юго-западе Центрально-Черноземного района (ЦЧР). Цель работы заключалась в анализе результатов внедрения элементов биологизации земледелия на содержание органического вещества в пахотных почвах. Установлено, что несмытые пахотные черноземы типичные и выщелоченные при длительном сельскохозяйственном использовании потеряли 39,8–42,0% органического вещества, по сравнению с целинными аналогами. В 2019–2022 годах, по сравнению с 2010–2014, уровень внесения органических удобрений увеличился в два раза и достиг 9,6 т/га, площадь посева сидеральных культур выросла в 2,56 раза (до 317 тыс. га/год). За эти же годы в связи с ростом урожайности сельскохозяйственных культур выход побочной продукции увеличился (в зависимости от культуры) на 18,8–37,6% (2,07–10,3 т/га). Площадь чистых паров сократилась в 2,73 раза до 47,1 тыс. га/год. В области широко внедряются минимальные технологии обработки почвы, в том числе no-till, и реализуются комплексные противоэрозионные мероприятия. В 2019–2022 годах средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном слое почв увеличилось на 0,3% (до 5,3%), запасы – 9 т/га (до 159 т/га). На каждом гектаре посевной площади в среднем накопилось 19 углеродных единиц рыночной стоимостью около 19 тыс. руб. Доля почв, содержащих органическое вещество в пределах 6,1–8,0%, возросла до 20,0%, 2,1–4,0% – уменьшилась до 10,9%.

**Ключевые слова:** Белгородская область, органические удобрения, гумус, дегумификация, сидераты, чернозем, чистый пар, эрозия почв

## MANAGEMENT OF SOIL ORGANIC MATTER REGIME IN BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE

E.S. Savchenko<sup>1</sup>, Corresponding Member of the RAS  
S.V. Lukin<sup>2,3</sup>, Grand PhD in Agricultural Sciences, Professor

<sup>1</sup>Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

<sup>3</sup>Belgorod Center for Agrochemical Service, Belgorod, Russia

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

**Abstract.** All related research was conducted from 2010 to 2022 in the Belgorod region, located in the south-west of the Central Chernozem region (CCR). The goal of this study was to analyze the effects of introducing agriculturally biologized elements into arable soils on the organic matter content of those same soils. It was determined, that compared to their virgin counterparts, unwashed arable chernozems, typical and leached, had lost about 39.8–42.0% of their organic matter due to long-term agricultural use. In comparison to 2010–2014, the level of organic fertilizer input had doubled to 9.6 t/ha in 2019–2022, while the area of green manure cultures had increased by a factor of 2.56 to 317 thousand ha/year. Concurrently to the aforementioned years, the by-product output increased by 18.8–37.6% (depending on the crop), reaching levels between 2.07–10.3 t/ha, due to an increase in agricultural yield. The area of ley farms decreased by a factor of 2.73 down to 47.1 thousand ha/year. Additionally, a wide percentage of the Belgorod region have implemented low tillage technology usage, including no-till and executed complex anti-erosion activities. As a result of that, in 2019–2022, the average content of organic matter in the arable layer of soils went up by 0.3% (to 5.3%), while reserve by 9 t/ha (to 159 t/ha). Each hectare of the cultivated areas on average accumulated 19 carboxylic units, thereby making it worth about 19 thousand rubles. The percentage of soils, which contain 6.1–8.0% of organic matter, rose to 20.0%, while those containing 2.1–4.0%, were reduced to 10.9%.

**Keywords:** Belgorod region, organic fertilizer, humus, loss of humus, green manure, chernozem, ley farm, soil erosion

В соответствии с традиционными представлениями органическое вещество почвы – это совокупность всех органических веществ, находящихся в форме гумуса, остатков животных и растений. Его часть (85...90%), представленная совокупностью специфических и неспецифических органических веществ почвы, за исключением соединений, входящих в состав живых организмов и их остатков, называется гумусом. [6] Использование термина «гумус» в последнее десятилетие вызывает много дискуссий в связи с выходом работы

известных зарубежных ученых И. Лехмана и М. Клебера. Они предложили отказаться от его применения, поскольку в почве обнаруживаются только продукты разложения органических веществ на разных этапах этого процесса. [1, 13]

Согласно классическим представлениям В.В. Докучаева и П.А. Костычева, органическое вещество – важнейший качественный признак, который отличает почву от мертвой материнской породы. [1, 2] Гумусовый слой почв планеты нередко называют особой энерге-

тической оболочкой – гумусосферой. [5] Энергия, накапливаемая в этом слое, – основа существования и эволюции жизни на Земле.

