

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.4>**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ НА ПОСТУПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВУ
ЗЕРНОВОГО АГРОЦЕНОЗА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Научная статья

Дёмин Е.А.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0003-2542-3678;¹ Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (gambitn2013[at]yandex.ru)

Аннотация

Проблема изменения климата связана с выбросами парниковых газов, к которым относится диоксид углерода. Доля сельского хозяйства в общей эмиссии диоксида углерода и закиси азота составляет около 50%. Углерод, находящийся в составе углекислого газа, участвует в круговороте системы почва-растения-атмосфера. Благодаря этому была разработана концепция «4 промилле», основная задача которой – увеличение запасов углерода в пахотных почвах на 0,4% в год, что позволило бы снизить влияние парниковых газов на климат. Основным источником поступления углерода в пахотные почвы – это растительные остатки, в виде побочной продукции растениеводства. Цель исследования – установить влияние способов обработки почвы на поступление органического углерода с растительными остатками в посевах яровой пшеницы. Выявлено, что обработка почвы не влияет на содержание $C_{орг}$ в соломе, где значения варьировали от 46,0 до 46,1% сухого вещества. В то время как при использовании безотвального рыхления и технологии no-till в КПО содержание $C_{орг}$ было выше, чем на отвальном фоне на 1,5%. Установлено, что на отвальном фоне в почву поступает 2939 кг/га $C_{орг}$. Применение безотвального рыхления и нулевой обработки почвы уменьшает поступления $C_{орг}$ на 11 и 19% относительно отвального фона.

Ключевые слова: органический углерод, обработка почвы, растительные остатки, солома, корневые и пожнивные остатки.

**INFLUENCE OF TILLAGE METHOD ON ORGANIC CARBON INPUT INTO THE SOIL OF GRAIN
AGROCENOSIS OF WESTERN SIBERIA**

Research article

Dyomin Y.A.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0003-2542-3678;¹ Northern Trans-Urals State Agrarian University, Tyumen, Russian Federation

* Corresponding author (gambitn2013[at]yandex.ru)

Abstract

The problem of climate change is related to emissions of greenhouse gases, which include carbon dioxide. The share of agriculture in the total emission of carbon dioxide and nitrous oxide is about 50%. The carbon in carbon dioxide is part of the soil-plant-atmosphere cycle. This has led to the development of the "4 ppm" concept, the main objective of which is to increase the carbon stock in arable soils by 0.4% per year, which would reduce the impact of greenhouse gases on the climate. The main source of carbon input to arable soils is crop residues, in the form of crop by-products. The aim of the study was to determine the influence of tillage methods on the input of organic carbon with crop residues in spring wheat crops. It was found that tillage does not affect the C_{orgc} in straw, where the values ranged from 46.0 to 46.1% of dry matter. Whereas, when no-tillage and no-till technology were used, C_{orgc} in KPO was higher than on the mouldboard background by 1.5%. It was found that on the discarded background, 2939 kg/ha of C_{orgc} entered the soil. Application of no-till loosening and no-till tillage reduces C_{orgc} inputs by 11 and 19% relative to the discarded background.

Keywords: organic carbon, tillage, crop residues, straw, root and crop residues.

Введение

Органический углерод является важнейшим звеном в круговороте углерода в системе почва-растения-атмосфера. Его содержание в почве определяет потенциальное плодородие, а также возможность продуктивности агроценозов [1]. Проблема продовольственной безопасности населения мира, а также глобальное изменение климата напрямую связано с изменениями запасов органического углерода в пахотных почвах. По расчетам ученых доля аграрного сектора в общемировых выбросах парниковых газов составляет порядка одной четверти. При этом около половины всех выбросов углекислого газа и закиси азота приходится на отрасль АПК [2], [3]. Для снижения проблемы негативного воздействия выбросов климатически активных газов антропогенного характера была разработана концепция «4 промилле», которая направлена на разработку системы земледелия и предполагает ежегодное закрепление органического углерода в почве. По мнению разработчиков концепции, ежегодное повышение запасов органического углерода в почвах, вовлеченных в сельскохозяйственный оборот на 0,4%, позволит решить проблему глобального изменения климата [4], [5]. Однако, по мнению многих исследователей, в настоящий момент не существует единой технологии, позволяющей решить данную проблему. Это связано с тем, что у различных типов пахотных почв предел насыщения варьирует в широком диапазоне, и не для всех пахотных угодий существует реальная возможность ежегодного повышения запасов углерода на заявленную величину. Различные климатические условия также

