

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 631.3

EDN UIDBEY

DOI: 10.22450/19996837_2023_2_71

Механизированная технология утилизации соломы

Николай Васильевич Алдошин¹, Александр Сергеевич Васильев²,Никита Дмитриевич Козлов³^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия¹ naldoshin@yandex.ru

Аннотация. Разработаны технология и комбинированное орудие для повышения плодородия почвы за счет применения биодеструктора при утилизации незерновой части урожая и возделывания сидеральной культуры. Представлена методика проведения лабораторных и полевых исследований по технологии, предусматривающей следующие производственные процессы: обработка деструктором пожнивных остатков зерновой культуры на поверхности поля; рыхление верхнего слоя почвы, измельчение обработанных деструктором растительных остатков и их заделка в почву; высев сидеральной культуры; прикапывание посевов. При необходимости дополнительно возможно одновременное внесение жидких минеральных удобрений для интенсификации процесса разложения незерновой части урожая в почве. Использование предложенной технологии позволяет ускорить процесс разложения соломистой фракции до 90 дней, увеличить урожайность сидератов на 20–25 %, дополнительно создать условия для повышения плодородия почвы за счет последующего внесения в почву органического вещества, состоящего из биологической массы сидеральной культуры.

Ключевые слова: плодородие почвы, солома, биодеструктор, сидерат

Для цитирования: Алдошин Н. В., Васильев А. С., Козлов Н. Д. Механизированная технология утилизации соломы // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 2. С. 71–80. doi: 10.22450/19996837_2023_2_71.

Original article

Mechanical straw utilization technology

Nikolai V. Aldoshin¹, Alexander S. Vasilev²,Nikita D. Kozlov³^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy
Moscow, Russia¹ naldoshin@yandex.ru

Abstract. A technology and a combined tool have been developed to increase soil fertility through the use of a biodestructor in the utilization of the non-grain part of the crop and the cultivation of green manure crops. A technique for conducting laboratory and field research using a technology that provides for the following production processes is presented: processing of stubble crop residues by a destructor on the field surface; loosening the top layer of soil, crushing the plant residues processed by the destructor and their incorporation into the soil; sowing green ma-

nure culture; rolling crops. If necessary, it is additionally possible to simultaneously apply liquid mineral fertilizers to intensify the process of decomposition of the non-grain part of the crop in the soil. The use of the proposed technology allows accelerating the process of decomposition of the straw fraction up to 90 days, increasing the yield of green manure by 20–25 %, additionally creating conditions for increasing soil fertility due to the subsequent introduction of organic matter into the soil, consisting of the biological mass of the green manure crop.

Keywords: soil fertility, straw, biodestructor, green manure

For citation: Aldoshin N. V., Vasilev A. S., Kozlov N. D. Mekhanizirovannaya tekhnologiya utilizatsii solomy [Mechanical straw utilization technology]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2023; 17; 2: 71–80 (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_2_71.

Введение. Повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий является основополагающим элементом формирования высокоэффективных систем земледелия [1–3]. При этом преобладающим фактором повышения устойчивости агроэкосистем выступает гармонизация параметров плодородия почвы с ключевыми характеристиками объекта воздействия – почвенной среды.

Особую ценность гомеостатичность показателей почвенного плодородия имеет для регионов Нечерноземной зоны, дерново-подзолистые почвы которых отличаются высокой вариативностью агрохимических характеристик и промывным режимом, способствующим значительной лабильности основных элементов минерального питания растений [4–6].

Существенная роль в создании эффективного плодородия почвы принадлежит органическому веществу, основным источником которого в естественных условиях является минерализация растительных остатков, а в контролируемых (или моделируемых) условиях – внесение разнообразных органических материалов (вторичная продукция животноводства, торф, сапрпель и др.) [7].

Наилучшие результаты обеспечиваются при совокупном взаимодействии вышеописанных процессов.

Отдельное место в системе оптимизации процесса накопления органического вещества принадлежит применению высокотехнологичных препаратов биологического происхождения, например, биодеструкторов, внесение которых в незначительных дозах позволяет существенно активизировать разложение растительных остатков, в том числе формируемых в процессе функционирования уборочных машин [8, 9]. Так, например, у большин-

ства видов зерновых культур на одну тонну зерна в среднем может приходиться до 1,1–1,3 тонны соломы.

