

Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта

Сергей Иванович Камбулов^{1,2},
доктор технических наук, доцент,
главный научный сотрудник, профессор;
Галина Геннадьевна Пархоменко¹,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник;

Ольга Сергеевна Бабенко²,
ассистент;
Игорь Владимирович Божко¹,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
e-mail: i.v.bozhko@mail.ru

¹Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация;

²Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Реферат. Показали, что почва – особый вид природных ресурсов, который может быть возобновлен при разумном возделывании различными способами обработки. Отметим, что для этого необходимы рабочие органы, отвечающие качественным агротехническим показателям технологического процесса. (*Цель исследования*) Усовершенствовать конструкцию рабочего органа, соответствующего качественным показателям технологического процесса мелкой обработки почвы. (*Материалы и методы*) Определили основные агротехнические показатели рабочего органа культиватора. (*Результаты и обсуждение*) Подтвердили, что разработанные в Аграрном научном центре «Донской» рабочие органы соответствуют агротехническим требованиям, предъявляемым к показателям технологического процесса мелкой обработки почвы по качеству крошения пласта: содержание фракций размером менее 25 миллиметров в обработанном слое почвы по количественному составу составляет 81-92 процента. Выявили, что наиболее высокое качество крошения пласта на глубину мелкой обработки почвы с преобладающим содержанием фракций размером менее 25 миллиметров (в среднем 90-91 процента) стало результатом воздействия рабочего органа с углом заточки стойки 30 градусов. Определили, что при этом возрастает доля эрозионно опасных пылевидных частиц – на 1,3-3,0 процента, что недопустимо по агротехническим требованиям к мелкой обработке почвы. (*Выводы*) Рабочие органы с углом заточки стойки 50 и 70 градусов и углом раствора лапы 94; 104 и 114 градусов соответствуют агротехническим требованиям по всем качественным показателям технологического процесса мелкой обработки почвы и могут быть использованы в качестве противозрозионных в составе комбинированных агрегатов, оборудованных приспособлением для мульчирования поверхностного слоя почвы на стерневых фонах без предварительной обработки.

Ключевые слова: почва, рабочий орган, мелкая обработка почвы, плоскорежущая лапа, качество крошения почвы.

■ Для цитирования: Камбулов С.И., Пархоменко Г.Г., Бабенко О.С., Божко И.В. Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. Т. 16. №1. С. 41-46. DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-41-46.

Influence of the Cultivator Working Body Parameters on the Soil Crumbling Quality

Sergey I. Kambulov^{1,2},
Dr.Sc.(Eng.), associate professor,
chief researcher, professor;
Galina G. Parkhomenko¹,
Ph.D.(Eng.), leading researcher;

Olga S. Babenko²,
assistant;
Igor V. Bozhko¹,
Ph.D.(Eng.), senior researcher,
e-mail: i.v.bozhko@mail.ru

¹Agricultural Research Center "Donskoy", Zernograd, Russian Federation;

²Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract. It was shown that soil is a specific type of natural resource that can be renewed when reasonably cultivated by various tillage methods. It requires the availability of working bodies that meet the qualitative agrotechnical indicators of the technological process. (*Research purpose*) To improve the design of the working body meeting the qualitative agrotechnical indicators of the

shallow tillage technological process. (*Materials and methods*) The main agrotechnical indicators of the cultivator's working body were determined. (*Results and discussion*) It was proved that the working bodies developed at the Agrarian Scientific Center "Donskoy" meet the agrotechnical requirements for the indicators of the shallow tillage technological process in terms of the crumbling quality: the content of fractions less than 25 millimeters in size in the treated soil layer is 81-92 percent in terms of quantitative composition. It was found out that the highest quality of seam crumbling during the shallow tillage process with a predominant content of fractions less than 25 millimeters in size (on average 90-91 percent) was made possible with the help of a working body with a 30-degree rack sharpening angle. It was determined that at the same time the share of erosive dust-like particles increased by 1.3-3.0 percent, which is unacceptable due to the agrotechnical requirements for shallow tillage. (*Conclusions*) Working bodies with a rack sharpening angle of 50 and 70 degrees and a paw opening angle of 94, 104 and 114 degrees compile with agrotechnical requirements for all qualitative indicators of the shallow tillage technological process and can be applied as anti-erosion ones when used in the combined units equipped with a device for mulching the surface soil layer on stubble backgrounds without preliminary processing.