оказывают влияние на возможность поступления и закрепления углерода пашней, из-за технологических особенностей возделывания, а также видов возделываемых культур [6].

Во многих исследованиях отмечается положительная динамика по снижению эмиссии CO_2 при отказе от обработки почвы, однако существуют и противоположные выводы. Рассматривать лишь снижение эмиссии парниковых газов не совсем верно, так как для закрепления углерода в почве также важно и его поступление с растительными остатками. В связи с этим для получения достоверной картины влияния различных элементов технологии земледелия необходимо рассчитывать баланс между газообразными потерями углерода в виде CO_2 , поступлением углерода с побочной продукцией растениеводства.

Цель исследования: установить влияние различных способов обработки на поступление органического углерода в почву при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья.

Методы и принципы исследования

Исследование было проведено в 2023 году на стационаре кафедры земледелия ГАУ Северного Зауралья в посевах яровой пшеницы. Севооборот включал в себя однолетние травы, озимую пшеницу, яровую пшеницу. Опыт включал в себя три варианта основной обработки почвы: отвальный – вспашка на 20-22 см; безотвальный – рыхление на 20-22 см; нулевой (no-till) без основной обработки почвы. На вариантах с отвальным и безотвальным фоном проводили после уборки предшественника (озимой пшеницы) основную обработку почвы. На всех вариантах весной бороновили в два следа средними зубowymi боровами. На отвальном и безотвальном фоне перед посевом проводили культивацию (КПС-4) на глубину 6-8 см, в дальнейшем сеяли (СЗМ-5,4). На нулевом фоне проводили прямой посев (СКП-2,1). Одновременно с посевом на всех изучаемых вариантах вносили азотные удобрения (аммиачную селитру 34%) в дозе 100 кг/га в действующем веществе. Норма высева семян была рекомендованная для данной зоны и составляла 6,0 млн. всхожих семян на гектар. Размер опытных делянок 500 м², учетных 100 м². Опыт был заложен в четырехкратном повторении, делянки, фиксированные на протяжении действия стационара, который ведется с 2000 года. Погодные условия вегетационного периода существенно отличались от средних многолетних значений [7].

Для учета выхода растительных остатков (соломы и корневых и пожнивных остатков (КПО)) перед уборкой проводили отбор снопов с высотой среза 10 см с 1 м² в 4-х кратном повторении. После этого снопы обмолачивали на сноповой молотилке, дальше полученная солома высушивалась до абсолютно сухого вещества и взвешивалась. После уборки яровой пшеницы проводили определение КПО по методу Н.З. Станкова. Для этого отбирали слой почвы глубиной 30 см с 0,25 м² в 4-х кратном повторении, который в дальнейшем промывали водой через сито с ячейками 0,25 мм. Далее образцы КПО высушивали до абсолютно сухого вещества и взвешивали. После методом перерасчета устанавливали выход соломы и КПО на единицу площади. Затем в образцах соломы и КПО определяли содержание органического углерода согласно аттестованной методике – ГОСТ 27980. В дальнейшем пересчетом устанавливали возврат в почву органического углерода с растительными остатками. Статистическую обработку данных проводили по Доспехову с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

Основные результаты

Агротехнические мероприятия, а также способ основной обработки почвы оказывает существенное влияние на агрофизические, агрохимические свойства пашни, количество сорных компонентов агроценоза, все это в совокупности оказывает влияние на выход основной и побочной продукции [8], [9].