Учитывая динамику современного комбайностроения, наиболее популярным решением для переработки соломы является установка специальных измельчающих устройств, позволяющих осуществлять контролируемое резание соломы с одновременным ее распределением по поверхности убираемой территории. С одной стороны, данное решение позволяет вернуть в почву часть питательных веществ, вынесенных с урожаем незерновой части, а также частично улучшить физико-технологические характеристики почвенной среды; с другой стороны, многие исследователи указывают на отрицательное воздействие продуктов разложения соломы на посевные характеристики высеваемых в дальнейшем культур севооборота. Именно в подобных условиях применение биопрепаратов, позволяющих полноценно перерабатывать незерновую часть урожая в органическое вещество почвы без ущерба для педоценоза, в частности, и агроэкосистемы в целом, является важным элементом формирования высокоэффективной системы земледелия.

Отдельно стоит сказать о том, что применение биодеструкторов должно происходить в рамках единой поточной механизированной технологии – практически сразу после измельчения соломы и с обязательным последующим равномерным перемешиванием поверхностного горизонта корнеобитаемого слоя почвы, что необходимо для максимальной активизации процессов биологического разложения растительного материала. Кроме этого, необходимо обеспечить устранение патогенного фона, остающегося на поверхности почвы после жизнедеятель-

ности растений и одновременно аккумулировать основные элементы питания в корнеобитаемом слое, что, в частности, может быть достигнуто посредством высева сидеральной культуры.

Обзор существующих механизированных технологий утилизации соломы показал, что в большинстве случаев используются несколько машин, что значительно удлиняет технологический процесс и существенно увеличивает его энергоемкость. Принимая во внимание огромные объемы формируемой незерновой части урожая, от науки требуется выработка инновационных подходов к их переработке и эффективному применению. Анализ научной литературы [10–12] выявил отсутствие работ по разработке комбинированных средств механизации для решения представленной проблемы, что определяет актуальность исследований в данной области.

Цель исследований – разработка механизированной технологии утилизации незерновой части урожая, формируемой при выращивании зерновых колосовых культур, и создание комбинированного агрегата для ее осуществления, совокупно обеспечивающих повышение уровня плодородия почвы.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнялись на базе Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» в 2022 году. Лабораторные исследования по оценке эффективности разложения различных фракций соломы в зависимости от глубины обработки почвы под воздействием биодеструктора выполнялись в модельном опыте на кафедре сельскохозяйственных машин.

Для решения указанной задачи изготавливались специальные ящики размером: длина – 2 м; ширина – 1 м; высота – 50 см. Ящики заполнялись дерново-подзолистой почвой разного гранулометрического состава (супесчаная и среднесуглинистая) и размещались на дренируемой поверхности с целью нивелирования возможности возникновения процесса оглеения. Уровень влажности почвы поддерживался искусственно на

одном уровне и составлял 75 % от предельной полевой влагоемкости. Повторность опыта – четырехкратная. В опыте использовалась солома ячменя.

В качестве биодеструктора в лабораторном и полевом опытах применяли микробиологический препарат Биокмпозит-Деструкт, выпускаемый АО «Щелково-Агрохим» (Россия). Препарат содержит консорциум хозяйственно ценных штаммов полезных бактерий: *Bacillus amyloliquefaciens* (БИМ В-842 Д), *Bacillus toyjavenensis* (ВКПМ В-13580), *Paenibacillus polymyxa* (ВКМ В-747), в совокупности составляющих не менее 1×10^9 КОЕ/см³.

Массу поступления соломы на один гектар пашни для модельных опытов рассчитывали следующим образом:

1) прежде всего определяли массу пахотного горизонта по соотношению:

$$100 \text{ м} \times 100 \text{ м} \times 0,25 \text{ м} = 2\,500 \text{ м}^3$$

где 100 – длины сторон участка равного одному гектару; 0,25 – средняя глубина пахотного слоя дерново-подзолистых почв в условиях Центрального Нечерноземья России;

2) устанавливали среднее поступление соломы, исходя из критерия, что у зерновых колосовых культур на одну часть зерна приходится в среднем 1,2 части незерновой продукции; таким образом, при урожае зерна 5 т/га мы получаем порядка 6 т/га соломы;