Органическое вещество почвы – мощный геохимический аккумулятор углерода и во многом определяет параметры круговорота этого элемента в природе. Одна из важнейших экологически обусловленных задач современности – депонирование углерода атмосферы в биомассе наземных экосистем и длительная его консервация.

В составе органического вещества сосредоточено около 90% азота почвы, значительное количество макро-, мезо- и микроэлементов. Поэтому в экстенсивных системах земледелия, которые характеризуются низким уровнем использования минеральных удобрений, от величины данного параметра во многом зависит пищевой режим почв. В пахотном слое черноземов Белгородской области содержание органического вещества тесно коррелирует ( $R=0,95$ ) с концентрацией легкогидролизуемого азота. [8]

От уровня содержания органических веществ зависят такие параметры почвы, как цвет и альbedo, температура, влагоемкость, структура, температура, емкость катионного обмена (ЕКО). При высоком уровне содержания органического вещества в почвах снижаются миграционные потери элементов питания и подвижность тяжелых металлов, увеличивается микробиологическая активность, усиливается детоксикация остаточного количества пестицидов.

Дегумификация пахотных почв – одна из самых острых и масштабных экологических проблем земледелия. Низкое содержание органического вещества имеют 52% пахотных почв. [11, 14]

Реализация мероприятий, направленных на повышение содержания органического вещества, – важнейшая задача современного земледелия, способствующая повышению качества почв и продуктивности агроценозов.

Цель работы – обобщить и проанализировать результаты внедрения элементов биологизации земледелия на содержание органического вещества в почвах пашни.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в Белгородской области, территория которой включает лесостепную и степную природные зоны. Черноземы типичные и выщелоченные преобладают в лесостепной зоне, обыкновенные – в степной. Доля эродированной пашни составляет 47,9%. [9]

Климат зоны – умеренно континентальный. Величина гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянинову изменяется от 0,9 на юго-востоке до 1,2 на западе области.

В качестве объекта фонового мониторинга был выбран незатронутый хозяйственной деятельностью (целинный) участок – Ямская степь государственного заповедника Белогорье, расположенный на севере лесостепной зоны в муниципальном образовании (МО) «Губкинский городской округ».

В статье использованы материалы 9 цикла (2010–2014 годы), 10 (2015–2018) и 11 (2019–2022) сплошного агрохимического обследования пахотных почв, проводимого центром агрохимической службы

«Белгородский». В течение каждого цикла обследовали всю площадь пашни области и анализировали около 70 тыс. проб. В почвенных пробах, отбираемых из пахотного слоя с элементарных участков площадью 15...20 га, определяли содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213–2021). [10]

Математическую обработку данных проводили автоматически с помощью программного комплекса ГИС «Агроэколог Онлайн». [15, 16] В работе рассмотрены опубликованные материалы Федеральной службы государственной статистики. [12]

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание органического вещества в целинных почвах обусловлено особенностями почвообразовательного процесса. Черноземные почвы на территории области сформировались под травянистой растительностью в послеледниковое время – 9...12 тыс. лет назад. В верхнем слое гумусово-аккумулятивного горизонта фоновых черноземов выщелоченных и типичных содержится 9,7 и 10,1% органического вещества соответственно. [5] Наиболее интенсивно дегумификация происходит в течение первого десятилетия после распашки целинных почв, при этом потери органического вещества могут достигать 30% исходного содержания. Впоследствии его содержание стабилизируется. [8, 11]

В результате длительного сельскохозяйственного использования количество органического вещества в пахотном слое несмытых черноземов выщелоченных и типичных на территории МО «Губкинский городской округ», прилегающей к заповедному участку Ямская степь, снизилось до 5,84...5,86%. Пахотные черноземы потеряли 39,8...42,0% органического вещества от исходного в целинных аналогах. Слабосмытые черноземы выщелоченные и типичные в зависимости от экспозиции склона содержат 4,92...5,18% органического вещества. Существенных различий по данному показателю между подтипами черноземов не установлено. По сравнению с несмытыми целинными аналогами, в слабосмытых черноземах он ниже на 48,4...49,9% (табл. 1). Наблюдается тенденция роста показателя в почвах