В нашем исследовании при отвальном способе обработки в почву поступало 6,74 т/га растительных остатков, при этом на солому приходилась большая часть – 3,45 т/га, что составляло 53% от общей массы. На корневые и пожнивные остатки приходилось не более 47%, что соответствовало 3,29 т/га (рис.1).

При безотвальной обработке почвы количество поступивших растительных остатков было на 11% ниже отвального фона и не превышало 6,09 т/га. Соотношение поступившей соломы и КПО при этом было практически одинаковым. Наибольшее снижение растительных остатков относительно отвального фона отмечено по поступлению соломы, где значения были ниже на 0,59 т/га ($\text{НСР}_{05}=0,10$ т/га).

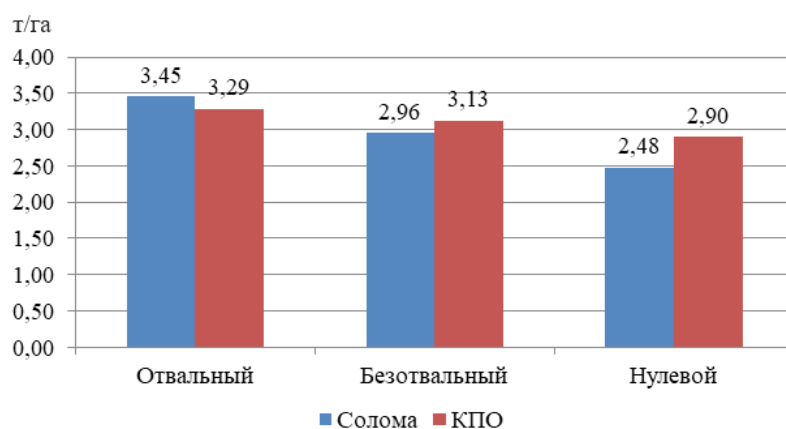


Рисунок 1 - Влияние способов обработки почвы на поступление растительных остатков в почву

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.4.1>

При отказе от обработки почвы количество растительных остатков, остающихся на поле, существенно снижалось до 5,38 т/га, что ниже отвального и безотвального варианта на 20 и 12% соответственно. Отмечено, что на солому на данном варианте приходится не более 46% растительных остатков, что ниже отвального фона на 28%. Количество корневых и пожнивных остатков, поступивших в почву, на этом варианте составляло 2,90 т/га, что ниже на 12 и 7%, чем на отвальном и безотвальном фоне ($НСП_{05}=0,09$ т/га). Закономерность по снижению массы корневой системы при переходе с отвальной обработки почвы на безотвальную, минимальную и нулевую технологию отмечается в работах других исследователей. Это происходит из-за того, что при отказе от оборота пласта происходит закономерное увеличение плотности почвы, что затрудняет развитие корневой системы [10], [11]. В свою очередь, слабо развитая корневая система снижает зону питания растений и, как правило, продуктивность и выход основной и побочной продукции.

Содержание органического углерода в растительных остатках зависит от биохимических процессов, проходящих в растениях, а также от количества минеральной части в тканях.

Содержание углерода в соломе яровой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы варьировало незначительно от 46,1% сухого вещества на отвальном фоне, до 46,0% на безотвальном и нулевом фоне ($НСП_{05}=0,9\%$). Однако количество углерода в корневых и пожнивных остатках в зависимости от способа обработки почвы существенно меняется (рис. 2).

При отвальной обработке почвы содержание углерода ($C_{орг}$) в КПО составляло 41,0%. На варианте с безотвальным и нулевым фоном этот показатель повышается на 1,5% ($НСП_{05}=1,4\%$). Незначительное снижение содержания углерода в КПО на варианте с отвальной обработкой почвы, в первую очередь, связано с интенсивностью процесса минерализации органического вещества из-за улучшения аэрации в результате оборота пласта, во-вторую при переходе на безотвальную и нулевую технологию обработки почвы снижается биологическая активность целлюлозоразлагающей микрофлоры [12]. Это приводит к дополнительному накоплению минеральных соединений в корневой системе, что и снижает общее содержание углерода в корневых и пожнивных остатках.

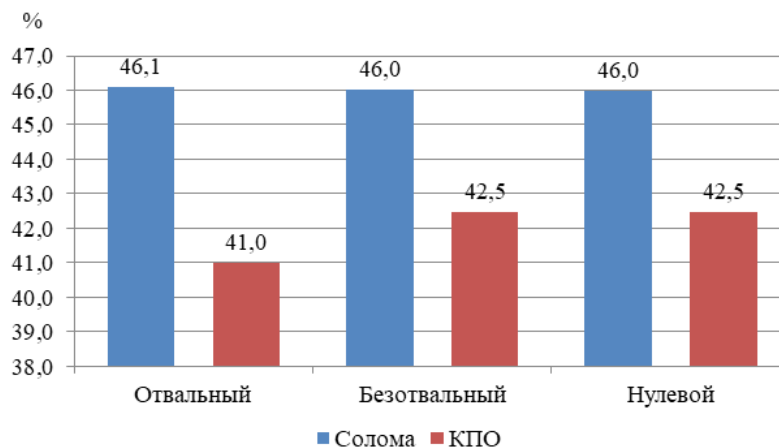


Рисунок 2 - Влияние способов обработки почвы на содержание органического углерода в растительных остатках
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.4.2>

Расчеты показали, что при отвальном способе основной обработки почвы в посевах яровой пшеницы в почву поступает до 2939 кг/га органического углерода из которых на солому приходится до 55%, что составляет 1591 кг/га, на корневые и пожнивные остатки приходится не более 1348 кг/га (рис.3).

Использование безотвальной обработки почвы снижает общее поступление углерода с растительными остатками до 2672 кг/га, что ниже отвального фона на 9%. Примерно поровну углерода при этом поступает с соломой (1360 кг/га) при $НСП_{05}=64$ кг/га и корневыми и пожнивными остатками (1313 кг/га) при $НСП_{05}=72$ кг/га. Использование технологии no-till, несмотря на одинаковое содержание углерода в соломе и КПО с безотвальным фоном, существенно снижает количество поступившего углерода до 2366 кг/га, что на 19% ниже, чем при отвальной обработке почвы и на 11% ниже безотвального варианта.

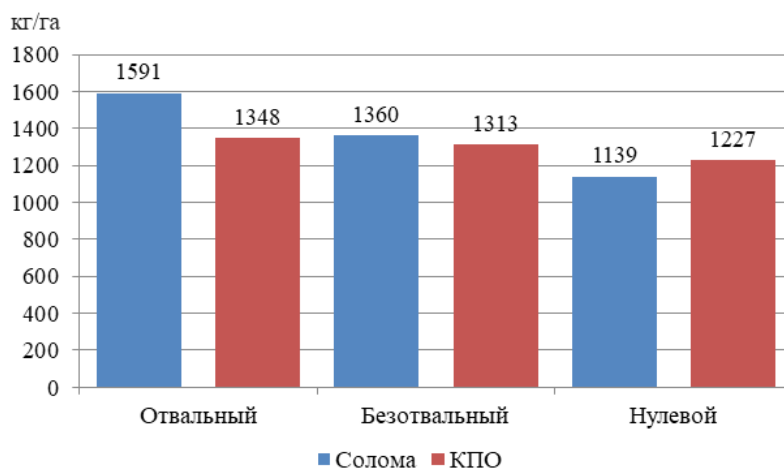


Рисунок 3 - Влияние способов обработки на поступление органического углерода в почву с растительными остатками
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.47.4.3>

Заключение

При отвальном способе обработки в почву поступает 6,74 т/га растительных остатков, использование безотвального рыхления и технологии no-till снижало количество поступающих растительных остатков до 6,09 и 5,38 т/га соответственно. Способы основной обработки почвы не оказали влияния на содержание $C_{орг}$ в соломе, где значения варьировали от 46,0 до 46,1% сухого вещества. Поступление $C_{орг}$ в почву с растительными остатками на отвальном фоне составляет 2939 кг/га. Использование безотвального рыхления и технологии no-till снижает поступление $C_{орг}$ с растительными остатками на 11 и 19% соответственно, относительно отвального фона.