Keywords: soil, working body, shallow tillage, flat-cutting paw, quality of soil crumbling.

For citation: Kambulov S.I., Parkhomenko G.G., Babenko O.S., Bozhko I.V. Vliyanie parametrov rabocheho organa kul'tivatora na kachestvo krosheniya pochvennogo plasta [Influence of the cultivator working body parameters on the soil crumbling quality]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2022. Vol. 16. N1. 41-46 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-1-41-46.

Почва – основной природный ресурс для растениеводства, ее необходимо сохранять и защищать [1]. Этот ресурс может быть возобновлен при разумном возделывании различными способами обработки [2, 3].

Одно из почвозащитных мероприятий – снижение переуплотнения и твердости обрабатываемого пласта рабочими органами. Решение этой задачи возможно путем уменьшения массы и оптимизации конструкции рабочих органов [4, 5]. В засушливых условиях необходимо предотвращать непродуктивные потери влаги, в том числе при обработке почвы [6]. Из-за повышенной твердости почвенного слоя корневые системы становятся мелкими, что ускоряет его высыхание и дальнейшее затверждение [7]. Корням еще труднее проникнуть более глубокие слои, где может содержаться влага. Твердость почвы, корневая архитектура и водопоглощение тесно взаимосвязаны и определяют потенциал растений для доступа к почвенным водным бассейнам [8]. Представлен новый способ учета градиентов корневой влаги в засушливых условиях для глинистой почвы [9]. В зависимости от архитектуры корня возникают градиенты влаги в непосредственной близости от них, но что более важно, взаимодействие между прилегающими корнями может сильно влиять на водопоглощение при достаточно разрыхленном пласте, обработанном рабочими органами.

К почвозащитным мероприятиям относится препятствие эрозионным процессам [10-18]. Для этого разрабатывают соответствующие конструкции рабочих органов, отвечающие агротехническим показателям технологического процесса по качеству обработки почвы [19, 20].

Цель исследований – усовершенствовать конструкцию рабочего органа, соответствующего качественным показателям технологического процесса мелкой обработки почвы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Основные агротехнические показатели рабочего определяли, основываясь на СТО АИСТ 4.6-2018, ГОСТ 33736-2016, ГОСТ 33687-2015.

В АНЦ «Донской» разработана конструкция рабочих органов, представляющих плоскорежущие лапы в виде двух лемехов, соединенных с долотом и установленных на вертикальной стойке. Рабочие органы предназначены для культивации почвы на мелкую глубину – 8-16 см. Исследования проводили на двух фонах: дискованной и необработанной стерне озимой пшеницы. Рабочие органы культиватора имели различные углы заточки стойки и раствор плоскорежущей лапы (*рис. 1, 2*).



Рис. 1. Угол заточки стойки рабочих органов

Fig. 1 A sharpening angle for the working body rack



Рис. 2. Угол раствора лапы

Fig. 2 Paw opening angle

Результаты и обсуждение. Качество крошения пласта представляет собой один из основных агротехнических показателей технологического процесса обработки почвы рабочими органами. Он характеризуется содержанием в обработанном слое фракций определенного размера. При мелкой обработке почвы количество фракций размером менее 25 мм должно составлять не менее 80% (табл. 1).

Содержание фракций размером менее 25 мм в обработанном слое почвы по количественному составу соответствует агротехническим требованиям и составляет 81-92%. При этом изменение скорости агрегата и глубины обработки почвы не оказало существенного влияния на качество крошения пласта рабочими органами. Их можно использовать на любой глубине мелкой обработки почвы (8-16 см) при условии соответствия агротехническим требованиям по другим показателям технологического процесса. При этом следует отдать предпочтение более высокой скорости агрегата как важному условию роста производительности. С увеличением скорости агротехнические показатели рабочих органов не ухудшаются и соответствуют норме, следовательно, они пригодны для высокоскоростных почвообрабатывающих агрегатов.