**Таблица 1.**  
Содержание органического вещества в пахотном слое черноземов типичных и выщелоченных МО «Губкинский городской округ»

Степень смытости	Экспозиция	$\bar{x} \pm t05s\bar{x}$	lim	V, %	n
Чернозем выщелоченный					
Несмытые	плакор	5,84 ± 0,10	5,1...6,8	7,1	65
Слабосмытые	западная, восточная	5,00 ± 0,37	3,7...6,5	15,0	17
Слабосмытые	южная	4,92 ± 0,27	3,6...6,4	11,3	23
Слабосмытые	северная	5,10 ± 0,32	3,5...6,7	13,2	26
Чернозем типичный					
Несмытые	плакор	5,86 ± 0,11	5,1...6,8	7,3	69
Слабосмытые	западная, восточная	5,02 ± 0,31	3,7...6,0	12,1	17
Слабосмытые	южная	4,97 ± 0,24	2,7...5,9	14,4	36
Слабосмытые	северная	5,18 ± 0,16	3,4...6,4	10,9	52

холодных (северные) склонов, по сравнению с нейтральными (западные, восточные) и особенно теплыми (южные).

В 2011 году правительством Белгородской области был взят курс на биологизацию земледелия, основная цель которой – создание условий для самовосстановления почв за счет биологических факторов и увеличения продуктивности агроценозов как минимум в полтора раза. [7]

В связи с тем, что землепользователи осуществляют хозяйственную деятельность в неодинаковых почвенно-климатических условиях, имеют разную специализацию и материально-технические возможности, для них разрабатываются проекты адаптивно-ландшафтных систем земледелия и охраны почв (АЛСЗ), содержащие конкретные планы мероприятий по биологизации, в том числе формированию бездефицитного баланса органического вещества почв. [4]

Структура, срок действия, механизм согласования и реализации этого важного природоохранного документа были регламентированы постановлением губернатора Белгородской области № 9 от 4 февраля 2014 года «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв». Вопросы регулируются постановлением Правительства Белгородской области от 25 апреля 2022 года № 249-пп «Об утверждении Положения о проекте адаптивно-ландшафтной системы земледелия и охраны почв».

Белгородская область располагает развитым животноводством и большими ресурсами органических удобрений, которые необходимо экономически выгодно и экологически безопасно использовать для повышения плодородия почв. В зернопропашных севооборотах Центрального Черноземья дозы внесения подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС) для формирования бездефицитного баланса органического вещества почв находятся в пределах от 6 до 8 т/га севооборотной площади. В зернотравяных и травяно-зерновых севооборотах с долей многолетних трав более 40% положительный баланс органического вещества формируется на основе поступления большого количества растительных остатков, сокращения минерализации и смыва почвы. [8]

В 2010–2014 годах в среднем на гектар общей посевной площади вносили 4,8 т органических удобрений, 2015–2018 – 8,1, 2019–2022 – 9,6 т. [16] Из каждой тонны подстилочного навоза КРС в почве образуется 36...60 кг органического вещества. [3] Площадь посева многолетних трав в 2010–2022 годах – 79,2...95,8 тыс. га, площадь травяно-зерновых севооборотов, в которых накопление органического вещества почвы возможно без использования органических удобрений, по нашим оценкам, составляла 198...240 тыс. га.

По уровню использования органических удобрений Белгородская область – лидер в России. [8] Однако в связи с тем, что их технически сложно и экономически невыгодно вносить на поля, удаленные от места размещения животноводческих комплексов, правительством области была реализована программа софинансирования затрат на возделывание сидеральных культур. Пожнивные сидераты – посевы горчицы белой и редьки масличной. По содержанию органического вещества 1 т биомассы крестоцветных сидератов приравнивается к 0,7 т навоза КРС. [3] До

**Таблица 2.**  
**Динамика площади посева основных сельскохозяйственных культур, сидератов и чистых паров, тыс. га**

Культура	Годы		
	2010–2014	2015–2018	2019–2022
Общая посевная площадь	1376,0	1428,5	1440,4
Чистые пары	128,6	64,7	47,1
Сидеральные культуры	124	303	317
Озимая пшеница	272,5	361,3	397,5
Яровой ячмень	231,0	173,1	107,9
Подсолнечник	170,3	139,8	165,9
Кукуруза на зерно	132,9	145,6	123,8
Соя	105,4	208,6	282,8
Многолетние травы	81,3	95,8	79,2
Сахарная свекла	92,0	71,0	54,7

реализации программы биологизации земледелия посева сидератов в области практически не применяли (табл. 2). В 2010–2014 годах их высевали на площади 124 тыс. га/год, 2015–2018 – 303, 2019–2022 – 317 тыс. га/год (22 % общей посевной площади).