Финансирование

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10005, <https://rscf.ru/project/23-76-10005/>.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

Research completed with grant support Russian Science Foundation № 23-76-10005, <https://rscf.ru/en/project/23-76-10005/>.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Сидоров А.С. Устойчивость содержания органического углерода в условиях системы органического земледелия на примере агрохозяйства в Калужской области / А.С. Сидоров // Агрехимический вестник. — 2020. — 3. — с. 75-76. — DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10045.
2. Demin E. Influence of tillage methods on carbon dioxide emissions in spring wheat crops / E Demin, S Miller, K Likhonov // BIO Web of Conferences. — 2024. — 82. — p. 06006. — DOI: 10.1051/bioconf/20248206006.
3. Замолодчиков Г.Д. Углеродный цикл и изменения климата / Г.Д. Замолодчиков // Окружающая среда и энергетика. — 2021. — 2(10). — с. 53-69. — DOI: 10.5281/zenodo.509459.
4. Иванов А.Л. Инициатива «4 промилле» - новый глобальный вызов для почв России / А.Л. Иванов, В.С. Столбовой // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. — 2019. — 98. — с. 185-202. — DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202.
5. Иванов А.Л. Глобальный климат и почвенный покров России: оценка рисков и эколого-экономических последствий деградации земель. Адаптивные системы и технологии рационального природопользования (сельское и лесное хозяйство) / А.Л. Иванов, Г.С. Куст, Д.Н. Козлов — Москва: ГЕОС, 2018. — 357 с.
6. Полякова Л.П. Методические подходы к оценке карбонового земледелия в сельском хозяйстве и его влияние на экологию / Л.П. Полякова // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. — 2023. — 6(100). — с. 43-56. — DOI: 10.33938/236-43.
7. Дёмин Е.А. Влияние минеральных удобрений и температуры почвы на эмиссию углекислого газа в посевах яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Е.А. Дёмин, С.С. Миллер, А.А. Ахтямова // Земледелие. — 2024. — 1. — с. 17-22. — DOI: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22.
8. La Scala N. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosol in southern Brazil / N. La Scala, A. Lopes, J. Marques et al. // Soil & Tillage Research. — 2001. — 62(3-4). — p. 163-166.