3) рассчитывали количество соломы, поступающее на один квадратный метр площади при параметрах, указанных в пунктах 1 и 2: $6 \text{ т} / 10\,000 \text{ м}^2 = 0,6 \text{ кг/м}^2$ или 0,6 кг на 0,25 м³ почвы;

4) наполняли почвой ящики слоем 0,25 м, что соответствовало исходя из площади ящика равной 2 м² – 0,50 м³;

5) определяли градации соломы – 6; 8; 10 т/га, что соответствовало в пересчете на объем модельных ящиков 1,2; 1,6; 2,0 кг;

6) проводили подготовку и фракционирование соломы по длине резки – 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 см;

7) равномерно вносили солому в ящики, затем половину из них обрабатывали биодеструктором при помощи ранцевого опрыскивателя фирмы STIHL SG в

течение 20 с нормой расхода препарата 2 л в 200 л воды на 1 га площади (рис. 1).

После этого вручную при помощи лопаты осуществляли равномерное перемешивание почвы с соломой – так, чтобы на поверхности по возможности не визуализировались растительные остатки.

Определение остаточного содержания соломы в почве осуществлялось при помощи почвенного бура, снабженного устанавливаемыми на нем посредством резьбового соединения цилиндрами объемом по 50 см³ каждый (диаметр 5 см, высота 10 см). После погружения в почву и выемки образца, он просеивался на ситах; выделенная соломистая фракция подсушивалась до воздушно-сухого состояния и взвешивалась. Затем выполнялся расчет остаточного содержания соломы в почве.

В первую очередь, определялось, сколько должно было изначально содержаться в отобранном объеме; например, при отборе 10 образцов по 50 см³ каждый общий их объем составит 500 см³. При этом в ящик было загружено 500 000 см³ земли и 1 200 грамм соломы. Исходя из пропорции, первоначально в 500 см³ почвы должно было содержаться 1,2 грамма соломы. Установленные градации прини-

мались за 100 % и использовались для расчета остаточного количества растительных остатков.

Результаты исследования. Полевые исследования выполнялись на полевой опытной станции Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К. А. Тимирязева на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Почва содержала 247 мг/кг Р₂О₅ и 87 мг/кг К₂О; рН_{KCl} – 5,9.

Площадь под полевым опытом составляла 2 га. Незерновая часть, утилизируемая в ходе функционирования комбинированного агрегата, получена при уборке ярового ячменя сорта Михайловский.

Схема полевого опыта включала в себя:

фактор А – сидеральная культура:
1) редька масличная; 2) горчица белая;

фактор В – обработка биодеструктором: 1) без обработки; 2) с обработкой (2,0 л/га); 3) с обработкой (3,0 л/га). Расход рабочей жидкости в полевым опыте составлял 200 л/га.

В роли сидеральных культур выступали два распространенных вида растений: редька масличная (сорт Снежана)



Рисунок 1 – Обработка соломы биодеструктором при проведении лабораторных исследований

Figure 1 – Processing of straw with a biodestructor during laboratory tests

и горчица белая (сорт Луговская). Оригинатор и патентообладатель сортов – Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology. Норма высева редьки – 20 кг/га, горчицы – 10 кг/га. Система внесения жидких минеральных удобрений была не задействована, так как в соответствии с программой исследований их применение не требовалось.

Для реализации технологии утилизации незерновой части урожая был разработан комбинированный агрегат (рис. 2), который включал в себя:

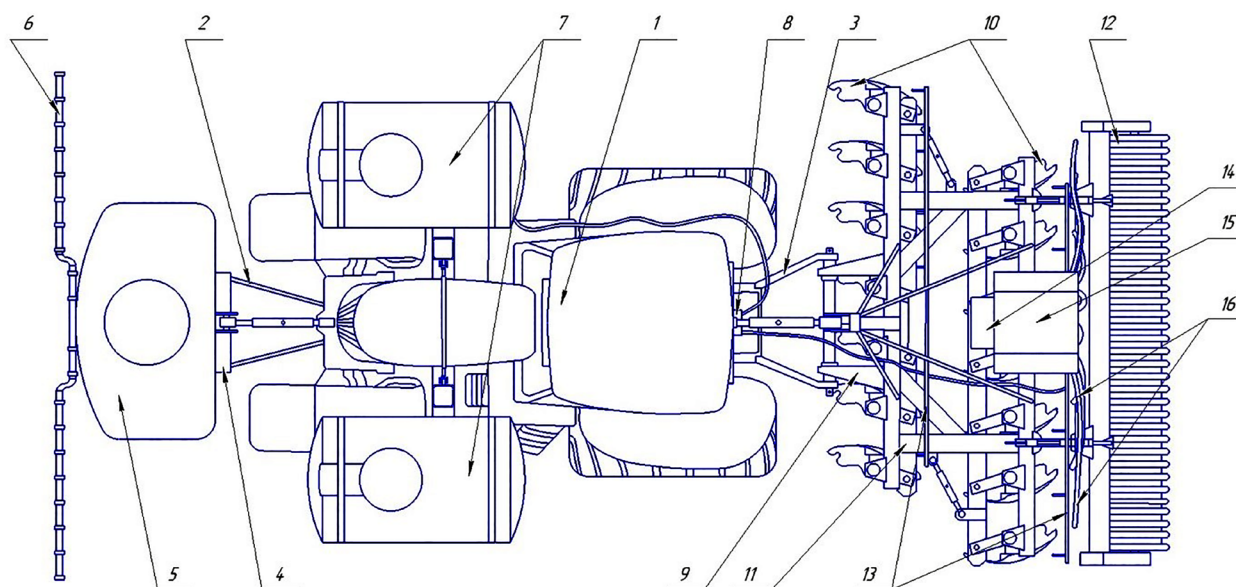
- 1) штанговый опрыскиватель, монтируемый на переднюю навесную систему трактора; при этом привод насоса может осуществляться от переднего вала отбора мощности или гидросистемы трактора;
- 2) навесной бак для деструктора, монтируемый на остов трактора;
- 3) навесные баки для жидких минеральных удобрений, монтируемые на остов трактора;
- 4) насос с приводом от заднего вала отбора мощности или гидросистемы трактора, а также систему шлангов;

5) навесную дисковую борону с катком, монтируемую на заднюю навесную систему трактора;

6) пневматическую сеялку, монтируемую на раму дисковой бороны, с приводом высевающего аппарата и вентилятора пневматической системы от электросети трактора или от гидросистемы трактора.

Ширина штанги опрыскивателя и ширина разбрасывания семян сидератов соответствовали ширине захвата дисковой бороны и катка. Шланги гидросистемы для внесения жидких минеральных удобрений были выведены к стойкам дисков бороны.

Такая конструкция комбинированного агрегата позволила наносить раствор деструктора на растительные остатки, заделывать их в почву, вносить жидкие минеральные удобрения (при необходимости) и осуществлять высев сидеральной культуры за один проход агрегата. Быстрая заделка обработанных деструктором растительных остатков предотвращает гибель микроорганизмов деструктора от действия солнечных лучей. Внесение жидких минеральных удобрений, заделка



1 – мобильное энергетическое средство (трактор); 2, 3 – соответственно передняя и задняя навесные системы; 4 – штанговый опрыскиватель; 5 – бак для деструктора; 6 – штанга с распылителями для деструктора; 7 – баки для жидких удобрений; 8 – насос; 9 – дисковая борона; 10 – передняя и задняя секции дисков; 11 – рама; 12 – каток; 13 – штанги с наконечниками для минеральных удобрений; 14 – сеялка; 15 – семенной ящик; 16 – семяпроводы

Рисунок 2 – Комбинированный агрегат

Figure 2 – Combined unit

и перемешивание растительных остатков в слое почвы до 10 см создают благоприятные условия для их разложения. Применение жидких минеральных удобрений позволяет более равномерно распределить питательные элементы удобрения на поверхности поля, в том числе на растительные остатки, что повышает эффективность их использования. Внесение жидких минеральных удобрений позволяет достичь оптимального соотношения углерода к азоту в диапазоне 20–40 %, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, разлагающих растительные остатки; позволяет обеспечить питательными элементами растения, используемые на сидерацию. Комплексная технология, реализуемая комбинированным агрегатом, позволяет повысить почвенное плодородие за счет минерализации растительных остатков, поступления питательных элементов из жидких минеральных удобрений и сидератов.