Важное значение для восполнения запасов почвенного органического вещества имеет побочная продукция сельскохозяйственных культур, оставляемая на полях после уборки урожая. В Белгородской области на протяжении последних десятилетий предпринимали жесткие административные меры, направленные на недопущение сжигания соломы. По содержанию органического вещества 1 т соломы приравнивается к 3,6 т навоза КРС. [3] По уравнениям регрессии мы рассчитали выход побочной продукции в зависимости от урожайности основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Белгородской области (табл. 3). В 2019–2022 годах, по сравнению с 2010–2014, поступление побочной продукции озимой пшеницы увели-

**Таблица 3.**  
**Динамика урожайности и выхода побочной продукции сельскохозяйственных культур, т/га**

Культура	Годы				отклонение 2019–2022 к 2010–2014	
	2010–2014	2015–2018	2019–2022			
				т/га	%	
Урожайность основной продукции						
Пшеница озимая	3,54	4,50	5,09	1,55	43,8	
Ячмень яровой	2,72	3,46	3,82	1,10	40,4	
Кукуруза на зерно	4,97	6,65	7,15	2,18	43,9	
Подсолнечник	2,10	2,66	3,00	0,90	42,9	
Соя	1,60	2,13	2,07	0,47	29,4	
Сахарная свекла	36,8	44,1	45,6	8,80	23,9	
Выход побочной продукции						
Пшеница озимая	5,42	6,19	6,66	1,24	22,9	
Ячмень яровой	3,17	3,83	4,16	0,99	31,2	
Кукуруза на зерно	7,71	9,73	10,3	2,59	33,6	
Подсолнечник	4,31	5,32	5,93	1,62	37,6	
Соя	1,60	2,13	2,07	0,47	29,4	
Сахарная свекла	4,68	5,41	5,56	0,88	18,8	

чилось на 1,24 т/га сухого вещества (22,9%), ячменя – 0,99 (31,2), кукурузы – 2,59 (33,6), сои – 0,47 (29,4), сахарной свеклы – 0,88 т/га (18,8%).

За годы реализации программы биологизации в области существенно сократилась площадь чистых паров (со 128,6 тыс. га в 2010–2014 годах до 47,1 тыс. га в 2019–2022) и увеличилась общая посевная площадь. Размер потерь органического вещества почв под чистыми парами в результате некомпенсированной минерализации оценивается в 3 т/га (0,02 % запасов). По нашему мнению, наличие чистых паров, особенно в лесостепной зоне ЦЧР, противоречит принципам биологизации земледелия.

Размеры минерализации органического вещества снижаются при переходе от традиционной вспашки к минимальным способам обработки почвы, в том числе технологии прямого сева. В Белгородской области прямой посев проводят на 24% всей посевной площади и, в первую очередь, в звене севооборота соя-озимая пшеница.

В последние годы проявлен большой интерес к внедрению системы no-till (полный отказ от обработок почвы в севообороте). Ее применяют на 12% общей посевной площади. [5] Например, в ООО «Мясные Фермы – Искра» при многолетнем использовании системы no-till без внесения органических удобрений содержание органического вещества в почвах увеличилось с 2018 по 2022 годы в среднем на 0,14%.

Самая масштабная экологическая проблема в земледелии Белгородской области – развитие водной эрозии почв. По МО доля эродированных пахотных почв – 23...66%, величина ежегодных потерь органического вещества со смывтой почвой – 0,16...0,28 т/га. [11]

Поэтому в проектах АЛСЗ особое внимание уделяют разработке комплекса противоэрозионных мероприятий и дифференцированному размещению севооборотов различной специализации по элементам ландшафта в зависимости от степени проявления эрозионных процессов. На большей части слабосмытых и всей площади средне- и сильносмытых почв размещают почвозащитные севообороты с высокой долей многолетних трав. Сильносмытые почвы с выходом на поверхность меловых пород часто отводят под постоянное залужение или облесение. Популярна в области практика залужения крупных водотоков.