9. Шарков И.Н. Некоторые аспекты углерод-секвестрирующей способности пахотных почв / И.Н. Шарков, П.В. Антипина // Почвы и окружающая среда . — 2022. — 2 (5). — с. 1-10. — DOI: 10.31251/pos.v5i2.175.
10. Фейзуллаев Г.М. Влияние основных способов обработки почвы на распределение корневой системы озимой пшеницы на различной глубине в богарных условиях Южной Мугани / Г.М. Фейзуллаев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2021. — 3(66). — с. 53-56.
11. Шахова О.А. Особенности формирования корневых систем зерновых культур в условиях лесостепи Зауралья / О.А. Шахова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. — 2022. — 4(71). — с. 38-41.
12. Фисунов Н.В. Изменение обогащенности соломы азотом при её запашке и разбрасывании на поверхности почвы / Н.В. Фисунов, А.А. Ахтямова // Вестник Курганской ГСХА. — 2017. — 3(23). — с. 54-57.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sidorov A.S. Ustojchivost' soderzhaniya organicheskogo ugleroda v usloviyah sistemy organicheskogo zemledelija na primere agrohozjajstva v Kaluzhskoj oblasti [Sustainability of organic carbon content in the conditions of an organic farming system on the example of an agricultural farm in the Kaluga region] / A.S. Sidorov // Agrochemical Bulletin. — 2020. — 3. — p. 75-76. — DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10045. [in Russian]
2. Demin E. Influence of tillage methods on carbon dioxide emissions in spring wheat crops / E Demin, S Miller, K Likhanov // BIO Web of Conferences. — 2024. — 82. — p. 06006. — DOI: 10.1051/bioconf/20248206006.
3. Zamolodchikov G.D. Uglernodnyj tsikl i izmenenija klimata [The carbon cycle and climate change] / G.D. Zamolodchikov // Environment and energy management. — 2021. — 2(10). — p. 53-69. — DOI: 10.5281/zenodo.509459. [in Russian]
4. Ivanov A.L. Initsiativa "4 promille" - novyj global'nyj vyzov dlja pochv Rossii [The "4 ppm" Initiative is a new global challenge for Russian soils] / A.L. Ivanov, V.S. Stolbovoj // Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. — 2019. — 98. — p. 185-202. — DOI: 10.19047/0136-1694-2019-98-185-202. [in Russian]
5. Ivanov A.L. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: otsenka riskov i ekologo-ekonomicheskikh posledstvij degradatsii zemel'. Adaptivnye sistemy i tehnologii ratsional'nogo prirodnopol'zovanija (sel'skoe i lesnoe hozjajstvo) [Global climate and soil cover of Russia: assessment of risks and ecological and economic consequences of land degradation. Adaptive systems and technologies of environmental management (agriculture and forestry)] / A.L. Ivanov, G.S. Kust, D.N. Kozlov — Moskva: GEOS, 2018. — 357 p. [in Russian]
6. Poljakova L.P. Metodicheskie podhody k otsenke karbonovogo zemledelija v sel'skom hozjajstve i ego vlijanie na ekologiju [Methodological approaches to the assessment of carbon farming in agriculture and its impact on the environment] / L.P. Poljakova // Economics, labor, management in agriculture. — 2023. — 6(100). — p. 43-56. — DOI: 10.33938/236-43. [in Russian]
7. Demin E.A. Vlijanie mineral'nyh udobrenij i temperatury pochvy na emissiju uglekislogo gaza v posevah jarovoj pshenitsy v usloviyah lesostepnoj zony Zaural'ja [The effect of mineral fertilizers and soil temperature on carbon dioxide emissions in spring wheat crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] / E.A. Demin, S.S. Miller, A.A. Ahtjamova // Agriculture. — 2024. — 1. — p. 17-22. — DOI: 10.24412/0044-3913-2024-1-17-22. [in Russian]
8. La Scala N. Carbon dioxide emissions after application of tillage systems for a dark red latosol in southern Brazil / N. La Scala, A. Lopes, J. Marques et al. // Soil & Tillage Research. — 2001. — 62(3-4). — p. 163-166.
9. Sharkov I.N. Nekotorye aspekty uglernod-sekvestirujushej sposobnosti pahotnyh pochv [Some aspects of the carbon sequestration capacity of arable soils] / I.N. Sharkov, P.V. Antipina // Soils and the environment. — 2022. — 2 (5). — p. 1-10. — DOI: 10.31251/pos.v5i2.175. [in Russian]
10. Fejzullaev G.M. Vlijanie osnovnyh sposobov obrabotki pochvy na raspredelenie kornevoj sistemy ozimoy pshenitsy na razlichnoj glubine v bogarnyh usloviyah Juzhnoj Mugani [The influence of the main methods of tillage on the distribution of the root system of winter wheat at different depths in the rain-fed conditions of the Southern Mugani] / G.M. Fejzullaev // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. — 2021. — 3(66). — p. 53-56. [in Russian]
11. Shahova O.A. Osobennosti formirovaniya kornevyh sistem zernovyh kul'tur v usloviyah lesostepi Zaural'ja [Features of the formation of root systems of grain crops in the conditions of the forest-steppe of the Trans-Urals] / O.A. Shahova // Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. — 2022. — 4(71). — p. 38-41. [in Russian]
12. Fisunov N.V. Izmenenie obogaschennosti solomy azotom pri ee zapashke i razbrasyvanii na poverhnosti pochvy [The change in the enrichment of straw with nitrogen when it is plowed and scattered on the soil surface] / N.V. Fisunov, A.A. Ahtjamova // Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy. — 2017. — 3(23). — p. 54-57. [in Russian]