Технологический процесс агрегата протекает следующим образом. При движении тягово-энергетического средства 1 раствор деструктора поступает из бака 5 опрыскивателя 4 к штанге 6 с распылителями и наносится на пожнивные остатки зерновой культуры на поверхности поля. Секции 10 дисковой борона 9 производят рыхление верхнего слоя почвы, измельчение обработанных деструктором растительных остатков и их заделку в почву. Одновременно с этим из баков 7 жидкие минеральные удобрения нагнетаются насосом 8 в штанги с наконечниками 13 и вносятся в почву в пространство под секции дисков 10. Поступающие из бункера 15 сеялки 14 семена сидеральной культуры через семяпроводы 16 подаются в область между дисковыми секциями 10 и опорным катком 12. Опорный каток 12 уплотняет посеvy сидеральной культуры.

Для оценки активности почвенной биоты в полевых условиях выполнялись исследования по определению активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов и дождевых червей. Указанные педобионты, как правило, наиболее активно участвуют в трансформации растительных остатков.

Учет активности целлюлолитиков осуществлялся при помощи метода льня-

ных полотен, заключающегося в том, что предварительно хорошо вымытые стеклянные пластины размером 10×20 см обтягиваются натуральной льняной тканью. Затем в почве при помощи лопаты делается вертикальная яма с одной прямолинейной стороной. Глубина ямы равна длине пластины (20 см).

После подготовки ямы в нее вертикально устанавливается пластина, так чтобы обтянутая тканью сторона плотно прилегала к почве, а верхний край пластины не выступал за границы поверхностного слоя. Затем, придерживая пластину, засыпается яма почвой до исходного состояния. Примечательно, что натуральная льняная ткань практически полностью состоит из целлюлозы, поэтому служит прекрасным индикатором активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Также стоит отметить, что перед обтягиванием пластин каждый отрез ткани предварительно взвешивается на электронных весах с точностью измерений до 0,01 и принимается равным 100 %, что необходимо для выполнения расчетов, связанных с фиксацией процента разложения ткани за установленные отрезки времени.

Кроме этого, следует учитывать, что количество закладываемых пластин и их повторность должны быть достаточными, чтобы обеспечить требуемое количество учетов и представительность наблюдений. В нашем опыте закладка пластин осуществлялась в пятикратной повторности, исходя из сроков учетов равных 15; 30; 45; 60; 75; 90 дням после закладки. В день отбора пластины аккуратно извлекались и очищались от почвы, после чего ткань (при ее наличии) отмывалась, высушивалась и взвешивалась.

Фрагмент проведения полевых исследований показан на рисунке 3. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Также в рамках полевого опыта выполнялся учет полевой всхожести и урожайности сидеральных культур согласно схеме опыта с фиксированных площадок размером 1 м² каждая в четырехкратной повторности. Определение полевой всхожести производилось подсчетом растений на фиксированных площадках. Результаты урожайности биологической массы сидератов представлены на рисунке 4.



Рисунок 3 – Проведение полевых исследований
Figure 3 – Field research

Таблица 1 – Остаточное содержание соломы в почве, %
Table 1 – Residual straw content in the soil, %

Длина резки соломы, см	Через 15 дней	Через 30 дней	Через 45 дней	Через 60 дней	Через 75 дней	Через 90 дней
Без обработки биодеструктором – контрольный вариант (моделируемый уровень внесения соломы – 6 т/га)						
1,5	100	100	95	88	80	71
С обработкой биодеструктором (2 л/га) моделируемый уровень внесения соломы – 6 т/га						
1,5	100	96	90	70	40	0
3,0	100	94	89	71	41	0
4,5	100	95	91	73	40	3
6,0	100	96	91	73	42	5
С обработкой биодеструктором (2 л/га) моделируемый уровень внесения соломы – 8 т/га						
1,5	100	95	90	71	40	0
3,0	100	97	91	71	40	3
4,5	100	97	91	74	42	5
6,0	100	97	92	75	43	6

Анализируя результаты исследований, необходимо отметить, что применение биодеструктора позволяет разложить полностью солому в течение 90 дней. В начальный период применения препарата идет интенсивное размножение биологи-

ческого материала в почве, а к окончанию второго месяца процесс разложения незерновой части урожая проходит наиболее интенсивно. Кроме того, применение биодеструктора позволяет увеличить урожайность сидеральных культур на 20–25 %.