Освоение проектов АЛСЗ привело к резкому увеличению объемов лесомелиоративных работ, созданию водорегулирующих, прибалочных и приовражных лесополос. В среднем за 2013–2021 годы лесомелиоративные мероприятия ежегодно проводили на площади 6,7 тыс. га. На склоновых землях используют различные агротехнические приемы, направленные на сокращение смыва почвы.

В результате осуществления мероприятий по регулированию режима органического вещества средневзвешенная величина данного параметра в пахотных почвах возросла с 5,0 (2010–2014) до 5,3% (2019–2022). Увеличение содержания органического вещества на 0,3% соответствует росту его запасов в пахотном слое массой 3 тыс. т/га на 9 т/га, в которых депонируется 5,2 т/га углерода, что эквивалентно 19 углеродным единицам (19 т CO<sub>2</sub>). За период исследований их на-

Таблица 4.  
Динамика обеспеченности пахотных почв органическим веществом, % обследованной площади

Показатель	Цикл/годы			
	9 2010–2014	10 2015–2018	11 2019–2022	
Средневзвешенное содержание, %	5,0	5,2	5,3	
Распределение по группам обеспеченности, % обследованной площади	очень низкое (<2,0%)	0,4	0,4	0,1
	низкое (2,1...4,0%)	14,5	13,1	10,9
	среднее (4,1...6,0%)	77,0	70,6	68,9
	повышенное (6,1...8,0%)	8,1	15,9	20,0

копление на всей площади пашни области составило около 28,26 млн ед. (общая рыночная стоимость – 28,26 млрд руб.).

В 2019–2022 годах доля почв с повышенным содержанием органического вещества (6,1...8,0%) возросла до 20,0%, с низким (2,1...4,0%) – сократилась до 10,9%. Преобладающие (68,9%) – пахотные почвы с его количеством в пределах 4,1...6,0% (табл. 4). Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах МО – 4,07 (Грайворонский район) ... 6,03% (Прохоровский), в зависимости от условий почвообразования.

В Центральной Черноземье наиболее высокое его средневзвешенное содержание характерно для пахотных почв Тамбовской области (6,5%), в ее южной части («Мордовский район») – 7,3%. Самое низкое содержание органического вещества установлено в почвах пашни Курской области (4,7%), в ее западной части («Хомутовский район») – 3,3%. Отмеченные различия обусловлены особенностями почвообразовательного процесса. [8]

**Выводы.** Несмытые пахотные черноземы типичные и выщелоченные в результате длительного сельскохозяйственного использования потеряли 39,8...42,0% органического вещества, по сравнению с целинными аналогами. В 2019–2022 годах уровень внесения органических удобрений был в два раза больше, чем в 2010–2014 и достиг 9,6 т/га, площадь посева сидеральных культур выросла в 2,56 раза (до 317 тыс. га/год). За эти же годы в связи с ростом урожайности сельскохозяйственных культур выход побочной продукции увеличился на 18,8...37,6% (2,07...10,3 т/га). Площадь чистых паров сократилась в 2,73 раза до 47,1 тыс. га/год. В области внедряются минимальные технологии обработки почвы, в том числе no-till, и реализуются комплексные противоэрозионные мероприятия. В 2019–2022 годах средневзвешенное содержание органического вещества в пахотном слое почв увеличилось на 0,3% (до 5,3%), запасы – на 9 т/га (до 159 т/га). На каждом гектаре посевной площади в среднем накопилось 19 углеродных единиц рыночной стоимостью 19 тыс. руб. Доля почв, содержащих органическое вещество в пределах 6,1...8,0%, возросла до 20,0%, 2,1...4,0% – уменьшилась до 10,9%.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дергачева М.И. Традиции и новаторство в Учении о гумусе почв // Почвы и окружающая среда. 2021. Т. 4. № 4. 172 с. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.172>
2. Докучаев В.В. Русский чернозем. М.: «Книга по Требованию», 2012. 559 с.
3. Иванов А.Л. и др. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание. М.: «Росинформагротех», 2010. 464 с.
4. Кирюшин В.И. Методология землепользования и землеустройства на ландшафтно-экологической основе, СПб.: ООО «Квадро», 2024. 336 с.
5. Лукин С.В., Соловichenко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье» // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 8. С. 15–17. EDN JWVMAP.
6. Почвы. Термины и определения. ГОСТ 27593-88. М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.
7. Савченко Е.С. Выступление Губернатора Белгородской области, члена-корреспондента РАН Е.С. Савченко // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 5. С. 525–526. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895525-526>
8. Семёнов В.М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 223 с.
9. Соловichenко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий дом, 2005. 292 с.
10. Сычѳв В.Г., Аристархов А.Н., Володарская И.В. и др. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М.: МСХ, 2003. 195 с.
11. Чекмарѳв П.А. Состояние плодородия почв и мероприятия по его повышению в 2012 г. // Агрехимический вестник. 2012. № 1. С. 2–4.
12. Электронный ресурс. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (дата обращения 24.04.2023).
13. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. Nature. 2015. Vol. 528. p. 60–68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
14. Lukin S.V. Dynamics of Agroecological State of Soils in the Belgorod Region during Long-Term Agricultural Use // Eurasian Soil Science. 2023. Vol. 56. No. 12. P. 1986–1998. <https://doi.org/10.1134/s1064229323602123>
15. Malysheva E.S. Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils, Bio web of conferences: International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021), EDP Sciences, Tyumen, 19–20 July (2021), 36, 03016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603016>
16. Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G. Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. Ussurijsk. P. 032070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032070>

## REFERENCES

1. Dergacheva M.I. Tradicii i novatorstvo v Uchenii o gumuse pochv // Pochvy i okruzhayushchaya sreda. 2021. T. 4. № 4. 172 s. <https://doi.org/10.31251/pos.v4i4.172>
2. Dokuchaev V.V. Russkij chernozem. M.: «Kniga po Trebovaniyu», 2012. 559 s.
3. Ivanov A.L. i dr. Rekomendacii po proektirovaniyu integrirovannogo primeneniya sredstv himizacii v resursosberegayushchih tekhnologiyah adaptivno-landshaftnogo zemledeliya: instruktivno-metodicheskoe izdanie. M.: «Rosinformagrotekh», 2010. 464 s.
4. Kiryushin V.I. Metodologiya zemlepol'zovaniya i zemleustrojstva na landshaftno-ekologicheskoy osnove, SPb.: ООО «Kvadro», 2024. 336 s.
5. Lukin C.B., Solovichenko V.D. Rezul'taty monitoringa plodorodiya pochv gosudarstvennogo zapovednika «Belogor'e» // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2008. № 8. S. 15–17. EDN: JWVMAP.
6. Pochvy. Terminy i opredeleniya. GOST 27593-88. M.: Standartinform, 2006. 11 s.
7. Savchenko E.S. Vystuplenie Gubernatora Belgorodskoj oblasti, chlena-korrespondenta RAN E.S. Savchenko // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2019. T. 89. № 5. S. 525–526. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873895525-526>
8. Semyonov V.M., Kogut B. M. Pochvennoe organicheskoe veshchestvo. M.: GEOS, 2015. 223 s.
9. Solovichenko V.D. Plodorodie i racional'noe ispol'zovanie pochv Belgorodskoj oblasti. Belgorod: Otchij dom, 2005. 292 s.
10. Sychyov V.G., Aristarhov A.N., Volodarskaya I.V. i dr. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skhozajstvennogo naznacheniya. M.: MSH, 2003. 195 s.
11. Chekmaryov P.A. Sostoyanie plodorodiya pochv i meropriyatiya po ego povysheniyu v 2012 g. // Agrohicheskij vestnik. 2012. № 1. S. 2–4.
12. Elektronnyj resurs. <http://www.fedstat.ru/indicators/stat.do> (data obrashcheniya 24.04.2023).
13. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. Nature. 2015. Vol. 528. p. 60–68. <https://doi.org/10.1038/nature16069>
14. Lukin S.V. Dynamics of Agroecological State of Soils in the Belgorod Region during Long-Term Agricultural Use // Eurasian Soil Science. 2023. Vol. 56. No. 12. P. 1986–1998. <https://doi.org/10.1134/s1064229323602123>
15. Malysheva E.S. Application of geoinformation systems for a complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring of soils, Bio web of conferences: International Scientific and Practical Conference «Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture» (FSRAABA 2021), EDP Sciences, Tyumen, 19–20 July (2021), 36, 03016. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213603016>
16. Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G. Complex Analysis of Data from Agrochemical and Soil-Erosion Monitoring Using Geoinformation Systems // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Ussurijsk, 20–21 июня 2021 года. Ussurijsk. P. 032070. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032070>

Поступила в редакцию 28.05.2024

Принята к публикации 11.06.2024