Данные по рассматриваемым вариантам и повторностям показателя соответствуют требованиям нормативной документации и приведены в виде среднего арифметического с округлением до целого числа (табл. 1). Поскольку при изменении режимов функционирования рабочих органов не наблюдалось существенных различий показателя, было произведено усреднение полученных данных по глубине обработки почвы и по скорости агрегата (табл. 2).

В результате усреднения получили наглядное представление о наиболее высоком качестве крошения (90-91% мелких фракций) рабочим органом с углом заточки стойки 30°. Изменение угла раствора лапы (94; 104 и 114°) не снижает качества обработки.

Следует отметить, что чрезмерно высокая степень измельчения пласта может привести к распылению почвы и эрозионным процессам. Распыление почвы возникает при наличии значительного количества эрозионно опасных пылевидных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое (0-5 см) обрабатываемого пласта (табл. 3). В соответствии с агротехническими требованиями после обработки почвы количество таких частиц не должно возрастать. Полностью исключить их не представляется возможным.

Таблица 1

Table 1

СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИЙ РАЗМЕРОМ МЕНЕЕ 25 мм В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА, %
SEAM CRUMBLING QUALITY (THE CONTENT OF FRACTIONS LESS THAN 25 mm IN SIZE) DEPENDING ON THE PARAMETERS AND MODES OF THE CULTIVATOR WORKING BODY FUNCTIONING, %

Фон Background	Параметры рабочего органа Parameters of the working body		Заданная глубина, см / Set depth, cm								
			8			12			16		
	угол раствора лапы, град. paw opening angle, degrees	угол заточки стойки, град. rack sharpening angle, degrees	заданная скорость, км/ч / set speed, km/h								
			6,8	8,2	11,4	6,8	8,2	11,4	6,8	8,2	11,4
Дискованная стерня озимой пшеницы Disc stubble of winter wheat	94	30	89	92	92	90	91	90	92	92	90
		50	85	82	84	85	84	84	83	82	85
		70	82	82	84	82	84	84	83	82	85
	104	30	90	91	92	90	91	91	92	92	90
		50	84	82	84	85	84	84	83	82	83
		70	85	84	84	84	84	84	83	84	85
	114	30	92	92	92	90	91	92	90	92	90
		50	81	82	84	85	84	84	83	85	85
		70	83	82	84	83	84	84	83	83	83
Стерня озимой пшеницы без обработки Winter wheat stubble without processing	94	30	89	89	92	90	91	90	88	92	90
		50	85	82	85	85	84	84	83	83	85
		70	82	82	82	82	84	84	82	82	82
	104	30	91	92	91	90	90	90	92	90	90
		50	85	83	84	85	84	84	83	82	85
		70	81	82	86	85	81	84	86	82	85
	114	30	89	89	90	91	92	92	92	90	90
		50	85	85	84	85	84	84	85	84	85
		70	84	84	83	85	84	84	84	84	83

Таблица 2
Table 2

СОДЕРЖАНИЕ ФРАКЦИЙ РАЗМЕРОМ МЕНЕЕ 25 ММ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА, %
SEAM CRUMBLING QUALITY (THE CONTENT OF FRACTIONS LESS THAN 25 MM IN SIZE) DEPENDING ON THE PARAMETERS OF THE CULTIVATOR WORKING BODY, %

Фон / Background	Угол раствора лапы, град. Paw opening angle, degrees	Угол заточки стойки, град. Rack sharpening angle, degrees		
		30	50	70
Дискованная стерня озимой пшеницы Disc stubble of winter wheat	94	91	84	83
	104	91	83	84
	114	91	84	84
Стерня озимой пшеницы без обработки Winter wheat stubble without processing	94	90	84	82
	104	91	84	84
	114	91	85	84

Таблица 3
Table 3

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЧАСТИЦ РАЗМЕРОМ <1 ММ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ (0-5 СМ) ПОСЛЕ ПРОХОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ, %
CHANGE IN THE CONTENT OF EROSION-HAZARDOUS DUST PARTICLES LESS THAN 1 MM IN SIZE IN THE UPPER LAYER (0-5 CM) AFTER THE PASSAGE OF THE WORKING BODIES, %

Фон / Background	Угол раствора лапы, град. Paw opening angle, degrees	Угол заточки стойки, град. Rack sharpening angle, degrees		
		30	50	70
Дискованная стерня озимой пшеницы (содержание частиц <1 мм – до обработки – 23,8%) Disc stubble of winter wheat (particle content <1 mm – before processing – 23,8%)	94	25,1-26,9	23,8	19,8-20,3
	104	25,1-26,8	23,8	20,8-21,2
	114	26,5-26,7	23,8	19,7-21,4
Стерня озимой пшеницы без обработки (содержание частиц <1 мм – до обработки – 12,6%) Winter wheat stubble without processing (particle content <1 mm – before processing – 12,6%)	94	12,6	12,6	9,8-10,1
	104	12,6	12,6	9,3-10,0
	114	12,6	12,6	9,4-10,0

После прохода рабочих органов количество эрозионно опасных частиц в поверхностном слое почвы изменилось: на дискованной стерне – с 23,8 до 19,7-26,9%; на стерне без обработки – с 12,6 до 9,3-12,9%. Вариативность зависела от углов заточки стойки и раствора лапы. В случае когда стойка заточена на 70°, содержание мелких частиц в верхнем слое (0-5 см) уменьшилось на 2,4-4,0 процентных пункта. Заострение этого угла до 30° повышает данный показатель на 1,3-3,0 п.п., что недопустимо по агротехническим требованиям к мелкой обработке почвы.

В целом рабочие органы соответствуют агротехническим требованиям к мелкой обработке почвы:

- по равномерности глубины обработки: среднеквадратическое отклонение составило $\pm 0,39-2,00$ см от заданной при требуемом не более 2 см;
- по качеству крошения: 81-92% фракций размером <25 мм при требуемом значении не менее 80%;
- по гребнистости: высота гребней и глубина борозд – 3,6-4,0 см при требуемой не более 4 см;
- по сохранению влаги внутри пласта: после прохода рабочих органов вынос влажных слоев на поверхность почвы не наблюдался;
- по качеству подрезания сорных растений: полное при требуемом не менее 100%;
- по количеству эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы: оно не увеличивается при угле заточки стойки 50 и 70°.

Следует отметить несоответствие агротехническим требованиям по количеству эрозионно опасных частиц в верхнем слое почвы вариантов рабочего органа с углом заточки стойки 30°. Он показал наилучшее качество крошения пласта, но при этом распылял почву, что недопустимо.

Возможно использование рабочих органов с углом заточки стойки 50 и 70° и углом раствора лапы 94; 104 и 114° в качестве противозерозионных в составе комбинированных агрегатов, оборудованных приспособлением для мульчирования поверхностного слоя почвы на стерневых фонах без предварительной обработки.

Выводы. Разработанные в АНЦ «Донской» рабочие органы соответствуют агротехническим требованиям, предъявляемым к показателям технологического процесса мелкой обработки почвы по качеству крошения пласта: содержание фракций размером <25 мм в обработанном слое составляет 81-92%.