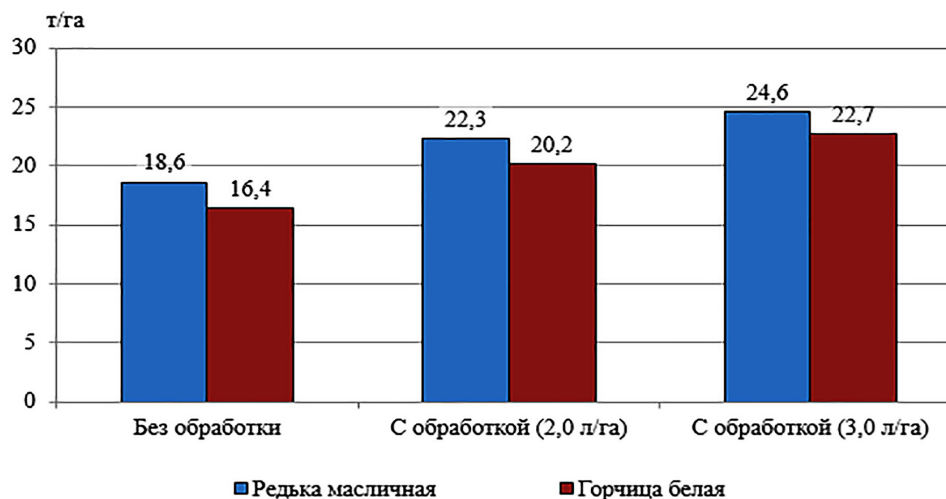


Рисунок 4 – Урожайность сидеральных культур в зависимости от применения биодеструктора

Figure 4 – Yield of sideral crops depending on the use of biodestructor

Также полученное органическое вещество в виде биомассы сидеральной культуры обеспечивает повышение плодородия почвы после его заделки в нее.

Заключение. 1. Предлагаемая технология позволяет обеспечить разложение незерновой части урожая колосовых культур в течение 90 дней.

2. Применение биодеструктора обеспечивает увеличение урожайности сидеральных культур на 20–25 %.

3. Возделывание сидеральной культуры дает возможность увеличить плодородие почвы за счет органического вещества, состоящего из биомассы выращенных растений.

Список источников

1. Чекановская О. В. Дождевые черви и почвообразование. М. : Академия наук СССР, 1960. 206 с.
2. Практикум по земледелию / И. П. Васильев, А. М. Туликов, Г. И. Баздырев [и др.]. М. : Колос, 2004. 424 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 350 с.
4. Васильев А. С. Влияние условий удобрения овса на биологическую активность дерново-среднеподзолистой супесчаной почвы Верхневолжья // Аграрный вестник Верхневолжья. 2017. № 4 (21). С. 11–17.
5. Алдошин Н. В. Индустриальная технология производства кормов М. : Агропромиздат, 1986. 175 с.
6. Русакова И. В., Осковкин В. В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата БАГС и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв // Агрохимия. 2016. № 8. С. 56–61.
7. Алдошин Н. В., Дидманидзе Р. Н. Управление процессами кормопроизводства с неопределенным временем выполнения работ // Международный технико-экономический журнал. 2012. № 1. С. 65–70.
8. Цыгуткин А. С., Азаров А. В. Изучение влияния сельскохозяйственных культур и почвы как саморазвивающейся системы на содержание гумуса // Достижения науки и техники АПК. 2021. № 6. С. 44–49.

9. Агронимические основы инженерного обеспечения биологизации земледелия / В. М. Косолапов, Н. В. Цыгуткин, Н. В. Алдошин, Н. А. Лылин // Кормопроизводство. 2022. № 3. С. 41–47.

10. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А. В. Кучер, З. Ф. Кривуца, С. В. Щитов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 86–92.

11. Increasing the efficiency of use of wheeled tractors with an articulated frame for secondary tillage / S. V. Shchitov, P. V. Tikhonchuk, I. V. Bumbar [et al.] // Journal of Mechanical Engineering Research and Developments. 2018. No. 41 (2). P. 31–34.

12. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming / Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems: E3S Web of Conferences. I International Scientific and Practical Conference. Nalchik, 2021.