Рабочие органы с углом заточки стойки 50 и 70° и углом раствора лапы 94; 104 и 114° соответствуют агротехническим требованиям по всем качественным показателями технологического процесса мелкой обработки почвы и могут быть использованы в качестве противозерозионных в составе комбинированных агрегатов, оборудованных приспособлением для мульчирования поверхностного слоя почвы на стерневых фонах без предварительной обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sándor Zs., Tállai M., Kincses I., László Z., Kátai J., Vágó I. Effect of various soil cultivation methods on some microbial soil properties. *DRC Sustainable Future*. 2020. 1(1). 14-20.
2. Василенко В.В., Василенко С.В., Борзило В.С. Зона рыхления почвы культиваторной лапой // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N4. 48-52.
3. Абдулхаев Х.Г., Халилов М.М. Обоснование параметров ножей выравнивателя-рыхлителя // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. N3. С. 44-47.
4. Bluett C., Tullberg J.N., McPhee J.E., Antille D.L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019. 194. 104282.
5. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Снижение уплотнения почвы при производстве зерна // *Хранение и переработка зерна*. 2017. N2(210). С. 20-24.
6. Савельев Ю.А., Кухарев О.Н., Ларюшин Н.П., Ишкин П.А., Добрынин Ю.М. Снижение потерь почвенной влаги на испарение // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N1. С. 42-47.
7. Colombiabc T., Torresd L.C., Walterc A., Keller T. Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth – a vicious circle. *Science of The Total Environment*. 2018. 626(1). 1026-1035.
8. Niu G., Shao. L.-T., Sun D.A., Guo X. A simplified directly determination of soil-water retention curve from pore size distribution. *Geomechanics and Engineering*. 2020. 20(5). 411-420.
9. Couvreur V., Vanderborght J., Draye X., Javaux M. Dynamic aspects of soil water availability for isohydric plants: Focus on root hydraulic resistances. *Water Resources Research*. 2014. 50(11). 8891-8906.
10. Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno S., Schütt V., Ferro V., Bagarello V., Oost K.V., Montanarella L., Panagos P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*. 2013. 8.
11. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Экологически безопасная эксплуатация технических средств в условиях физической деградации почвы // *Технический сервис машин*. 2019. N2(135). С. 40-46.
12. Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W., Olson C., Szein A.E., Sparks D.L. Soil and human security in the 21st century. *Soil science*. 2015. 348. 6235.
13. Boardman J. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. *Catena*. 2006. 68. 73-86.
14. Lugato E., Paustian K., Panagos P., Jones A., Borrelli P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution. *Global Change Biology*. 2016. 22. 1976-1984.
15. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 2015. 54. 438-447.
16. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of Good Agricultural and Environmental Conditions on erosion and soil organic carbon balance: A national case study. *Land Use Policy*. 2016. 50. 408-421.
17. Kutra I., Gross A., Swet N., Tanner S., Krasnov H., Angert A. Substantial dust loss of bioavailable phosphorus from agricultural soils. *Scientific reports*. 2016. 6. 24736.
18. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*. 2015. 48. 38-50.
19. Chappell A., Webb N.P. Using albedo to reform wind erosion modelling, mapping and Monitoring. *Aeolian Research*. 2016. 23. 63-78.
20. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И., Ценч Ю.С., Шогенов А.Х. Трехсекционный почвообрабатывающий агрегат с универсальными сменными рабочими органами // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 14. N3(54). С. 92-95.

REFERENCES

1. Sándor Zs.; Tállai M.; Kincses I.; László Z.; Kátai J.; Vágó I. Effect of various soil cultivation methods on some microbial soil properties. *DRC Sustainable Future*. 2020. 1(1). 14-20 (In English).
2. Vasilenko V.V., Vasilenko S.V., Borzilo V.S. Zona rykhleniya pochvy kul'tivatornoy lapoy [Zone of soil loosening with cultivator sweeps]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(4). 48-52 (In Russian).
3. Abdulkhaev K.G., Khalilov M.M. Obosnovanie parametrov nozhey vyravnivatelya-rykhlytelya [Determining the parameters of leveler-ripper shanks]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2019. 13(3). 44-47 (In Russian).
4. Bluett C., Tullberg J.N., McPhee J.E., Antille D.L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019. 194. 104282 (In English).
5. Parkhomenko G.G., Parkhomenko S.G. Snizhenie uplotneniya pochvy pri proizvodstve zerna [Reduced soil compaction in the production of grain]. *Khranenie i pererabotka zerna*. 2017. N2(210). 20-24 (In Russian).
6. Savel'ev Yu.A., Kukharev O.N., Laryushin N.P., Ishkin P.A., Dobrynin Yu.M. Snizhenie poter' pochvennoy vlagi na isparenie [Soil moisture loss reduction owing to evaporation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(1). 42-47 (In Russian).
7. Colombiabc T., Torresd L.C., Walterc A., Keller T. Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth – a vicious circle. *Science of the Total Environment*. 2018. 626(1). 1026-1035 (In English).
8. Niu G., Shao L.-T., Sun D.A., Guo X. A simplified directly

- determination of soil-water retention curve from pore size distribution. *Geomechanics and Engineering*. 2020. 20(5). 411-420 (In English).
9. Couvreur V., Vanderborght J., Draye X., Javaux M. Dynamic aspects of soil water availability for isohydric plants: Focus on root hydraulic resistances. *Water Resources Research*. 2014. 50(11). 8891-8906 (In English).
 10. Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno S., Schütt V., Ferro V., Bagarello V., Oost K.V., Montanarella L., Panagos P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. *Nature communications*. 2013. 8 (In English).
 11. Parkhomenko G.G., Parkhomenko S.G. Ekologicheski bezopasnaya ekspluatatsiya tekhnicheskikh sredstv v usloviyakh fizicheskoy degradatsii pochvy [Environmentally safe operation of technical equipment under conditions of physical soil degradation]. *Tekhnicheskij servis mashin*. 2019. 2(135). 40-46 (In Russian).
 12. Amundson R., Berhe A.A., Hopmans J.W., Olson C., Sztein A.E., Sparks D.L. Soil and human security in the 21st century. *Soil science*. 2015. 348. 6235 (In English).
 13. Boardman J. Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. *Catena*. 2006. 68. 73-86 (In English).
 14. Lugato, E., Paustian, K., Panagos, P., Jones, A., Borrelli, P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution. *Global Change Biology*. 2016. 22. 1976-1984 (In English).
 15. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewell C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 2015. 54. 438-447 (In English).
 16. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of Good Agricultural and Environmental Conditions on erosion and soil organic carbon balance: A national case study. *Land Use Policy*. 2016. 50:408-421 (In English).
 17. Katra I., Gross A., Swet N., Tanner S., Krasnov H., Angert A. Substantial dust loss of bioavailable phosphorus from agricultural soils. *Scientific reports*. 2016. 6. 24736 (In English).
 18. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K., Alewell C., Lugato E., Montanarella L. Estimating the soil erosion cover-management factor at the European scale. *Land Use Policy*. 2015. 48. 38-50 (In English).
 19. Chappell A., Webb N.P. Using albedo to reform wind erosion modelling, mapping and Monitoring. *Aeolian Research*. 2016. 23. 63-78 (In English).
 20. Ahalaya B.Kh., Shogenov Yu.Kh., Starovoytov S.I., Tsench Yu.S., Shogenov A.Kh. Trekhseksionnyy pochvoobrabatyvayushchiy agregat s universal'nymi smennymi rabochimi organami [Three-section tillage unit with universal replaceable working bodies]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. Vol. 14. N3(54). 92-95 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Камбулов С.И. – научное руководство, постановка задачи, критический анализ и доработка решения.
 Пархоменко Г.Г. – определение методологии исследования, сбор и анализ аналитических и практических материалов по теме исследования, формирование общих выводов, критический анализ и доработка решения.
 Бабенко О.С. – проведение экспериментальных исследований, обработка результатов исследований.
 Божко И.В. – анализ научных источников по теме исследования, обработка результатов исследований, анализ и доработка текста.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Kambulov S.I. – scientific guidance, problem statement, critical analysis and finalizing the solution.
 Parkhomenko G.G. – research methodology development, data collection and analysis, drawing general conclusions, critical analysis and finalizing the solution.
 Babenko O.S. – experimental research, research results processing.
 Bozhko I.V. – analysis of scientific sources on the research topic, research results processing, manuscript analysis and revision.
 The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
 Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
 The paper was accepted for publication on

03.02.2022
 10.03.2022