References

1. Chekanovskaya O. V. *Dozhdevye chervi i pochvoobrazovanie [Earthworms and soil formation]*, Moskva, Akademiya nauk SSSR, 1960, 206 p. (in Russ.).

2. Vasilev I. P., Tulikov A. M., Bazdyrev G. I., Zakharenko A. V., Safonov A. F. *Praktikum po zemledeliyu [Workshop on agriculture]*, Moskva, Kolos, 2004, 424 p. (in Russ.).

3. Dospikhov B. A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]*, Moskva, Al'yans, 2011, 350 p. (in Russ.).

4. Vasilev A. S. Vliyanie uslovii udobreniya ovsa na biologicheskuyu aktivnost' dernovo-srednepodzolistoi supeschanoi pochvy Verkhnevolzh'ya [Influence of oat fertilization conditions on the biological activity of soddy-medium podzolic sandy loamy soil of the Upper Volga region]. *Agrarnyi vestnik Verkhnevolzh'ya. – Agrarian Journal of Upper Volga Region*, 2017; 4 (21): 11–17 (in Russ.).

5. Aldoshin N. V. *Industrial'naya tekhnologiya proizvodstva kormov [Industrial technology of feed production]*, Moskva, Agropromizdat, 1986, 175 p. (in Russ.).

6. Rusakova I. V., Oskovkin V. V. Mikrobnaya degradatsiya solomy pod vliyaniem biopreparata BAGS i priemy povysheniya effektivnosti ego primeneniya na raznykh tipakh pochv [Microbial degradation of straw under the influence of the biopreparation BAGS and methods for increasing the efficiency of its application on different types of soils]. *Agrokimiya. – Agrochemistry*, 2016; 8: 56–61 (in Russ.).

7. Aldoshin N. V., Didmanidze R. N. Upravlenie protsessami kormoproizvodstva s neopredelennym vremenem vypolneniya rabot [Management of feed production processes with an indefinite lead time]. *Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. – The International Technical-Economic Journal*, 2012; 1: 65–70 (in Russ.).

8. Tsygutkin A. S., Azarov A. V. Izuchenie vliyaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i pochvy kak samorazvivayushcheysya sistemy na sodержание gumusa [Study of the influence of agricultural crops and soil, as a self-developing system, on the content of humus]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of Agro-industrial Complex*, 2021; 6: 44–49 (in Russ.).

9. Kosolapov V. M., Tsygutkin N. V., Aldoshin N. V., Lylin N. A. Agronimicheskie osnovy inzhenernogo obespecheniya biologizatsii zemledeliya [Agronomic fundamentals of engineering support for the biologization of agriculture]. *Kormoproizvodstvo. – Fodder production*, 2022; 3 (59): 41–47 (in Russ.).

10. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Reshetnik E. I., Dvoynova N. F. Povyszenie effektivnosti ispol'zovaniya energeticheskikh sredstv v tekhnologii vzdelyvaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pri razlichnykh temperaturnykh rezhimakh [Efficiency improving of energy means use in agricultural crop cultivating technology at different

temperature regimes]. *Dal'nevostochnyi Agrarnyi Vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 3 (59): 86–92 (in Russ.).

11. Shchitov S. V., Tikhonchuk P. V., Bumbar I. V., Krivuca Z. F., Samuilo V. V., Yakimenko A. V. [et al.]. Increasing the efficiency of use of wheeled tractors with an articulated frame for secondary tillage. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 2018; 41 (2): 31–34.

12. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Increasing the efficiency of use of wheeled harrow units in regions of risk farming. *Proceedings from Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems: E3S Web of Conferences. I International Scientific and Practical Conference. Nalchik*, 2021.

© Алдошин Н. В., Васильев А. С., Козлов Н. Д., 2023

Статья поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 20.05.2023; принята к публикации 01.06.2023.

The article was submitted 24.04.2021; approved after reviewing 20.05.2021; accepted for publication 01.06.2023.

Информация об авторах

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, ORCID 0000-0002-0446-1096, naldoshin@yandex.ru;

Васильев Александр Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева;

Козлов Никита Дмитриевич, студент магистратуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева

Information about authors

Nikolai V. Aldoshin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, naldoshin@yandex.ru;

Aleksander S. Vasilev, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy;

Nikita D. Kozlov, Master's Degree Student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy