



# Иновации в АПК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



№2 (42) 2024

**Инновации в АПК:  
проблемы и перспективы**

Теоретический и научно-  
практический журнал

**Выпуск 2 (42)  
2024 г.**

**Учредитель:**

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Белгородский  
государственный аграрный университет  
имени В.Я. Горина»

Издаётся с 2013 года

Выходит один раз в квартал

Официальный сайт: <http://www.bsaa.edu.ru>

В журнале публикуются результаты  
фундаментальных и прикладных  
исследований, обсуждаются теоретические,  
методологические и прикладные проблемы  
агропромышленного комплекса России и  
зарубежья, предлагаются пути их решения.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ  
№ ФС 77-63038 от 10 сентября 2015 г.  
выдано Федеральной службой по надзору в  
сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN – 2311–9535

Подписной индекс в каталоге  
«Объединенный каталог. Пресса России.  
Газеты и журналы» – 40760.

Журнал включен в Российский индекс  
научного цитирования (РИНЦ).  
Материалы издания выборочно включаются  
в реферативную базу данных Agris.

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка:  
Манохин А.А., Воробьёва Т.Ю.

Адрес редакции и издателя журнала:  
308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский,  
Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия  
Тел.: +7-4722-39-11-69,  
Факс: +7-4722-39-22-62

© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Белгородский  
государственный аграрный университет  
имени В.Я. Горина», 2024

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Главный редактор – Алейник С.Н., к. тех. н., доцент

Заместитель главного редактора – Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент

**Члены редакционной коллегии:**

Азаров В.Б., д. с.-х. н., профессор;	Меделяева З.П., д. э. н., профессор;
Андрианов Е.А., д. с.-х. н., профессор;	Муравьёв А.А., к. с.-х. н., доцент;
Аничин В.Л., д. э. н., профессор;	Мязин Н.Г., д. с.-х. н., профессор;
Афоничев Д.Н., д. тех. н., профессор;	Наседкина Т.И., д. э. н., профессор;
Бабинцев В.П., д. фил. н., профессор;	Наумкин В.Н., д. с.-х. н., профессор;
Вендин С.В., д. тех. н., профессор;	Пастухов А.Г., д. тех. н., профессор;
Гончаренко О.В., к. э. н., доцент;	Поливаев О.И., д. тех. н., профессор;
Груздова Л.Н., к. э. н., доцент;	Растопчина Ю.Л., к. э. н., доцент;
Демидова А.Г., к. с.-х. н., доцент;	Саенко Ю.В., д. тех. н., доцент;
Запорожцева Л.А., д. э. н., профессор;	Сидоренко О.В., д. э. н., доцент;
Колесников А.С., к. тех. н., доцент;	Скuryтин Н.Ф., д. тех. н., профессор;
Коломейченко А.В., д. тех. н., профессор;	Смуров С.И., к. с.-х. н.;
Котлярова Е.Г., д. с.-х. н., профессор;	Столяров О.В., д. с.-х. н., профессор;
Коцарева Н.В., д. с.-х. н., доцент;	Ступаков А.Г., д. с.-х. н., профессор;
Лебедев А.Т., д. тех. н., профессор;	Токарёв Е.В., д.э.н., профессор
Ломазов В.А., д. физ.-мат. н., профессор;	

**НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**

Председатель – Алейник С.Н., к. тех. н., доцент (Россия)

Зам. председателя – Дорофеев А.Ф., д. э. н., доцент (Россия)

**Члены научно-редакционного совета:**

Бондаренко Л.В., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);  
Вереновская А., PhD э. н. (Польша);  
Ерохин М.Н., д. т. н., профессор, академик РАН (Россия);  
Колесников А.В., д. э. н., доцент, член-корреспондент РАН (Россия);  
Леммер А.Дж., д. с.-х. н. (Германия);  
Простенко А.Н., к. э. н. (Россия);  
Савченко Е.С., д. э. н., профессор, член-корреспондент РАН (Россия);  
Турусов В.И., д. с.-х. н., профессор, академик РАН (Россия);  
Турьянский А.В., д. э. н., профессор (Россия)  
Ужик В.Ф., д. т. н. профессор (Россия)  
Ушачев И.Г., д. э. н., профессор, академик РАН (Россия);  
Яска Е., PhD э. н. (Польша).

В Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых  
должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на  
соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, включены следующие  
научные специальности, представленные в журнале:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные  
науки)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сель-  
скохозяйственные науки)

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного  
комплекса (технические науки)

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение аг-  
ропромышленного комплекса (технические науки)

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки)

5.2.4. Финансы (экономические науки)

Информация об ответственных редакторах и секретарях тематических  
секций указана в конце журнала в разделе «Руководство для авторов».

Отпечатано в ООО Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА»

Подписано в печать 03.07.2024 г., дата выхода в свет 12.07.2024 г.

Усл. п.л. 21,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 2050. Свободная цена.

Адрес типографии: г. Белгород, ул. Студенческая 16, офис 19.

Тел. +7 910 360-14-99

e-mail: [polyterra@mail.ru](mailto:polyterra@mail.ru), официальный сайт: <http://www.polyterra.ru>

## Innovations in Agricultural Complex: problems and perspectives

Theoretical, research and practice  
journal

Release 2 (42)  
2024

### Founder:

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «Belgorod State  
Agricultural University named after V. Gorin»

Published since 2013

Issued once per quarter

Official website: <http://www.bsaa.edu.ru>

The journal publishes the results of fundamental  
and applied research, discusses the theoretical,  
methodological and applied problems of the  
agro-industrial complex of Russia and abroad,  
suggests ways to solve them.

Registration Certificate: ПИ № ФС 77-63038  
of 10 September 2015 issued by the Federal  
service for supervision in the sphere of  
Telecom, information technologies and mass  
communication (Roscomnadzor)

ISSN – 2311-9535

Subscription Index in the directory «The United  
catalogue. The Russian Press.  
Newspapers and magazines» – 40760.

The journal is included in the Russian Index of  
Scientific Citing (RISC).  
Scientific papers are selectively included in  
Agris abstract database.

Design layout and computer-aided makeup:  
Manokhin A.A., Vorobyeva T.Y.

Editorial board and journal publisher:  
ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy,  
Belgorod region, Russia  
Tel.: +7 4722 39-11-69,  
Fax: +7 4722 39-22-62

© Federal State Budgetary Educational  
Institution of Higher Education  
«Belgorod State Agricultural University named  
after V. Gorin», 2024

### EDITORIAL STAFF

**Editor in Chief** – Aleinik S.N., Cand.Tech. Sci, as. prof;

**Deputy editor** – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor

### Members of Editorial Staff:

Azarov V.B., Dr. Agr. Sci., professor; Medeliyeva Z.P., Dr. Econ. Sci., professor;  
Andrianov E.A., Dr. Agr. Sci., professor; Muravyov A.A., Cand. Agr. Sci., as. prof.;  
Anichin V.L., Dr. Econ. Sci., professor; Myazin N.G., Dr. Agr. Sci., professor;  
Afonichev D.N., Dr. Tech. Sci., professor; Nasedkina T.I., Dr. Econ. Sci., professor;  
Babintsev V.P., Dr. Phil. Sci., professor; Naumkin V.N., Dr. Agr. Sci., professor;  
Vendin S.V., Dr. Tech. Sci., professor; Pastukhov A.G., Dr. Tech. Sci., professor;  
Goncharenko O.V., Cand. Econ. Sci., as. prof.; Polivaev O.I., Dr. Tech. Sci., professor;  
Gruzdova L.N., Cand. Econ. Sci., as. prof.; Rastopchina Y.L., Cand. Econ. Sci., as. prof.;  
Demidova A.G., Cand. Agr. Sci., as. prof.; Saenko Yu.V., Dr. Tech. Sci., professor;  
Zaporozhtseva L.A., Dr. Econ. Sci., professor; Sidorenko O.V., Dr. Econ. Sci., as. prof.;  
Kolesnikov A.S., Cand. Tech. Sci., as. prof.; Skuriatin N.F., Dr. Tech. Sci., professor;  
Kolomeichenko A.V., Dr. Tech. Sci., professor; Smurov S.I., Cand. Agr. Sci., as. prof.;  
Kotliarova E.G., Dr. Agr. Sci., professor; Stolyarov O.V., Dr. Agr. Sci., professor;  
Kotsareva N.V., Dr. Agr. Sci., as. prof.; Stupakov A.G., Dr. Agr. Sci., professor;  
Lebedev A.T., Dr. Tech. Sci., professor; Tokar E.V., Dr. Econ. Sci., professor;  
Lomazov V.A., Dr. Phys.-math. Sci., prof;

### EDITORIAL BOARD

**Chairman** – Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci, as. prof; (Russia)

**Vice-Chairman** – Dorofeev A.F., Dr. Econ. Sci., as. professor (Russia)

### Members of Editorial Board:

Bondarenko L.V., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS  
(Russia);  
Werenowska A., PhD in economics (Poland);  
Erokhin M.N., Dr. Tech. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);  
Kolesnikov A.V., Dr. Econ. Sci., associate professor, Correspondent Member  
of RAS (Russia);  
Lemmer A.J., Dr. Agr. Sci. (Germany);  
Prostenko A.N., Cand. Econ. Sci. (Russia);  
Savchenko E.S., Dr. Econ. Sci., professor, Correspondent Member of RAS  
(Russia);  
Turusov V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);  
Tur'ianskii A.V., Dr. Econ. Sci., professor (Russia);  
Uzhik V.F., Dr. Tech. Sci., professor (Russia);  
Ushachev I.G., Dr. Econ. Sci., professor, Academician of RAS (Russia);  
Jaska E., PhD in economics (Poland).

The list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific  
results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of sci-  
ence should be published includes the following scientific specialties presented  
in the journal:

- 4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)
- 4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine  
(agricultural sciences)
- 4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex  
(technical sciences)
- 4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-  
industrial complex (technical sciences)
- 5.2.3. Regional and sectoral economics (economic sciences)
- 5.2.4. Finance (economic sciences)

Information about executive editors and secretaries of thematic sections is  
given at the end of the journal in the section «Guidelines for Authors».

Printed in (Limited liability company) Publication and printing  
center «POLYTERRA»

Signed for publication 03.07.2024, date of publication 12.07.2024.

Conventional printed sheet 21,5. Circulation 1000 copies.

Order № 2050. Free price.

Address of printing: st. Student 16, office 19., Belgorod, Russia  
tel. +7-910-360-14-99.

e-mail: [polyterra@mail.ru](mailto:polyterra@mail.ru), official website: [www//polyterra.ru](http://polyterra.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

<b>Ю.С. Бабешко</b> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА.....	5
<b>М.И. Романченко</b> ВЗАИМОСВЯЗЬ СИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОБОДНОГО И ВЕДУЩЕГО РЕЖИМОВ ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА С УЧЕТОМ СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА ЭПЮРЫ НОРМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	10
<b>Ю.В. Саенко, М.А. Семернина, В.Ю. Страхов</b> ТЕХНОЛОГИЯ ДОБАВЛЕНИЯ В КОМБИКОРМ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДРОБИЛКИ.....	15
<b>Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, Е.Н. Семешина, Н.С. Чернышов, С.А. Зайцев</b> ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ КОМПОЗИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ, ФОРМИРУЕМЫМИ ПРИ КВДУ.....	25

### ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

<b>С.Н. Ермолаев, Н.В. Дуюн, Д.А. Михайлов, Е.И. Тупикова</b> ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОГО РЕГИОНА.....	30
<b>Л.Н. Кузнецова, Е.Г. Котлярова, Т.С. Морозова, И.В. Партолин, С.А. Линков, О.С. Кузьмина</b> НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ДРЕВЕСНЫМИ ПОРОДАМИ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ.....	41
<b>Д.И. Панарин, А.Г. Ступаков, П.В. Андреев, М.А. Куликова</b> ВЛИЯНИЕ ПРЕДПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА ЦЧР.....	49
<b>С.И. Смуров, С.Н. Зюба, О.В. Григоров, О.В. Гапиенко</b> ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА.....	58

### ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

<b>К.Л. Михайлов, Н.А. Демина</b> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ.....	64
<b>Л.А. Решетняк, Н.Н. Шульга</b> ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАТРАТ И КАЛЬКУЛИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ.....	69
<b>К.С. Терновых, Ю.В. Марышева</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ: СУЩНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ, ПРИНЦИПЫ.....	74
<b>Руководство для авторов.....</b>	81

## CONTENTS

### AGRICULTURAL ENGINEERING AND ENERGY EFFICIENCY

<b>Yu.S. Babeshko</b> DEVELOPMENT OF AN ELECTROMECHANICAL PULSATOR FOR AN ADAPTIVE MILKING MACHINE.....	5
<b>M.I. Romanchenko</b> THE RELATIONSHIP OF THE POWER AND GEOMETRIC PARAMETERS OF THE FREE AND DRIVING MODES DURING ROLLING OF THE WHEEL, TAKING INTO ACCOUNT THE DISPLACEMENT OF THE CENTER OF THE PLOT OF THE NORMAL REACTIONS OF THE SUPPORT SURFACE.....	10
<b>Yu.V. Saenko, M.A. Semernina, V.Yu. Strakhov</b> THE TECHNOLOGY OF ADDING SPROUTED GRAIN AND JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF THE CRUSHER.....	15
<b>N.V. Titov, A.V. Kolomeichenko, V.N. Logachev, E.N. Semeshina, N.S. Chernyshov, S.A. Zaitsev</b> INCREASING THE SERVICE LIFE OF LANCET TINES OF TILLAGE MACHINERY BY COMPOSITE COATINGS FORMED AT CVAH.....	25

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN AGRONOMY

<b>S.N. Ermolaev, N.V. Duyun, D.A. Mikhaylov, Ye.I. Tupikova</b> MOISTURE SUPPLY, AGROCHEMICAL AND AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL AND YIELD OF SUNFLOWER AND SPRING BARLEY IN THE CROP ROTATION LINK DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WESTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION SHE.....	30
<b>L.N. Kuznetsova, E.G. Kotlyarova, T.S. Morozova, I.V. Partolin, S.A. Linkov, O.S. Kuzmina</b> CARBON ACCUMULATION BY TREE SPECIES IN PROTECTIVE FOREST STANDS.....	41
<b>D.I. Panarin, A.G. Stupakov, P.V. Andreev, M.A. Kulikova</b> THE INFLUENCE OF SUNFLOWER PRE-PREDECESSORS ON THE AGROPHYSICAL PROPERTIES TYPICAL CHERNOZEM AT A HIGH LEVEL OF MINERAL NUTRITION IN THE SOUTH-WEST OF THE CChR.....	49
<b>S.I. Smurov, S.N. Zyuba, O.V. Grigorov, O.V. Gapienko</b> THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET ROOT CROPS IN CONDITIONS OF SOUTH-WESTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION.....	58

### INNOVATIVE ECONOMICS, MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ENTERPRISES AND SOCIAL DEVELOPMENT OF RURAL TERRITORIES

<b>K.L. Mikhaylov, N.A. Demina</b> ECONOMIC JUSTIFICATION AND FORECAST OF INVESTMENT IN THE CULTIVATION OF CONIFEROUS TREE PLANTING MATERIAL.....	64
<b>L.A. Reshetnyak, N.N. Shulga</b> FEATURES OF COST ACCOUNTING AND CALCULATION OF THE COST OF SUGAR BEET.....	69
<b>K.S. Ternovykh, Yu.V. Marysheva</b> ORGANIZATION OF INVESTMENT ACTIVITY IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: ESSENCE, CONTENT, PRINCIPLES.....	74
<b>Guidelines for authors</b> .....	81

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

УДК 62-9:637.116

Ю.С. Бабешко

### РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПУЛЬСАТОРА АДАПТИВНОГО ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

**Аннотация.** По последним статистическим данным, молочное производство Белгородской области и России в целом имеет неуклонную тенденцию к пропорциональному сокращению количества голов дойного стада крупного рогатого скота и увеличению объемов производимого молока. Причина этой закономерности заключается в положительных изменениях ключевых подходов доения и содержания коров. Производственные площадки, взявшие курс на увеличение физиологических свойств доильных установок, уже ощутили, какое влияние имеет современный подход к процессу доения и насколько важно идти в ногу со временем. При всех положительных результатах стоит отметить, что в настоящее время существует достаточно проблем, требующих решения. Одна из таких проблем – это негативное воздействие избыточного вакуума на соски животного, вследствие которого увеличивается вероятность заболевания коров маститом. По результатам исследований доильных аппаратов, была предпринята попытка разработки адаптивного электромеханического пульсатора, главной особенностью которого будет повышение эффективности машинного доения за счет обеспечения попарного изменения соотношения тактов пульсаций в стаканах доильного аппарата в зависимости от количества поступающего молока. В данной статье представлено описание конструкции электромеханического пульсатора, схема и принцип его работы.

**Ключевые слова:** доильный аппарат, мастит, электромеханический пульсатор, вакуум, адаптивное доение.

### DEVELOPMENT OF AN ELECTROMECHANICAL PULSATOR FOR AN ADAPTIVE MILKING MACHINE

**Abstract.** According to the latest statistical data, dairy production in the Belgorod region and Russia as a whole has a steady tendency towards a proportional reduction in the number of heads of dairy cattle and an increase in the volume of milk produced. The reason for this pattern is positive changes in key milking and cow management practices. Production sites that have taken a course towards increasing the physiological properties of milking machines have already felt the impact of a modern approach to the milking process and how important it is to keep up with the times. Despite all the positive results, it is worth noting that currently there are quite a lot of problems that need to be solved. One of these problems is the negative impact of excessive vacuum on the animal's teats, which increases the likelihood of cows contracting mastitis. Based on the results of research into milking machines, an attempt was made to develop an adaptive electromechanical pulsator, the main feature of which would be to increase the efficiency of machine milking by ensuring a pairwise change in the ratio of pulsation cycles in the milking machine cups depending on the amount of incoming milk. This article presents a description of the design of an electromechanical pulsator, the diagram and principle of its operation.

**Keywords:** milking machine, mastitis, electromechanical pulsator, vacuum, adaptive milking.

**Введение.** Производство молока – дело всемирного масштаба, за последний год в мире было произведено около 844 млн тонн молока. Несмотря на ежегодный рост производства, Россия занимает лишь 7 место в рейтинге с показателем 33.5 млн тонн молока в год, первую строчку рейтинга неизменно занимает Индия, производя 187 млн тонн в год. Бесспорно, производство молока дело очень сложное и энергозатратное [1]. Большую роль в увеличении ежегодного прироста молока занимает внедрение более совершенных технологий доения. Если заглянуть в статистику производства молока в России, то можно будет пронаблюдать интересную тенденцию зависимости количества дойного стада и произведенного молока. К примеру, лишь 20 лет назад количество произведенного молока в стране не превышало более 11 млн тонн в год, что в три раза ниже показателя сегодняшнего дня, но при этом количество дойного стада в 2004 году было более чем в два раза выше. Суточный надой от одной коровы за последние два десятилетия увеличился не более чем в три раза. Причиной происходящих изменений стало использование современных технических решений. В первую очередь, была выявлена необходимость адаптации доения к каждому животному. Физиологическое строение каждого животного индивидуально и такие показатели, как время доения, величина используемого вакуума, соотношение и частота тактов должны подбираться индивидуально [2-6]. В связи с этим, было предпринято решение разработки адаптивного преобразователя постоянного вакуума с возможностью автоматического изменения числа тактов в зависимости от количества поступающего молока [5].

**Цель исследования.** Увеличение качества и эффективности машинного доения с помощью внедрения разработанного технического решения. Снижение пагубного воздействия вакуумметрического давления на сосок вымени, уменьшение вероятности образования мастита и других заболеваний вымени за счет регулировки параметров доения в зависимости от количества поступающего молока.

**Материалы и методы исследования.** основополагающим моментом в разработке конструктивной схемы адаптивного электромеханического пульсатора было увеличение физиологического сходства процесса доения с сохранением производительности, не уступающим стандартным схемам, а также возможность массового использования в условиях производства молочнотоварных ферм [7-11].

Первым шагом в разработке электромеханического пульсатора стало рассмотрение существующих конструктивных решений. Из существующих пульсаторов были выбраны наиболее близкие по функциональным особенностям и конструктивному сходству. Одними из таких пульсаторов являются патентные разработки RU 43433 U1, A 01 J 5/10 (2000.01), 2005.01.27 и RU 2546205 C1, A 01 J 5/00 (2006.01) 2015.04.10 [12, 13]. Они схожи с нашей разработкой только по функциональному признаку. Наиболее близким к нашему изобретению является пульсатор для доильных установок RU 2539957 C1, A 01 J 5/10 (2006.01), 2015.01.27 [14]. На наш взгляд, у всех перечисленных устройств есть кардинально выраженный недостаток, который заключается в отсутствии возможности обеспечивать попарное изменение соотношения тактов пульсаций в стаканах доильного аппарата.

Задача конструкции электромеханического пульсатора – попарно изменять соотношения тактов пульсаций в стаканах доильного аппарата в зависимости от количества поступающего молока [9]. Рассмотрев существующие конструктивные

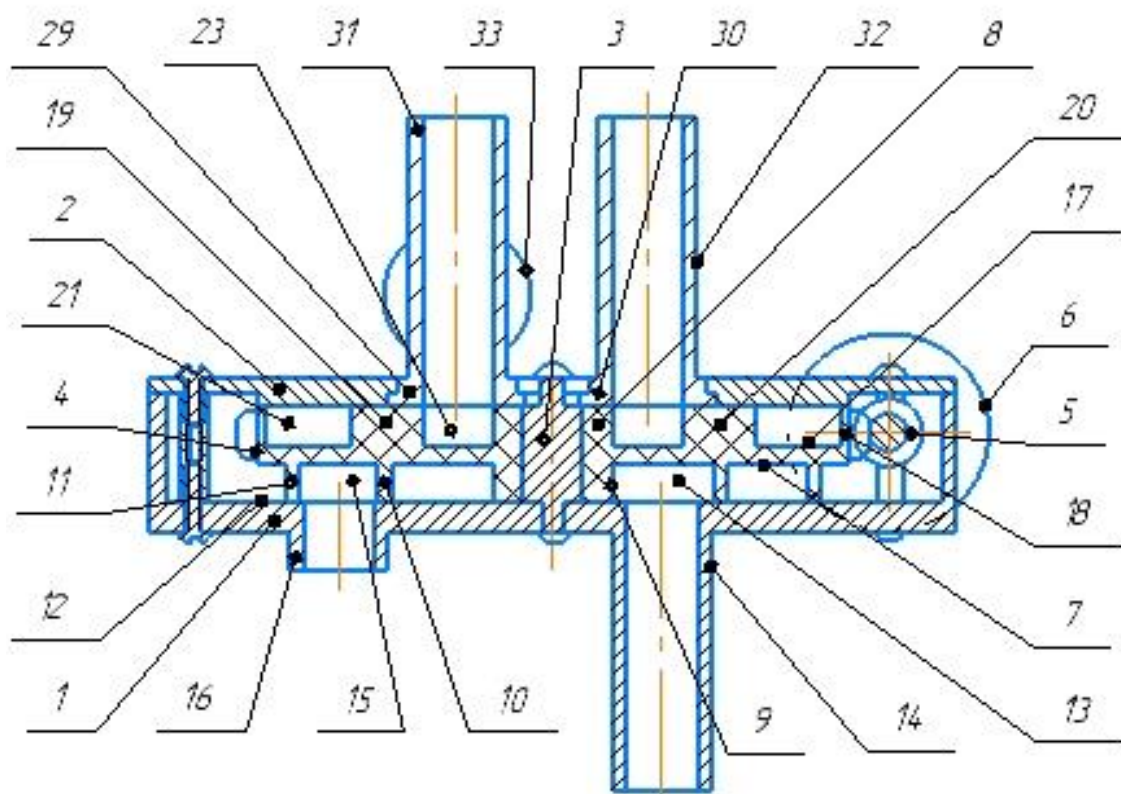
схемы пульсаторов доильных аппаратов, была представлена схема электромеханического пульсатора, отвечающего поставленным нами целям [15].

Для достижения этого на нижней плоскости червячного колеса коаксиально его ступице выполнены кольцевые выступы, которые с дном корпуса образуют нижнюю вакуумную камеру, патрубком сообщаемую с источником вакуумметрического давления, и нижнюю атмосферную камеру, патрубком сообщаемую с атмосферой.

На верхней плоскости червячного колеса от ступицы до обечайки червячного колеса выполнены криволинейные перегородки, которые с крышкой образуют верхнюю вакуумную камеру, отверстием сообщаемой с нижней вакуумной камерой, и верхнюю атмосферную камеру, отверстием сообщаемой с нижней атмосферной камерой. Криволинейные перегородки выполнены таким образом, что по мере удаления от ступицы до обечайки червячного колеса угол между симметричными точками пересечения образующих криволинейных перегородок и окружности траектории положения патрубков относительно вращаемого червячного колеса со стороны верхней вакуумной камеры увеличивается, в то время как угол между аналогичными точками со стороны верхней атмосферной камеры уменьшается. На крышку герметично установлены два ползуна с патрубками, соединяемыми каждый с двумя доильными стаканами (передними или задними) доильного аппарата и сообщаемыми с верхней вакуумной камерой и верхней атмосферной камерой по мере вращения червячного колеса, при этом, ширина криволинейных перегородок по всей длине должна быть не меньше диаметра отверстий патрубков.

Для перемещения ползун на крышке установлены пневмоцилиндры с подпружиненными поршнями, соединяемые с вакуум регулирующим устройством. Причем, ползуны установлены таким образом, что по мере их перемещения, под действием поршней пневмоцилиндров, происходит изменение положения патрубков относительно ступицы, а значит и угла зоны их нахождения между симметричными точками пересечения образующих криволинейных перегородок и окружности траектории положения патрубков относительно вращаемого червячного колеса со стороны верхней вакуумной камеры, и угла между аналогичными точками со стороны верхней атмосферной камеры, тем самым независимо изменяя соотношение тактов пульсатора в каждой паре доильных стаканов.

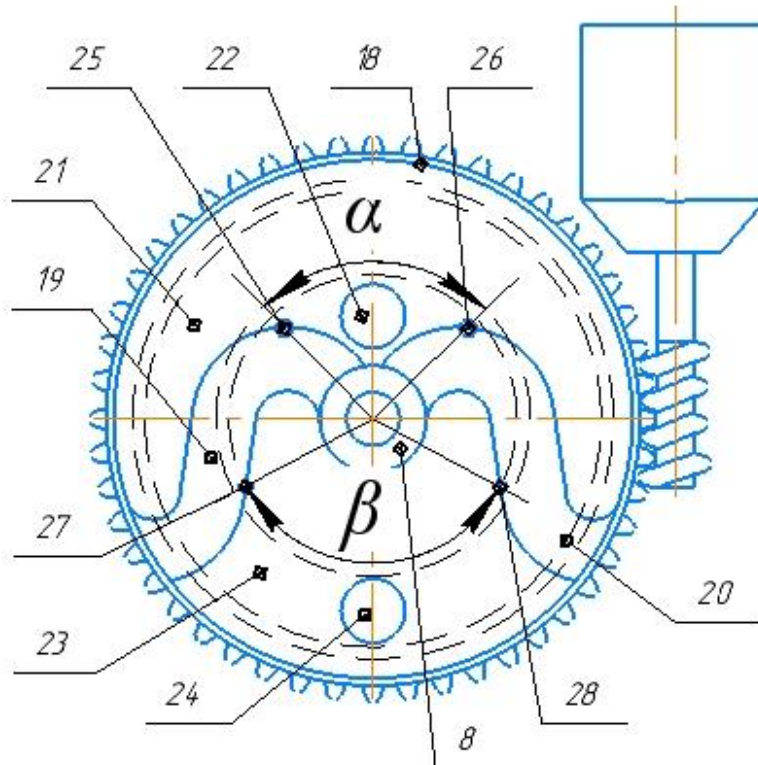
Предлагаемая полезная модель будет понятна из следующего описания и приложенных чертежей. На рисунке 1 приведена схема электромеханического пульсатора доильного аппарата. На рисунке 2 приведена схема криволинейных перегородок на червячном колесе. На рисунке 3 приведена схема ползун с патрубками и пневмоцилиндров с подпружиненными поршнями.



- 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – ось; 4 – червячное колесо; 5 – червяк; 6 – электродвигатель; 7 – нижняя плоскость;  
 8 – ступица; 9, 10, 11 – кольцевые выступы; 12 – дно корпуса; 13 – нижняя вакуумная камера; 14 – патрубок;  
 15 – нижняя атмосферная камера; 16 – атмосферный патрубок; 17 – верхняя плоскость червячного колеса;  
 18 – обечайка; 19, 20 – криволинейные перегородки; 21 – верхняя вакуумная камера; 22 – отверстие;  
 23 – верхняя атмосферная камера; 24 – отверстие; 25, 26 – симметричные точки пересечения образующих  
 криволинейных перегородок; 27, 28 – симметричные точки пересечения со стороны верхней атмосферной камеры;  
 29, 30 – ползуны; 31, 32 – патрубки; 33 – пневмоцилиндр

Рис. 1 – Схема электромеханического пульсатора доильного аппарата

Электромеханический пульсатор (рисунок 1) состоит из корпуса 1 с крышкой 2, в котором на оси 3 установлено червячное колесо 4, вращаемое червяком 5, приводимым в действие электродвигателем 6, соединяемым с управляющим устройством регулирования частоты вращения ротора двигателя, а, значит, частоты пульсаций пульсатора (на схеме не показано). На нижней плоскости 7 червячного колеса 4 коаксиально его ступице 8 выполнены кольцевые выступы 9, 10 и 11. При этом кольцевые выступы 9 и 10 с дном 12 корпуса 1 образуют нижнюю вакуумную камеру 13, патрубком 14 сообщаемую с источником вакуумметрического давления (на схеме не показан), а кольцевые выступы 10 и 11 с дном 12 корпуса 1 образуют нижнюю атмосферную камеру 15, патрубком 16 сообщаемую с атмосферой. На верхней плоскости 17 червячного колеса 4 от ступицы 8 до обечайки 18 червячного колеса выполнены криволинейные перегородки 19 и 20, которые с крышкой 2 образуют верхнюю вакуумную камеру 21 (рисунки 1 и 2). Отверстием 22 сообщаемой с нижней вакуумной камерой 13, и верхней атмосферную камеру 23, отверстием 24 сообщаемой с нижней атмосферной камерой 15. Причем, криволинейные перегородки 19 и 20 выполнены таким образом, что по мере удаления 8 от ступицы 8 до обечайки 18 червячного колеса 4 угол  $\alpha$  между симметричными точками 25 и 26 пересечения образующих криволинейных перегородок 19 и 20 и окружности траектории положения патрубков относительно вращаемого червячного колеса 4 со стороны верхней вакуумной камеры 21 увеличивается, в то время как угол  $\beta$  между аналогичными точками 27 и 28 со стороны верхней атмосферной камеры 23 уменьшается (рисунки 1 и 2).



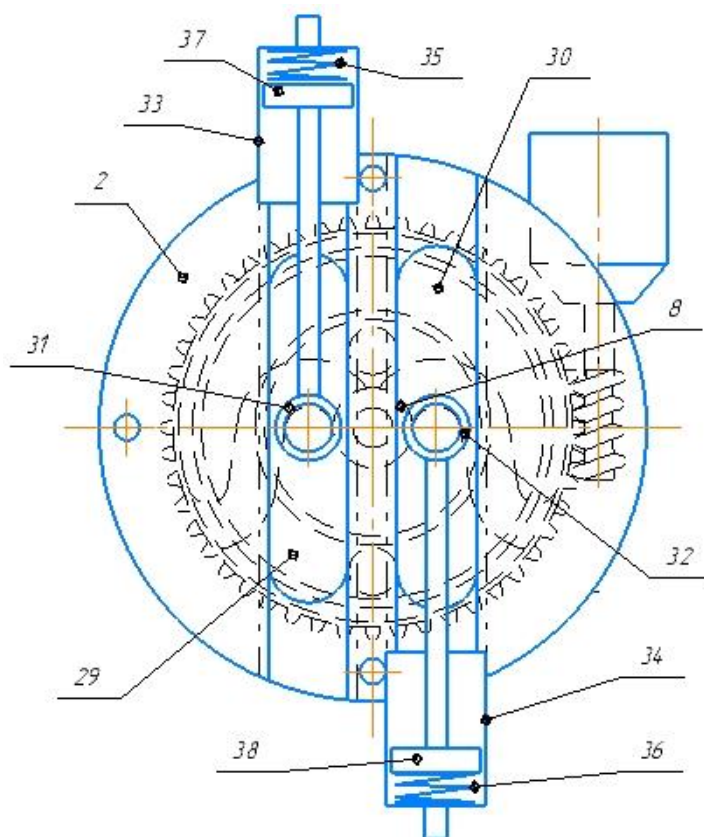
8 – ступица; 18 – обечайка; 19, 20 – криволинейные перегородки; 21 – верхняя вакуумная камера; 22 – отверстие; 23 – верхняя атмосферная камера; 24 – отверстие; 25, 26 – симметричные точки пересечения образующих криволинейных перегородок; 27, 28 – симметричные точки пересечения со стороны верхней атмосферной камеры

**Рис. 2 – Схема криволинейных перегородок на червячном колесе**

На крышке 2 (рисунок 1, рисунок 2) герметично установлены два ползуна 29 и 30 с патрубками 31 и 32, соединяемыми каждый с двумя доильными стаканами (передними или задними) доильного аппарата (на схеме не показаны) и сообщаемыми с верхней вакуумной камерой 21 и верхней атмосферной камерой 23 по мере вращения червячного колеса 4. При этом, ширина криволинейных перегородок 19 и 20 по всей длине должна быть не меньше диаметра отверстий патрубков 31 и 32.

Для перемещения ползунов 29 и 30 на крышке 2 установлены пневмоцилиндры 33 и 34 с подпружиненными пружинами 35 и 36 (рисунок 3) поршнями 37 и 38, соединяемые с вакуум регулирующим устройством (на схеме не показано). Причем, ползуны 29 и 30 установлены таким образом, что по мере их перемещения под действием поршней 37 и 38 пневмоцилиндров 33 и 34 происходит изменение положения патрубков 31 и 32 относительно ступицы 8, а значит и угла зоны их нахождения между симметричными точками 25 и 26 (рисунок 2) пересечения образующих криволинейных перегородок 19 и 20 и окружности траектории положения патрубков 31 и 32 относительно вращаемого червячного колеса 4 со стороны верхней вакуумной камеры 21, и угла между аналогичными точками 27 и 28 со стороны верхней атмосферной камеры 23, тем самым независимо изменяя соотношение тактов пульсатора в каждой паре доильных стаканов [55].





2 – крышка; 8 – ступица; 29, 30 – ползуны; 31, 32 – патрубки; 33, 34 – пневмоцилиндр; 35, 36 – пружины; 37, 38 – поршни

**Рис. 3 – Схема ползунов с патрубками и пневмоцилиндров с подпружиненными поршнями**

**Выводы.** В процессе исследований были получены следующие результаты.

1. Разработана конструктивная схема электромеханического пульсатора адаптивного доильного аппарата с возможностью попарного изменения числа тактов в стаканах доильного аппарата в зависимости от количества поступающего молока.

2. Обозначен дальнейший план работ по разработке математической модели и обоснованию путем экспериментальных исследований режимов и параметров работы электромеханического пульсатора адаптивного доильного аппарата.

#### Библиография

1. Зимняков В.М., Ильина Г.В., Ильин Д.Ю., Зимняков А.М. Состояние, проблемы и перспективы производства молока в России // Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 1(49). С. 4–10.
2. Бабкин В.П., Ермолаев Л.М. Роль вакуума в сжатии соска при выведении молока из соска // Материалы III Всесоюзного симпозиума по физиологическим основам машинного доения. Ереван. 1974. С. 16–18.
3. Босяков М.Н., Комаровская В.М., Суша Ю.И. Расчет вакуумной системы установки с разработкой // Труды БНТУ. 2020. 130 с.
4. Розанов Л.Н. Вакуумная техника: учебник для вузов. 3-е издание, перераб. и доп. М.: Высшая шк., 2007. 391 с.
5. Ужик В.Ф. Совершенствование средств механизации для формирования вымени высокопродуктивных коров: диссертация доктора технических наук: 05.20.01. Белгород. 1994. 585 с.
6. Ужик В.Ф., Кучумов В.В., Слободюк А.П., Харцызов А.Н. Теоретические основы работы доильного аппарата выжимающего принципа действия с ирисовым механизмом воздействия на сосок. Учебное пособие. Издательство Белгородской ГСХА. Белгород, 2003. 30 с.
7. Ужик В.Ф., Кучумов В.В., Харцызов А.Н. Доильные аппараты выжимающего принципа действия. Учебное пособие. Издательство Белгородской ГСХА. Белгород, 2003. 71 с.
8. Мартынов Е.А., Чехунов О.А. Исследование адаптивного переносного манипулятора для доения коров // Техника и оборудование для села. 2019. № 11. С. 26–30.
9. Бородин С.А., Андрианов Е.А., Андрианов А.А. Обоснование параметров блока управления режимом доения // Сельский механизатор. 2018. № 9. С. 30–31.
10. Исследования доильного аппарата с пульсоотключателем / В. М. Ульянов, В. А. Хрипин, С. Е. Крыгин и др. // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2 (46). С. 88–97.
11. Ужик В.Ф., Кокарев П.И. Выжимающий доильный аппарат для коров // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2013. № 3(11). С. 67–70.
12. Патент 43433 Российская Федерация, МПК А01J 5/10. Пульсатор доильного аппарата / А. И. Склоров; заявитель и патентообладатель Белгородская ГСХА. – Заявка № 2004132910; заявл. 12.11.2004; опубл. 27.01.2005. Бюл. № 3.
13. Патент 2546205 Российская Федерация, МПК А01J 5/00. Пульсатор доильного аппарата / В. Ф. Ужик, О. В. Ужик, А. А. Науменко, А. А. Чигрин, Д. Н. Клёсов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородская ГСХА. – Заявка № 2013145757; заявл. 2013.10.1113; опубл. 2015.04.10.

14. Патент 2539957 Российская Федерация, МПК А01J 5/10. Пульсатор для доильных установок / В. Ф. Ужик, Д. Н. Клёсов, О. В. Ужик; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородская ГСХА. – Заявка № 2013146314; заявл. 16.10.2013; опубл. 27.01.2015.

15. Патент 223957 Российская Федерация, МПК А01J 5/10. Электромеханический пульсатор доильного аппарата / О. В. Китаёва, В. Ф. Ужик, Ю. А. Китаёв, Ю. С. Бабешко; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ. – Заявка № 2023136087; заявл. 28.12.2023; опубл. 11.03.2024.

#### References

1. Zimniakov V.M., Ilina G.V., Ilin D.Iu., Zimniakov A.M. Sostoianie, problemy i perspektivy proizvodstva moloka v Rossii [State, problems and prospects of milk production in Russia] // *Tekhnika i tekhnologii v zhivotnovodstve*. 2023. № 1(49). S. 4–10.
2. Babkin V.P., Ermolaev L.M. Rol vakuuma v szhatii soska pri vyvedenii moloka iz soska [The role of vacuum in compression of the nipple during the removal of milk from the nipple] // *Materialy III Vsesoiuznogo simpoziuma po fiziologicheskim osnovam mashinnogo doeniia*. Erevan. 1974. S. 16–18.
3. Bosiakov M.N., Komarovskaia V.M., Susha Iu.I. Raschet vakuumnoi sistemy ustanovki s razrabotkoi [Calculation of the vacuum system of the installation with development] // *Trudy BNTU*. 2020. 130 s.
4. Rozanov L.N. Vakuumnaia tekhnika: uchebnik dlia vuzov [Vacuum technology: a textbook for universities]. 3-e izdanie, pererab. i dop. M. : Vysshiaia shk., 2007. 391 s.
5. Uzhik V.F. Sovershenstvovanie sredstv mekhanizatsii dlia formirovaniia vymeni vysokoproduktivnykh korov [Improvement of mechanization means for the formation of the udder of highly productive cows] : dissertatsiia doktora tekhnicheskikh nauk : 05.20.01. Belgorod. 1994. 585 s.
6. Uzhik V.F., Kuchumov V.V., Slobodiuk A.P., Khartsyzov A.N. Teoreticheskie osnovy raboty doilnogo apparata vyzhimaiushchego printsipa deistviia s irisovym mekhanizmom vozdeistviia na sosok [Theoretical foundations of the operation of the milking machine of the squeezing principle of action with the iris mechanism of action on the nipple]. Uchebnoe posobie. Izdatelstvo Belgorodskoi GSKhA. Belgorod, 2003. 30 s.
7. Uzhik V.F., Kuchumov V.V., Khartsyzov A.N. Doilnye apparaty vyzhimaiushchego printsipa deistviia [Milking machines of the squeezing principle of operation]. Uchebnoe posobie. Izdatelstvo Belgorodskoi GSKhA. Belgorod, 2003. 71 s.
8. Martynov E.A., Chekhunov O.A. Issledovanie adaptivnogo perenosnogo manipuliatora dlia doeniia korov [Study of an adaptive portable manipulator for milking cows] // *Tekhnika i oborudovanie dlia sela*. 2019. № 11. S. 26–30.
9. Borodin S.A., Andrianov E.A., Andrianov A.A. Obosnovanie parametrov bloka upravleniia rezhimom doeniia [Justification of the parameters of the milking mode control unit] // *Selskii mekhanizator*. 2018. № 9. S. 30–31.
10. Issledovaniia doilnogo apparata s pulsootkliuchatelem [Research on a milking machine with a pulse switch] / V. M. Ulianov, V. A. Khripin, S. E. Krygin i dr. // *Vestnik agrarnoi nauki Dona*. 2019. № 2(46). S. 88–97.
11. Uzhik V.F., Kokarev P.I. Vyzhimaiushchii doilnyi apparat dlia korov [Squeezing milking machine for cows] // *Vestnik Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2013. № 3(11). S. 67–70.
12. Patent 43433 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01J 5/10. Pulsator doilnogo apparata [Milking machine pulsator] / A. I. Skliurov; zaiavitel i patentoobladatel Belgorodskaiia GSKhA. – Zaiavka № 2004132910; zaiavl. 12.11.2004; opubl. 27.01.2005. Biul. № 3.
13. Patent 2546205 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01J 5/00. Pulsator doilnogo apparata [Milking machine pulsator] / V. F. Uzhik, O. V. Uzhik, A. A. Naumenko, A. A. Chigrin, D. N. Klesov; zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO Belgorodskaiia GSKhA. – Zaiavka № 2013145757; zaiavl. 2013.10.1113; opubl. 2015.04.10.
14. Patent 2539957 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01J 5/10. Pulsator dlia doilnykh ustanovok [Pulsator for milking machines] / V. F. Uzhik, D. N. Klesov, O. V. Uzhik; zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO Belgorodskaiia GSKhA. – Zaiavka № 2013146314; zaiavl. 16.10.2013; opubl. 27.01.2015.
15. Patent 223957 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01J 5/10. Elektromekhanicheskii pulsator doilnogo apparata [Electromechanical pulsator of the milking machine] / O. V. Kitaeva, V. F. Uzhik, Yu. A. Kitaev, Yu. S. Babeshko; zaiavitel i patentoobladatel FGBOU VO Belgorodskii GAU. – Zaiavka № 2023136087; zaiavl. 28.12.2023; opubl. 11.03.2024.

#### Сведения об авторах

Бабешко Юрий Сергеевич, аспирант, кафедра машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +7-929-0010455, e-mail: babeshko.ura@mail.ru.

#### Information about authors

Babeshko Yuri Sergeevich, graduate student, Department of Machinery and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, tel. +7-929-0010455, e-mail: babeshko.ura@mail.ru.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ СИЛОВЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВОБОДНОГО И ВЕДУЩЕГО РЕЖИМОВ ПРИ КАЧЕНИИ КОЛЕСА С УЧЕТОМ СМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРА ЭПЮРЫ НОРМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Аннотация.** Получены аналитические выражения, определяющие взаимосвязь силовых и геометрических параметров при качении колеса в свободном и ведущем режимах с учетом продольного смещения центра эпюры нормальной реакции опорной поверхности относительно геометрического центра контактной площадки шины. Они базируются на совместном использовании в качестве базовых расчетных параметров радиуса качения колеса в свободном режиме и динамического радиуса колеса. Приведен пример расчетов для тракторного колеса с шиной модели Goodyear OPTITRAC DT812 типоразмера 520/70R38. Установлена прямая пропорциональная зависимость между величиной смещения и коэффициентом продольной силы в ведущем режиме качения колеса. Схематично представлена графическая иллюстрация взаимосвязи силовых и геометрических параметров колес в свободном и ведущем режимах. Смещение центра эпюры нормальных реакций опорной поверхности имеет положительное численное значение, обеспечивая действие момента пары нормальных составляющих силы и реакции в направлении, препятствующем движению колеса. По результатам расчетов установлено, что ведущий режим реализуется при продольном смещении центра эпюры нормальных реакций опорной поверхности в интервале значений более 14,97 мм до 59,43 мм в направлении движения колеса. При этом коэффициент продольной силы находится в интервале значений от 0 до 0,8084. Смещению 14,97 мм соответствует свободный режим качения колеса. Полученные взаимосвязи между силовыми и геометрическими параметрами колеса с учетом смещения центра несимметричной эпюры нормальных реакций опорной поверхности могут найти применение при расчете и обосновании оптимальных режимов движения ведущих колес мобильных энергетических средств по недеформируемой и малодеформируемой опорной поверхности в различных условиях эксплуатации, характеризующихся сцепными свойствами шин.

**Ключевые слова:** колесо, шина, качение, ведущий режим, сила, реакция, параметр, эпюра, смещение.

## THE RELATIONSHIP OF THE POWER AND GEOMETRIC PARAMETERS OF THE FREE AND DRIVING MODES DURING ROLLING OF THE WHEEL, TAKING INTO ACCOUNT THE DISPLACEMENT OF THE CENTER OF THE PLOT OF THE NORMAL REACTIONS OF THE SUPPORT SURFACE

**Abstract.** Analytical expressions are obtained that determine the relationship of power and geometric parameters during rolling of the wheel in free and driving modes, taking into account the longitudinal displacement of the center of the plot of the normal reaction of the support surface relative to the geometric center of the tire contact pad. They are based on the joint use as basic design parameters of the rolling radius of the wheel in free mode and the dynamic radius of the wheel. An example of calculations for a tractor wheel with a tire of the Goodyear OPTITRAC DT812 model in size 520/70R38 is given. A direct proportional relationship has been established between the displacement value and the coefficient of longitudinal force in the driving rolling mode of the wheel. A graphical illustration of the relationship between the power and geometric parameters of the wheels in free and driving modes is schematically presented. The displacement of the center of the plot of normal reactions of the support surface has a positive numerical value, ensuring the action of the moment of a pair of normal components of force and reaction in the direction that prevents the movement of the wheel. According to the calculation results, it was found that the driving mode is realized with a longitudinal displacement of the center of the plot of normal reactions of the support surface in the range of values greater than 14.97 mm to 59.43 mm in the direction of movement of the wheel. In this case, the coefficient of longitudinal force is in the range of values from 0 to 0.8084. The displacement of 14.97 mm corresponds to the free rolling mode of the wheel. The obtained relationships between the power and geometric parameters of the wheel, taking into account the displacement of the center of the asymmetric plot of the normal reactions of the support surface, can be used in calculating and justifying the optimal modes of movement of the driving wheels of mobile power vehicles along the non-deformable and poorly deformable support surface in various operating conditions characterized by the coupling properties of tires.

**Keywords:** wheel, tire, rolling, driving mode, force, reaction, parameter, plot, displacement.

**Введение.** В уравнения мощностного и силового балансов колеса при его качении в различных режимах, в том числе в ведущем режиме, по мнению одних исследователей [1-3], должен входить динамический радиус  $r_d$ , по мнению других исследователей [4-8] – радиус качения в свободном режиме  $r_{к.св}$ . При равномерном движении колеса с постоянной нормальной нагрузкой на него динамический радиус колеса отождествляют с его статическим радиусом. В качестве определяющего геометрического параметра, необходимого для составления силовых балансов при качении колеса в различных режимах, используют двух- или трехкомпонентный снос нормальной реакции опорной поверхности [9], [10-11]. Внимание при этом уделяется описанию физического процесса деформации эластичной шины при трансформации ею вращательного движения в поступательное движение посредством приложения к колесу крутящего момента. Однако достаточно полной математической модели, описывающей взаимосвязь силовых и геометрических параметров шины и колеса, соотношенной с уравнениями баланса мощности и моментов при качении колеса в ведущем режиме, в известных литературных источниках не обнаружено. В рамках исследований на страницах статьи снос нормальной реакции рассматривается как смещение центра эпюры нормальных реакций опорной поверхности от геометрического центра контактной площадки шины.

**Цель исследований.** Целью исследований является установление и уточнение взаимосвязи между силовыми и геометрическими параметрами шины и колеса при реализации ведущего режима качения колеса с учетом смещения центра эпюры нормальных реакций опорной поверхности относительно геометрического центра контактной площадки шины.

**Материалы и методы.** При качении колеса в ведущем режиме к нему приложены крутящий момент, момент сопротивления деформации шины, продольная сила, направленная против движения колеса, противодействующая ей по направлению движения колеса продольная реакция, находящаяся в плоскости опорной поверхности. На колесо действует также нормальная (вертикальная) нагрузка на колесо и нормальная реакция опорной поверхности.

При этом соблюдается равенство сил и реакций

$$P_{x \text{ о к}} = R_{x \text{ о п}} \quad (1)$$

$$G_k = R_{z \text{ о п}}, \quad (2)$$

где  $P_{x \text{ о к}}$  – продольная сила, направленная против движения колеса;  $R_{x \text{ о п}}$  – продольная реакция опорной поверхности, направленная в сторону движения колеса;  $G_k$  – нормальная (вертикальная) сила от нагрузки на колесо;  $R_{z \text{ о п}}$  – нормальная реакция опорной поверхности.

Для определения продольного смещения центра эпилоры нормальных реакций опорной поверхности относительно геометрического центра контактной площадки шины в ведущем режиме качения колеса следует исходить из мощностного баланса с последующим переходом к уравнению моментов от действующих сил и противодействующих реакций.

Мощностной баланс колеса в ведущем режиме определяется в развернутом виде выражением [5]

$$N_{k \text{ влщ}} = M_{кр} \omega_k = M_{деф} \omega_k + P_{x \text{ о к}} r_{k \text{ влщ}} \omega_k + R_{x \text{ о к}} (r_{k \text{ влщ}} - r_{k \text{ св}}) \omega_k, \quad (3)$$

где  $N_{k \text{ влщ}}$  – мощность, потребляемая при качении колеса в ведущем режиме;  $r_{k \text{ влщ}}$  – радиус качения колеса в ведущем режиме;  $\omega_k$  – угловая скорость вращения колеса;  $M_{кр}$  – крутящий момент, подводимый к колесу от трансмиссии;  $M_{деф}$  – момент сопротивления деформации шины,  $r_{k \text{ св}}$  – радиус качения колеса в свободном режиме.

Этому мощностному балансу соответствует силовой баланс, представленный уравнением моментов

$$M_{кр} = M_{деф} + R_{x \text{ о к}} r_{k \text{ влщ}} + R_{x \text{ о к}} (r_{k \text{ влщ}} - r_{k \text{ св}}). \quad (4)$$

или в свернутом виде, приведенном к радиусу качения колеса в свободном режиме

$$M_{кр} = M_{деф} + R_{x \text{ о к}} r_{k \text{ св}}. \quad (5)$$

В альтернативной форме выражение (5) может быть представлено в несколько ином структурном построении с одновременным вводом в его правую часть двух противодействующих моментов – со знаками «плюс» и «минус», от пары сил – продольной реакции опорной поверхности  $R_{x \text{ о п}}$  и продольной толкающей силы  $P_{x \text{ о к}}$ , действующих на плече, равном динамическому радиусу колеса  $r_d$ , близкому к его статическому радиусу  $r_{ст}$  по численному значению

$$M_{кр} = M_{деф} + R_{x \text{ о к}} r_d + R_{x \text{ о п}} (r_{k \text{ св}} - r_d). \quad (6)$$

Момент сопротивления деформации шины  $M_{деф}$  следует рассматривать совместно с моментом, представленным последней составляющей правой части уравнения (6)

$$M_{кр} = R_{x \text{ о к}} r_d + M_{деф} + R_{x \text{ о п}} (r_{k \text{ св}} - r_d). \quad (7)$$

Поскольку момент сопротивления деформации шины можно представить выражением

$$M_{деф} = R_{z \text{ о п}} a_{н \text{ р св}}, \quad (8)$$

где  $a_{н \text{ р св}}$  – смещение центра эпилоры нормальных реакций опорной поверхности для случая свободного режима качения колеса, а третья составляющая правой части выражения (7) отождествляется с моментом от действия нормальной (вертикальной) нагрузки на колесо  $G_k$  и равной ей по величине нормальной (вертикальной) реакции  $R_{z \text{ о п}}$  опорной поверхности на плече, отождествляемом с позиционным смещением  $a_{н \text{ р поз}}$  центра эпилоры нормальных реакций опорной поверхности шины, выражение (8) приобретает вид

$$R_{x \text{ о п}} (r_{k \text{ св}} - r_d) = R_{z \text{ о п}} a_{н \text{ р поз}}. \quad (9)$$

В свою очередь, продольная сила  $P_{x \text{ о к}}$  и равная ей продольная реакция опорной поверхности  $R_{x \text{ о п}}$  может быть выражена посредством коэффициента продольной силы  $k_{Rx}$ , связывающего эту продольную силу или равную ей продольную реакцию с нормальной реакцией опорной поверхности  $R_{z \text{ о п}}$

$$M_{кр} = R_{z \text{ о п}} k_{Rx} r_d + R_{z \text{ о п}} a_{н \text{ р св}} + R_{z \text{ о п}} a_{н \text{ р поз}}. \quad (10)$$

Совокупное смещение геометрического центра эпилоры нормальных реакций  $O_{г \text{ ц эн}}$  в направлении поступательного движения колеса составляет сумму двух величин

$$a_{н \text{ р влщ}} = a_{н \text{ р св}} + a_{н \text{ р поз}}. \quad (11)$$

К исходному, первоначальному смещению, обусловленному свободным режимом качения колеса, присовокупляется дополнительное позиционное смещение нормальной реакции опорной поверхности  $a_{н \text{ р поз}}$ .

Тогда выражение (10) будет выглядеть следующим образом

$$M_{кр} = R_{z \text{ о п}} k_{Rx} r_d + R_{z \text{ о п}} a_{н \text{ р влщ}}. \quad (12)$$

В другой форме совокупное смещение центра нормальных реакций выражается посредством коэффициента продольной силы, с учетом выражений (7) и (9)

$$a_{н \text{ р влщ}} = a_{н \text{ р св}} + k_{Rx} (r_{k \text{ св}} - r_d). \quad (13)$$

Таким образом, располагая текущим значением коэффициента продольной силы  $k_{Rx}$ , можно установить взаимосвязь геометрического параметра  $a_{н \text{ р влщ}}$  смещения нормальной реакции с переменным силовым параметром  $k_{Rx}$ , зависящим от нагрузки на колесо и условий сцепления шины с опорной поверхностью. Как следует из выражения (13), эта взаимосвязь прямолинейная с постоянной составляющей смещения  $a_{н \text{ р св}}$ , что упрощает пользование ею при расчетах, особенно в случае реализации колесом максимальной продольной силы тяги.

**Результаты и обсуждение.** В качестве примера выполнен расчет силовых и геометрических параметров для ведущего колеса трактора БЕЛАРУС 1523 типоразмера 520/70R38, оснащенного шиной модели Goodyear OPTITRAC DT812.

Приняты следующие исходные данные: нормальная нагрузка на колесо  $G_k = 19,5$  кН; динамический (статический) радиус колеса при нормальной (вертикальной) нагрузке и соответствующем ей внутреннем давлении воздуха в шине  $r_d = 0,782$  м; статический нормальный прогиб шины  $h_{ст} = 94,0$  мм = 0,094 м; длина контактной площадки шины  $l_{к п} = 737,3$  мм = 0,737 м; центральный угол контактной площадки шины на твердой опорной поверхности  $\alpha_k = 0,881$  рад; коэффициент трения покоя элементов контактной площадки шины на опорной поверхности  $\mu_{пок} = 0,85$ ; коэффициент трения скольжения элементов контактной площадки шины на опорной поверхности при полном буксовании колеса  $\mu_{букс} = 0,7$ .

Радиус качения колеса в свободном режиме получаем

$$r_{k \text{ св}} = \frac{l_{к п}}{\alpha_k}, \quad (14)$$

$$r_{k \text{ св}} = \frac{0,737}{0,881} = 0,837 \text{ м}.$$

Момент сопротивления деформации шины при качении колеса равен

$$M_{\text{деф}} = \frac{G_{\text{к}} h_{\text{ст}}}{2 \pi}, \quad (15)$$

$$M_{\text{деф}} = \frac{19,5 \cdot 0,094}{2 \pi} = 0,292 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Смещение центра нормальных реакций опорной поверхности применительно к свободному режиму качения колеса составляет из выражения (9)

$$a_{\text{н р св}} = \frac{M_{\text{деф}}}{R_{\text{з о п}}}, \quad (16)$$

$$a_{\text{н р св}} = \frac{0,292}{19,5} = 0,01497 \text{ м} = 14,97 \text{ мм}.$$

При максимальном значении коэффициента продольной силы  $k_{R_x \text{ max}} = 0,8084$  для расчетной нормальной нагрузки на колесо и принятых условий сцепления шины с опорной поверхностью [12] позиционное смещение  $a_{\text{н р поз}}$  в ведущем режиме качения колеса составляет, с принятием во внимание выражений (11) и (13), величину

$$a_{\text{н р поз}} = k_{R_x} (r_{\text{к св}} - r_{\text{д}}). \quad (17)$$

$$a_{\text{н р поз}} = 0,8084 (0,837 - 0,782) = 0,04446 \text{ м} = 44,46 \text{ мм}.$$

Совокупное смещение центра нормальных реакций опорной поверхности, определенное по зависимости (11), составляет

$$a_{\text{н р в д щ}} = 14,97 + 44,46 = 59,43 \text{ мм}.$$

Совмещенные схемы силовых и геометрических параметров колеса в свободном и ведущем режимах качения выполнены на основе принятых исходных данных и полученных результатов расчетов и приведены на рисунке 1.

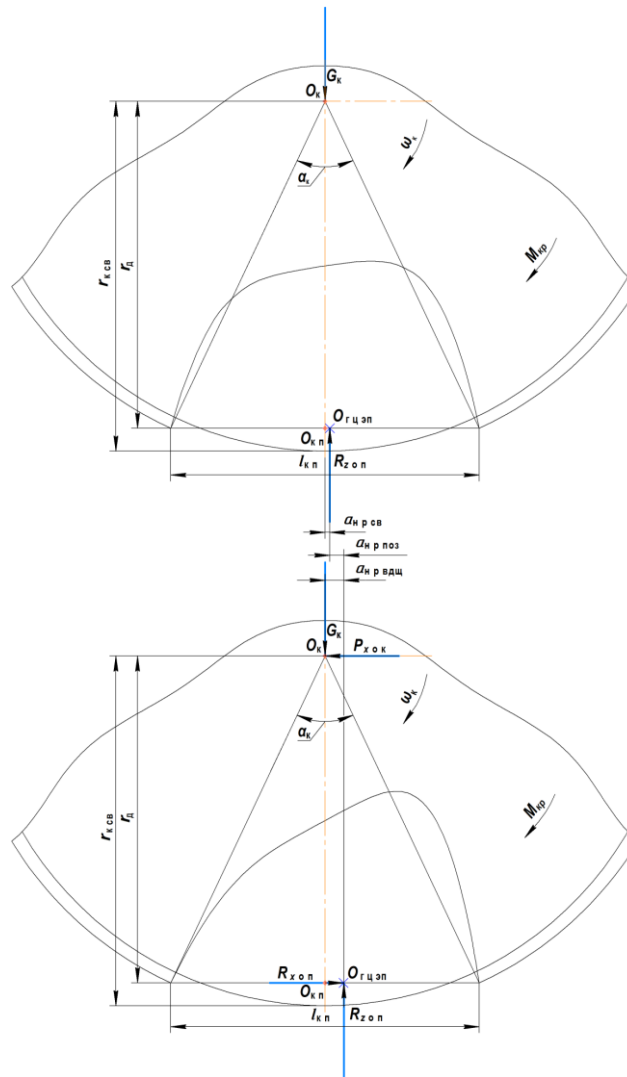
**Выводы.** На основании обобщения сделаем следующие выводы.

1. Ведущему режиму качения тракторного колеса типоразмера 520/70R38, оснащенного шиной модели Goodyear OPTITRAC DT812, соответствует продольное смещение центра эпоры нормальных реакций опорной поверхности, находящееся в интервале значений  $14,97 \text{ мм} < a_{\text{н р в д щ}} \leq 59,43 \text{ мм}$ . Размах всех возможных значений смещения в ведущем режиме качения колеса составляет 44,46 мм. Соотношение между максимальным продольным смещением в ведущем режиме и смещением в свободном режиме составляет 3,97 : 1. Для свободного режима качения смещение центра эпоры нормальных реакций опорной поверхности составляет  $a_{\text{н р св}} = 14,97 \text{ мм}$ . Коэффициент продольной силы при качении колеса в ведущем режиме находится в интервале значений  $0 < k_{R_x} \leq 0,8084$ .

2. Для математического описания взаимосвязи силовых и геометрических параметров шины и колеса при качении в различных режимах достаточным является использование двухкомпонентного смещения центра эпоры нормальных реакций опорной поверхности.

3. Полученные выражения взаимосвязи силовых и геометрических параметров при качении колеса в ведущем режиме определяют правомерность совместного применения в качестве основных расчетных параметров двух радиусов – радиуса качения колеса в свободном режиме и динамического радиуса колеса.

4. Полученные взаимосвязи между силовыми и геометрическими параметрами колеса с учетом смещения центра несимметричной эпоры нормальных реакций опорной поверхности могут найти применение при расчете и обосновании оптимальных режимов движения ведущих колес мобильных энергетических средств по недеформируемой и малодеформируемой опорной поверхности в различных условиях эксплуатации, характеризующихся сцепными свойствами шин.



**Рис. 1 – Совмещенные схемы силовых и геометрических параметров колеса при качении в свободном (вверху) и ведущем (внизу) режимах**

### Библиография

1. Коптилов В.И., Пархоменко Л.Б. Анализ уравнений силового и мощностного баланса ведущего колеса автомобиля // Нефть и газ Западной Сибири : Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Косухина Анатолия Николаевича, Тюмень, 15–16 октября 2015 года. Том III. Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2015. С. 206–209.
2. Коптилов В.И. Использование кинематического радиуса в механике качения эластичного колеса // Грузовик. 2021. № 4. С. 13–22.
3. Коптилов В.И. Использование кинематического радиуса в механике качения эластичного колеса // Грузовик. 2021. № 5. С. 17–27.
4. Пирковский Ю.В. Некоторые вопросы качения автомобильного колеса // Автомобильная промышленность. 1965. № 12. С. 26–29.
5. Пожидаев С.П. О некоторых уточнениях теории качения эластичного колеса // Автомобильная промышленность. 2013. № 12. С. 13–15.
6. Пожидаев С.П. О необходимости проверок научных результатов // Транспортные и транспортно-технологические системы : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 14 апреля 2016 года. Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет. 2016. С. 250–255.
7. Романченко М.И. Моделирование параметров свободного и ведущего режимов качения колеса с учетом несимметричности эпюры нормальных реакций // Тракторы и сельхозмашины. 2021. Т. 88, № 2. С. 34–44.
8. Романченко М.И. Балансы энергии, мощности, моментов и сил при качении колеса в свободном и ведущем режимах на основе линейных и угловых перемещений точек шины и колеса // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 2(34). С. 81–90.
9. Петрушов В.А., Московкин В.В., Евграфов А.Н. Мощностной баланс автомобиля. М. : Машиностроение, 1984. 160 с.
10. Козлов Ю.Н., Сальников В.И., Барашков А.А., Балакина Е.В. Определение взаимного положения зон разного трения в пятне контакта шины с опорной поверхностью // Автомобильная промышленность. 2014. № 7. С. 15–17.
11. Балакина Е.В., Зотов Н.М. Расчет продольного сноса нормальной реакции на колесо из-за упругих угловых деформаций шины // Автомобильная промышленность. 2015. № 4. С. 25–26.

12. Романченко М.И. Моделирование силовых параметров шины на основе переменной эпюры нормальных реакций при качении колеса в свободном и ведущем режимах // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 1(29). С. 74–87.

#### References

1. Kopotilov V.I., Parhomenko L.B. Analiz uravnenij silovogo i moshchnostnogo balansa vedushchego kola avtomobilya [Analysis of the equations of force and power balance of the driving wheel of a car] // Neft' i gaz Zapadnoj Sibiri : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, posvyashchennoj 90-letiyu so dnya rozhdeniya Kosuhina Anatoliya Nikolaevicha, Tyumen', 15–16 oktyabrya 2015 goda. Tom III. Tyumen' : Tyumenskij gosudarstvennyj neftegazovyy universitet, 2015. S. 206–209.
2. Kopotilov V.I. Ispol'zovanie kinemacheskogo radiusa v mekhanike kacheniya elastichnogo kola [The use of the kinematic radius in the rolling mechanics of an elastic wheel] // Gruzovik. 2021. № 4. S. 13–22.
3. Kopotilov V.I. Ispol'zovanie kinemacheskogo radiusa v mekhanike kacheniya elastichnogo kola [The use of the kinematic radius in the rolling mechanics of an elastic wheel] // Gruzovik. 2021. № 5. S. 17–27.
4. Pirkovskij Yu.V. Nekotorye voprosy kacheniya avtomobil'nogo kola [Some rolling issues of a car wheel] // Avtomobil'naya promyshlennost'. 1965. № 12. S. 26–29.
5. Pozhidaev S.P. O nekotoryh utochneniyah teorii kacheniya elastichnogo kola [On some refinements of the theory of rolling of an elastic wheel] // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2013. № 12. S. 13–15.
6. Pozhidaev S.P. O neobhodimosti proverok nauchnyh rezul'tatov [On the need for verification of scientific results] // Transportnye i transportno-tekhnologicheskie sistemy : Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii, Tyumen', 14 aprelya 2016 goda. Tyumen' : Tyumenskij gosudarstvennyj neftegazovyy universitet. 2016. S. 250–255.
7. Romanchenko M.I. Modelirovanie parametrov svobodnogo i vedushchego rezhimov kacheniya kola s uchedom nesimmetrichnosti epury normal'nyh reakcij [Modeling of the parameters of the free and driving rolling modes of the wheel, taking into account the asymmetry of the plot of normal reactions] // Traktory i sel'hozmashiny. 2021. T. 88, № 2. S. 34–44.
8. Romanchenko M.I. Balansy energii, moshchnosti, momentov i sil pri kachenii kola v svobodnom i vedushchem rezhimakh na osnove linejnyh i uglovyh peremeshchenij toчек shiny i kola [Balances of energy, power, moments and forces during wheel rolling in free and driving modes based on linear and angular movements of tire and wheel points] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2022. № 2(34). S. 81–90.
9. Petrushev V.A., Moskovkin V.V., Evgrafov A.N. Moshchnostnoj balans avtomobilya [Vehicle power balance]. M. : Mashinostroenie, 1984. 160 s.
10. Kozlov Yu.N., Sal'nikov V.I., Barashkov A.A., Balakina E.V. Opredelenie vzaimnogo polozheniya zon raznogo treniya v pyatye kontakta shiny s opornoj poverhnost'yu [Determination of the relative position of the zones of different friction in the contact spot of the tire with the support surface] // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2014. № 7. S. 15–17.
11. Balakina E.V., Zotov N.M. Raschet prodol'nogo snosa normal'noj reakcii na koleso iz-za uprugih uglovyh deformacij shiny [Calculation of the longitudinal drift of the normal reaction to the wheel due to elastic angular deformations of the tire] // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2015. № 4. S. 25–26.
12. Romanchenko M.I. Modelirovanie silovyh parametrov shiny na osnove peremennoj epury normal'nyh reakcij pri kachenii kola v svobodnom i vedushchem rezhimakh [Simulation of tire power parameters based on a variable plot of normal reactions during wheel rolling in free and driving modes] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2021. № 1(29). S. 74–87.

#### Сведения об авторах

Романченко Михаил Иванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технического сервиса в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7 4722 39-29-35, e-mail: romanchenko\_mi@bsaa.edu.ru

#### Information about authors

Romanchenko Mikhail Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Service in the Agro-Industrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, p. Mayskiy, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, phone +7 4722 39-29-35, e-mail: romanchenko\_mi@bsaa.edu.ru

УДК 631.363:636.086.5

Ю.В. Саенко, М.А. Семернина, В.Ю. Страхов

## ТЕХНОЛОГИЯ ДОБАВЛЕНИЯ В КОМБИКОРМ ПРОРОЩЕННОГО ЗЕРНА И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДРОБИЛКИ

**Аннотация.** В производственных условиях свиней и птицу кормят только комбикормами. Одним из простых и доступных способов восполнения натуральных витаминов является добавление в комбикорм пророщенного зерна. Представлена технология проращивания и добавления в комбикорм пророщенного зерна. Чтобы в комбикорме обеспечить равномерное распределение пророщенного зерна, последнее нужно измельчить до размеров комбикорма. Предложена дробилка с двумя видами рабочих органов: молотками и ножами. Цель исследования заключается в теоретическом обосновании конструктивных и режимных параметров дробилки пророщенного зерна. Для достижения поставленной цели нужно: обосновать необходимость использования пророщенного зерна в рационах кормления животных; представить общее устройство и принцип работы предложенной дробилки пророщенного зерна с двумя типами рабочих органов; представить выражения для определения производительности с учетом содержания ростков и зерновок, а также с учетом степени измельчения пророщенного зерна; определить энергоёмкость измельчения пророщенного зерна. В процессе измельчения масса пророщенного зерна будет разделена на зерновку и ростки, которые различаются по плотности, структуре, размерам, массе. Поэтому измельчение пророщенного зерна будет происходить в двух слоях, которые расположены на различном расстоянии от центра дробильной камеры. Определены конструктивные и режимные параметры дробильного барабана:  $D$  – диаметр барабана с молотками, 0,6...0,62 м;  $L$  – длина барабана с молотками, 0,3...0,32 м;  $n_1$  – частота вращения барабана с молотками, 2200-2600 мин<sup>-1</sup>. Конструктивные и режимные параметры барабана с ножами:  $d$  – диаметр, 0,5...0,51 м;  $n_2$  – частота вращения барабана, оснащенного ножами, 2600-2800 мин<sup>-1</sup>. Производительность предложенной дробилки складывается из суммы двух видов производительностей, которые получены в слое ростков и зерновок. Общая энергоёмкость измельчения пророщенного зерна составила 5,8-6,2 кВт ч/т. Общая расчетная производительность составила 520-560 кг/ч.

**Ключевые слова:** камера измельчения, энергоёмкость, степень измельчения, нож, молоток.

## THE TECHNOLOGY OF ADDING SPROUTED GRAIN AND JUSTIFICATION OF THE DESIGN AND OPERATING PARAMETERS OF THE CRUSHER

**Abstract.** In production conditions, pigs and poultry are fed only with compound feeds. One of the easiest and most affordable ways to replenish natural vitamins is to add sprouted grains to the feed. The technology of germination and addition of sprouted grain to feed is presented. In order to ensure an even distribution of sprouted grain in the feed, the latter must be crushed to the size of the feed. A crusher with two types of working bodies is proposed: hammers and knives. The purpose of the study is to theoretically substantiate the design and operating parameters of a sprouted grain crusher. To achieve this goal, it is necessary to perform the following tasks: to justify the need to use sprouted grain in animal feeding rations; to present the general structure and principle of operation of the proposed sprouted grain crusher with two types of working bodies; to present expressions for determining productivity taking into account the content of sprouts and grains, as well as taking into account the degree of grinding of sprouted grain; to determine the energy intensity of grinding sprouted grain. During the grinding process, the mass of sprouted grain will be divided into a grain and sprouts, which differ in density, structure, size, and weight. Therefore, the grinding of sprouted grain will take place in two layers, which are located at different distances from the center of the crushing chamber. The design and operating parameters of the crushing drum are determined:  $D$  – diameter of the drum with hammers, 0,6...0,62 m;  $L$  – length of the drum with hammers, 0,3...0,32 m;  $n_1$  – rotation frequency of the drum with hammers, 2200-2600 min<sup>-1</sup>. Design and operating parameters of the knife drum:  $d$  – diameter, 0,5...0,51 m;  $n_2$  is the rotation frequency of the drum equipped with knives, 2600-2800 min<sup>-1</sup>. The productivity of the proposed crusher consists of the sum of two types of productivity, which are obtained in a layer of sprouts and grains. The total energy consumption of grinding sprouted grain was 5,8-6,2 kWh/ t. The total estimated productivity was 520-560 kg/h.

**Keywords:** grinding chamber, energy consumption, degree of grinding, knife, hammer.

**Введение.** Известно, что выход продукции животноводства и птицеводства зависит на 20 % от микроклимата и условий содержания поголовья, на 20 % от породы поголовья и на 60 % от выдаваемых кормов и кормовых добавок. На современных животноводческих и птицеводческих комплексах поголовье содержат безвыгульно [1]. Технология раздачи корма предусматривает выдачу только сухих комбикормов. При таком кормлении в рационе животных отсутствуют натуральные витамины, белки, макро- и микроэлементы. Чтобы восполнить их недостаток в рацион вводят искусственные витаминные кормовые добавки. Отсутствие натуральных витаминов, макро- и микроэлементов ведет к уменьшению темпов роста, снижению иммунитета молодняка, ухудшению функций репродукции у хряков и свиноматок [2, 3]. В целом это отрицательно сказывается на темпах производства свинины в целом. Длительный промежуток времени производители использовали импортное сырье для производства витаминных добавок. В связи с введенными санкциями в Россию перестали завозить такое сырье. Это дало возможность отечественным производителям занять освободившиеся ниши производства.

В естественных условиях обитания в результате длительной эволюции животные и птица приспособились поедать зеленые корма, доступ к которым в настоящее время исключен. Одной из возможностей введения в корма натуральных витаминов и питательных веществ является добавление пророщенного зерна [2, 3]. Пророщенное зерно имеет сладковатый приятный вкус, поэтому более сильные животные и птица будут поедать его в первую очередь, а слабым ничего не достанется. Чтобы выдать пророщенное зерно одинаковой нормой всему поголовью, необходимо приготовить кормовую смесь, состоящую из комбикорма и пророщенного зерна. Пророщенное зерно ячменя состоит из ростка (длиной до 3 см) и зерновки (длина 1-1,2 см, ширина и толщина по 0,5-0,7 см), которые отличаются по размерам от частиц комбикорма. Чтобы получить однородную смесь, необходимо пророщенное зерно измельчить до размера приблизительно равного частицам комбикорма 0,9-1,4 мм.

Одной из основных технологических операций по подготовке кормового сырья к скармливанию является измельчение [4, 5]. Конструкции измельчителей отличаются большим многообразием компоновок, а также видом рабочих органов [6-10]. Последние определяются видом измельчаемого продукта. Известно, что зерновые корма влажностью 13-15 %



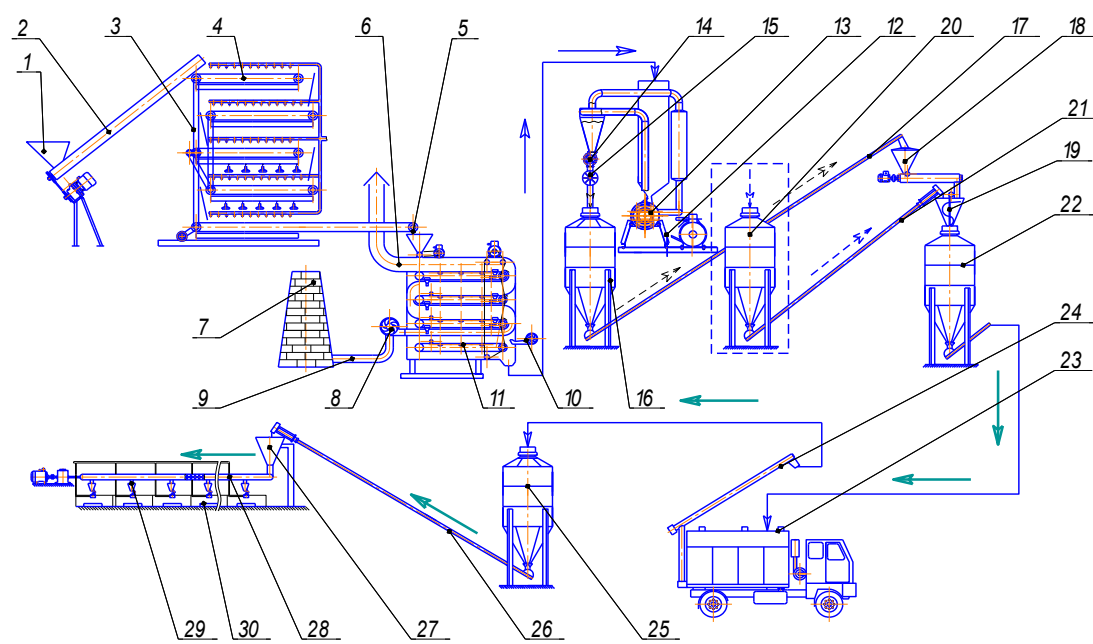
измельчают дроблением, а стебельные корма измельчают резанием. После измельчения полученная масса должна иметь заданные геометрические размеры.

Особенности разработанной дробилки состоят в том, что внутри камеры измельчения расположены два измельчающих барабана, которые оснащены различными приводами. Крутящий момент от электродвигателей на измельчающие барабаны осуществляют посредством ременных передач. Вращения измельчающих барабанов осуществляют в одном направлении. На внутреннем измельчающем барабане смонтированы ножи, а на внешнем измельчающем барабане размещены молотки. Измельчающие барабаны размещены соосно. Подачу пророщенного зерна осуществляют к центру камеры измельчения.

**Основная часть.** Комбикорма готовят на комбикормовых заводах, затем при помощи автотранспорта привозят на животноводческие, или птицеводческие предприятия и выгружают в бункеры-накопители, затем различными кормораздатчиками подают в кормушки. Предлагаемая технологическая линия может быть смонтирована на комбикормовом заводе или непосредственно на животноводческом, или птицеводческом предприятиях и позволяет каждый день получать свежее пророщенное зерно; при необходимости выполнять его сушку; произвести измельчение пророщенного зерна, добавлять пророщенное зерно, перемешивать пророщенное зерно с комбикормом, получать кормовую смесь и увлажнять кормовую смесь перед выдачей ее в кормушку [11, 13].

Предложенная технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна, представленная на рисунке 1, выполнена из следующих составных частей: установки для проращивания зерна, сушильной установки, емкостей для хранения пророщенного зерна и комбикорма, дозаторов, линии для раздачи сухой кормовой смеси с использованием пророщенного зерна и автомобиль-транспортировщик [14, 15].

Рабочий процесс представленной технологической линии протекает так. Обеззараживание зерна перед проращиванием осуществляют путем его обработки в слабом растворе марганцовки на протяжении трех часов. Затем зерно загружают на верхний транспортер установки для проращивания зерна и осуществляют проращивание. После суток проращивания зерно перебрасывают на транспортер, который расположен ниже. Всего установлено пять транспортеров для проращивания зерна. Длительность проращивания зерна составляет пять суток. При проращивании периодически зерно орошают водой и освещают. Освещение начинают на третий день проращивания, а орошение выполняют с первого дня. При проращивании транспортеры не движутся. Движение транспортеров происходит только при перебрасывании зерна с одного транспортера на другой. Продолжительность проращивания зерна составляет пять суток. Влажность пророщенного зерна составляет 54-56 %. Затем пророщенное зерно подают в сушильный агрегат, в котором осуществляют удаление влаги путем сушки продукта до конечной влажности 14-15 %. Для сушки пророщенного зерна нужно использовать отработанные газы котельной установки. После завершения сушки осуществляют охлаждение пророщенного зерна. С этой целью на него направляют поток атмосферного воздуха.



Условные обозначения

- Подача пророщенного высушенного зерна
- - - -> Подача комбикорма
- · · · ·> Подача пророщенного высушенного измельченного зерна
- Подача комбикорма с пророщенным зерном

- 1 – бункер загрузочный; 2 – шнек подающий; 3 – конвейер для проращивания зерна; 4 – транспортер ленточный;
- 5 – бункер; 6 – конвейерная сушилка; 7 – топочная; 8 – вентилятор агента сушки; 9 – трубопровод агента сушки;
- 10 – вентилятор холодного воздуха; 11 – нижний транспортер; 12 – дробилка; 13 – дробильная камера; 14 – шлюзовой затвор;
- 15 – аппарат вторичного измельчения; 16 – бункер для пророщенного зерна; 17 – спиральный транспортер;
- 18 – дозатор; 19 – смеситель; 20 – бункер для комбикорма; 21 – спиральный транспортер; 22 – бункер готовой смеси;
- 23 – автомобиль; 24 – шнек; 25 – бункер; 26 – спиральный транспортер; 27 – бункер-накопитель; 28 – тросово-шайбовый конвейер; 29 – смеситель-раздатчик; 30 – кормушка

Рис. 1 – Технологическая линия проращивания, приготовления и скармливания пророщенного зерна

Далее высушенную массу подают в дробильную установку, в которой осуществляют измельчение до конечных размеров частиц 0,9-1,4 мм. Измельчение необходимо осуществить, чтобы размеры пророщенного зерна были близки к размерам комбикорма. Это является одним из условий получения однородной смеси [16]. Далее подают высушенное измельченное пророщенное зерно в дозатор, который направляет его в шнек, по которому движется комбикорм. Таким образом производят перемешивание комбикорма с высушенным пророщенным зерном до получения однородной кормовой смеси. Далее в бункер подают готовую кормовую смесь. Комбикормовозом транспортируют готовую кормовую смесь на территорию животноводческого предприятия и подают ее в бункер, расположенный возле помещения с животными. Затем спиральным транспортером кормовую смесь из комбикорма и пророщенного зерна подают в бункер-накопитель, далее в тросово-шайбовый конвейер, после этого в смесители-раздатчики, которые находятся в боксах, в которых содержатся свиньи. Смеситель представляет собой бункер, под которым расположен кольцевой трубопровод. В установленное время кормления кормовая смесь из бункера смесителя-раздатчика с помощью открытой заслонки за счет сил тяжести перемещается вниз, она проходит через кольцевой трубопровод и увлажняется струями воды, которые под давлением её пронизывают. В кормушку попадает корм влажностью 70-75 %. Затем животные потребляют готовый влажный корм, состоящий из комбикорма и пророщенного зерна.

Дробилку, входящую в состав предложенной технологической линии, можно разместить на территории комбикормового завода, тогда будет возможность пророщенное зерно сразу добавлять на этапе приготовления комбикорма. Также дробилку можно разместить на территории животноводческого предприятия, тогда пророщенное зерно можно добавлять в комбикорм, который привезли с завода.

В большинстве случаев для измельчения зерновых кормов животным применяют дробилки, у которых рабочие органы молотки. Они хорошо измельчают зерно, но не могут измельчать стебельные корма и обеспечивать одинаковый конечный размер частиц. Известны конструкции дробилок, которые оснащены двумя камерами измельчения. Такие дробилки имеют увеличенные габаритные размеры, повышенную металлоемкость. Для перемещения массы от одной камеры измельчения к другой затрачивают определенную энергию. Поэтому энергозатраты таких дробилок на единицу получаемой продукции будут выше, чем у дробилок с одной камерой измельчения [8, 9, 10].

Сухое пророщенное зерно – это продукт, который состоит из ростка и зерновки, различающихся по структуре, плотности, составу, физико-механическим свойствам. Известно, чтобы выполнить измельчение ростков, осуществляют резание, для этого применяют ножи, а для измельчения зерновок осуществляют дробление, для этого используют молотки [8, 16].

Изучение существующих теорий процесса измельчения позволили отметить, что на модуль помола пророщенного зерна оказывает влияние множество факторов. Среди них способ измельчения, скорость движения рабочего органа, структура и влажность измельчаемого продукта. Отмеченные факторы оказывают влияние на производительность дробилки и энергетические затраты, а также на качественные показатели продукта (рисунок 2).

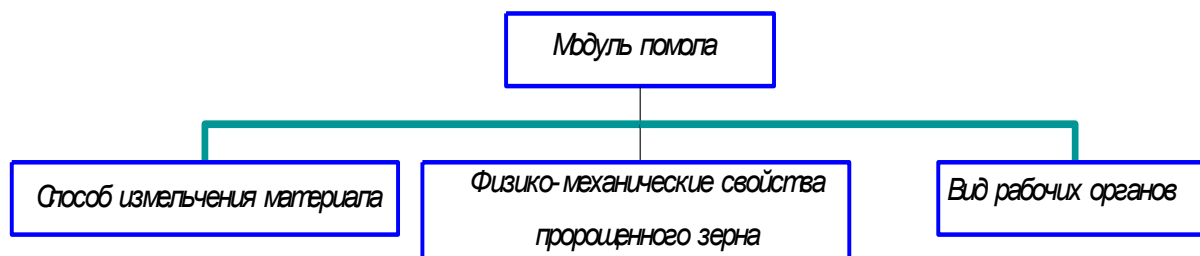


Рис. 2 – Факторы, которые влияют на модуль помола пророщенного зерна

Были проанализированы разнообразные конструкции дробилок и составлена классификация, в которой линией отмечено направление предложенной разработки [16, 17, 18], изображенная на рисунке 3.

В верхней части дробилки смонтирован бункер, который выполнен с возможностью подачи пророщенного зерна в центр камеры измельчения [13, 14]. Для привода барабана с ножами и барабана с молотками выполнены электроприводы с ременными передачами.

Цель исследования – теоретическое обоснование конструктивных и режимных параметров дробилки пророщенного зерна.

Для достижения поставленной цели нужно выполнить задачи.

1. Обосновать необходимость использования пророщенного зерна в рационах кормления животных.
2. Привести общее устройство и описать принцип работы предложенной дробилки пророщенного зерна с двумя типами рабочих органов.

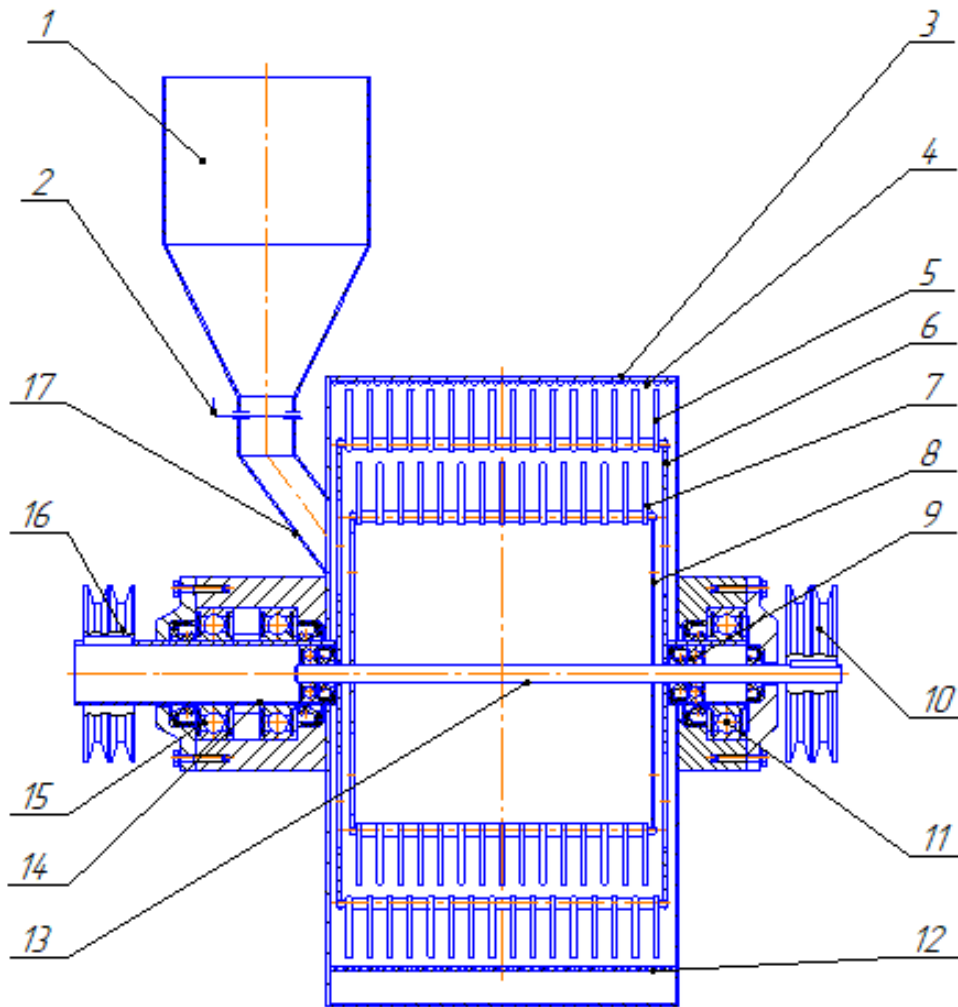
3. Представить выражения для определения производительности с учетом содержания ростков и зерновок, а также с учетом степени измельчения пророщенного зерна; определить энергоёмкость измельчения пророщенного зерна.

В предложенной дробилке измельчение неоднородного продукта, которым является пророщенное зерно, осуществляется в одной камере, в которой для измельчения зерновок предусмотрены молотки, которые расположены на внешнем барабане и для измельчения ростков предусмотрены ножи, которые смонтированы на внутреннем барабане [19, 20, 21]. Уменьшить энергоёмкость процесса измельчения возможно за счет исключения перемещения массы между двумя камерами измельчения, для этого два измельчающих барабана расположили на одной оси.



Рис. 3 – Классификация дробилок с указанием направления разработки

Внутри измельчающей камеры (рисунок 4) размещены два вида рабочих органов – это ножи и молотки. Чтобы в процессе работы молотки и ножи охватывали весь рабочий объем камеры измельчения между ними на пальцах смонтированы распорные втулки. Молотки установлены шарнирно на внешнем барабане, а ножи шарнирно установлены на внутреннем барабане. Барабаны выполнены соосными. Измельчающие барабаны имеют два привода, посредством ременных передач. На внутренней части измельчающей камеры выполнены дека и решето. Чтобы в процессе работы пророщенное зерно проходило два измельчающих барабана его подачу необходимо осуществлять к центру камеры измельчения. Дозировку пророщенного зерна осуществляли заслонкой.



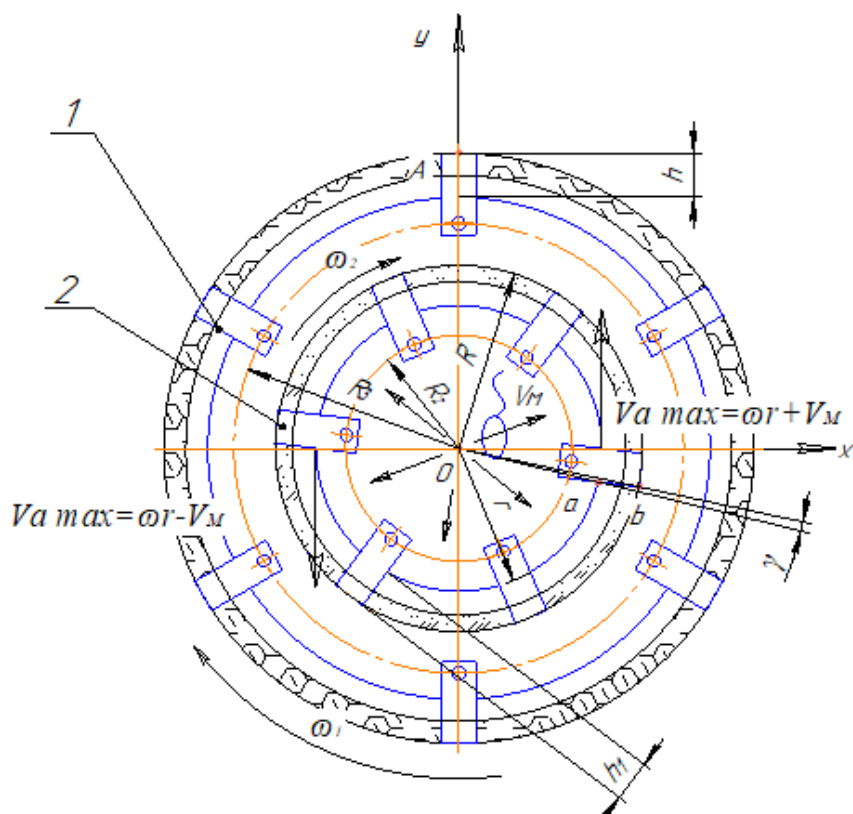
1 – бункер загрузочный; 2 – заслонка дозирующая; 3 – камера измельчающая;  
 4 – дека; 5 – молоток; 6 – внешний барабан с молотками; 7 – нож; 8 – внутренний барабан;  
 9 – внутренний подшипник; 10 – шкив; 11 – внешний подшипник; 12 – решето;  
 13 – вал внутренний; 14 – вал внешний; 15 – подшипник внешний;  
 16 – шкив; 17 – труба подающая

**Рис. 4 – Комбинированная камера измельчения**

**Теоретические исследования процесса измельчения пророщенного зерна.** Работа предложенной дробилки пророщенного зерна заключается в том, что в камеру измельчения подают пророщенное зерно, которое представляет собой зерновку и слабо прикрепленный к ней росток, которые имеют отличия по геометрической форме, плотности, массе, парусности, структуре, прочностным показателям. Поэтому при измельчении затраты энергии будут зависеть от взаимодействия измельчающего органа с измельчаемым объектом. Технологический процесс протекает так, что когда пророщенная зерновка попадает в камеру измельчения, то при первом взаимодействии с рабочими органами происходит разделение зерновок с ростками. Внутри камеры измельчения оказываются три фазы: зерновки, ростки и воздух. Поэтому при измельчении нужно учитывать свойства ростка, зерновки.

Наиболее простым способом измельчения таких составляющих является измельчение в молотковой дробилке. Поэтому необходимо обеспечить разделение таких продуктов на два слоя с последующим измельчением каждого слоя отдельно. Разделение массы позволит измельчать отдельные слои предназначенными для этого рабочими органами. Таким образом снижаются удельные затраты на измельчение, выше становится производительность дробилки.

Такое разделение потоков можно обеспечить если использовать схему, которая изображена на рисунке 5. Измельчение пророщенного зерна с использованием предложенной дробилки происходит так. Пророщенное зерно из бункера по наклонной трубе поступает в центр камеры измельчения. Измельчающие барабаны вращаются и создают поток воздуха, который подхватывает пророщенное зерно и направляет от центра к периферии, придавая скорость  $V_M$ .



1 – молоток; 2 – нож;  $\gamma$  – центральный угол между радиусами;  $r=Oa$  – радиус внутренней режущей кромки;  $R$  – радиус внешней режущей кромки;  $R_2$  – радиус крепления ножей;  $R_3$  – радиус крепления молотков;  $\omega_1$  – угловая скорость барабана с молотками;  $\omega_2$  – угловая скорость барабана с ножами;  $a$  – основание ножа;  $b$  – вершина ножа;  $h$  – длина рабочей части молотков;  $h_1$  – длина рабочей части ножей

**Рис. 5 – Кинематическая схема комбинированной дробильной камеры**

Пророщенное зерно взаимодействует с ножами, в результате росток отделяется от зерновки. Ростки и зерновки различны по массе, но имеют одинаковые начальные скорости полета  $v$ . Поэтому ростки и зерновки будут обладать кинетическими энергиями разной величины. При движении ростков и зерновок кинетическая энергия затрачивается на преодоление сил сопротивления воздуха.

Для расчета кинетической энергии зерновки запишем формулу:

$$E_1 = \frac{m_1 v^2}{2}, \quad (1)$$

где  $m_1$  – масса зерновки, кг;  $v$  – скорость движения зерновки, м/с.

Для расчета кинетической энергии, которой обладает росток запишем формулу:

$$E_2 = \frac{m_2 v^2}{2}, \quad (2)$$

где  $m_2$  – масса ростка, кг;  $v$  – скорость движения ростка, м/с.

Для расчета энергии, которую необходимо затратить, чтобы обеспечить перемещение зерновки для преодоления сопротивления воздуха, можно воспользоваться формулой:

$$A_1 = F_1 X_1, \quad (3)$$

где  $F_1$  – сила сопротивления воздуха движению зерновки, Н;  $X_1$  – наибольшее расстояние, на которое способна переместиться зерновка, м.

Для расчета энергии, которую необходимо затратить, чтобы обеспечить перемещение ростка для преодоления сопротивления воздуха, можно воспользоваться формулой:

$$A_2 = F_2 X_2, \quad (4)$$

где  $F_2$  – сила сопротивления воздуха движению ростка, Н;  $X_2$  – наибольшее расстояние, на которое способен переместиться росток, м.

Согласно условию  $m_1 > m_2$ ,  $E_1 > E_2$ .

При движении частицы в воздушном потоке, сила его сопротивления тем выше, чем больше проекция сечения частицы при условии, что она перпендикулярна потоку воздуха. Учитывая, что площадь фронтальной поверхности зерновки меньше площади поверхности ростка, можем записать  $F_1 < F_2$ . Тогда  $F_1 X_1 > F_2 X_2$ . Из этого выражения определим наибольшее расстояние, на которое может переместиться зерновка, применив формулу:

$$X_1 > \frac{F_2 X_2}{F_1}, \quad (5)$$

Из этого следует, что  $X_1 > X_2$ . Поэтому более тяжелая частица зерновка, имеющая меньшую площадь поверхности, будет перемещаться на большее расстояние, т.е. будет двигаться ближе к периферии камеры измельчения. Более тяжелые зерновки, за счет полученной большей кинетической энергии, будут располагаться в периферийном слое и будут взаимодействовать с молотками, которые расположены на внешнем барабане. А легким росткам будет сообщена меньшая кинети-

ческая энергия, вследствие этого они будут составлять внутренний слой и взаимодействовать с ножами. Так будет происходить разделение массы на два слоя и взаимодействие молотков и ножей с различными слоями пророщенного зерна.

**Обоснование производительности дробилки.** Производительность дробилки пророщенного зерна в каждом слое будет равна сумме производительностей измельчения в отдельных слоях. Для этого воспользуемся выражением:

$$Q = q_1 + q_2, \quad (6)$$

где  $q_1$  – производительность измельчения в слое молотков, кг/с;  $q_2$  – производительность измельчения в слое ножей, кг/с.

Для определения производительности в слое молотков применим выражение [16]:

$$q_1 = \pi D L h_{cl1} \rho_1 \mu_{ц1} / t, \quad (7)$$

где  $D$  – диаметр барабана, м;  $L$  – ширина барабана, м;  $h_{cl1}$  – толщина слоя дробления молотками ( $h_{cl1}=h$ ), м;  $\rho_1$  – плотность зерновок, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_{ц1}$  – концентрация зерновок в слое, кг/кг;  $t$  – продолжительность пребывания материала в камере, т.е. время его обработки, с.

Для определения производительности в слое ножей применим выражение [16]:

$$q_2 = \pi D L h_{cl2} \rho_2 \mu_{ц2} / t, \quad (8)$$

где  $D$  – диаметр барабана, м;  $L$  – ширина барабана, м;  $h_{cl2}$  – толщина слоя измельчения ножами ( $h_{cl2}=h_1$ ), м;  $\rho_2$  – плотность ростков, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_{ц2}$  – концентрация ростков в слое, кг/кг;  $t$  – продолжительность пребывания материала в камере, т.е. время его обработки, с.

В то же время, если выбранное число молотков  $k_{z1}$  в каждом из измельчающих барабанов обеспечивают разрушение частиц за 1 оборот ротора, производительность в слое молотков может быть определена интегрированием элементарного сечения измельченного материала по траектории движения молотков и ножей:

$$\Delta q_1 = \Delta S_1 v_1 \rho_1 \mu_{ц1}, \quad (9)$$

$$\Delta q_2 = \Delta S_2 v_2 \rho_2 \mu_{ц2}, \quad (10)$$

где  $\Delta q_1, \Delta q_2$  – соответственно элементарная производительность при измельчении в молотковом и в ножевом слое, кг/с;  $\Delta S_1, \Delta S_2$  – соответственно элементарные сечения молоткового и ножевого слоя, м<sup>2</sup>;  $v_1, v_2$  – соответственно линейные скорости движения элементарных сечений молоткового и ножевого слоя, м/с;  $\rho_1, \rho_2$  – соответственно плотность зерновки и ростка, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_{ц1}, \mu_{ц2}$  – концентрация частиц в молотковом и ножевом слое, кг/кг.

Элементарные сечения  $\Delta S_1$  и  $\Delta S_2$  в молотковом и в ножевом слое пропорциональны ширине барабана  $L$  элементарной высоте слоя по радиусу вращения  $r$ :

$$\Delta S_1 = L \Delta r, \quad (11)$$

$$\Delta S_2 = L \Delta r. \quad (12)$$

Тогда на основании равенства  $v = \omega r$ , получаем элементарные производительности при измельчении в молотковом и в ножевом слое как функции, зависящие от угловой частоты  $\omega$  и  $\omega_1, \omega_2$  соответственно угловые скорости вращения частиц в молотковом и ножевом слое, с<sup>-1</sup>:

$$\Delta q_1 = L v \omega_1 \rho_1 \mu_{ц1} r \Delta r, \quad (13)$$

$$\Delta q_2 = L v \omega_2 \rho_2 \mu_{ц2} r \Delta r. \quad (14)$$

где  $\omega_1, \omega_2$  – соответственно угловые скорости частиц в молотковом и ножевом слое, с<sup>-1</sup>.

В этом случае расчетную производительность в каждом слое можно определить интегрированием по высоте слоя. Для этого применим выражения:

$$q_1 = \int_{R_1}^{R_1+h_{cl1}} L v \omega_1 \rho_1 \mu_{ц1} r dr, \quad (15)$$

$$q_2 = \int_{R_2}^{R_2+h_{cl2}} L v \omega_2 \rho_2 \mu_{ц2} r dr, \quad (16)$$

где  $R_1, R_2$  – соответственно радиусы закрепления молотков и ножей на своих роторах, м;  $h_{cl1}, h_{cl2}$  – соответственно высоты молоткового и ножевого слоя, м.

После интегрирования получаем расчетные значения производительности в каждом слое:

$$q_1 = \omega_1 L h_{cl1} \rho_1 \mu_{ц1} (R_1 + \frac{h_{cl1}}{2}), \quad (17)$$

$$q_2 = \omega_2 L h_{cl2} \rho_2 \mu_{ц2} (R_2 + \frac{h_{cl2}}{2}), \quad (18)$$

Если принять:

$$h_{cl1} = h, h_{cl2} = h_1, \quad (19)$$

то окончательно запишем выражения для расчета производительности в каждом слое:

$$q_1 = \omega_1 L h \rho_1 \mu_{ц1} (R_1 + \frac{h}{2}), \quad (20)$$

$$q_2 = \omega_2 L h_1 \rho_2 \mu_{ц2} (R_2 + \frac{h_1}{2}), \quad (21)$$

где  $h$  – длина рабочей части молотков, м;  $h_1$  – длина рабочей части ножей, м.

Значения  $q_1$  и  $q_2$  могут быть выражены через частоту вращения ротора:

$$q_1 = \frac{\pi n_1}{30} L h \rho_1 \mu_{ц1} (R_1 + \frac{h}{2}), \quad (22)$$

где  $n_1$  – частота вращения молоткового ротора, мин<sup>-1</sup>.

$$q_2 = \frac{\pi n_2}{30} L h_1 \rho_2 \mu_{ц2} (R_2 + \frac{h_1}{2}), \quad (23)$$

где  $n_2$  – частота вращения ножевого ротора, мин<sup>-1</sup>.

Общую производительность дробилки  $Q$  (кг/с) с двумя типами рабочих органов, размещенных на внутреннем и внешнем барабанах, определим, применив выражение:

$$Q = \frac{\pi L}{30} \left[ n_1 h \rho_1 \mu_{ц1} \left( R_1 + \frac{h}{2} \right) + n_2 h_1 \rho_2 \mu_{ц2} \left( R_2 + \frac{h_1}{2} \right) \right]. \quad (24)$$

Выполнив расчеты, определили, что производительность дробилки пророщенного зерна составляет 0,52-0,56 т/ч, если обеспечить частоту вращения дробильного барабана 2200-2600 мин<sup>-1</sup>, а частоту вращения ножевого барабана 2600-2800 мин<sup>-1</sup>.

Производительность при измельчении зерновок рассчитаем, применив формулу:

$$Q_1 = k_1 Q, \quad (25)$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий содержание зерновок пророщенного зерна в общей массе.

Производительность при измельчении ростков рассчитаем, применив формулу:

$$Q_2 = k_2 Q, \quad (26)$$

$k_2$  – коэффициент, учитывающий содержание ростков пророщенного зерна в общей массе.

Для оценки энергоёмкости измельчения пророщенного зерна, необходимо учитывать содержание в исходной массе зерновок  $k_1=0,90-0,95$  и ростков  $k_2=0,05-0,10$ .

Мощность привода на измельчение пророщенного зерна (Вт) также можно рассчитать, как сумму слагаемых для измельчения в слое ножей и в слое молотков. Для этого применим выражение:

$$N_{изм} = N_{1изм} + N_{2изм}, \quad (27)$$

где  $N_{1изм}$  – мощность привода на измельчение в слое молотков;  $N_{2изм}$  – мощность привода на измельчение в слое ножей.

Мощности на привод барабанов, оснащенных молотками и ножами, определим, как произведения производительности и затрат энергии по выражениям:

$$N_{1изм} = q_1 A_{1изм}, \quad (28)$$

$$N_{2изм} = q_2 A_{2изм}. \quad (29)$$

Для обеспечения гарантированной работы дробилки при кратковременных перегрузках полную мощность для привода двух барабанов определим, применив выражение:

$$N = (1,15 \dots 1,20) N_{изм}. \quad (30)$$

Для расчета энергоёмкости измельчения по Мельникову [16], нужно учитывать степень измельчения продукта:

$$\mathcal{E}_H = \frac{N_{изм}}{Q \lambda}, \quad (31)$$

где  $N_{изм}$  – общая мощность, которую затрачивают на измельчение, кВт;  $Q$  – производительность дробилки пророщенного зерна, т/ч;  $\lambda$  – степень измельчения пророщенного зерна.

Для определения общей мощности, которую нужно затратить на измельчение, применим выражение:

$$N_{изм} = P_{СННН} + P_{СМНН}, \quad (32)$$

где  $P_{СННН}$  – потребляемая из сети активная мощность электродвигателя при рабочей нагрузке барабана, оснащенного ножами, кВт;  $P_{СМНН}$  – потребляемая из сети активная мощность электродвигателя при рабочей нагрузке барабана, оснащенного молотками, кВт.

Энергоёмкость процесса (кВт·ч/т) с учетом степени измельчения зерновок и ростков необходимо оценить по формулам:

$$\mathcal{E}_{H1} = N_{изм1} / (q_1 \lambda_1). \quad (33)$$

$$\mathcal{E}_{H2} = N_{изм2} / (q_2 \lambda_2). \quad (34)$$

Энергоёмкость измельчения пророщенного зерна запишем в виде суммы:

$$\mathcal{E}_H = \mathcal{E}_{H1} + \mathcal{E}_{H2}, \quad (35)$$

Равенство (35) представим в виде:

$$\mathcal{E}_H = \frac{N}{Q} \left( \frac{1}{\mu_1 \lambda_1} + \frac{1}{\mu_2 \lambda_2} \right), \quad (36)$$

где  $\mu_{ц1}$  – концентрация зерновок в слое, кг/кг;  $\mu_{ц2}$  – концентрация ростков в слое, кг/кг.

**Выводы.** На основании обобщения представленного выше материала, можно сделать следующие выводы.

1. Обосновали необходимость использования пророщенного зерна в рационах кормления животных. Представили технологию введения в комбикорм пророщенного зерна с указанием положения дробилки.

2. Разработали общее устройство и описали принцип работы камеры измельчения предложенной дробилки пророщенного зерна с двумя типами рабочих органов молотков и ножей. Обосновали внутреннее расположение барабана, оснащенного ножами и внешнее расположение барабана с молотками, которые размещены в камере измельчения. Представленная дробилка, в которой два измельчающих барабана, оснащенных ножами и молотками, расположены в одной камере, может осуществлять следующие операции: накапливать пророщенное зерно в бункере, дозированно подавать его в камеру измельчения, разделять массу на ростки и зерновки с последующим их раздельным измельчением и эвакуацию измельченной массы из дробильной камеры.

3. В результате проведенных расчетов определили конструктивные и режимные параметры дробильного барабана: диаметр барабана с молотками –  $D=0,6 \dots 0,62$  м; длина барабана с молотками –  $L=0,3 \dots 0,32$  м; частота вращения барабана с молотками  $n_1=2200-2600$  мин<sup>-1</sup>. Конструктивные и режимные параметры барабана с ножами: диаметр –  $d=0,5 \dots 0,51$  м; частота вращения барабана, оснащенного ножами –  $n_2=2600-2800$  мин<sup>-1</sup>.

4. При измельчении пророщенного высушенного ячменя расчетная пропускная способность дробилки составила 520-560 кг/ч. При влажности пророщенного зерна 13-15 % расчетная энергоёмкость измельчения с использованием предложенной дробилки с двумя типами рабочих органов составила 5800-6200 Вт ч/т.

### Библиография

1. Курасов В.С., Соколенко О.Н. Технология производства гидропонного зелёного корма. Краснодар : КубГАУ, 2017. 177 с.
2. Пономарев А.Ф., Походня Г.С., Ескин Г.В. Свиноводство и технология производства свинины. – Белгород : Крестьянское дело. 2001. 492 с.
3. Походня Г.С., Булавин С.А., Саенко Ю.В. Эффективность откорма свиней с использованием пророщенного зерна ячменя в их рационах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 9. С. 53–54.
4. Курасов В.С., Припоров И.Е. Обоснование применения технологии приготовления белкового комбикорма // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. СПб. : 2019. № 4(57). С. 223–228.
5. Припоров И.Е., Курасов В.С., Шепелев А.Б. Система для приготовления комбинированного белкового корма с применением компьютерных устройств // Сельский механизатор. 2020. № 4. С. 26–27.
6. Бахарев Д.Н., Вольвак С.Ф. Бионические основы разработки и конструирования эффективных типов молотильно-сепарирующих устройств для кукурузы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. Майский, 2017. № 3(15). С. 3–13.

7. Воронин В.В., Акименко А.В., Коношин И.В., Чехунов О.А., Воронина Н.А. Теоретическое и экспериментальное обоснование эффективности применения иглообразных рабочих элементов в дробилках решетного и безрешетного типа // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. Майский. 2019. № 4(24). С. 44–51.
8. Вольвак С.Ф., Бахарев Д.Н., Вертий А.А., Корчагина Е.Е. Теоретическое обоснование затрат мощности на измельчение стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 1(13). С. 23–32.
9. Мухин В.А., Пилипенко А.М., Малышев А.В. К вопросу повышения эффективности измельчения зернофуражных культур // Научное обозрение. 2015. № 6. С. 26–29.
10. Шкондин В.Н., Семенихин А.М., Гуриченко Л.А. Дисковый измельчитель кормового зерна // Техника и оборудование для села. 2014. № 10(208). С. 9–11.
11. Вендин С.В., Саенко Ю.В. К расчёту конструктивных параметров ножей для измельчения пророщенного зерна // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. Майский, 2018. № 1. С. 16–31.
12. Пат. RU 2493697 A01K 5/02 (2006.01). Технологическая линия для подготовки к скармливанию пророщенного зерна / Ю. В. Саенко, С. А. Булавин, А. Ю. Носуленко, В. А. Немыкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА. – № 2012102292; заявл. 23.01.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
13. Пат. RU 2493918 B02C13/02 (2006.01). Дробилка пророщенного высушенного зерна / Ю. В. Саенко, С. А. Булавин, В. Н. Саенко, А. Ю. Носуленко, В. А. Немыкин, Е. Г. Федорчук; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Белгородская ГСХА. – № 2012111904; заявл. 29.03.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.
14. Булавин С.А., Вендин С.В., Саенко Ю.В. Технологическая линия для подготовки корма из пророщенного зерна // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 6. С. 14.
15. Коношин И.В., Булавинцев Р.А., Волженцев А.В. Экспериментально-теоретическое исследование работы молотковой дробилки // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 198–204.
16. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л. : Колос. 1978. 560 с.
17. Коношин И.В., Черепков В.А. Связь прямоугольной формы отверстий и энергоёмкости измельчения зерна // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2020. № 9. С. 33–39.
18. Гулевский В.А., Вертий А.А. Усовершенствование технологии измельчения грубых стебельчатых кормов измельчителем с шарнирно подвешенными комбинированными ножами // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т. 12. № 1(60). С. 73–81.
19. Труфанов В.В., Золотарев А.М., Дружинин Р.А. К обоснованию рациональных режимных параметров ударно-центробежной дробилки // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 1(56). С. 119–127.
20. Гулевский В.А., Вертий А.А. Математическое моделирование работы измельчителя кормов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 3(58). С. 120–128.
21. Шкондин В.Н., Семенихин А.М., Гуриченко Л.А. Энергоресурсосбережение при измельчении компонентов комбикормов // Сельский механизатор. 2017. № 9. С. 22–23.

#### References

1. Kurasov V.S., Sokolenko O.N. Tekhnologiya proizvodstva gidroponnogo zelyonogo korma [Hydroponic green food production technology]. Monografiya. Krasnodar : KubGAU. 2017. 177 p.
2. Ponomarev A.F., Pohodnya G.S., Eskin G.V. Svinovodstvo i tekhnologiya proizvodstva svininy [Pig farming and pork production technology]. Belgorod : Krest'yanskoe delo. 2001. 492 p.
3. Pohodnya G.S., Bulavin S.A., Saenko Yu.V. Effektivnost' otkorma svinej s ispol'zovaniem prorashchennogo zerna yachmenya v ih racionah [The effectiveness of fattening pigs using sprouted barley grain in their diets] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2012. № 9. Pp. 53–54.
4. Kurasov V.S., Priporov I.E. Obosnovanie primeneniya tekhnologii prigotovleniya belkovogo kombikorma [Justification of the application of technology for the preparation of protein feed] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. SPb. 2019. № 4(57). Pp. 223–228.
5. Priporov I.E., Kurasov V.S., Shepelev A.B. Sistema dlya prigotovleniya kombinirovannogo belkovogo korma s primeneniem komp'yuternyh ustrojstv [System for preparing combined protein feed using computer devices] // Sel'skij mekhanizator, 2020. № 4. Pp. 26–27.
6. Baharev D.N., Vol'vak S.F. Bionicheskie osnovy razrabotki i konstruirovaniya effektivnyh tipov molotil'no-separiruyushchih ustrojstv dlya kukuruzy [Bionic framework for the development and construction of effective types of threshing and separating devices for corn] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. Majsij, 2017. № 3(15). Pp. 3–13.
7. Voronin V.V., Akimenko A.V., Konoshin I.V., Chekhunov O.A., Voronina N.A. Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie effektivnosti primeneniya igloobraznyh rabochih elementov v drobilkah reshetnogo i bezreshetnogo tipa [Theoretical and experimental substantiation of the effectiveness of the use of needle-shaped working elements in crushers of sieve and sieveless type] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. Majsij, 2019. № 4(24). Pp. 44–51.
8. Vol'vak S.F., Baharev D.N., Vertij A.A., Korchagina E.E. Teoreticheskoe obosnovanie zatrat moshchnosti na izmel'chenie stebel'chatyh kormov izmel'chitelem s sharnirno podveshennymi kombinirovannymi nozhami [Theoretical substantiation of power consumption for chopping stalked forage by a chopper with articulated combined knives] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. Majsij, 2017. № 1(13). Pp. 23–32.
9. Mulin V.A., Piliipenko A.M., Malyshev A.V. K voprosu povysheniya effektivnosti izmel'cheniya zernofurazhnyh kul'tur [On the issue of increasing the efficiency of grinding grain crops] // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 6. Pp. 26–29.
10. Shkondin V.N., Semenihih A.M., Gurinchenko L.A. Diskovyy izmel'chitel' kormovogo zerna [Disk shredder of feed grain] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2014. № 10(208). Pp. 9–11.
11. Vendin S.V., Saenko Y.V. K raschyotu konstruktivnyh parametrov nozhej dlya izmel'cheniya proroshchennogo zerna [To the calculation of the design parameters of knives for grinding sprouted grain] // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. Majsij, 2018. № 1. Pp. 16–31.
12. Пат. RU 2493697 C1 A01K 5/02 Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki k skarmlivaniyu proroshchennogo zerna [Technological line for preparation for feeding sprouted grain]: (2006.01) / S. A. Bulavin, Yu. V. Saenko, A. Yu. Nosulenko, V.A. Nemykin. Zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO BelGSKHA № 2012102292; zayavl. 23.01.2012; opubl. 27.09.2013, Byul. № 27.



13. Pat. RU 2493918 B02C13/02. Drobilka prorošchennogo vysushennogo zerna [Sprouted Dried Grain Crusher]: (2006.01) / Yu. V. Saenko, S. A. Bulavin, V. N. Saenko, A. Yu. Nosulenko, V. A. Nemykin, E. G. Fedorchuk. FGBOU VPO BelGSKHA № 2012111904; zayavl. 29.03.2012; opubl. 27.09.2013, Byul. № 27.
14. Bulavin S.A., Vendin S.V., Saenko Yu.V. Tekhnologicheskaya liniya dlya podgotovki korma iz prorošchennogo zerna [Technological line for the preparation of feed from sprouted grain] // Tekhnika v sel'skom hozyajstve. 2013. № 6. S. 14.
15. Konoshin I.V., Bulavincev R.A., Volzhencev A.V. Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie raboty molotkovoj drobilki [Experimental and theoretical study of the operation of a hammer crusher] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 9. Pp. 198–204.
16. Mel'nikov S.V. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskih ferm [Mechanization and automation of livestock farms]. L. : Kolos. 1978. 560 p.
17. Konoshin I.V., Cherepkov V.A. Svyaz' pryamougol'noj formy otverstij i energoemkosti izmel'čeniya zerna [The relationship between the rectangular shape of the holes and the energy intensity of grain grinding] // Sel'skohozyajstvennaya tekhnika: obsluzhivanie i remont. 2020. № 9. Pp. 33–39.
18. Gulevskij V.A., Vertij A.A. Usovershenstvovanie tekhnologii izmel'čeniya grubych stebel'chatyh kormov izmel'čitelem s sharnirno podvешennymi kombinirovannymi nozhami [Improvement of the technology of crushing coarse stalked feeds with a shredder with hinged combination knives] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 12. № 1(60). Pp. 73–81.
19. Trufanov V.V., Zolotarev A.M., Druzhinin R.A. K obosnovaniyu racional'nyh rezhimnyh parametrov udarno-centrobeznoj drobilki [To substantiate the rational operating parameters of an impact centrifugal crusher] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 1(56). Pp. 119–127.
20. Gulevskij V.A., Vertij A.A. Matematicheskoe modelirovanie raboty izmel'čitelya kormov [Mathematical modeling of the feed shredder operation] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3(58). Pp. 120–128.
21. Shkondin V.N., Semehin A.M., Gurinenko L.A. Energoresursoberezenie pri izmel'čanii komponentov kombikormov [Energy saving during the grinding of feed components] // Sel'skij mekhanizator. 2017. № 9. Pp. 22–23.

#### Сведения об авторах

Саенко Юрий Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры машин и оборудования в агробизнесе, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-381948, e-mail: yuriy311300@mail.ru.

Семернина Марина Александровна, кандидат технических наук, преподаватель кафедры прикладной информатики и математики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-392302.

Страхов Владимир Юрьевич, преподаватель кафедры электрооборудования и электротехнологий в АПК, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+7-4722-391136.

#### Information about authors

Saenko Yuri Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Machines and Equipment in Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova St., 1, Maysky, Belgorod District, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7-4722-381948, e-mail: yuriy311300@mail.ru.

Semernina Marina Alexandrovna, candidate of technical Sciences, Lecturer at the Department of Applied Informatics and Mathematics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. +7-4722-392302.

Strakhov Vladimir Yuryevich, lecturer of the Department of Electrical Equipment and Electrical Technologies in the Agroindustrial Complex, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel.+7-4722-391136.

УДК 62-2.001.5.004.62/63

*Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.Н. Логачев, Е.Н. Семешина, Н.С. Чернышов, С.А. Зайцев*

### ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ КОМПОЗИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ, ФОРМИРУЕМЫМИ ПРИ КВДУ

**Аннотация.** В работе приведены данные, подтверждающие целесообразность использования композитных покрытий, формируемых способом карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с применением многокомпонентных паст, содержащих матричный порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе, для повышения ресурса стрелчатых лап почвообрабатывающей техники. Для оценки эффективности использования композитных покрытий данного типа были проведены производственные испытания стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2, с тыльной стороны режуще-лезвийных частей которых способом КВДУ сформированы композитные покрытия. В состав многокомпонентной пасты для формирования покрытий входили матричный порошок ПР-Х30СРНДЮ (65 % по массе), карбид бора В<sub>4</sub>С (25 % по массе), криолит – остальное. Производственные испытания проводили на суглинистых почвах, преимущественно средне- и тяжелосуглинистых. Упрочненные стрелчатые лапы проходили испытания совместно с новыми лапами в состоянии поставки, при проведении испытаний контролировали линейный износ носовой части лап и ширины их крыльев. Измерение износа лап проводили периодически, через 4...5 га наработки. Выявлено, что стрелчатые лапы в состоянии поставки до снятия с эксплуатации, обусловленного достижением износа их носовой части на величину 50 мм, подлежат замене при средней наработке 38 га. Стрелчатые лапы, упрочненные путем нанесения композитных покрытий способом КВДУ, до снятия с эксплуатации нарабатывают в среднем 80 га. Таким образом, их ресурс относительно серийных лап выше в 2,1 раза. Стойкость к абразивному изнашиванию для стрелчатых лап в состоянии поставки изменяется с 0,63 га/мм до 0,76 га/мм, а для лап, имеющих композитное покрытие, сформированное при КВДУ, с 1,37 га/мм до 1,60 га/мм. Зона приработки, характеризуемая монотонным возрастанием стойкости к абразивному изнашиванию, для лап в состоянии поставки завершается при средней наработке 20 га, а для упрочненных КВДУ стрелчатых лап – при средней наработке 45 га. После достижения вышеуказанных значений стойкость к абразивному изнашиванию стабилизируется. Следовательно, формирование на режуще-лезвийных частях стрелчатых лап зарубежной почвообрабатывающей техники композитных покрытий способом КВДУ позволит снизить необходимость приобретения оригинальных дорогостоящих деталей зарубежного производства.

**Ключевые слова:** стрелчатая лапа, карбовибродуговое упрочнение, композитное покрытие, многокомпонентная паста, почвообрабатывающая техника, износ, ресурс.

### INCREASING THE SERVICE LIFE OF LANCET TINES OF TILLAGE MACHINERY BY COMPOSITE COATINGS FORMED AT CVAH

**Abstract.** The paper presents data confirming the expediency of using composite coatings formed by the method of carbo-vibro-arc hardening (CVAH) with the use of multi-component pastes containing matrix powder PR-X30SRNDU on the iron base to increase the resource of lancet tines of tillage equipment. To evaluate the efficiency of using composite coatings of this type, production tests were carried out on the lancet tines of the Wil-Rich Quard X2 cultivator, with composite coatings formed on the back side of the cutting-blade parts of which by the CVAH method. The composition of the multi-component paste for coating formation included matrix powder PR-X30SRNDU (65 % by mass), boron carbide B<sub>4</sub>C (25 % by mass), cryolite – the rest. The binding agent was a solution of PVA-M glue. Production tests were carried out on loamy soils, mainly medium and heavy loamy soils. Strengthened lancet tines were tested together with new tines in the delivery condition, during the tests the linear wear of the tine nose and the width of their wings were controlled. Measurement of tine wear was carried out periodically, after 4...5 ha of working time. Production tests have shown that the lancet tines in the delivery condition reach their limit state due to the achievement of wear of their nose part by the value of 50 mm and are subject to replacement at an average working time of 38 ha. The boom tines hardened by applying composite coatings by the CVAH method, before the onset of the limit state work on average 80 hectares. Thus, their resource is 2.1 times higher compared to serial tines. The resistance to abrasive wear for lancet tines in the delivery condition changes from 0,63 ga/mm to 0,76 ga/mm, and for tines with composite coating formed at the CVAH from 1,37 ga/mm to 1,60 ga/mm. The run-in zone, characterised by monotonous increase of resistance to abrasive wear, for tines in the delivery condition is completed at an average operating time of 20 ha, and for CVAH hardened lancet tines – at an average operating time of 45 ha. Once the above values are reached, the abrasion resistance stabilises. Consequently, the formation of composite coatings on the cutting-blade parts of the lancet tines of foreign soil tillage machinery by the method of CVAH will reduce the need to purchase original expensive parts of foreign production.

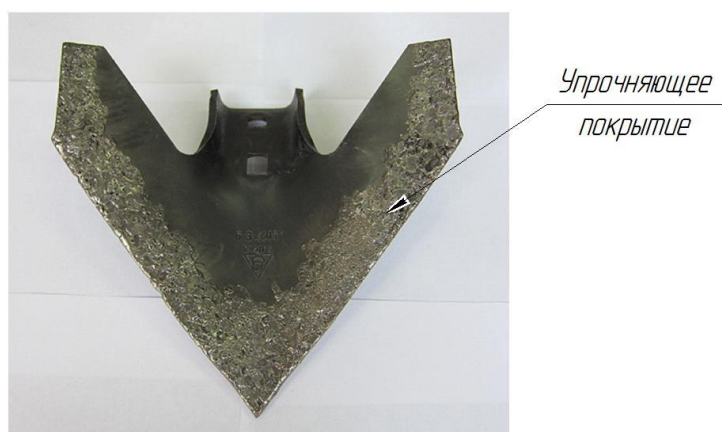
**Keywords:** lancet tine, carbo-vibro-arc hardening, composite coating, multi-component paste, tillage equipment, wear, service life.

**Введение.** В настоящее время на полях хозяйств Российской Федерации широко используется зарубежная почвообрабатывающая техника, основным сменным рабочим органом которой являются стрелчатые лапы [1, 2]. Вместе с тем, имеющиеся сейчас серьезные перебои с поставкой запасных частей и расходных материалов к данной технике, а также существенное возрастание их цены вызывает необходимость активизации работ и разработки технологий, позволяющих значительно увеличить их долговечность и ресурс. Ситуация усугубляется еще и тем, что большинство зарубежных культиваторов – это широкозахватные машины, у которых количество стрелчатых лап может достигать 70...80 штук на один культиватор, а в отдельных случаях и выше. Замена комплекта лап даже на одном культиваторе при средней рыночной цене лапы, составляющей не менее 2,0...2,5 тыс. рублей, приводит к значительным затратам для сельских товаропроизводителей и, как следствие, к росту себестоимости производимой продукции и ее розничной цены.

Научные и технологические основы способов упрочнения рабочих органов изучаются многими учеными [1-5]. Способ карбовибродугового упрочнения (КВДУ) за последнее десятилетие становится все более востребованным для повышения ресурса рабочих органов. Особенности данного способа упрочнения и технологические рекомендации по его осуществлению приведены во многих научных работах [2, 6-15].

Проводимые в лабораторных условиях исследования структуры и свойств композитных покрытий, полученных при КВДУ, не могут в полной мере ответить на вопрос о том, насколько эффективно данные покрытия будут работать в почвенной среде при выполнении почвообрабатывающей техникой своих непосредственных функций. Поэтому нами были проведены производственные испытания стрелчатых лап культиваторов Wil-Rich Quard X2 (Канада), на режуще-лезвийных частях (РЛЧ) которых способом КВДУ были получены композитные покрытия. Именно данный вид испытаний позволит окончательно определить эффективность и целесообразность использования рассматриваемой технологии применительно к повышению ресурса стрелчатых лап.

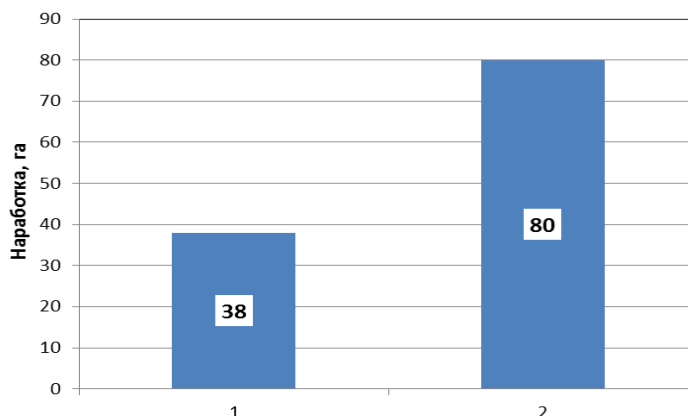
**Методы исследования.** При проведении производственных испытаний стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 композитные покрытия способом КВДУ на их РЛЧ были сформированы с тыльной стороны (рисунок 1), что связано с проведенными ранее испытаниями [8]. Для формирования композитных покрытий использовали установку ВДГУ-2. При КВДУ использовали электроды диаметром 8 мм. Многокомпонентную пасту для КВДУ готовили путем смешения в шаровой мельнице планетарного типа следующих компонентов: порошок ПР-Х30СРНДЮ на железной основе (матрица) – 65 % по массе, карбид бора В<sub>4</sub>С – 25 % по массе, криолит Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> – остальное. Их выбор является обобщением комплекса проведенных нами лабораторных испытаний структуры и свойств покрытий данного типа [6, 11, 14, 15]. Режимы формирования покрытий: сила тока – 70...80 А, скорость перемещения угольного электрода – 4...5 мм/с, частота колебаний угольного электрода – 25 Гц.



**Рис. 1 – Стрелчатая лапа культиватора Wil-Rich Quard X2, имеющая композитное покрытие, сформированное при КВДУ**

Скорость движения при культивации составляла 12...13 км/ч. Производственные испытания проводились на суглинистых почвах, преимущественно средне- и тяжелосуглинистых, при их предпосевной обработке. Техническое состояние культиватора соответствовало установленным нормативно-технической документацией требованиям. Все экспериментальные стрелчатые лапы проходили испытания совместно с новыми лапами в состоянии поставки. При проведении испытаний контролировали износ носовой части лап и ширины их крыльев. Измерение износа лап проводили периодически, через 4...5 га наработки. Для измерения износа лап использовали штангенциркуль типа ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166. При проведении агротехнической оценки учитывали требования, изложенные в работе [1].

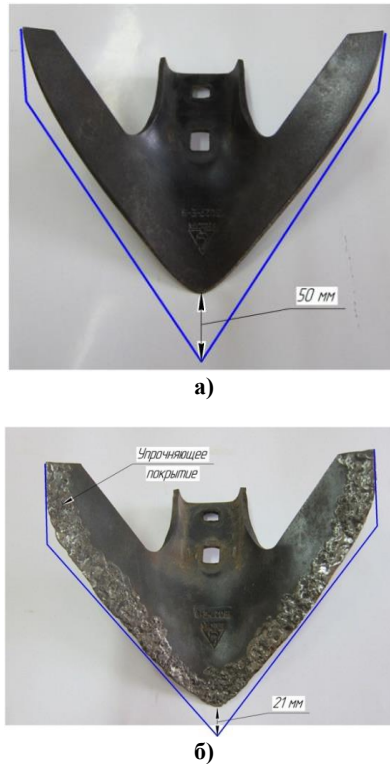
**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты проведенных производственных испытаний стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 показали, что с увеличением их наработки практически линейно возрастает и износ носовой части испытуемых лап. Данная закономерность имела место независимо от того, какую стрелчатую лапу подвергали измерениям и анализу – упрочненную или серийную в состоянии поставки. Лапы в состоянии поставки до снятия с эксплуатации, обусловленного достижением износа их носовой части на величину 50 мм, подлежат замене при средней наработке 38 га (рисунок 2). Стрелчатые лапы, имеющие композитное покрытие, сформированное при КВДУ на их РЛЧ, при аналогичной наработке имеют более чем вдвое меньший износ носовой части, в среднем 21 мм (рисунок 3). До снятия с эксплуатации упрочненные стрелчатые лапы вырабатывают в среднем 80 га, что в 2,1 раза выше, чем у лап в состоянии поставки.



**Рис. 2 – Ресурс стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2: лапа в состоянии поставки (1); лапа, имеющая композитное покрытие, сформированное при КВДУ (2)**

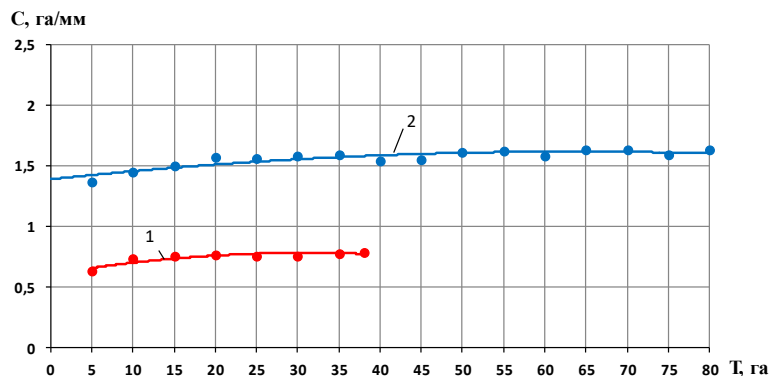
Техническое состояние испытуемых стрельчатых лап наглядно иллюстрирует рисунок 3. На фотографиях наглядно видна разница в износах лапы в состоянии поставки, доработавшей до момента снятия ее с эксплуатации, и лапы, имеющей композитное покрытие, сформированное при КВДУ, при аналогичной наработке. В рассматриваемом случае износ лапы в состоянии поставки превышает износ лапы с покрытием на 29 мм.

При проведении производственных испытаний рабочих органов одним из основных критериев, определяющих долговечность работающей в контакте с почвой детали, является ее стойкость к абразивному изнашиванию [1, 2, 4]. Проведенными испытаниями установлено, что характер изменения данного параметра в функции наработки для испытуемых стрельчатых лап примерно одинаков (рисунок 4). Стойкость к абразивному изнашиванию для стрельчатых лап в состоянии поставки изменяется от 0,63 до 0,76 га/мм, а для лап, имеющих композитное покрытие, сформированное при КВДУ, с 1,37 га/мм до 1,60 га/мм. Анализируя полученные данные, видно, что на графиках можно выделить две зоны: зону приработки и зону стабилизации процесса износа. Зона приработки, характеризующаяся монотонным возрастанием стойкости к абразивному изнашиванию, для лап в состоянии поставки завершается при средней наработке 20 га, а для упрочненных КВДУ стрельчатых лап – при средней наработке 45 га. После достижения вышеуказанных значений стойкость к абразивному изнашиванию стабилизируется и в дальнейшем до наступления предельного состояния лап изменяется незначительно.



**Рис. 3 – Стрельчатые лапы культиватора Wil-Rich Quard X2: в состоянии поставки (а) после наработки 38 га и имеющая композитное покрытие, сформированное при КВДУ (б) после аналогичной наработки**

Величины износов крыльев стрельчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 по ширине после снятия их с эксплуатации по причине предельного износа носовой части оказались много ниже. Так, износ крыльев лап в состоянии поставки был равен 17 мм в их средней части и 22 мм при приближении к краю лап. У лап, имеющих упрочняющее композитное покрытие, сформированное способом КВДУ на РЛЧ, износ их крыльев был равен 6 мм в их средней части и 14 мм при приближении к краю лап.



1 – лапа в состоянии поставки; 2 – лапа, имеющая композитное покрытие, сформированное при КВДУ

**Рис. 4 – Зависимость стойкости к абразивному изнашиванию (С) носовой части стрельчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 от наработки (Т)**

Проведенная агротехническая оценка показала, что стрелчатые лапы культиватора Wil-Rich Quard X2, имеющие композитные покрытия, обеспечивают удаление более 90 % сорных растений, что в полной мере соответствует требованиям нормативно-технической документации.

**Выводы.** На основании обобщения приведенных результатов можно сделать следующие выводы.

1. При обработке суглинистых почв зависимость износа носовой части стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 как в состоянии поставки, так и имеющих на РЛЧ композитные покрытия, сформированные при КВДУ, от наработки является прямопропорциональной.

2. Ресурс стрелчатых лап культиватора Wil-Rich Quard X2 после формирования на их РЛЧ композитных покрытий способом КВДУ возрастает в среднем в 2,1 раза. Стойкость к абразивному изнашиванию для стрелчатых лап в состоянии поставки изменяется с 0,63 га/мм до 0,76 га/мм, а для лап, имеющих композитное покрытие, сформированное при КВДУ, с 1,37 га/мм до 1,60 га/мм.

3. Формирование на РЛЧ стрелчатых лап зарубежных культиваторов композитных покрытий способом КВДУ позволит снизить необходимость приобретения оригинальных дорогостоящих деталей зарубежного производства.

#### Библиография

1. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: монография. – М. : ИНФРА-М, 2019. 155 с.
2. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 115. С. 96–104.
3. Пастухов А.Г., Шарая О.А., Волков М.И. Экспериментальная отработка технологического процесса электрометаллического упрочнения деталей из стали 65Г // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2021. № 2(30). С. 78–89.
4. Михальченко А.М., Гуцан А.А., Гапонова В.Е. Повышение износостойкости и межремонтного ресурса плужных лемехов совмещенным способом восстановления и упрочнения // Технология металлов. 2023. № 1. С. 44–48. DOI 10.31044/1684-2499-2023-0-1-44-48.
5. Шарая О.А., Пастухов А.Г., Кравченко И.Н. Инженерия поверхности упрочненных деталей: монография. – М. : ИНФРА-М, 2020. 124 с.
6. Bazhin P.M., Zhidovich A.O., Stolin A.M., Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Avdeeva V.V. Features of the carbo-vibroarc surfacing in the development of multicomponent cermet wear-resistant coatings // Surface and Coatings Technology. 2022. Т. 429. С. 127952. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127952>.
7. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N. et al. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 669. № 1. P. 012049.
8. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Логачев В.Н. и др. Технология карбовибродугового упрочнения и целесообразность её использования в агропромышленном комплексе // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 1(33). С. 117–124.
9. Задорожний Р.Н., Тужилин С.П. Металлографические исследования стальных образцов, упрочненных карбовибродуговой наплавкой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 2. С. 57–61.
10. Мургазин Г.Р., Зиганшин Б.Г., Яхин С.М. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2015. № 10. С. 32–34.
11. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. et al. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // Welding International. 2017. Vol. 31. № 9. Pp. 739–742. DOI: 10.1080/09507116.2017.1318494.
12. Шарифуллин С.Н., Соловьев Р.Ю., Аракчеева К.С. и др. Упрочнение поверхностей режущих элементов сельскохозяйственных агрегатов вибродуговой плазмой // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 145–151.
13. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Соловьев Р.Ю. и др. Результаты производственной проверки экспериментальных упрочненных износостойкими материалами ножей скоростных плугов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 3(27). С. 90–97.
14. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Виноградов В.В. и др. Исследование влияния режимов и параметров карбовибродугового упрочнения на толщину металлокерамического покрытия // Техника и оборудование для села. 2016. № 9. С. 34–37.
15. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Виноградов В.В. и др. Исследование микроструктуры композиционных металлокерамических покрытий, полученных карбовибродуговой наплавкой // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 3–7.

#### References

1. Novikov V.S. Obespecheniye dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: monografiya [Ensuring the durability of the working bodies of soil-cultivating machines: monograph]. – М. : INFRA-M, 2019. 155 p.
2. Lyalyakin V.P., Solov'ev S.A., Aulov V.F. Uprochnenie i vosstanovlenie detalej pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarochno-naplavochnymi metodami (obzor) [Hardening and restoration of parts of tillage machines by welding-surfacing methods (review)] // Welding International. 2014. № 7. Pp. 32–36.
3. Pastukhov A.G., Sharaya O.A., Volkov M.I. Eksperimental'naya otrabotka tekhnologicheskogo protsessa elektromekhanicheskogo uprochneniya detaley iz stali 65G [Experimental development of the technological process of electromechanical hardening of parts made of steel 65G] // Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives. 2021. № 2(30). Pp. 78–89.
4. Mikhail'chenkov A.M., Gutsan A.A., Gaponova V.Ye. Povysheniye iznosostoykosti i mezhremontnogo resursa pluzhnykh lemekhov sovmeshchennym sposobom vosstanovleniya i uprochneniya [Increase of wear resistance and overhaul life of plow shares by a combined method of restoration and hardening] // Tekhnologiya metallov. 2023. № 1. Pp. 44–48.
5. Sharaya O.A., Pastukhov A.G., Kravchenko I.N. Inzheneriya poverkhnosti uprochnennykh detaley: monografiya [Surface engineering of hardened parts: monograph.]. – М. : INFRA-M, 2020. 124 p.
6. Bazhin P.M., Zhidovich A.O., Stolin A.M., Titov N.V., Kolomeichenko A.V., Avdeeva V.V. Features of the carbo-vibroarc surfacing in the development of multicomponent cermet wear-resistant coatings // Surface and Coatings Technology. 2022. Т. 429. P. 127952. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.127952>.
7. Sharifullin S.N., Adigamov N.R., Adigamov N.N. et al. Surface hardening of cutting elements agricultural machinery vibro arc plasma // Journal of Physics: Conference Series. 2016. V. 669. № 1. P. 012049.

8. Titov N.V., Kolomeychenko A.V., Logachev V.N. et al. Tekhnologiya karbovibrodrugovogo uprochneniya i tselesoobraznost' yeyo ispol'zovaniya v agropromyshlennom komplekse [Technology of carbo-vibro-arc hardening and expediency of its use in the agro-industrial complex] // Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives. 2022. № 1(33). Pp. 117–124.

9. Zadorozhnyj R.N., Tuzhilin S.P. Metallograficheskie issledovaniya stal'nykh obraztsov, uprochnennykh karbovibrodrugovoj naplavkoj [Metallographic examination of steel samples hardened by carbo-vibro-arc surfacing] // Proceedings of GOSNITI. 2016. V. 124. № 2. Pp. 57–61.

10. Murtazin G.R., Ziganshin B.G., Yakhin S.M. Povyshenie resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushhikh mashin [Increasing the service life of tillage machines] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2015. № 10. Pp. 32–34.

11. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. et al. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing // Welding International. 2017. Vol. 31. № 9. Pp. 739–742. DOI: 10.1080/09507116.2017.1318494.

12. Sharifullin S.N., Solov'ev R.Yu., Arakcheeva K.S. et al. Uprochnenie poverkhnostej rezhushhikh ehlementov sel'skokhozyajstvennykh agregatov vibrodrugovoj plazmoj [Hardening the surfaces of cutting elements of agricultural aggregates by vibro-arc plasma] // Proceedings of GOSNITI. 2016. V. 122. Pp. 145–151.

13. Titov N.V., Kolomeychenko A.V., Solov'ev R.Yu. i dr. Rezul'taty proizvodstvennoj proverki ehksperimental'nykh uprochnennykh iznosostojkimi materialami nozhej skorostnykh plugov [Results of production inspection of experimental blades of high-speed ploughs hardened with wear-resistant materials] // Innovations in Agriculture: Problems and Perspectives. 2020. № 3(27). Pp. 90–97.

14. Titov N.V., Kolomeychenko A.V., Vinogradov V.V. i dr. Issledovanie vliyaniya rezhimov i parametrov karbovibrodrugovogo uprochneniya na tolshhinu metallokeramicheskogo pokrytiya [Study of the influence of modes and parameters of carbo-vibro-arc hardening on the thickness of the ceramic-metal coating] // Machinery and Equipment for Rural Area. 2016. № 9. Pp. 34–37.

15. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. i dr. Issledovanie mikrostruktury kompozitsionnykh metallokeramicheskikh pokrytij, poluchennykh karbovibrodrugovoj naplavkoj [Investigation of the microstructure of composite ceramic-metal coatings produced by carbo-vibro-arc surfacing] // Welding International. 2016. № 11. Pp. 3–7.

#### Сведения об авторах

Титов Николай Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: ogau@mail.ru.

Коломейченко Александр Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом перспективных технологий Центра сельскохозяйственного машиностроения, Государственный научный центр Российской Федерации ФГУП «НАМИ», ул. Автомоторная, д. 2, г. Москва, Россия, 125438, тел. +7 495 456-42-50, доб. 64-23, e-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Логачев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: logvovan@mail.ru.

Семешина Елена Николаевна, аспирант кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел.+7 4862 43-19-79, e-mail: alena\_alenka@mail.ru.

Чернышов Николай Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: black-79@mail.ru.

Зайцев Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры надежности и ремонта машин, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», ул. Генерала Родина, д. 69, г. Орел, Россия, 302019, тел. +7 4862 43-19-79, e-mail: serjft@mail.ru.

#### Information about authors

Titov Nikolay Vladimirovich, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Head of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St. 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, e-mail: ogau@mail.ru.

Kolomeichenko Aleksandr Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Center of Agricultural Engineering, Central research and development automobile and engine institute NAMI, 125438, Moscow, Russia, Avtomotornaya St., 2, +7 495 456-42-50, ext. 65-28, e-mail: a.kolomiychenko@nami.ru.

Logachev Vladimir Nikolayevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St., 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, 302019, e-mail: logvovan@mail.ru.

Semeshina Elena Nikolaevna, Post-graduate Student of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St. 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, e-mail: alena\_alenka@mail.ru.

Chernyshov Nikolay Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St., 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, 302019, e-mail: black-79@mail.ru.

Zaitsev Sergey Alexandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Reliability and Machine Repair Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin», General Rodin St., 69, Orel, Russia, 302019, tel. +7 4862 43-19-79, 302019, e-mail: serjft@mail.ru.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОНОМИИ

УДК 631:631.51:633.854.78:633.16:631.41:631.43:631.559

С.Н. Ермолаев, Н.В. Дуюн, Д.А. Михайлов, Е.И. Тушикова

### ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ И АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗВЕНЕ СЕВОБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОГО РЕГИОНА

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по влиянию технологий возделывания на водный режим почвы, её агрохимические и агрофизические свойства и урожайность культур звена севооборота подсолнечник – яровой ячмень в юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона. В полевом стационарном опыте сравнивались две технологии подготовки почвы для возделывания подсолнечника и ярового ячменя: первая – со вспашкой на глубину 25-27 см под обе культуры и вторая – No-Till для ярового ячменя и Strip-Till под подсолнечник. В результате исследований было установлено, что за ротацию севооборота содержание органического вещества по технологиям и срокам учёта находилось на одном уровне, а содержание легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора повысилось. Обеспеченность обменным калием в 2017 году по ресурсосберегающим технологиям была выше вспашки в посевах подсолнечника на 60 мг/кг, а ярового ячменя на 63 мг/кг. За ротацию севооборота обменного калия стало меньше и его содержание составляло 87-92 мг/кг и 77-80 мг/кг соответственно. Технология No-Till оказывала положительное влияние на накопление продуктивной влаги в почве. Плотность почвы за 2018-2020 годы при возделывании ярового ячменя по No-Till была выше, чем по вспашке и составляла 1,08-1,09 г/см<sup>3</sup>, т. е. была близкой к оптимальной. При возделывании подсолнечника объёмный вес почвы по технологиям различался незначительно (0,99-1,04 г/см<sup>3</sup>). Агрегатированность почвы за 2018-2020 годы в посевах подсолнечника по технологиям на период посева и уборки во всех слоях соответствовала неудовлетворительной структуре, а в посевах ячменя – хорошей. Урожайность подсолнечника в 2018 и 2019 годах по изучаемым технологиям находилась на одном уровне и составляла 3,18-3,21 т/га и 3,50-3,80 т/га, в то время как в 2020 году она была выше по Strip-Till (3,23 т/га). При возделывании ярового ячменя по технологии со вспашкой его продуктивность в среднем за 2018-2020 годы была равна 5,20 т/га, в то время как по технологии No-Till только 4,08 т/га.

**Ключевые слова:** вспашка, No-Till, Strip-Till, подсолнечник, яровой ячмень, агрохимические свойства почвы, запасы продуктивной влаги, плотность почвы, содержание агрономически-ценных агрегатов, коэффициент структурности, урожайность.

### MOISTURE SUPPLY, AGROCHEMICAL AND AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL AND YIELD OF SUNFLOWER AND SPRING BARLEY IN THE CROP ROTATION LINK DEPENDING ON CULTIVATION TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH-WESTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION SHE

**Abstract.** The article presents the results of research on the influence of cultivation technologies on the water regime of the soil, its agrochemical and agrophysical properties and the yield of crops in the sunflower – spring barley crop rotation in the south-western part of the Central Black Earth region. In a stationary field experiment, two soil preparation technologies for cultivating sunflower and spring barley were compared: the first – with plowing to a depth of 25-27 cm for both crops and the second – No-Till for spring barley and Strip-Till for sunflower. As a result of the research, it was found that during the rotation of crop rotation, the content of organic matter according to the technologies and timing of recording was at the same level, and the content of easily hydrolyzed nitrogen and available phosphorus increased. The provision of exchangeable potassium in 2017 using resource-saving technologies was higher than plowing in sunflower crops by 60 mg/kg, and spring barley by 63 mg/kg. During crop rotation, exchangeable potassium became less and its content was 87-92 mg/kg and 77-80 mg/kg, respectively. No-Till technology had a positive effect on the accumulation of productive moisture in the soil. The soil density for 2018-2020 when cultivating spring barley using No-Till was higher than when plowing and amounted to 1.08-1.09 g/cm<sup>3</sup>, i.e. it was close to optimal. When cultivating sunflower, the volumetric weight of soil by technology differed insignificantly (0.99-1.04 g/cm<sup>3</sup>). Soil aggregation for 2018-2020 in sunflower crops according to technologies for the sowing and harvesting period in all layers corresponded to an unsatisfactory structure, and in barley crops it corresponded to a good structure. Sunflower yield in 2018 and 2019 using the technologies studied was at the same level and amounted to 3.18-3.21 t/ha and 3.50-3.80 t/ha, while in 2020 it was higher according to Strip-Till (3.23 t/ha). When cultivating spring barley using plowing technology, its productivity on average for 2018-2020 was 5.20 t/ha, while using No-Till technology was only 4.08 t/ha.

**Keywords:** plowing, No-Till, Strip-Till, sunflower, spring barley, agrochemical properties of the soil, productive moisture reserves, soil density, content of agronomically valuable aggregates, structure coefficient, yield.

**Введение.** В современном сельскохозяйственном производстве на экономическую целесообразность выращивания и продуктивность культур оказывают существенное влияние технологии возделывания. Под ними понимают совокупность агротехнических приемов, способов обработки почвы, изменения состояния или свойств почвы, технологических материалов или растений, применяемых в определенные моменты времени, строгой последовательности с соблюдением требований агрономических допусков. Они являются фундаментом повышения урожая сельскохозяйственных культур. Совершенствование технологий позволяет повысить эффективность производства и выйти на качественно новый уровень развития отрасли растениеводства. Отмечено, что прирост урожая полевых культур на 50 % зависит от внедрения новых сортов и гибридов, и на 50 % от совершенствования приёмов агротехники [1].

Важное место среди агротехнических приемов любой технологии возделывания принадлежит основной обработке почвы. С помощью рационального рыхления можно улучшить её механические, физико-химические и биологические свой-

ства, комплексно регулировать фитосанитарное состояние посевов, а также обеспеченность влагой и элементами питания, необходимых для полноценного роста и развития культурных растений [2].

В последнее время наряду с традиционной технологией возделывания подсолнечника и ярового ячменя широкое применение находят и ресурсосберегающие технологии, такие как Strip-Till и No-Till. Основная концепция этих технологий заключается в посеве пропашных культур (подсолнечника) в заранее нарезанные полосы, ярового ячменя в необработанную почву при полном отказе от применения почвообрабатывающих орудий [3].

Минимализация и отказ от механической обработки почвы позволяет сэкономить на ГСМ, трудо- и энергозатратах. Некоторые учёные полагают, что данные технологии способствуют накоплению и сохранению продуктивной влаги, защите почв от эрозии, повышению микробиологической активности. Однако результаты исследований других учёных показывают, что чрезмерная минимализация обработки почвы в севообороте приводит к ухудшению агрофизических свойств почвы, влагообеспеченности посевов, снижает уровень минерального питания, плодородия почвы в целом, а также продуктивность культур.

В условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона лимитирующим фактором развития растений и формирования ими урожая является обеспеченность растений влагой, которая в первую очередь зависит от ее запасов в почве, пополняемых, прежде всего, за счет атмосферных осадков. Продуктивная влага представляет собой одну из важнейших составных частей почвы, определяющей эффективность удобрений. Основными агротехническими приёмами можно существенно повысить накопление почвенной влаги и влагообеспеченность посевов, благодаря возрастанию инфильтрации, уменьшению испарения влаги, развитию более мощной корневой системы. Запасы продуктивной влаги оказывают непосредственное влияние на превращение питательных веществ в доступную для растений форму и их поступление с водой в них в течение вегетационного периода. При этом оптимальные условия создаются при наличии в пахотном слое почвы не менее 20 мм продуктивной влаги [4, 5, 6].

Как известно водопотребление различных культур в отдельных агроклиматических зонах неодинаково, что обусловлено их биологическими особенностями, динамикой роста растений, величиной потенциального урожая, а также местными почвой и погодой. На формирование запасов влаги в почве значительное влияние оказывают её механический состав почвы и технология возделывания культур. Улучшение влагообеспеченности посевов и повышение эффективности использования продуктивной влаги достигается благодаря внедрению научно-обоснованной оптимальной для региона системы основной обработки почвы [7, 8, 16].

Одним из основных показателей физического состояния почвы является её плотность. Она имеет высокое агрономическое значение и влияет на рост и развитие растений и жизнедеятельности биоты. При уплотнении почвы оказывается большое сопротивление развитию корневой системы, снижается полевая влагемкость и ухудшается газообмен в почве. Большинство ученых считают, что для активного роста и развития растений вредна, как рыхлая, так и переуплотненная почва [9, 10].

Ещё одним важным показателем физического состояния почвы является её структура. Она не оказывает непосредственного влияния на растения, а действует через формирование водного, воздушного, питательного, теплового режимов, то есть функционально. Вот поэтому, изучая проблемы, связанные с взаимозависимостью структуры почвы и урожая, надо, прежде всего, иметь в виду, что хорошая структура – это благоприятные физические режимы, которые и формируют, в конечном счете, урожай [11].

Технологии возделывания по-разному влияют на содержание элементов питания, водные, агрофизические свойства почвы, а в следствии и на урожайность подсолнечника и ярового ячменя. В связи с вышеизложенным необходимо их изучение для выявления наиболее эффективной, которая была бы направлена на максимальное использование природно-климатического потенциала и сокращение совокупных затрат при производстве сельскохозяйственной продукции хорошего качества с учетом рационального использования и сохранения почвенного плодородия.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследований являлись технологии возделывания подсолнечника и ярового ячменя, основанные на вспашке, No-Till и Strip-Till. Исследования проводились в 2018-2020 годах. Севооборот развернут в пространстве и времени со следующим чередованием культур: соя – озимая пшеница – подсолнечник – яровой ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты: вспашка с оборотом пласта на глубину 25-27 см; технология Strip-Till с рыхлением почвы в полосах на глубину 14-16 см, технология No-Till с прямым посевом без обработки почвы.

Размещение вариантов в опыте было систематическим. Посевная площадь делянки по подсолнечнику была равна 42 м<sup>2</sup>, по яровому ячменю – 45 м<sup>2</sup>. Учетная площадь делянки составляла 41 м<sup>2</sup> и 44 м<sup>2</sup> соответственно. Повторность опыта – четырёхкратная. Объектом исследований по подсолнечнику являлся гибрид Х4219, по яровому ячменю – сорт Княжич.

Почва – чернозём типичный, среднемощный, тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке.

Традиционная технология с отвальной обработкой почвы на глубину 25-27 см включала в себя наблюдения за состоянием почвы и посевов и при необходимости применение рыхления верхнего слоя пахотного горизонта для создания и поддержания почвенной мульчи, обработку делянок пестицидами. Внесение удобрений происходило с их заделкой в почву на глубину 6-7 см.

Полосная технология Strip-Till включала в себя послеуборочную обработку почвы глифосатами, посев в качестве сидеральной культуры горчицы белой и нарезание борозд с одновременным внесением основной дозы минерального удобрения. Весной за 1-3 дня до посева подсолнечника для борьбы с сорняками применяли обработку глифосатами.

Ресурсосберегающая технология No-Till исключает все виды рыхления почвы орудиями, поэтому основное внесение минеральных удобрений путём разбрасывания по поверхности поля без его заделки в почву, прямой посев культур и их опрыскивание во время вегетации против вредных объектов пестицидами.

Агротехника возделывания подсолнечника при использовании в технологии вспашки содержала послеуборочное лущение поля мульчировщиком ДМ-4×2 непосредственно после уборки предшественника, а затем дискование при прорастании падалицы и сорняков, и в количественном выражении до обработки зяби эта операция проводилась 2-3 раза. Основное минеральное удобрение вносили сеялкой СЗ-3,6 непосредственно в почву через работающие дисковые сошники – в 2018-2019 годах в дозе N<sub>50</sub>P<sub>30</sub>K<sub>50</sub>, а в 2020 году N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>.

Весной, при наступлении физической спелости почвы, выполнялось закрытие влаги путем шлейфования агрегатом, состоящим из шлейфов ШБ-2,5, борон ВНИС-Р, уголок и выравнивающей цепи. Под урожай подсолнечника вносили предпосевную дозу аммиачной селитры: в 2018 году N<sub>69</sub> в д. в. на 1 га, в 2019-2020 годах N<sub>47</sub> в д. в. на 1 га. Предпосевная



обработка почвы выполнялась сцепкой из борон ВНИС-Р. Посев подсолнечника производили в оптимальные сроки 8-мирядковой сеялкой точного высева СТП-12 Ритм-1М.

При возделывании подсолнечника по ресурсосберегающей технологии No-Till после уборки предшественника (озимой пшеницы) проводилась обработка полей гербицидом сплошного действия Тайфун в дозе 3,0–4,0 л/га после чего высевалась горчица белая на сидерат сеялкой прямого высева SHM 15/17 с нормой 3,5 млн. всхожих семян на 1 га. Основное внесение минеральных удобрений по технологии No-Till проводили зерновой сеялкой СЗ-3,6 путём разбрасывания их по поверхности почвы. По технологии Strip-Till сеялкой Semeato SHM 15/17 нарезали борозды с одновременным внесением минерального удобрения. Весной за 1-3 дня до посева делали обработку против сорняков глифосатсодержащим гербицидом Тайфун с нормой расхода 3,0-4,0 л/га. Перед посевом подсолнечника по поверхности поля разбрасывали аммиачную селитру в дозах аналогичных тем, что и по вспашке. Посев проводили в оптимальные сроки сеялкой прямого высева Semeato SHM 15/17. Норма высева семян подсолнечника составляла 60 тыс. всхожих семян на 1 га.

Для борьбы с сорняками на посевах подсолнечника делали две обработки гербицидами. Первую выполняли в фазу развития подсолнечника 2-4 листа баковой смесью, состоящей из гербицида Экспресс, ВДГ (30 г/га) и адьюванта Аджо (0,2 л/га). Вторую химическую прополку для борьбы с однолетними и многолетними злаковыми сорняками проводили через 5-7 дней гербицидом Берилл (0,7-0,8 л/га).

Традиционная технология возделывания ярового ячменя с отвальной обработкой почвы включала послеуборочное дискование мульчировщиком ДМ-4×2 после уборки предшественника и вспашку плугом ПН-5-35 на глубину 25-27 см. Также в это время по изучаемым технологиям проводили внесение основной дозы (N<sub>20</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> кг д. в. на 1 га) минеральных удобрений в виде азофоски.

Весной при наступлении физической спелости почвы по технологии с обработкой почвы отвальным плугом проводили закрытие влаги агрегатом, состоящим из шлейфов ШБ-2,5, борон ВНИС-Р, уголков и выравнивающей цепи. Предпосевную обработку почвы делали сцепкой из борон ВНИС-Р. По ресурсосберегающей технологии No-Till в период с начала полевых работ и до посева культуры агротехнические операции по обработке почвы не проводились. Посев ярового ячменя по технологии с обработкой почвы проводили сеялкой СЗ-3,6, по нулевой технологии – сеялкой прямого посева Semeato SHM 15/17. Норма высева – 5,0 млн. всхожих семян на 1 га. Одновременно с посевом проводили внесение минерального удобрения (азофоска) в дозе N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub> кг д. в. на 1 га.

Для борьбы с вредными объектами (сорняки, болезни и вредители) в посевах ярового ячменя в фазу кущения применяли баковую смесь, состоящую из гербицида Балерина (0,5 л/га), фунгицида Колосаль Про (0,4 л/га) и инсектицида Брейк (0,1 л/га).

Урожайность подсолнечника и ярового ячменя определяли методом сплошного учёта поделячно с пересчётом на стандартную влажность. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа [12].

Метеоусловия в годы проведения опытов отличались от среднемноголетних данных и между собой. Так в 2018 году средняя температура за вегетацию подсолнечника и ярового ячменя составляла 18,3 °С и 17,4 °С, что было выше среднемноголетней на 2,6 °С и 2,4 °С соответственно. Сумма осадков за этот период соответствовала 111 % и 137 % среднемноголетней нормы, однако их распределение в течение вегетационного периода было неравномерным. Большая их часть, а именно 62 % и 66 % от всей суммы осадков, выпало в июле, что составляло 287 % от среднемноголетней нормы. Осадков выпало больше среднемноголетних значений в третьей декаде июня и июля, а также во второй декаде мая, в количестве 161-277 % от среднемноголетних значений. Метеорологические условия 2019 года по температурному режиму были на уровне с 2018 годом, а вот по сумме осадков отличались. Так, в этот год за время вегетации подсолнечника и ярового ячменя их выпало 36 % и 51 % от среднемноголетней нормы. Сумма осадков превышала среднемноголетние показатели во второй декаде апреля, в первых декадах мая и июля, в то время как по остальным декадам она была существенно ниже. Самым засушливым месяцем был август, в течение которого выпало только 1 мм осадков. Среднесуточная температура воздуха в 2020 году за время вегетации подсолнечника составляла 17,3 °С, ярового ячменя 17,8 °С. Сумма выпавших осадков за это время была равна 59 % и 73 % от среднемноголетней нормы. Больше всего осадков выпало в мае, а именно 71,3 мм, что было выше среднемноголетних показателей на 21,5 мм. В апреле, июне, августе и сентябре их количество было значительно ниже.

**Результаты и обсуждение.** Основные элементы питания (азот, фосфор и калий) играют важную роль в росте и развитии растений сельскохозяйственных культур. Так, азот для растений является лимитирующим элементом, потребность в котором растения испытывают с момента прорастания семян. При недостатке этого элемента питания тормозится рост, ослабляется образование боковых побегов и кущение у злаков, уменьшается площадь листьев, интенсивность наступления фаз развития увеличивается, что приводит к сокращению периода вегетативного роста, снижению фотосинтетического потенциала растений и чистой продуктивности фотосинтеза [13].

В полевом опыте на начало ротации севооборота в 2017 году в поле подсолнечника содержание легкогидролизуемого азота по технологии с обработкой почвы и без неё различалось незначительно и составляло 140 и 147 мг/кг. В конце ротации также значительных различий между этими показателями не было, и они были равны 151 мг/кг и 154 мг/кг соответственно. В поле ярового ячменя по традиционной технологии с отвальной обработкой почвы, как в начале ротации севооборота, так и в его конце легкогидролизуемого азота содержалось одинаковое количество 153 мг/кг и 154 мг/кг. По нулевой технологии наблюдалось незначительное повышение его содержания со 154 мг/кг до 161 мг/кг. Содержание легкогидролизуемого азота в почве под посевами подсолнечника в 2017 году независимо от технологии возделывания характеризовалось как низкое, а в 2021 году как среднее. При возделывании ярового ячменя, как в начале, так и в конце ротации обеспеченность этим элементом питания была средней (рис. 1 и 2).

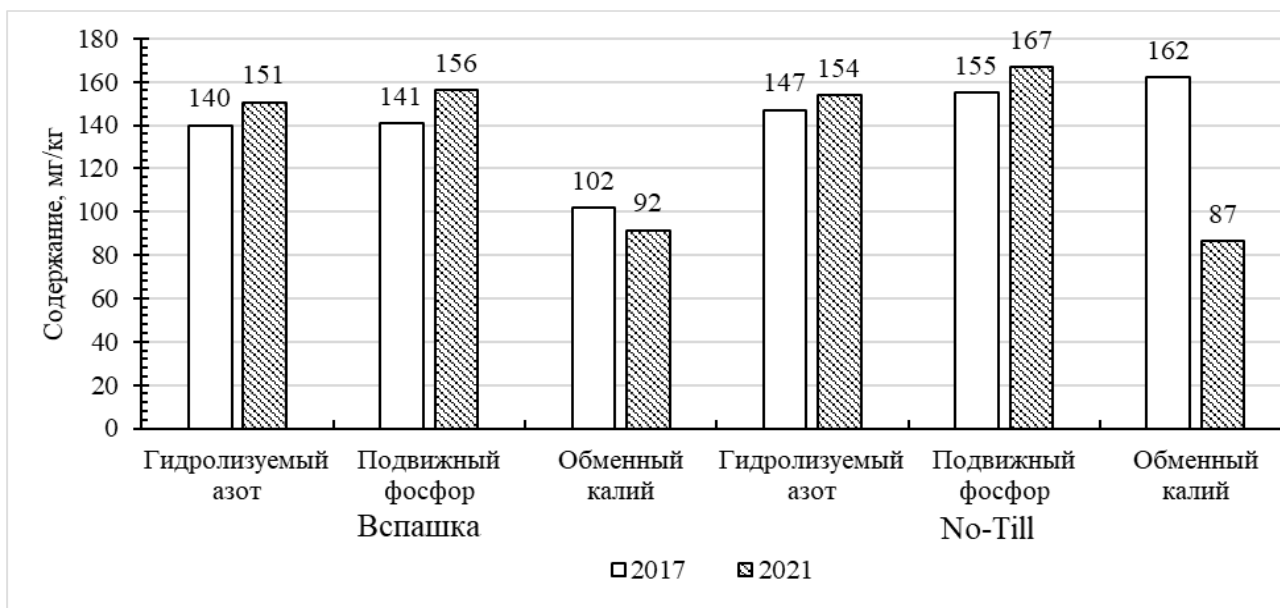


Рис. 1 – Содержание макроэлементов в слое 0-40 см в почве под посевами подсолнечника в зависимости от технологии возделывания

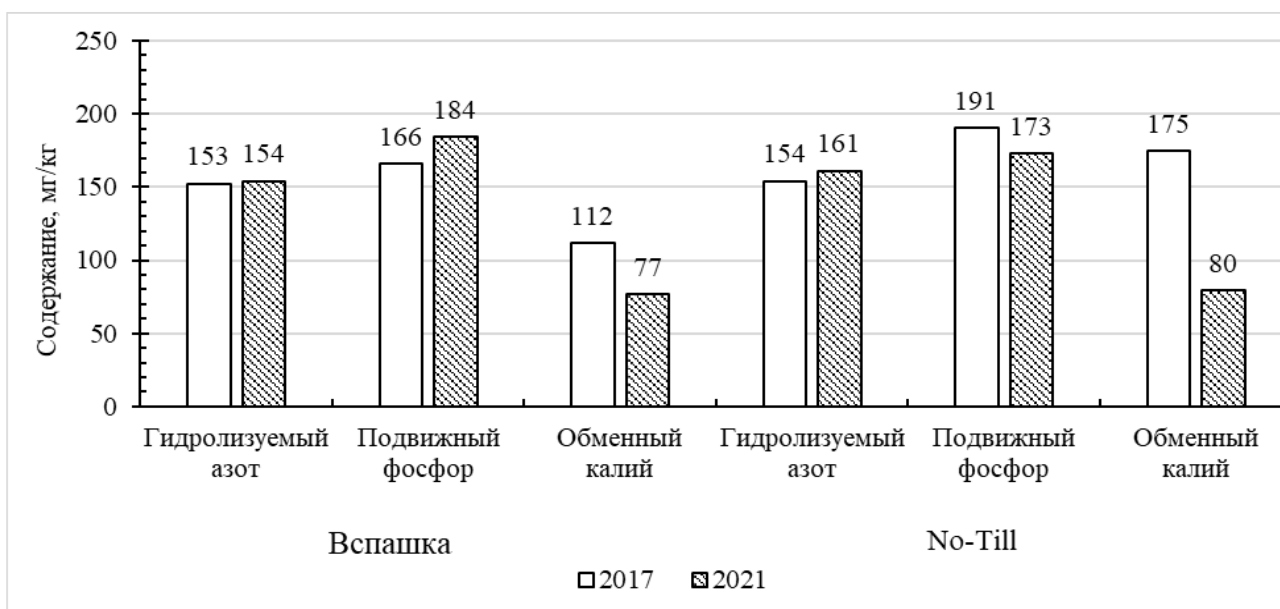


Рис. 2 – Содержание макроэлементов в слое 0-40 см в почве под посевами ярового ячменя в зависимости от технологии возделывания

Одним из основных элементов питания, необходимым для растений, является фосфор, который преимущественно сосредоточен в непродуктивных органах и молодых интенсивно растущих частях растений. Он способствует ускорению формирования корневой системы, повышению устойчивости растений к болезням и вредителям. Основное количество фосфора растения потребляют в первые фазы роста и развития, создавая его определенные запасы. Нехватка этого элемента питания приводит к задержке в росте надземных органов и плодов, так как нарушается дыхание и фотосинтез [13].

Содержание подвижного фосфора при возделывании подсолнечника на момент отбора проб почвы в 2017 году по технологии с глубокой отвальной обработкой составляло 141 мг/кг, по нулевой технологии 155 мг/кг. За ротацию севооборота произошло некоторое увеличение содержания подвижного фосфора до 156 мг/кг и до 167 мг/кг соответственно технологиям возделывания. На период отбора почвенных проб в поле ячменя в 2017 году содержание подвижного фосфора по технологиям различалось. Так, по нулевой технологии его содержалось 191 мг/кг, в то время как по технологии с обработкой почвы 166 мг/кг. За ротацию севооборота динамика этого элемента питания была следующей: по технологии с отвальной обработкой почвы его содержание увеличилось до уровня 184 мг/кг, а по технологии без обработки почвы, наоборот, снизилось до 173 мг/кг. За время исследований обеспеченность почвы подвижным фосфором по изучаемым технологиям характеризовалась как высокая, исключением был лишь 2017 год при использовании вспашки под подсолнечник, где она была повышенной.

Калий является столь же незаменимым элементом в жизни растений, как азот и фосфор, причем из всех катионов калий необходим растениям в наибольшем количестве. Этот элемент питания стимулирует процесс фотосинтеза, усиливая отток углеводов из мест их образования к местам отложения и превращения моносахаридов в ди- и полисахариды. Он влияет на образование клеточных оболочек, в результате чего повышается прочность стеблей и их устойчивость к полеганию. При достаточном обеспечении калием у растений повышается устойчивость к болезням и вредителям. Критический период

в потребности калия приходится на ранние стадии роста и развития растений. Недостаток калия приводит к торможению роста побегов и к накоплению аммиачного азота в листьях, что может быть причиной аммиачного отравления, а также снижает интенсивность фотосинтеза [14].

В начале ротации севооборота в 2017 году содержание обменного калия в почве под подсолнечником и яровым ячменем было наибольшим и составляло 162 мг/кг и 175 мг/кг. По технологии с обработкой почвы этот показатель был ниже и равнялся 102 мг/кг и 112 мг/кг соответственно. В 2021 году содержание обменного калия по технологиям возделывания выравнивалось и составляло по подсолнечнику 87-92 мг/кг, а яровому ячменю 77-80 мг/кг. Обеспеченность почвы обменным калием по технологии со вспашкой в 2017 году по подсолнечнику и яровому ячменю характеризовалась как повышенное, а по нулевой технологии – как высокое. В 2021 году по всем изучаемым технологиям и культурам севооборота почва относилась к группе с повышенным содержанием обменного калия.

Плодородие почвы определяется не только содержанием в почве основных макроэлементов питания, но и содержанием органического вещества. Органическое вещество почвы представляет собой совокупность органических веществ, находящихся в виде гумуса, остатков животных и растений в почве, представляющих комплекс сложных химических органических веществ биогенного происхождения. Содержание органического вещества в почве – это ключевой показатель плодородия. Органическое вещество почвы аккумулирует в себе запасы углерода, азота, калия, фосфора, микроэлементов, способствует созданию оптимальных режимов почвы и её структуры, препятствует эрозийным процессам, ослабляет действие токсичных веществ. Оно также регулирует расход элементов питания, предотвращая непроизводительные потери от вымывания, образования газообразных продуктов и труднорастворимых минеральных соединений, увеличивает эффективность минеральных удобрений [15].

В проводимых исследованиях содержание органического вещества в почве под подсолнечником на момент отбора почвенных проб в 2017 году и 2021 году было схожим, и составляло соответственно годам 4,1-4,4 % и 4,3-4,4 %. При возделывании ярового ячменя по технологии с отвальной обработкой почвы за ротацию севооборота произошло снижение содержания органического вещества с 5,1 % до 4,7 %, а при использовании нулевой технологий содержание органического вещества находилось на одном уровне, 4,8-4,9 %. Содержание органического вещества по культурам звена севооборота в 2017 и 2021 годах по всем технологиям возделывания характеризовалось как среднее (рис. 3).

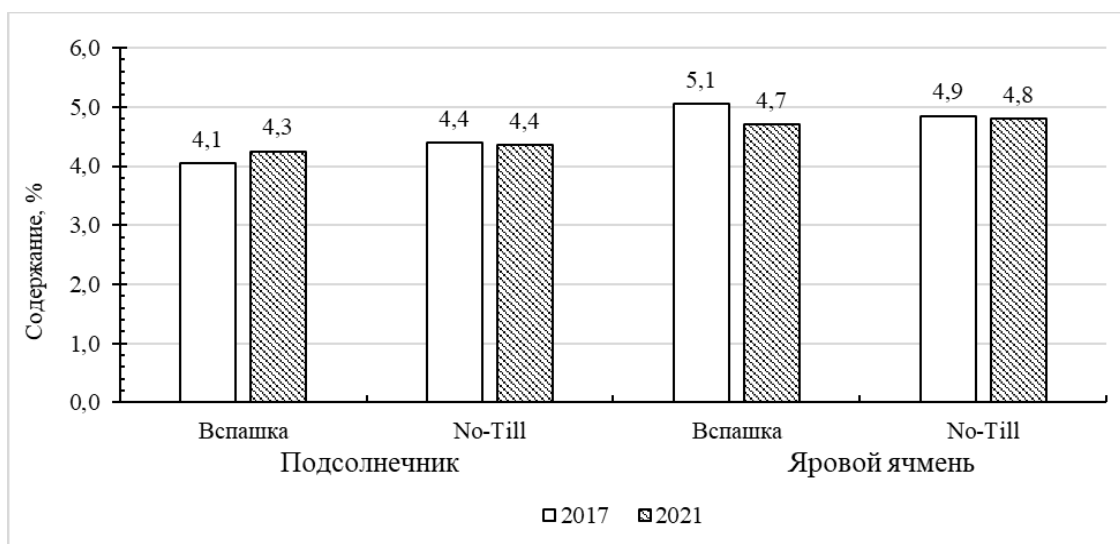


Рис. 3 – Содержание органического вещества в почве в зависимости от культур звена севооборота и технологий их возделывания

Продуктивная влага в почве играет важную роль в развитии растений сельскохозяйственных культур и для юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона часто является лимитирующим фактором. В проведенных исследованиях запасы продуктивной влаги определялись на период посева и уборки культур звена севооборота. Как видно из полученных данных, при возделывании подсолнечника только в 2018 году на период посева наблюдались значительные различия по технологиям возделывания в обеспеченности доступной влагой.

Так, влажность почвы была выше по технологии Strip-Till и составляла в слое 0-30 см 53 мм, а в слое 0-100 см 166 мм, что соответствовало параметрам избыточного увлажнения в верхнем слое и оптимального в метровом. По технологии с отвальной обработкой почвы она была значительно ниже и равнялась 29 мм и 128 мм соответственно слоям почвы, что характеризовало её как оптимальную. В 2019 и 2020 годах запасы доступной растениям влаги по исследуемым технологиям возделывания находились в диапазоне оптимального увлажнения и составляли в слое 0-30 см 42-48 мм, а в слое 0-100 см 144-165 мм. На период уборки прослеживалась тенденция различий между технологиями, аналогичная периоду посева культуры. Так, в 2018 году полосная технология Strip-Till оказалась более эффективной в сохранении продуктивной влаги, где в слое 0-30 см её было 38 мм влаги, а в слое 0-100 см 87 мм, что соответствовало параметрам оптимального и слабого недостаточного увлажнения.

При использовании технологии с отвальной обработкой почвы запасы продуктивной влаги в слое 0-30 см равнялись 20 мм, а в слое 0-100 см 58 мм. В 2019 году наблюдалась сильная почвенная засуха, как по технологии с обработкой почвы, так и нулевой – в слое 0-30 см влаги не было, а в слое 0-100 см её запасы были небольшими, 9-13 мм. В 2020 году по нулевой технологии возделывания влажность почвы в слоях 0-30 см и 0-100 см составляла 6 мм и 34 мм. При отвальной обработке почвы запасы доступной растениям влаги были равны 3 мм и 19 мм соответственно слоям. По степени увлажненности почва при применении нулевой технологии соответствовала параметрам слабой почвенной засухи, а по технологии со вспашкой – сильной почвенной засухе (табл. 1).

При возделывании ярового ячменя запасы продуктивной влаги на период посева по нулевой технологии были значительно выше, чем по традиционной технологии со вспашкой по всем годам исследований. Так, в среднем за 2018-2020 года влажность почвы по технологии No-Till составляла в слое 0-30 см 45 мм, в слое 0-100 см 152 мм, по вспашке она была равна соответственно 38 мм и 133 мм.

**Таблица 1 – Запасы продуктивной влаги на период посева и уборки культур в звене севооборота в зависимости от технологии возделывания, мм**

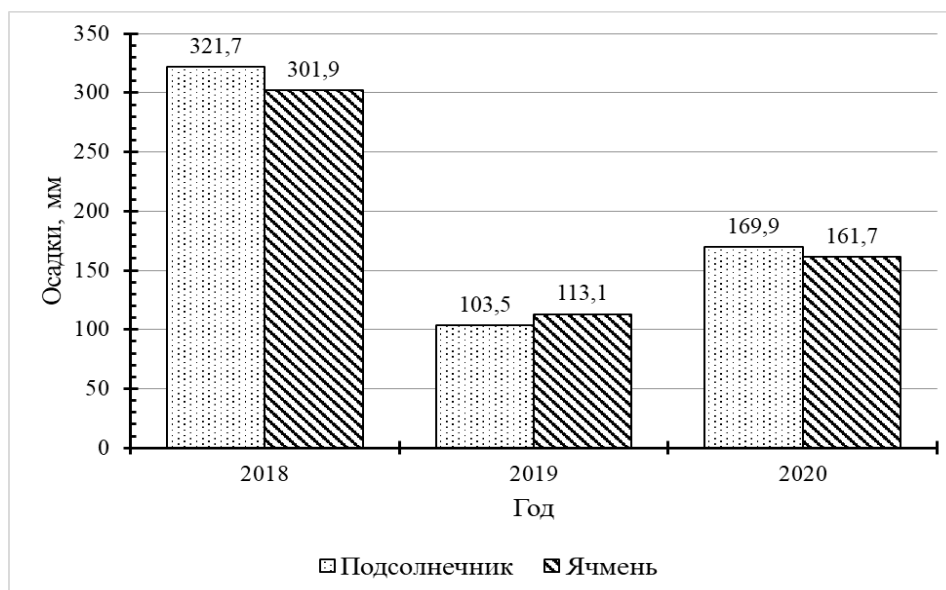
Культура звена севооборота	Технология	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее**	
		Слой почвы, см							
		0-30	0-100	0-30	0-100	0-30	0-100	0-30	0-100
На период посева									
Подсолнечник	Вспашка	29	128	42	153	48	144	45	149
	No-Till*	53	166	42	152	45	165	44	159
Яровой ячмень	Вспашка	34	124	40	137	40	138	38	133
	No-Till	39	144	52	165	44	146	45	152
На период уборки									
Подсолнечник	Вспашка	20	58	0	13	3	19	2	16
	No-Till*	38	87	0	9	6	34	3	22
Яровой ячмень	Вспашка	38	147	21	47	38	110	32	101
	No-Till	48	167	24	56	35	95	36	106

\* – в 2018 году при возделывании подсолнечника использовали технологию Strip-Till

\*\* – среднее для подсолнечника рассчитано за 2019-2020 года

На момент уборки ярового ячменя в 2018-2019 годах также более эффективной в сохранении продуктивной влаги оказалась технология без обработки почвы. В 2018 году влажность почвы в слое 0-30 см равнялась 48 мм, в слое 0-100 см 167 мм, а по технологии со вспашкой была на уровне 38 мм и 147 мм соответственно. В сложившихся метеорологических условиях 2019 года запасы продуктивной влаги по изучаемым технологиям были ниже, но при этом по нулевой технологии их также накопилось больше, чем по вспашке. Так, в слое 0-30 см их количество без обработки почвы составляло 24 мм и в слое 0-100 см 56 мм, а по технологии с обработкой соответственно 21 мм и 47 мм. В 2020 году количество доступной влаги по обеим технологиям находились на одном уровне в слое 0-30 см 35-38 мм, а в слое 0-100 см – 95-110 мм.

По сумме выпавших осадков за вегетацию культур севооборота года исследований различались друг от друга. Так, в 2018 году выпало наибольшее количество осадков с суммой за время вегетации подсолнечника и ярового ячменя соответственно 322 мм и 302 мм, при среднемноголетней норме 290 мм и 221 мм. При этом распределение осадков в течение вегетации культур севооборота было неравномерным: большая часть выпала во второй и третьей декадах июля, 120 мм и 61 мм. В 2019 году сумма осадков была наименьшей и составляла за вегетацию подсолнечника 103 мм, а ярового ячменя 113 мм. Во второй и третьей декадах июня, весь август и в первой, и во второй декадах сентября осадков практически не было, либо их сумма не превышала 1 мм. Лишь только во второй декаде апреля, первой декаде мая и первой декаде июля количество выпавших осадков превышало среднемноголетние значения. В сложившихся условиях 2020 года количество выпавших осадков за вегетацию подсолнечника составило 170 мм, а ярового ячменя 162 мм, что было ниже среднемноголетних данных на 120 мм и 59 мм соответственно. В этом году только в мае осадков выпало больше среднемноголетней нормы, а именно 71 мм. В остальные же месяцы количество выпавших осадков было значительно ниже среднемноголетних норм (рис. 4).



**Рис. 4 – Сумма осадков за вегетацию культур звена севооборота**

Плотность является одним из основных показателей физического состояния почвы, в зависимости от которой формируется водный, воздушный режимы и микробиологическая активность почвы [5].

В проведенных исследованиях плотность сложения слоя почвы 0-30 см при возделывании подсолнечника в условиях 2018 года на период посева по технологии с обработкой почвы была несколько выше, чем по ресурсосберегающей технологии. Так, при использовании отвальной обработки почвы она составляла 1,20 г/см<sup>3</sup>, а по технологии Strip-Till всего 1,04 г/см<sup>3</sup>. В 2019 году плотность почвы была больше по нулевой технологии, где она равнялась 1,15 г/см<sup>3</sup>, в то время как по вспашке она была 1,06 г/см<sup>3</sup>. Уплотнение слоя почвы 0-30 см в 2020 году было одинаковым, а именно 0,92 г/см<sup>3</sup> (табл. 2).

К моменту уборки плотность почвы по технологиям возделывания выравнивалась и составляла в 2018 году 0,96-1,00 г/см<sup>3</sup>, в 2019 году 0,95-0,97 г/см<sup>3</sup> и в 2020 году 1,04-1,05 г/см<sup>3</sup>. В целом по всем изучаемым технологиям (за исключением вспашки в 2018 году и No-Till в 2019 году) плотность слоя почвы 0-30 см была несколько ниже оптимальных значений (1,1-1,3 г/см<sup>3</sup>).

**Таблица 2 – Плотность почвы на период посева и уборки культур звена севооборота в зависимости от технологии их возделывания, мм**

Культура звена севооборота	Технология	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее**		
		Слой почвы, см											
		0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30	0-15	15-30	0-30
На период посева													
Подсолнечник	Вспашка	1,17	1,23	1,20	0,99	1,13	1,06	0,88	0,95	0,92	0,94	1,04	0,99
	No-Till*	1,06	1,01	1,04	1,11	1,19	1,15	0,90	0,93	0,92	1,01	1,06	1,04
Яровой ячмень	Вспашка	0,91	1,06	0,99	0,87	0,85	0,86	0,94	0,99	0,97	0,91	0,97	0,94
	No-Till	1,14	1,21	1,18	1,07	1,09	1,08	0,93	1,00	0,97	1,05	1,10	1,08
На период уборки													
Подсолнечник	Вспашка	0,98	1,01	1,00	0,97	0,97	0,97	1,03	1,04	1,04	1,00	1,01	1,01
	No-Till*	0,94	0,97	0,96	0,81	1,09	0,95	1,03	1,06	1,05	0,92	1,08	1,00
Яровой ячмень	Вспашка	1,09	1,17	1,13	0,91	0,91	0,91	0,95	1,07	1,01	0,98	1,05	1,02
	No-Till	1,08	1,20	1,14	1,07	1,14	1,11	0,92	1,09	1,01	1,02	1,14	1,09

\* – в 2018 году при возделывании подсолнечника использовали технологию Strip-Till

\*\* – среднее для подсолнечника рассчитано за 2019-2020 года

При возделывании ярового ячменя в 2018 и 2019 годах на период посева плотность почвы в слое 0-30 см была выше по ресурсосберегающей технологии и составляла 1,18 г/см<sup>3</sup> и 1,08 г/см<sup>3</sup>, в то время как по технологии с обработкой почвы была соответственно равна 0,99 г/см<sup>3</sup> и 0,86 г/см<sup>3</sup>. В 2020 году объёмная масса почвы по изучаемым технологиям возделывания находилась на одном уровне и равнялась 0,97 г/см<sup>3</sup>. За время вегетации ярового ячменя плотность сложения в 2018 году по технологиям возделывания выравнивалась и была равна 1,13 г/см<sup>3</sup> и 1,14 г/см<sup>3</sup>. В сложившихся условиях 2019 и 2020 года изменений данного показателя за вегетацию культур не наблюдалось, он остался на том же уровне, что и при посеве ярового ячменя. Плотность сложения слоя почвы 0-30 см находилась в оптимальных значениях только в 2018 году, в 2019 году по ресурсосберегающей технологии No-Till, а в остальные года она была ниже.

Ещё одним важным показателем физического состояния почвы является содержание агрономически ценной структуры, чем выше содержание таких агрегатов, тем лучше почва. Недаром говорят: «Культурная почва – структурная почва» [13].

В результате проведенных исследований выявлено, что содержание агрономически ценной фракции по годам исследований и технологиям возделывания было разным (табл. 3).

**Таблица 3 – Содержание агрономически ценной фракции (0,25-10,0 мм) в почве под посевами культур звена севооборота в зависимости от технологии их возделывания, в % к общей массе воздушно-сухой почвы**

Культура звена севооборота	Технология	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее**		
		Слой почвы, см											
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
На период посева													
Подсолнечник	Вспашка	35,4	38,2	49,9	29,4	13,4	14,2	48,7	39,1	33,5	39,1	26,3	23,9
	No-Till*	42,4	57,5	35,9	47,2	15,8	24,1	28,6	25,8	27,1	37,9	20,8	25,6
Яровой ячмень	Вспашка	52,8	49,3	50,7	47,3	38,9	44,4	64,7	53,6	50,2	54,9	47,3	48,4
	No-Till	57,3	52,5	56,8	18,9	34,2	35,9	41,7	43,3	53,6	39,3	43,3	48,8
На период уборки													
Подсолнечник	Вспашка	69,5	67,3	72,7	20,0	7,6	26,0	59,5	47,2	44,4	39,8	27,4	35,2
	No-Till*	55,4	37,3	31,8	17,6	6,3	7,5	53,8	42,8	74,5	35,7	24,6	41,0
Яровой ячмень	Вспашка	42,6	35,5	36,1	70,1	53,9	52,4	63,5	67,6	64,7	58,7	52,3	51,1
	No-Till	44,3	43,2	43,5	73,2	43,7	51,7	46,5	42,4	63,2	54,7	43,1	52,8

\* – в 2018 году при возделывании подсолнечника использовали технологию Strip-Till

\*\* – среднее для подсолнечника рассчитано за 2019-2020 года

Так, в 2018 году при возделывании подсолнечника на период его посева по технологии Strip-Till в верхнем и среднем слоях почвы содержание агрономически ценной фракции составляло 42,4 % и 57,5 %, а по вспашке соответственно 35,4 % и

38,2 %. В нижнем слое 20-30 см почва была более структурной по вспашке, здесь содержание агрономически ценной фракции составляло 49,9 % против 35,9 % по полосной технологии. В условиях 2019 года по нулевой технологии содержание агрономически ценной фракции по слоям распределилось следующим образом – в слое 0-10 см её было 47,2 %, в слое 10-20 см 15,8 %, а в слое 20-30 см 24,1 %. В 2020 году по традиционной технологии с обработкой почвы агрегатов размером 0,25-10,0 мм было больше, чем по нулевой, и составляло в слое 0-10 см 48,7 %, в слое 10-20 см 39,1 %, в слое 20-30 см 33,5 %.

К моменту уборки в 2018 году наиболее оструктуренной почва была по вспашке и содержание агрономически ценной фракции по мере увеличения глубины отбора было следующим: 69,5 %, 67,3 % и 72,7 %. В 2019 году в верхнем и среднем слоях количество агрономически ценных агрегатов по технологиям находилось на одном уровне 17,6-20,0 % и 6,3-7,6 %, а в нижнем слое их было больше по технологии со вспашкой, а именно 26,0 % против 7,5 % по нулевой. В 2020 году содержание агрономически ценной фракции в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см также находилось на одном уровне, а именно 53,8-59,5 % и 42,8-47,2 %. В нижнем слое оно было выше по ресурсосберегающей технологии No-Till и равнялось 74,5 %, в то время как по вспашке её было 44,4 %.

При возделывании ярового ячменя в 2018 году на период его посева во всех слоях почвы содержание агрономически ценной фракции было близким и составляло в верхнем 52,8-57,3 %, в среднем 49,3-52,5 % и в нижнем 50,7-56,8 %. В 2019 году оно было выше по технологии со вспашкой, чем по технологии No-Till и равнялось соответственно технологиям в слое 0-10 см 47,3 % и 18,9 %, в слое 10-20 см 38,9 % и 34,2 %, в слое 20-30 см 44,4 % и 35,9 %. В 2020 году структура почвы в верхнем и среднем слоях также была лучше по технологии с обработкой почвы. Так, агрегатов размером 0,25-10,0 мм здесь содержалось 64,7 % и 53,6 %. В нижнем слое почвы содержание этих агрегатов по изучаемым технологиям было одинаковым и равнялось 50,2-53,6 %.

На период уборки ярового ячменя в 2018 году в слое 0-10 см содержание агрономически ценной фракции по технологиям находилось на одном уровне 42,6-44,3 %, в слоях 10-20 см и 20-30 см оно было выше по нулевой и равнялось 43,2 % и 43,5 %, в то время как по вспашке составляло 35,5 % и 36,1 %. В метеорологических условиях 2019 года по обеим технологиям в верхнем и нижнем слоях структура почвы была практически одинаковой, и агрегатов размером 0,25-10,0 мм содержалось соответственно 70,1-73,2 % и 51,7-52,4 %. В 2020 году в слоях почвы 0-10 см и 10-20 см по вспашке количество агрономически ценной фракции было выше на 20 %, чем по технологии без обработки почвы и содержание агрономически ценной фракции было равным 63,5 % и 67,6 %. В нижнем слое 20-30 см по изучаемым технологиям содержание агрегатов размером 0,25-10,0 мм находилось на одном уровне 64,7-63,2 %.

Для характеристики агрегатированности почвы помимо содержания агрономически ценных агрегатов применяют так называемый коэффициент структурности ( $K_{стр}$ ). Классификационные диапазоны у коэффициента структурности, следующие: >1,5 – отличное агрегатное состояние; 0,67-1,5 – хорошее; <0,67 – неудовлетворительное.

На период посева подсолнечника по слоям почвы 0-10 см и 10-20 см в 2018 году коэффициент структурности по ресурсосберегающей технологии составлял 0,74 ед. и 1,35 ед., а в слое 20-30 см он имел наибольшее значение по вспашке, а именно 1,00 ед. (табл. 4).

В 2019 году в слое 0-10 см лучший коэффициент был по технологии No-Till (0,89 ед.), а в 2020 году по технологии со вспашкой (0,95 ед.). Эти полученные коэффициенты структурности позволяют охарактеризовать агрегатированность почвы как хорошую. По всем остальным слоям коэффициент структурности находился в диапазоне от 0,15-0,64 ед., что характеризовало структурно-агрегатный состав как неудовлетворительный.

**Таблица 4 – Коэффициент структурности почвы под посевами культур звена севооборота в зависимости от технологии их возделывания**

Культура звена севооборота	Технология	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее		
		Слой почвы, см											
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
На период посева													
Подсолнечник	Вспашка	0,55	0,62	1,00	0,42	0,15	0,17	0,95	0,64	0,50	0,69	0,40	0,34
	No-Till*	0,74	1,35	0,56	0,89	0,19	0,32	0,40	0,35	0,37	0,65	0,27	0,35
Яровой ячмень	Вспашка	1,12	0,97	1,03	0,90	0,64	0,80	1,83	1,16	1,01	1,28	0,92	0,95
	No-Till	1,34	0,36	1,31	0,23	0,52	0,56	0,72	0,76	1,16	0,76	0,55	1,01
На период уборки													
Подсолнечник	Вспашка	2,28	2,06	2,66	0,25	0,08	0,35	1,47	0,89	0,80	0,86	0,49	0,58
	No-Till	1,24	0,59	0,47	0,21	0,07	0,08	1,16	0,75	2,92	0,69	0,41	1,50
Яровой ячмень	Вспашка	0,74	0,55	0,56	2,34	1,17	1,10	1,74	2,09	1,83	1,61	1,27	1,16
	No-Till	0,80	0,76	0,77	2,73	0,78	1,07	0,87	0,74	1,72	1,47	0,76	1,19

\* – в 2018 году при возделывании подсолнечника использовали технологию Strip-Till

\*\* – среднее для подсолнечника рассчитано за 2019-2020 года

За промежуток времени от посева до уборки подсолнечника при использовании вспашки в 2018 и 2020 годах агрегатированность почвы улучшилась до отличного и хорошего состояния соответственно. При применении ресурсосберегающей технологии агрегатированность почвы характеризовалась как хорошая в 2018 году лишь в слое 0-10 см ( $K_{стр}=1,24$  ед.), в 2020 году в слоях 0-10 см и 10-20 см ( $K_{стр}=1,16$  ед. и 0,75 ед.), и как отличная в 2020 году в слое 20-30 см ( $K_{стр}=2,92$  ед.). В условиях 2018 года по ресурсосберегающей технологии в слоях почвы 10-20 см и 20-30 см коэффициент структурности был равен 0,59 ед. и 0,47 ед., а в 2019 году он независимо от технологии возделывания составлял 0,07-0,35 ед., что характеризовало структуру почвы как неудовлетворительную.

При возделывании ярового ячменя по технологии со вспашкой в 2018-2020 году по изучаемым слоям коэффициент структурности был равен 0,80-1,83 ед., то есть структура почвы характеризовалась как хорошая (за исключением лишь в 2019 году слоя 10-20 см, где она была неудовлетворительной и  $K_{стр}=0,64$  ед.). Использование же технологии без обработки

почвы привело к созданию хорошей структуры почвы в 2018 году в верхнем и нижнем слоях ( $K_{стр}=1,34$  ед. и 1,31 ед.), и в 2020 году во всех слоях почвы ( $K_{стр}=1,01-1,83$  ед.). В то время как в 2019 году коэффициент структурности находился в пределах от 0,23 ед. до 0,56 ед., и агрегатированность почвы характеризовалась как неудовлетворительная.

На период уборки ячменя в 2020 году по технологии с глубокой отвальной обработкой почвы во всех изучаемых слоях почвы коэффициент структурности принимал высокие значения, 1,74-2,09 ед., в 2019 году он был ещё выше и составлял 2,34 ед. По технологии без обработки почвы этот коэффициент превышал 1,5 ед. в 2019 и 2020 годах только в верхнем и нижнем слоях. Полученные значения характеризовали структуру почвы как отличную. Применение отвальной обработки почвы в сложившихся условиях 2018 года повлекло ухудшение её агрегатированности в слоях 10-20 см и 20-30 см до неудовлетворительной ( $K_{стр}$  равнялся 0,55 ед. и 0,56 ед.). По другим годам и слоям почвы её структура характеризовалась как хорошая и коэффициент структурности находился в диапазоне от 0,74 ед. до 1,17 ед.

Технологии возделывания по-разному влияли на урожайность подсолнечника и ярового ячменя (табл. 5).

В сложившихся метеорологических условиях 2018 года с умеренным выпадением осадков за вегетацию подсолнечника в сумме 322 мм его урожайность по технологиям со вспашкой и полосной обработкой почвы существенно не различалась и составляла 3,21 т/га и 3,18 т/га соответственно.

**Таблица 5 – Урожайность подсолнечника гибрида Х4219 и ярового ячменя сорта Княжич в зависимости от технологий их возделывания, т/га**

Культура звена севооборота	Технология	Года			
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	Среднее**
Подсолнечник	Вспашка	3,21	3,80	2,78	3,29
	No-Till*	3,18	3,50	3,23	3,37
	НСП <sub>05</sub>	0,21	0,47	0,23	0,35
Яровой ячмень	Вспашка	5,33	4,61	5,78	5,20
	No-Till	4,34	3,44	4,71	4,08
	НСП <sub>05</sub>	0,33	0,32	0,23	0,28

\* – в 2018 году при возделывании подсолнечника использовали технологию Strip-Till

\*\* – среднее для подсолнечника рассчитано за 2019-2020 года

Несущественные различия в урожайности между технологиями были и в 2019 году, который характеризовался как засушливый (за вегетацию выпало 103 мм осадков) и она равнялась по вспашке 3,80 т/га, а по No-Till 3,50 т/га. В сложившихся условиях 2020 года, когда сумма осадков за вегетацию подсолнечника была равна 170 мм, ресурсосберегающая технология возделывания способствовала получению наибольшей в опыте урожайности 3,23 т/га, что существенно, на 0,45 т/га, превышало технологию с отвальной обработкой почвы.

При возделывании ярового ячменя урожайность во все годы исследований была выше по традиционной технологии с отвальной вспашкой и она составляла в 2018 году 5,33 т/га, в 2019 году 4,61 т/га и в 2020 году 5,78 т/га. По ресурсосберегающей технологии No-Till урожайность была существенно ниже и равнялась соответственно годам 4,34 т/га, 3,44 т/га и 4,71 т/га.

**Выводы.** Содержание гидролизуемого азота и подвижного фосфора в 2017 году под посевами подсолнечника и ярового ячменя по ресурсосберегающей технологии было незначительно выше, и их динамика изменений за четыре года была положительной. В 2021 году под посевами ярового ячменя подвижного фосфора при использовании No-Till стало меньше по сравнению со вспашкой на 11 мг/кг почвы. Обеспеченность обменным калием на начало ротации в 2017 году по технологии No-Till составляла 162 мг/кг почвы, в то время как по традиционной технологии со вспашкой 102 мг/кг. В 2021 году содержание обменного калия по технологиям возделывания выровнялось, и составляло 92 мг и 87 мг на кг почвы под посевами подсолнечника, 77 мг/кг и 80 мг/кг под яровым ячменем соответственно технологиям. Содержание органического вещества под подсолнечником как в 2017 году, так и в 2021 году находилось на одном уровне 4,1-4,4 %. Под яровым ячменем оно было выше и составляло 4,7-5,1 %.

Влажность почвы на период посева и уборки подсолнечника в 2018 и 2020 годах по ресурсосберегающей технологии была выше, чем по вспашке, а в 2019 году одинаковой с ней. В посевах ярового ячменя технология No-Till в весенне-летний период способствовала большему накоплению и сохранению продуктивной влаги.

Плотность почвы в слое 0-30 см при посеве подсолнечника в 2018 году по технологии со вспашкой превышала технологию No-Till на 0,16 г/см<sup>3</sup>, а в 2019 году наблюдалась обратная тенденция, по ресурсосберегающей технологии она была выше на 0,09 г/см<sup>3</sup>. На период посева в 2020 году и на период уборки подсолнечника в 2018-2020 годах по изучаемым технологиям этот агрофизический показатель находился на одном уровне. В посевах ярового ячменя плотность почвы в слое 0-30 см была выше по ресурсосберегающей технологии No-Till на период посева в 2018 и 2019 годах, а на период уборки в 2019 году находилась в диапазоне от 1,08 г/см<sup>3</sup> до 1,18 г/см<sup>3</sup>. По другим годам исследований этот агрофизический показатель был равен 0,86-1,02 г/см<sup>3</sup>.

Содержание агрономически ценных агрегатов размером 0,25-10,0 мм незначительно зависело от технологии возделывания и слоя почвы. Структура почвы в поле подсолнечника на период его посева и уборки в среднем за 2018-2020 года характеризовалась как неудовлетворительная. При возделывании ярового ячменя агрегатированность почвы была хорошей, за исключением верхнего слоя 0-10 см, где при посеве структура почвы была неудовлетворительной.

Урожайность подсолнечника в 2018 и 2019 годах по изучаемым технологиям возделывания находилась на одном уровне 3,18-3,21 т/га и 3,50-3,80 т/га соответственно. В 2020 году ресурсосберегающая технология No-Till оказалась эффективней, чем традиционная со вспашкой, с урожайность 3,23 т/га против 2,78 т/га. При возделывании ярового ячменя во все годы исследований его урожайность была достоверно выше по технологии со вспашкой, относительно No-Till и равнялась в 2018 году соответственно 5,33 т/га и 4,34 т/га, в 2019 году 4,61 т/га и 3,44 т/га, а в 2020 году 5,78 т/га и 4,71 т/га.

#### Библиография

1. Рыжов И.А. Значение технологии возделывания сельскохозяйственных культур в повышении эффективности растениеводства / И. А. Рыжов // Биология в сельском хозяйстве. – 2016. – № 3(12). – С. 14–17.

2. Михайлова З.И. Влияние способов обработки почвы на продуктивность зерновых культур / З. И. Михайлова, А. А. Михайлов, О. В. Вакуленко // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 4. – С. 10–16.
3. Агроэкологическая оценка технологии No-Till в условиях Белгородской области / С. Д. Лицуков, А. В. Ширяев, Л. Н. Кузнецова, С. А. Линков, А. Н. Сегидин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 9. – С. 46–48.
4. Продуктивная влага чернозёма типичного в зависимости от предшественников озимой пшеницы / А. Г. Ступаков, Х. Х. Аль Дхухайбави, С. И. Смуров [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 6–12.
5. Кулыгин В.А. Влияние элементов технологии возделывания на продуктивность подсолнечника в условиях обыкновенных чернозёмов / В. А. Кулыгин // Известия ОГАУ. – 2018. – № 4(72). – С. 95–98.
6. Кубарева С.Н. Влияние технологии No-Till на водный режим чернозема типичного / С. Н. Кубарева, С. А. Линков // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной студенческой научной конференции, Майский, 24-25 февраля 2021 года. Том 1. – Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2021. – С. 40.
7. Беляков А.М. Влияние приемов и агротехнологий на водный режим почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в агролесоландшафтах сухостепной зоны Нижнего Поволжья / А. М. Беляков, М. В. Назарова // Научно-агрономический журнал. – 2018. – № 2(103). – С. 44–47.
8. Влияние минимизации основной обработки почвы на влагообеспеченность и засоренность посевов зернобобовых культур / Д. В. Дубовик, А. Н. Морозов, Е. В. Дубовик, А. В. Шумаков // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 3(381). – С. 49–53.
9. Оценка состояния водно-физических свойств на участках с различными системами обработки почвы / С. А. Линков, А. В. Ширяев, А. В. Акинчин, Л. Н. Кузнецова, Т. С. Морозова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 4(40). – С. 117–124.
10. Лицуков С.Д. Плотность почвы в зависимости от приемов технологии / С. Д. Лицуков, В. А. Малышев // Аграрная наука в условиях инновационного развития АПК: Сборник докладов национальной конференции. Белгород, 30 ноября 2020 г. – Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2020. – С. 110–111.
11. Влияние агрометеорологических факторов на физическое состояние выщелоченных черноземов и урожайность зерновых культур в условиях Зауралья / С. Д. Гилев, И. Н. Цымбаленко, А. А. Замятин, А. П. Курлов // Аграрный вестник Урала. – 2015. – № 4(134). – С. 28–32.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 416 с.
13. Шеуджен А.Х. Агрохимия. Ч. 4. Фундаментальная агрохимия: учеб. пособие / А. Х. Шеуджен. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 529 с.
14. Агрохимия: Учебник / В. Г. Минеев, В. Г. Сычев, Г. П. Гамзиков [и др.]. – Москва : Издательство Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
15. Шеин Е.В. Курс физики почв: Учебник / Е. В. Шеин – М. : Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
16. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А. В. Турьянский, В. И. Мельников, Л. А. Селезнева, Н. Р. Асыка, В. Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

#### References

1. Ryzhov I.A. The importance of technology for cultivating agricultural crops in increasing the efficiency of crop production / I. A. Ryzhov // Biology in agriculture. – 2016. – № 3(12). – Pp. 14–17.
2. Mikhailova Z.I. The influence of soil cultivation methods on the productivity of grain crops / Z. I. Mikhailova, A. A. Mikhailov, O. V. Vakulenko // Bulletin of KrasGAU. – 2016. – № 4. – P. 10–16.
3. Agroecological assessment of No-Till technology in the conditions of the Belgorod region / S. D. Litsukov, A. V. Shiryayev, L. N. Kuznetsova, S. A. Linkov, A. N. Segidin // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. – 2013. – № 9. – P. 46–48.
4. Productive moisture of typical chernozem depending on the precursors of winter wheat / A. G. Stupakov, Kh. – 2020. – № 2. – P. 6–12.
5. Kulygin V.A. Influence of elements of cultivation technology on sunflower productivity in conditions of ordinary chernozems / V. A. Kulygin // Izvestia OGAU. – 2018. – № 4(72). – Pp. 95–98.
6. Kubareva S.N. The influence of No-Till technology on the water regime of typical chernozem / S. N. Kubareva, S. A. Linkov // Gorinsky readings. Innovative solutions for the agricultural sector: Proceedings of the International Student Scientific Conference, Maysky, February 24-25, 2021. Volume 1. – May : Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2021. – P. 40.
7. Belyakov A.M. Influence of techniques and agricultural technologies on the water regime of the soil and the productivity of agricultural crops in agroforestry landscapes of the dry steppe zone of the Lower Volga region / A. M. Belyakov, M. V. Nazarova // Scientific-Agronomic Journal. – 2018. – № 2(103). – Pp. 44–47.
8. The influence of minimizing the main tillage on the moisture supply and weediness of leguminous crops / D. V. Dubovik, A. N. Morozov, E. V. Dubovik, A. V. Shumakov // International Agricultural Journal. – 2021. – № 3(381). – Pp. 49–53.
9. Assessment of the state of water-physical properties in areas with different soil cultivation systems / S. A. Linkov, A. V. Shiryayev, A. V. Akinchin, L. N. Kuznetsova, T. S. Morozova // Innovations in the agro-industrial complex : problems and prospects. – 2023. – № 4(40). – Pp. 117–124.
10. Litsukov S.D. Soil density depending on technology techniques / S. D. Litsukov, V. A. Malyshev // Agricultural science in the conditions of innovative development of the agro-industrial complex: Collection of reports of the national conference. Belgorod, November 30, 2020 – Belgorod : Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2020. – P. 110–111.
11. The influence of agrometeorological factors on the physical state of leached chernozems and the yield of grain crops in the conditions of Trans-Urals / S. D. Gilev, I. N. Tsybalyenko, A. A. Zamyatin, A. P. Kurlov // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2015. – № 4(134). – Pp. 28–32.
12. Dosphehov B.A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results) / B. A. Dosphehov. – М. : Агропромиздат. – 1985. – 416 p.



13. Sheudzhen A.Kh. Agrochemistry. Part 4. Fundamental agrochemistry: textbook. allowance / A. Kh. Sheudzhen. – Krasnodar : KubGAU, 2016. – 529 p.
14. Agrochemistry: Textbook / V. G. Mineev, V. G. Sychev, G. P. Gamzikov [etc.]. – Moscow : Publishing house of the All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after. D. N. Pryanishnikova, 2017. – 854 p.
15. Shein E.V. Soil physics course: Textbook / E. V. Shein. – M. : Moscow State University Publishing House, 2005. – 432 p.
16. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A. V. Turyansky, V. I. Melnikov, L. A. Selezneva, N. R. Asyka, V. F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

#### **Сведения об авторах**

Ермолаев Семен Николаевич, агроном отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Дуюн Николай Васильевич, агроном отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Михайлов Денис Алексеевич, агроном отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Тупикова Елена Игоревна, аспирант, агроном отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

#### **Information about authors**

Ermolaev Semyon N., agronomist of the Scientific and practical center of agriculture and breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503.

Duyun Nikolay V., agronomist of the Scientific and practical center of agriculture and breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503.

Mikhaylov Denis A., agronomist of the Scientific and practical center of agriculture and breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503.

Tupikova Yelena I., graduate student, agronomist of the Scientific and practical center of agriculture and breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503.

УДК 631.417.1:630\*228:630\*223

Л.Н. Кузнецова, Е.Г. Котлярова, Т.С. Морозова, И.В. Партолин, С.А. Линков, О.С. Кузьмина

## НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕРОДА ДРЕВЕСНЫМИ ПОРОДАМИ В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

**Аннотация.** Несмотря на обширные и глубокие исследования по депонированию углерода лесными насаждениями и оценке их влияния на климат планеты, многие вопросы освещены недостаточно. К ним, в частности, относится динамика накопления запасов углерода древостоями различных пород в разрезе классов возраста. На основе данных инвентаризации защитных лесных насаждений нами был выполнен расчет накопления углерода лесными полосами разного возраста и породного состава, расположенных в гетерогенных почвенно-ландшафтных условиях. Древесные породы по углерододепонирующей эффективности можно расположить в порядке убывания в следующей последовательности: склон 1-3°, чернозем слабосмытый – дуб черешчатый, береза повислая, вяз шершавый, лиственница сибирская, ясень обыкновенный, тополь сереющий, робиния псевдоакация, тополь пирамидальный и черный; склон 3-5°, чернозем слабосмытый – дуб черешчатый, береза повислая, робиния псевдоакация, клён ясенелистный, ясень обыкновенный, тополь черный; склон 3-5°, чернозем среднесмытый – тополь черный, сосна обыкновенная, ясень обыкновенный; склон 5-7°, чернозем среднесмытый – дуб черешчатый, сосна обыкновенная, робиния псевдоакация, береза бородавчатая; на сильносмытом черноземе на склоне 5-7° у сосны обыкновенной и березы повислой накопление углерода снижалось приблизительно на 30 %.

Секвестрация углерода молодыми деревьями ясеня обыкновенного составила 4,7 т/га, а молодыми деревьями сосны обыкновенной – 2,3 т/га, что соответственно в 3 и 6 раз ниже, чем у дуба черешчатого на среднесмытых почвах. Обращает на себя внимание тот факт, что средневозрастные насаждения из дуба черешчатого накапливали углерода в 2-12 раз больше, чем остальные древесные породы. Наименьшее же количество углерода было депонировано в фитомассе ясеня обыкновенного, клёна ясенелистного и различных видов тополя.

**Ключевые слова:** депонирование, секвестрация, органический углерод, защитные лесные насаждения.

## CARBON ACCUMULATION BY TREE SPECIES IN PROTECTIVE FOREST STANDS

**Abstract.** Despite extensive and in-depth research on carbon deposition by forest plantations and assessment of their impact on the planet's climate, many issues have not been sufficiently covered. These include, in particular, the dynamics of carbon accumulation by stands of various species in the context of age classes. Based on the data from the inventory of protective forest plantations, we calculated the carbon accumulation of forest strips of different ages and species composition located in heterogeneous soil and landscape conditions. Wood species according to carbon-depositing efficiency can be arranged in descending order in the following sequence: slope 1-3°, slightly washed chernozem – petiolate oak, hanging birch, rough elm, Siberian larch, common ash, graying poplar, robinia pseudoacacia, pyramidal and black poplar; slope 3-5°, slightly washed chernozem – petiolate oak, birch hanging, robinia pseudoacacia, ash-leaved maple, common ash, black poplar; slope 3-5°, medium-washed chernozem – black poplar, common pine, common ash; slope 5-7°, medium-washed chernozem – petiolate oak, scots pine, robinia pseudoacacia, warty birch; on heavily washed chernozem on slope 5-7°, common pine and hanging birch had carbon accumulation decreased by about 30 %.

Carbon sequestration by young ash trees amounted to 4.7 t/ha, and by young pine trees – 2.3 t/ha, which is 3 and 6 times lower, respectively, than that of pedunculate oak on medium-washed soils. Attention is drawn to the fact that medium-aged oak stands accumulated carbon 2-12 times more than other tree species. The smallest amount of carbon was deposited in the phytomass of common ash, ash maple and various types of poplar.

**Keywords:** deposition, sequestration, organic carbon, protective forest plantations.

**Введение.** Стабилизация концентрации парниковых газов на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему, послужила основой для изучения вопроса по секвестрирующей способности древесных культур в зависимости от возраста и условий произрастания. Для корректного определения поглощающей способности растительных сообществ необходимо учитывать не только региональную специфику, но и возрастную структуру древостоев, что является достаточно сложной задачей, так как естественные насаждения, чаще всего, очень неоднородны по составу, возрастным группам и категориям состояния.

Кроме видового разнообразия, в основном диктуемого природно-климатическими условиями, важным фактором, влияющим на интенсивность поглощения растительными сообществами углекислого газа из атмосферы, является биомасса растительности [1, 2].

**Цель и задачи.** Цель данных исследований – оценить накопление углерода фитомассой древесных культур в зависимости от возраста и условий произрастания на основе данных инвентаризации защитных лесных насаждений.

Для достижения намеченной цели предусматривалось выполнение следующих основных задач:  
– выполнить инвентаризацию защитных лесных насаждений на различных почвах и элементах рельефа;  
– произвести оценку объемов поглощения углекислого газа защитными лесными насаждениями.

**Материалы и методы.** Исследования по оценке объемов поглощения углекислого газа на обследованной территории Белгородской области проводили в 2022-2023 годах.

Оценку продуктивности древостоя и запаса фитомассы выполняли путем определения таксационных показателей (видовой состав, возраст, средний диаметр ствола, средняя высота древостоя, полнота, бонитет), параметров среднего дерева [3]. Высота определялась с помощью эклиметра по общепринятой методике, а толщина дерева – при помощи штангенциркуля на уровне груди (высота 1,3 м), а затем данные из объемных единиц переводились в единицы массы.

На основе установленных Л.О. Карпачевским закономерностей рассчитывалась масса составных частей дерева [4].

Для расчета депонирования углерода фитомассой применялось рекомендованное МГЭИК уравнение (1), в основу которого положен «метод расчета по изменению запаса»:

$$C = V \times D \times BEF_2 \times (1+R) \times CF \quad (1)$$

где: V – общий запас насаждений, м<sup>3</sup>;

BEF<sub>2</sub> – коэффициент фитомассы для перевода общего запаса насаждений (т. е. объема стволовой древесины) в величину фитомассы всех компонентов надземной части древостоя, безразмерная величина;

D – объемно-взвешенная средняя плотность абсолютно сухой древесины, т/м<sup>3</sup>;  
 R – соотношение массы корней (включая пеня) и стволовой древесины, безразмерная величина;  
 CF – доля углерода в сухом веществе [5].

Для расчета количества органического углерода почвы на единицу площади использовали следующее уравнение (2):  

$$C_{оп} = K_{Соп} \times d \times (1 - \Gamma_{\phi} / 100) \times 3$$
 (2)

где: C<sub>оп</sub> – накопление органического углерода в почве, тС;  
 K<sub>Соп</sub> – концентрация органического углерода в почве, гС/кг;  
 d – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  
 Γ<sub>φ</sub> – доля грубых фрагментов (фракции > 1 мм), %;  
 3 – конечный множитель для преобразования массы углерода в т/га.

Для расчета накопления углерода лесной подстилкой использовали следующее уравнение (3):  

$$C_{опд} = V \times M_{пд} \times K_{Спд}$$
 (3)

где: C<sub>опд</sub> – накопление органического углерода в лесной подстилке, т;  
 V – запас стволовой древесины, м<sup>3</sup>;  
 M<sub>пд</sub> – масса лесной подстилки в сухом состоянии, приходящаяся на 1 м<sup>3</sup> стволовой древесины, т/м<sup>3</sup>;  
 K<sub>Спд</sub> – долевое содержание углерода в сухой массе лесной подстилки.

Депонирование углерода древесостоем преобразовывали в эквивалент CO<sub>2</sub> по стехиометрическому соотношению CO<sub>2</sub> и углерода (C): M<sub>1</sub> / M<sub>2</sub>, где M<sub>1</sub> – молекулярная масса CO<sub>2</sub>, M<sub>2</sub> – молекулярная масса C [6, 7, 8].

**Результаты и обсуждение.** На основе данных инвентаризации защитных лесных насаждений была проведена оценка накопления углерода фитомассой древесных культур в зависимости от возраста и условий произрастания.

На примере насаждений из дуба черешчатого показан весь алгоритм расчета (таблицы 1-4), по остальным древесным породам представлены только итоговые данные (таблица 5).

Оценка запасов биомассы в дубовых насаждениях разных возрастов показала, что максимальная биомасса надземной части сформирована средневозрастной лесной полосой (76 лет) – 351,6 т/га, тогда как у молодых насаждений (7-10 лет) данный показатель был в 10,5-36,6 раз меньше (табл. 1).

**Таблица 1 – Расчет запасов биомассы растущих деревьев дуба в защитных насаждениях, на 1 га**

№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Часть склона	Возраст, лет	Запасы древостоя, м <sup>3</sup>	Базисная плотность, т/м <sup>3</sup>	Биомасса стволов, т	Коэффициент увеличения биомассы, куб	Биомасса надземной части, т	Соотношение корни / побеги	Биомасса подземной части, т
<i>Чернозем титичный слабосмытый (склон южной экспозиции 3-5°)</i>										
14	Сплошное облесение	верхняя	10	38,1	0,58	22,1	1,30	28,7	0,35	10,1
15	Сплошное облесение	средняя	10	44,4	0,58	25,8	1,30	33,5	0,35	11,7
16	Сплошное облесение	нижняя	10	40,5	0,58	23,5	1,30	30,5	0,35	10,7
<i>Чернозем остаточно-карбонатный среднесмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>										
1	Сплошное облесение	верхняя	10	29,4	0,58	17,1	1,30	22,2	0,35	7,8
2	Сплошное облесение	средняя	10	26,8	0,58	15,5	1,30	20,2	0,35	7,1
3	Сплошное облесение	нижняя	10	30,8	0,58	17,9	1,30	23,2	0,35	8,1
<i>Чернозем остаточно-карбонатный сильносмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>										
4	Сплошное облесение	лев	7	12,7	0,58	7,4	1,30	9,6	0,35	3,4
<i>Чернозем выщелоченный слабосмытый (склон юго-восточной экспозиции 1-3°)</i>										
29	Дч-Дч-Дч / 3	-	76	466,3	0,58	270,5	1,30	351,6	0,35	123,1

Секвестрация углерода надземной и подземной частью деревьев в молодых дубовых защитных насаждениях на склоне 3-5° южной экспозиции (почва – чернозем типичный слабосмытый) находилась в интервале от 18,2 (в верхней части склона) до 21,3 т/га (в средней части склона) (табл. 2).

**Таблица 2 – Накопление C<sub>орг</sub> дубом черешчатым, на 1 га**

№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Часть склона	Возраст, лет	Запасы древостоя, м <sup>3</sup>	Биомасса надземной части, т	Биомасса подземной части, т	Долевое содержание C <sub>орг</sub> в сухой массе надземной и подземной части	Накопление C <sub>орг</sub> в надземной части, т	Накопление C <sub>орг</sub> в подземной части, т	Итого накопление C <sub>орг</sub> в надземной и подземной части, т
<i>Чернозем титичный слабосмытый (склон южной экспозиции 3-5°)</i>										
14	Сплошное облесение	верхняя	10	38,1	28,7	10,1	0,47	13,5	4,73	18,2
15	Сплошное облесение	средняя	10	44,4	33,5	11,7	0,47	15,7	5,51	21,3

16	Сплошное облесение	нижняя	10	40,5	30,5	10,7	0,47	14,4	5,02	19,4
<i>Чернозем остаточно-карбонатный среднесмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>										
1	Сплошное облесение	верхняя	10	29,4	22,2	7,8	0,47	10,5	3,66	14,1
2	Сплошное облесение	средняя	10	26,8	20,2	7,1	0,47	9,5	3,32	12,8
3	Сплошное облесение	нижняя	10	30,8	23,2	8,1	0,47	10,9	3,82	14,7
<i>Чернозем остаточно-карбонатный сильносмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>										
4	Сплошное облесение	средняя	7	12,7	9,6	3,4	0,47	4,5	1,58	6,1
<i>Чернозем выщелоченный слабосмытый (склон юго-восточной экспозиции 1-3°)</i>										
29	Дч-Дч-Дч / 3	-	76	466,3	351,6	123,1	0,47	165,3	57,84	223,1

Накопление органического углерода ( $C_{орг}$ ) молодыми дубовыми насаждениями на склоне южной экспозиции крутизной 7° (почва – чернозём остаточно-карбонатный среднесмытый) находилось в интервале от 12,81 т/га (в средней части склона) до 14,7 т/га (в нижней части склона). В возрасте 7 лет отмечена наименьшая способность депонировать углерод – 6,1 т/га.

При инвентаризации средневозрастных (76 лет) дубовых насаждений на склоне юго-восточной экспозиции 1-3° (почва – чернозём выщелоченный слабосмытый) данный показатель свидетельствовал о высоком уровне накопления углерода фитомассой деревьев – 223,1 т/га.

Секвестрация углерода подстилкой дубовых защитных насаждений в возрасте 10 лет на склоне южной экспозиции 3-5° (почва чернозём типичный слабосмытый) находилась в интервале от 0,50 до 0,58 т/га (табл. 3). На склоне южной экспозиции 7° (почва чернозём остаточно-карбонатный среднесмытый) находилась в интервале от 0,35 до 0,40 т/га. Накопление углерода подстилкой в дубовых насаждениях в среднем возрасте (76 лет) на слабосмытом черноземе выщелоченном составило 6,06 т/га.

**Таблица 3 – Расчет  $C_{орг}$  в лесной подстилке дуба, на 1 га**

№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Часть склона	Возраст, лет	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup>	Масса лесной подстилки в сухом состоянии, приходящаяся на 1 м <sup>3</sup> стволовой древесины, т / м <sup>3</sup>	Долевое содержание $C_{орг}$ в сухой массе лесной подстилки	Накопление $C_{орг}$ в лесной подстилке, т
<i>Чернозем типичный слабосмытый (склон южной экспозиции 3-5°)</i>							
14	Сплошное облесение	верхняя	10	38,1	0,03	0,43	0,50
15	Сплошное облесение	средняя	10	44,4	0,03	0,43	0,58
16	Сплошное облесение	нижняя	10	40,5	0,03	0,43	0,53
<i>Чернозем остаточно-карбонатный среднесмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>							
1	Сплошное облесение	верхняя	10	29,4	0,03	0,43	0,38
2	Сплошное облесение	средняя	10	26,8	0,03	0,43	0,35
3	Сплошное облесение	нижняя	10	30,8	0,03	0,43	0,40
<i>Чернозем остаточно-карбонатный сильносмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>							
4	Сплошное облесение	лев	7	12,7	0,03	0,43	0,17
<i>Чернозем выщелоченный слабосмытый (склон юго-восточной экспозиции 1-3°)</i>							
29	Дч-Дч-Дч / 3	-	76	466,3	0,030	0,43	6,06

Данные, представленные в таблице 4, свидетельствуют о том, что наибольшее количество органического углерода накапливается в почве под 76-летней дубовой лесополосой – 2,75 т/га. Отмечается закономерность увеличения накопления  $C_{орг}$  с увеличением доли фракции размером < 1 мм. Аналогичная закономерность отмечена и в работах Б.М. Когута и В.М. Семенова, где показано, что способность почв стабилизировать и сохранять секвестрируемый из атмосферы углерод контролируется содержанием тонкодисперсных гранулометрических фракций пыли и глины размером <0,05 (0,02) мм [9, 10]. Насыщение этих фракций органическим углеродом снижает углеродсеквестрирующий потенциал почвы.

В почве площадки № 29 отмечается наибольшая аккумуляция органического углерода, что обусловлено, на наш взгляд, возрастом дуба – 76 лет, а также отсутствием эрозионных процессов. Наименьшее накопление углерода отмечается в черноземе остаточно-карбонатном среднесмытом (площадки № 3 и № 4), южной экспозиции. Причиной этого может быть то, что на «теплых» склонах эрозионные процессы развиваются интенсивнее. Также склоны южной экспозиции весной оттаивают быстрее и более длительный промежуток времени остаются незащищенными, в связи с чем увеличивается риск развития водной эрозии из-за тало-дождевого смыва почвы.

Секвестрация углерода надземной и подземной частью деревьев на склоне 5-7° северо-западной экспозиции (почва чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый) в молодых сосновых защитных насаждениях в возрасте 40 лет (площадки № 6 и 7) находилась в интервале от 40,3 т/га (средняя часть склона) до 72,7 т/га (верхняя часть склона). На сильносмытом черноземе обыкновенном карбонатном (площадка № 5 – нижняя часть склона) наблюдалось наименьшее накопление углерода фитомассой сосны в возрасте 22 лет, которое составило 16,1 т/га.

**Таблица 4 – Расчет количества органического углерода в почве под растущими деревьями дуба, на 1 га**

№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Часть склона	Возраст, лет	Концентрация органического углерода в почве, гС/кг	Объёмная плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Грубые фрагменты почвы (фракции > 1 мм), %	Накопление углерода, т
<i>Чернозем типичный слабосмытый (склон южной экспозиции 3-5°)</i>							
14	Сплошное облесение	верхняя	10	2,20	1,12	9,7	2,2
15	Сплошное облесение	средняя	10	2,30	1,12	9,3	2,3
16	Сплошное облесение	нижняя	10	2,20	1,14	10,1	2,3
<i>Чернозем остаточно-карбонатный среднесмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>							
1	Сплошное облесение	верхняя	10	2,13	1,10	8,9	2,2
2	Сплошное облесение	средняя	10	2,10	1,13	9,8	2,1
3	Сплошное облесение	нижняя	10	2,03	1,15	10,3	2,1
<i>Чернозем остаточно-карбонатный сильносмытый (склон южной экспозиции 5-7°)</i>							
4	Сплошное облесение	лев	7	1,62	1,18	11,4	1,7
<i>Чернозем выщелоченный слабосмытый (склон юго-восточной экспозиции 1-3°)</i>							
29	Дч-Дч-Дч/3	-	76	2,60	1,16	8,9	2,8

Также в ходе исследований была выполнена сравнительная оценка накопления органического углерода молодыми, растущими и приспевающими деревьями различных пород, расположенных на склонах разной крутизны и экспозиции (табл. 5).

На склоне 3-5° южной экспозиции (почва чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый) секвестрация углерода молодыми деревьями сосны составила 20,41 т/га, на склоне 5-7° – 22,2 т/га (площадки № 10 и 11).

Секвестрация углерода сосной в возрасте 35 лет (площадки № 43-45) на склоне 5-7° юго-восточной экспозиции (почва чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый) находилась в интервале от 10,45 т/га (верхняя часть склона) и 12,38 т/га (средняя часть склона) до 31,73 т/га в нижней части склона.

Накопление органического углерода лесной подстилкой зависело от возраста деревьев, крутизны и части склона, степени смытости почвы. Наибольшие значения отмечены в сосновых насаждениях в возрасте 40 лет в верхней части склона 5-7° северо-западной экспозиции на черноземе обыкновенном карбонатном среднесмытом – 9,51 т/га, наименьшие – на сильносмытом – 0,25 т/га (при возрасте сосны 22 года).

Анализ представленных данных свидетельствует о различиях в запасах углерода в почве под сосной в зависимости части склона. Так, на площадке № 43 в верхней части склона запасы составили 2,4 т/га, при продвижении вниз по склону накопление  $S_{орг}$  снижалось и в нижней части склона (площадка № 45) было на 0,4 т/га меньше. На площадке № 11 накопление  $S_{орг}$  в средней части склона крутизной 5-7° оказалось больше, чем в почве площадки № 10 в верхней части склона, что, на наш взгляд, обусловлено перераспределением органического вещества вниз по склону. Кроме того, молодые деревья сосны депонируют углерода меньше.

Накопление углерода в сосновых защитных лесных насаждениях в возрасте 35 лет (площадки № 43-45) на склоне 5-7° юго-восточной экспозиции (почва чернозём обыкновенный карбонатный среднесмытый) находилось в интервале от 14,2 т/га (верхняя часть склона) до 16,2 т/га (средняя часть склона), в нижней части склона накопление углерода сосновыми насаждениями было в 2 раза выше – 37,9 т/га.

Секвестрация углерода надземной и подземной частью деревьев березы на склоне 1-3° восточной экспозиции (почва чернозём обыкновенный незеродированный) (площадки № 8 и 12) в средневозрастных защитных насаждениях (возраст 22 года) находилась в интервале от 36,2 т/га до 68,1 т/га. На склоне южной экспозиции (почва чернозём типичный карбонатный несмытый) приспевающие березовые защитные насаждения в возрасте 40 лет (площадка № 35) снизили данный показатель до 13,8 т/га, однако на склоне восточной экспозиции (почва чернозём типичный карбонатный несмытый) секвестрация углерода фитомассой березы такого же возраста была довольно высокой – 135,2 т/га (площадка № 39).

**Таблица 5 – Накопление органического углерода молодыми деревьями в защитных насаждениях, на 1 га**

Порода	№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Степень смытости почвы, экспозиция склона	Накопление органического углерода, т	
Дуб черешчатый	14	Сплошное облесение	Слабосмытая, южная	21,0	
	15	Сплошное облесение		24,2	
	16	Сплошное облесение		22,2	
	<i>В среднем по слабосмытой почве</i>				22,4
	1	Сплошное облесение	Среднесмытая, южная	16,6	
	2	Сплошное облесение		15,3	

	3	Сплошное облесение		17,2
	4	Сплошное облесение		7,9
	<i>В среднем по среднесмытой почве</i>			14,3
Сосна обыкновенная	5	Со-Акб-Со-	Сильносмытая, северо-западная	2,0
	43	Сплошное облесение	Среднесмытая, юго-восточной	2,4
	44	Сплошное облесение		2,2
	45	Сплошное облесение		2,0
	6	Сплошное облесение	Среднесмытая, северо-западная	2,4
	7	Сплошное облесение		2,4
	10	Со-Со-Со / 3	Среднесмытая (верхняя часть склона), южная	2,4
	11	Со-Со-Со / 3	Среднесмытая (средняя часть склона), южная	2,4
	<i>В среднем по среднесмытой почве</i>			2,3
Ясень обыкновенный	40	Яо-Яо-Яо / 3	Среднесмытая, юго-восточная	4,7

Секвестрация углерода надземной и подземной частью деревьев в приспевающих защитных насаждениях березы (35-40 лет) на склонах 3-5° на черноземах слабосмытых (площадки № 21, 30, 41) составила 52,7 т/га на чернозёме выщелоченном южной экспозиции, 140,1 т/га на чернозёме выщелоченном северо-восточной экспозиции и 94,9 т/га на чернозёме типичном юго-восточной экспозиции. Секвестрация углерода в приспевающих защитных насаждениях из березы на черноземе выщелоченном среднесмытом (площадки № 49, 23 и 25) составила 31,4 т/га и 28,7-64,6 т/га на склонах 5-7° западной и южной экспозиции соответственно. На черноземе карбонатном сильносмытом 5-7° южной экспозиции (площадка № 32) были отмечены невысокие значения данного показателя – 31,8 т/га.

Наибольшие значения величины накопления органического углерода лесной подстилкой были отмечены в березовых насаждениях приспевающего возраста на склоне 3-5° северо-восточной экспозиции на черноземе выщелоченном слабосмытом – 1,43 т/га, а наименьшие – на склоне 1-3° юго-западной экспозиции на черноземе типичном карбонатном несмытом – 0,25 т/га.

Также наблюдались различия в запасах углерода в почве в зависимости от степени ее смытости и экспозиции склона. Кроме того, различалось накопление  $S_{орг}$  в почве под деревьями разного возраста – наибольшая активность накопления характерна для деревьев в возрасте 35-40 лет. В почве площадки № 21 тип смешения Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5 отмечено максимальное накопление органического углерода – 2,86 т/га. Тогда как почва площадки № 23 характеризовалась минимальным значением данного показателя – 1,96 т/га, что, на наш взгляд, обусловлено средней степенью смытости почвы, южной экспозицией склона и увеличением доли крупной фракции.

В приспевающих защитных насаждениях березы повислой (35-40 лет) на слабосмытых почвах склонов 3-5° (площадки № 21, 30, 41) наиболее высокая секвестрация углерода надземной и подземной частью деревьев была отмечена на чернозёме выщелоченном склона северо-восточной экспозиции – 140,1 т/га, тогда как на чернозёме выщелоченном южной экспозиции и чернозёме типичном юго-восточной экспозиции данный показатель составил только 52,7 и 94,9 т/га соответственно.

Секвестрация углерода надземной и подземной частью тополя в смешанных приспевающих защитных насаждениях (35-40 лет) на несмытых почвах склонов 1-3° (площадки № 26, 37, 48) в находилась в интервале от 18,1 т/га на чернозёме выщелоченном склона южной экспозиции до 26,1 т/га на чернозёме типичном карбонатном склона восточной экспозиции соответственно. Очень низкие значения данного показателя были отмечены на чернозёме выщелоченном склона 3-5° западной экспозиции (площадка № 48) – 0,48 т/га.

Наибольшее депонирование углерода тополем было отмечено в чистой лесополосе на склоне 3-5° западной экспозиции (почва чернозём выщелоченный среднесмытый) – 71,7 т/га (площадка № 31). Накопление углерода лесной подстилкой в насаждениях тополя находилось в интервале от 1,18 т/га до 3,25 т/га.

Накопление органического углерода в почве площадок № 31 и № 48 определялось породным составом насаждений. Тополь чёрный депонировал углерода меньше. Суммарное депонирование углерода в его приспевающих защитных насаждениях (35-40 лет) на несмытых почвах склонов 1-3° (площадки № 26 и 37) находилось в интервале от 21,9 т/га на чернозёме выщелоченном склона южной экспозиции до 29,6 т/га на чернозёме типичном карбонатном склона восточной экспозиции. Очень низкие показатели секвестрации углерода тополем были отмечены в смешанной лесополосе на чернозёме выщелоченном слабосмытом на склоне 3-5° западной экспозиции (площадка № 48), где накопление углерода было в 7-9 раз ниже и составило всего 3,05 т/га. Наибольшая величина депонирования углерода тополем – 76,7 т/га – была отмечена в чистом насаждении на чернозёме выщелоченном слабосмытом на склоне 3-5° западной экспозиции (площадка № 31). Общее накопление углерода приспевающими защитными насаждениями тополя пирамидального (40 лет) на черноземе выщелоченном несмытом на склоне 1-3° южной экспозиции (площадка № 27) составило 18,3 т/га, что на 3,5 т/га ниже, чем тополем черным (21,9 т/га).

При анализе накопления органического углерода в почве под разными видами тополя следует выделить тополь сереющий, который, несмотря на относительно молодой возраст (22 года), обеспечил накопление  $S_{орг}$  на уровне 2,77 т/га. Депонирование углерода средневозрастных защитных насаждениях тополя сереющего (22 года) на склоне 1-3° восточной экспозиции на черноземе обыкновенном несмытом (площадка № 8) составило 28,5 т/га, что на 6,7 т/га превышало аналогичный показатель у тополя черного (21,9 т/га) и на 10,2 т/га – у тополя пирамидального (18,3 т/га).

При оценке накопления органического углерода в почве под насаждениями робинии псевдоакация нами также выявлена определенная зависимость данного показателя от крутизны склона и его экспозиции. С увеличением крутизны склона интенсивность накопления снижается. На склонах южной экспозиции накопление органического углерода заметно ниже,

чем на склонах западной экспозиции. На площадке № 28, расположенной на склоне южной экспозиции, данный показатель составил 2,13 т/га, в то время как на площадке № 47 на склоне западной экспозиции с большим уклоном – 2,55 т/га. С увеличением крутизны склона (площадка № 24) накопление органического углерода снижалось.

Накопление органического углерода в почве под растущими деревьями ясеня обыкновенного изменялось в зависимости от породного состава насаждения, возраста деревьев и экспозиции склона. Максимальное накопление органического углерода было отмечено в чернозёме типичном карбонатном несмытом на площадке № 36 под берёзой и ясенем (возраст деревьев 40 лет) – 2,6 т/га. В почве под смешанным насаждением из тополя черного, ясеня и берёзы из-за увеличения степени смывости почвы и, соответственно, роста доли грубых гранулометрических элементов в ней, а также снижения содержания органического вещества, накопление органического углерода сократилось на 7,7 % и составило 2,4 т/га. Накопление органического углерода в почве под молодыми деревьями (площадка № 42) ясеня и берёзы было меньше на 9,6 % (или 0,23 т/га) в сравнении с аналогичным показателем под более возрастными насаждениями из тех же пород (площадка № 36). Под чистыми насаждениями ясеня (площадка № 40) органический углерод в почве аккумулировался в меньшей степени.

Накопление органического углерода в почве под растущими деревьями лиственницы сибирской составило 2,35 т/га.

Суммарное депонирование углерода молодыми деревьями дуба находилось в интервале от 14,3 т/га до 22,4 т/га на среднесмытых и слабосмытых почвах соответственно (таблица 5).

Общая секвестрация углерода средневозрастными деревьями составила: дубом черешчатым – 231,9 т/га, берёзой повислой – 102,0 т/га, тополем черным – 18,2 т/га, тополем пирамидальным – 18,3 т/га, тополем сереющим – 28,5 т/га, робинией псевдоакацией – 35,0 т/га, ясенем обыкновенным – 29,1 т/га, вязом шершавым – 98,5 т/га, лиственницей сибирской – 70,9 т/га, клёном ясенелистным – 24,4 т/га (табл. 6).

**Таблица 6 – Накопление органического углерода средневозрастными и приспевающими деревьями в защитных насаждениях, на 1 га**

Порода	№ пробной площадки	Схема смешения / число рядов	Степень смывости почвы, экспозиция склона	Накопление органического углерода, т	
Дуб черешчатый	29	Дч-Дч-Дч / 3	Слабосмытая, юго-восточная	231,9	
Берёза повислая	35	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	Неэродированная, юго-западная	16,6	
	12	Бп-Бп-Бп / 3		71,4	
	8	Бп-Тс-Бп-Тс-Бп / 5	Неэродированная, восточная	39,3	
	<b>В среднем по неэродированной почве</b>				<b>42,4</b>
	39	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	Слабосмытая, восточная	139,2	
	21	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Слабосмытая, южная	56,1	
	30	Бп-Бп-Бп / 3	Слабосмытая, северо-восточная	114,1	
	41	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	Слабосмытая, юго-восточная	98,4	
	<b>В среднем по слабосмытой почве</b>				<b>102,0</b>
	49	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Среднесмытая, западная	33,9	
	23	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Среднесмытая, южная	31,0	
	25	Бп-Бп-Бп / 3		67,5	
	<b>В среднем по среднесмытой почве</b>				<b>44,1</b>
	32	Бп-Бп-Бп / 3	Сильносмытая, южная	34,6	
Тополь черный	26	Аб-Тч (Тп)-Аб-Тч-Аб / 5	Слабосмытая, южная	21,9	
	37	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	Слабосмытая, восточная	29,6	
	48	Кя-Аб-Кя-Аб-Тч / 5	Слабосмытая, западная	3,1	
	<b>В среднем по слабосмытой почве</b>				<b>18,2</b>
31	Тч-Тч-Тч / 3	Среднесмытая, западная	76,7		
Тополь пирамидальный	27	Аб-Тч (Тп)-Аб-Тч-Аб / 5	Слабосмытая, южная	18,3	
Тополь сереющий	8	Бп-Тс-Бп-Тс-Бп / 5	Неэродированная, восточная	28,5	
Робиния псевдоакация	28	Аб-Тч (Тп)-Аб-Тч-Аб / 5	Слабосмытая, южная	36,0	
	22	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Слабосмытая, южная	49,7	
	47	Кя-Аб-Кя-Аб-Тч / 5	Слабосмытая, западная	19,4	
	<b>В среднем по слабосмытой почве</b>				<b>35,0</b>
	50	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Среднесмытая, западная	47,9	
	24	Аб-Бп-Аб-Бп-Аб / 5	Среднесмытая, южная	35,6	
<b>В среднем по среднесмытой почве</b>				<b>41,7</b>	
Ясень обыкновенный	36	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	Неэродированная, юго-западная	67,0	
	38	Тч-Бп-Яо-Бп-Тч / 5	Слабосмытая, восточная	43,4	

	42	Бп-Яо-Бп-Яо-Бп / 5	Слабосмытая, юго-восточная	14,8
	<b>В среднем по слабосмытой почве</b>			<b>29,1</b>
Вяз шершавый	34	Вш-Вш-Вш / 3	Неэродированная, юго-западная	98,5
Лиственница сибирская	33	Лцс-Лцс-Лцс / 3	Слабосмытая, юго-восточная	70,9
Клён ясенелистный	46	Кя-Аб-Кя-Аб-Тч / 5	Слабосмытая, западная	24,4

Наибольшее депонирование углерода происходит в фитомассе дуба черешчатого, а наименьшее – в фитомассе тополей, ясеня обыкновенного и клёна ясенелистного.

**Заключение.** Таким образом, секвестрация углерода молодыми деревьями ясеня обыкновенного составила 4,7 т/га, а молодыми деревьями сосны обыкновенной – 2,3 т/га, что соответственно в 3 и 6 раз ниже, чем у дуба черешчатого на среднесмытых почвах.

Обращает на себя внимание тот факт, что средневозрастные насаждения из дуба черешчатого накапливали углерода в 2-12 раз больше, чем остальные древесные породы. Наименьшее же количество углерода было депонировано в фитомассе ясеня обыкновенного, клёна ясенелистного и различных видов тополя.

### Библиография

1. Котлярова Е.Г. К вопросу об экономической эффективности ландшафтных систем земледелия / Е. Г. Котлярова, А. И. Титовская, А. В. Акинчин, С. А. Линков // Научное обозрение. – 2013. – № 8. – С. 12–15.
2. Методологические подходы формирования единой Национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации / А. Л. Иванов., И. Ю. Савин, В. С. Столбовой и др. // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2021. Вып. 108. – С. 175–218.
3. Лозовой А.Д. Лесная вспомогательная книжка: Лесотаксационный справочник работнику лесного хозяйства Центрально-Черноземного региона России / А. Д. Лозовой. – Воронеж, 1996. – 400 с.
4. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы / Л. О. Карпачевский. – М. : Лесная промышленность, 1981. – 264 с.
5. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. М. : МГЭИК: ВМО, 2003. – 330 с.
6. Лесоуглеродный ресурс Беларуси / Л. Н. Рожков [и др.] / под общ. ред. Л. Н. Рожкова, И. В. Войтова, А. А. Кулика. – Минск : БГТУ, 2018. – 247 с.
7. Мальшова Н.В. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов годичного депонирования углерода / Н. В. Мальшова, Б. Н. Моисеев, А. Н. Филипчук, Т. А. Золина // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21. № 1. – С. 4–13.
8. Методика оценки годичных потоков «стока-эмиссии» углекислого газа и общего депонирования углерода лесами Республики Беларусь. Утверждена и введена в действие приказом Минлесхоза Республики Беларусь от 28.03.2011 г. № 81 / Л. Н. Рожков [и др.]. – Минск : БГТУ, ЛРУП «Белгослес», 2011. – 19 с.
9. Когут Б.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом / Б. М. Когут, В. М. Семенов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2020. – Вып. 102. – С. 103–124.
10. Когут Б.М. Дегуммирование и почвенная секвестрация углерода / Б. М. Когут, В. М. Семенов, З. С. Артемьева, Н. Н. Данченко / Агрохимия. – 2021. – № 5. – С. 3–13.

### References

1. Kotlyarova E.G. On the question of the economic efficiency of landscape farming systems / E. G. Kotlyarova, A. I. Titovskaya, A. V. Akinchin, S. A. Linkov // Scientific Review. – 2013. – № 8. – Pp.12–15.
2. Methodological approaches to the formation of a unified national system for monitoring and accounting for carbon balance and greenhouse gas emissions on the lands of the agricultural Fund of the Russian Federation / A. L. Ivanov., I. Yu. Savin, V. S. Stolbova et al. // Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. – 2021. Issue 108. – Pp. 175–218.
3. Lozovoy A.D. Forest auxiliary book: A forest tax reference book for a forestry worker in the Central Chernozem region of Russia / A. D. Lozovoy. – Voronezh, 1996. – 400 p.
4. Karpachevsky L.O. Forest and forest soils / L. O. Karpachevsky. – M. : Forest industry, 1981. – 264 p.
5. Good practice guidelines for land use, land-use change and forestry. IPCC Program on National Greenhouse Gas Inventories. Moscow : IPCC: WMO, 2003. – 330 p.
6. The forest carbon resource of Belarus / L. N. Rozhkov [et al.] / under the general editorship of L. N. Rozhkov, I. V. Voitova, A. A. Kulik. – Minsk : BSTU, 2018. – 247 p.
7. Malysheva N.V. Methods for assessing the carbon balance in forest ecosystems and the possibility of their use for calculating annual carbon deposition / N. V. Malysheva, B. N. Moiseev, A. N. Filipchuk, T. A. Zolina // Forest Bulletin / Forestry Bulletin. – 2017. – Vol. 21. № 1. – Pp. 4–13.
8. Methodology for estimating annual flows of «runoff-emission» of carbon dioxide and total carbon deposition by forests of the Republic of Belarus. Approved and put into effect by Order of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus № 81 dated 03/28/2011 / L. N. Rozhkov [et al.]. – Minsk : BSTU, LRUP «Belgosles», 2011. – 19 p.
9. Kogut B.M. Assessment of soil saturation with organic carbon / B. M. Kogut, V. M. Semenov // Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Institute. – 2020. – Issue 102. – Pp. 103–124.
10. Kogut B.M. Degumming and soil sequestration of carbon / B. M. Kogut, V. M. Semenov, Z. S. Artemyeva, N. N. Danchenko / Agrochemistry. – 2021. – № 5. – Pp. 3–13.

### Сведения об авторах

Кузнецова Лариса Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: Kuznecova\_LN@bsaa.edu.ru, тел. +79056727064.



Котлярова Екатерина Геннадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: Kotljarova\_EG@bsaa.edu.ru, тел. 8(4722) 39-26-68.

Морозова Тамара Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: Morozova\_TS@bsaa.edu.ru, тел. 8(4722) 39-26-68.

Партолин Иван Васильевич, кандидат биологических наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: Partolin\_IV@bsaa.edu.ru, тел. 8(4722) 39-26-68.

Линков Сергей Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: linkovserg@yandex.ru, тел. 8(4722) 39-26-68.

Кузьмина Ольга Сергеевна, кандидат технических наук, старший преподаватель агрономического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, e-mail: kuzmina\_os@bsaa.edu.ru, тел. 8-951-140-14-44.

#### **Information about authors**

Kuznetsova Larisa Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: Kuznecova\_LN@bsaa.edu.ru, tel. +79056727064.

Kotlyarova Ekaterina Gennadijevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: Kotljarova\_EG@bsaa.edu.ru, tel. 8(4722) 39-26-68.

Morozova Tamara Sergeevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: Morozova\_TS@bsaa.edu.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Partolin Ivan Vasilyevich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: Partolin\_IV@bsaa.edu.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Linkov Sergey Alexandrovich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: linkovserg@yandex.ru, phone 8(4722) 39-26-68.

Kuzmina Olga Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the Faculty of Agronomy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», e-mail: kuzmina\_os@bsaa.edu.ru, phone 8-951-140-14-44.

УДК 631.582:633.854.78:631.412:631.445.41:631.811

*Д.И. Панарин, А.Г. Ступаков, П.В. Андреев, М.А. Куликова*

### ВЛИЯНИЕ ПРЕДПРЕДШЕСТВЕННИКОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЁМА ТИПИЧНОГО ПРИ ВЫСОКОМ УРОВНЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДА ЦЧР

**Аннотация.** В стационарном многофакторном опыте отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ изучали влияние предпредшественников подсолнечника на агрофизические свойства чернозёма типичного на фоне дозы полного минерального удобрения  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . Исследовалось влияние четырех предпредшественников подсолнечника: многолетние травы, горох на зерно, яровой ячмень и чёрный пар. В результате опытов были получены данные о действии предпредшественников на гранулометрический состав, плотность и влажность почвы под подсолнечником.

Наибольшие запасы продуктивной влаги на момент посева наблюдались по предпредшественнику яровой ячмень, составившие 48,7 мм для слоя 0-30 см и 178,3 мм для слоя 0-100 см. На период уборки урожая подсолнечника наибольшие они были по гороху на зерно и равнялись 40,3 мм и 110,7 мм соответственно выделенным слоям.

На момент посева наибольшая плотность почвы была по предпредшественнику чёрный пар, составившая 1,01 г/см<sup>3</sup> для слоя 0-15 см, 1,06 г/см<sup>3</sup> для слоя 15-30 см и 1,03 г/см<sup>3</sup> для слоя 0-30 см. В период уборки подсолнечника самой плотной была почва по гороху на зерно – 1,05, 1,10 и 1,08 г/см<sup>3</sup>, соответственно слоям отбора.

Наибольшее положительное влияние на оструктуренность почвы, как на момент посева, так и уборки подсолнечника оказал предпредшественник горох на зерно. В период посева содержание агрономически ценной фракции по этому предпредшественнику составило 39,1 % в слое 0-10 см, 37,7 % в слое 10-20 см и 37,5 % в слое 20-30 см. В период уборки содержание почвенных агрегатов размером 0,25-10 мм равнялось 26,5 % в верхнем слое, 40 % в среднем слое и 50,5 % в нижнем слое.

Следовательно, агрофизические свойства чернозёма типичного под посевом подсолнечника при высоком уровне минерального питания зависят от звена севооборота.

**Ключевые слова:** подсолнечник, предпредшественник, высокая доза минерального удобрения, чернозём типичный, гранулометрический состав, плотность, влажность.

### THE INFLUENCE OF SUNFLOWER PRE-PREDECESSORS ON THE AGROPHYSICAL PROPERTIES TYPICAL CHERNOZEM AT A HIGH LEVEL OF MINERAL NUTRITION IN THE SOUTH-WEST OF THE CChR

**Abstract.** In the stationary multifactorial experience of the Department of Agriculture of the Scientific and Practical Center of Agriculture and Breeding of the Belgorod State Agrarian University, the influence of sunflower pre-predecessors on the agrophysical properties of typical chernozem against the background of a dose of complete mineral fertilizer  $N_{120}P_{120}K_{120}$  was studied. The influence of four sunflower pre-predecessors was studied: perennial grasses, peas on grain, spring barley and black fallow. As a result of the experiments, data were obtained on the effect of the pre-predecessors on the granulometric composition, density and moisture of the soil under the sunflower.

The largest reserves of productive moisture at the time of sowing were observed for spring barley, amounting to 48.7 mm for a layer of 0-30 cm and 178.3 mm for a layer of 0-100 cm. During the sunflower harvest period, they were the largest for peas per grain and were equal to 40.3 mm and 110.7 mm, respectively, to the selected layers.

At the time of sowing, the highest soil density was according to the black vapor precursor, amounting to 1.01 g/cm<sup>3</sup> for the 0-15 cm layer, 1.06 g/cm<sup>3</sup> for the 15-30 cm layer and 1.03 g/cm<sup>3</sup> for the 0-30 cm layer. During the sunflower harvesting period, the soil for peas per grain was the densest – 1.05, 1.10 and 1.08 g/cm<sup>3</sup>, respectively, for the selection layers.

The greatest positive effect on the soil structure, both at the time of sowing and harvesting of sunflower, was exerted by the pre-predecessor peas on grain. During the sowing period, the content of the agronomically valuable fraction for this pre-predecessor was 39.1 % in the 0-10 cm layer, 37.7 % in the 10-20 cm layer and 37.5 % in the 20-30 cm layer. During the harvesting period, the content of soil aggregates with a size of 0.25-10 mm was 26.5 % in the upper layer, 40 % in the middle layer and 50.5 % in the lower layer.

Consequently, the agrophysical properties of chernozem typical for sunflower sowing at a high level of mineral nutrition depend on the link of crop rotation.

**Keywords:** sunflower, pre-predecessor, high dose of mineral fertilizer, typical chernozem, granulometric composition, density, moisture.

**Введение.** На территории Белгородской области отмечается увеличение площадей посевов подсолнечника более чем на 300 тыс. гектаров. Ряд авторов отмечает, что данная тенденция не будет продолжаться долго и регион нуждается в интенсификации сельского хозяйства. Прирост валового сбора подсолнечника в ЦЧР показывает, что наибольшее увеличение происходит при повышении продуктивности с единицы уже используемой под культуру площади, но не при введении новой. Это позволяет сделать вывод о предпочтительности повышения продуктивности культуры без увеличения площадей пашни в нынешних условиях. Кроме того, интенсификация производства ведёт к ряду негативных последствий для почвы региона [8, 9].

Несмотря на большие перспективы культуры, в то же время она предъявляет серьёзные требования к агротехнике. Одним из наиболее значимых требований является севооборот. По данным ряда авторов, оптимальным сроком возврата для подсолнечника является восьмилетний период. За это время происходит не только восполнение питательных элементов почвы, но также стабилизация фитосанитарной обстановки. В условиях современного ведения сельского хозяйства, эти научно обоснованные рекомендации зачастую не соблюдаются, что приводит к ряду негативных последствий – почвоутомление, обеднение основными элементами питания, деградация почвенного плодородия, повышение активности эрозийных процессов и общее ухудшение экологической обстановки [9, 12, 14].

Агрофизические свойства почвы находятся в тесной взаимосвязи с почвенным плодородием, а значит и с продуктивностью культур севооборота. Вследствие повышения антропогенных нагрузок, в регионе будет обостряться проблема

деградации почв, в связи с этим наиболее остро стоит вопрос не только повышения, но и сохранения существующего плодородия [15, 16].

Одними из наиболее значимых факторов создания почвенного плодородия являются агрофизические свойства почвы, такие как плотность сложения, оструктуренность и запасы влаги. Особенное значение эти свойства имеют в посевах подсолнечника, поскольку культура предъявляет высокие требования к почвенным условиям и занимает большие посевные площади в регионе. Многие из этих параметров, такие как соотношение воды и воздуха, почвенное дыхание, а также ряд других важных биологических процессов, напрямую зависят не только от обработки почвы, но и от отличительных особенностей культур севооборота [2, 3, 5].

Научно обоснованный севооборот служит доступным и действенным агротехническим средством восстановления плодородия почвы и оптимизации её агрофизических свойств [6, 11, 17]. При разработке такого севооборота следует установить определенный порядок чередования сельскохозяйственных культур, который поддерживал бы уровень и направленность агрофизических процессов, способных обеспечить механическую опору растениям и необходимое жизненное пространство для живых организмов, обитающих в почве, обуславливая тем самым ее биоценотические функции [7].

Подсолнечник в регионе, в основном, возделывается в зернопропашном и зернопаропропашном севооборотах по интенсивной технологии. В результате применяются высокие дозы минеральных удобрений, пестицидов и короткие периоды ротации культур севооборотов, приводя к негативным последствиям, как для окружающей среды, так и для качества урожая. В связи с этим наиболее востребованным вопросом современного земледелия является рационализация ведения хозяйства – разработка оптимальных доз удобрений с учётом влияния звеньев севооборота (предшественников подсолнечника) на продуктивность культуры без чрезмерного увеличения затрат на минеральные удобрения и снижения урожайности [5, 13, 14].

Главное направление на данный момент, это улучшение агрофизических условий в корнеобитаемом слое для того, чтобы они соответствовали потребностям культурных растений. Один из наиболее значимых параметров в этой связи – количество фракции размером 0,25-10 мм, оказывающее агрономически ценное влияние на оструктуренность почвы [3, 10].

Исследования показывают, что именно минеральным удобрениям принадлежит решающее значение в вопросе повышения почвенного плодородия, особенно с учётом повышения нагрузки на почву в условиях интенсификации земледелия. Подсолнечник характеризует высокий вынос питательных веществ в течение всего вегетационного периода, что обуславливает необходимость активного использования минеральных удобрений. Рекомендации оптимальных доз варьируются в широком диапазоне в зависимости от условий, однако зачастую именно применение высоких доз демонстрирует наибольшие прибавки урожайности [4, 12].

Необходимо также иметь в виду, что современные технологии являются более высоким этапом системы земледелия, а не упрощением её, что требует, в свою очередь, своевременного проведения всех технологических операций. Многие авторы указывают на более высокое уплотняющее действие поверхностных обработок в подпахотном слое в сравнении со вспашкой отвальным плугом. А также обращают внимание на снижение ферментативной активности почвы при минимальной обработке. Поэтому целесообразно использование естественных биологических особенностей культур севооборота с целью формирования благоприятных агрофизических свойств наряду с применением минеральных удобрений [2, 10, 11].

Многие авторы приходят к выводу, что каждый из частных агрофизических параметров находится в тесной взаимосвязи с остальными из них, оказывая совместное комплексное влияние на продуктивность возделываемых культур [1, 3, 4, 10, 15].

В этой связи изучение влияния предшественников в технологии возделывания подсолнечника на агрофизические свойства чернозёма типичного при внесении высокой дозы удобрения является актуальной целью наших исследований.

**Целью исследований** было изучение влияния предшественников подсолнечника на агрофизические свойства чернозёма типичного при использовании высокой дозы минеральных удобрений на юго-западе ЦЧР.

**Задачами исследований** являлось определение влияния четырёх предшественников на структуру, плотность сложения и влажность почвы в период посева и уборки подсолнечника.

**Метод исследования** – полевой опыт. Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистого гранулометрического состава с содержанием гумуса 5,0-5,2 %, гидrolитической кислотностью 2,7-3,0 мг.-экв./100 г почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,8-6,0 и содержанием подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) соответственно 65-87 и 94-129 мг/кг почвы. Предшественником подсолнечника была озимая пшеница.

Исследования проводились в стационарном многофакторном полевом опыте отдела земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ в четырёхпольном севообороте со следующим чередованием культур:

- 1 поле – предшественники озимых культур;
- 2 поле – озимые культуры;
- 3 поле – пропашные культуры;
- 4 поле – яровые колосовые культуры.

Изучалась доза полного минерального удобрения под подсолнечник –  $N_{120}P_{120}K_{120}$ , соответствовавшая высокому фону минерального питания из расчета на 1 га севооборотной площади  $N_{80}P_{67,5}K_{67,5}$ .

Наблюдения за агрофизическими свойствами чернозёма типичного в зависимости от разных предшественников и фонов минерального питания проводились в течение 2021-2023 гг. Полное минеральное удобрение вносили осенью под основную обработку почвы зерновой сеялкой СЗ-3,6.

Изучались предшественники: 1) многолетние травы; 2) горох на зерно; 3) яровой ячмень; 4) чёрный пар. Исследования проводились в трехкратной повторности с систематическим одноярусным размещением делянок. Учётная площадь делянок составила 50 м<sup>2</sup>.

После уборки предшественника подсолнечника почву обрабатывали дисковым мульчировщиком ДМ-4×2. С целью борьбы с сорняками проводилось дискование агрегатом Гелиодор. Затем были сделаны две дисковые обработки дисковым мульчировщиком ДМ-4×2. Основная обработка была проведена чизельным плугом ПЧ-2,5 на глубину 40-42 см.

Предпосевную подготовку почвы осуществили бороной ВНИС-Р в комплекте с посевными боронами БП-0,6 и выравнивающей цепью. Закрытие влаги выполняли при помощи сцепки борон ШБ-2,5 и ВНИС-Р, затем провели предпосевную культивацию агрегатом КПС-4,0.

Посев подсолнечника осуществлялся сеялкой СТП-12 «Ритм-1М» с глубиной заделки семян на 5-6 см и с нормой высева 60 тыс. всхожих семян на 1 га. Уборка учетных делянок проводилась комбайном Террион SR 2010 прямым комбайнированием.

Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, высушиванием до постоянной массы при температуре 100-105 °С (ГОСТ 28268-89). Отбор почвенных образцов производится буром Калентьева послойно, через каждые 10 см. Скважины для отбора почвенных проб бурили на середине делянки по углам треугольника с расстоянием между ними 1 м. Определение плотности почвы проводилось методом высушивания до постоянной массы при температуре 100-105 °С. Отбор почвенных образцов делался в трех местах расположенных равномерно по длине делянки, с помощью объемного бура АМ-7, предназначенного для отбора проб почвы определенного объема с сохранением естественного сложения, послойно через каждые 5 см. Агрегатный состав почвы определялся по Савинову, методом сухого просеивания воздушно-сухой почвы с использованием набора сит с отверстиями 10; 5; 3; 2; 1; 0,5 и 0,25 мм. Отбор почвенных проб производился в трех местах, расположенных равномерно по длине делянки, послойно через каждые 10 см.

**Результаты исследований.** В среднем за 3 года запасы продуктивной влаги на момент посева подсолнечника были оптимальными для получения дружных всходов (табл. 1). В слое 0-30 см запасы продуктивной влаги по изучаемым предпредшественникам находились практически на одном уровне. Так, по предпредшественнику чёрный пар они были равны 47 мм, по яровому ячменю 48,7 мм, а в звене с горохом на зерно и многолетними травами 52,3 мм. При отборе в слое 0-100 см количество продуктивной влаги по предшественнику чёрный пар составляло 169,7 мм, по гороху 170 мм, по многолетним травам 174 мм, а по яровому ячменю было наибольшим и равнялось 178 мм.

**Таблица 1 – Влияние предпредшественников подсолнечника на запасы продуктивной влаги в почве в момент посева, мм**

Предпредшественники	Годы	Слой почвы, см	
		0-30	0-100
Многолетние травы	2021	55,0	184,0
	2022	39,0	151,0
	2023	63,0	187,0
	Среднее	52,3	174,0
Горох на зерно	2021	59,0	180,0
	2022	39,0	149,0
	2023	59,0	181,0
	Среднее	52,3	170,0
Яровой ячмень	2021	51,0	186,0
	2022	43,0	165,0
	2023	52,0	184,0
	Среднее	48,7	178,3
Чёрный пар	2021	51,0	179,0
	2022	40,0	147,0
	2023	50,0	183,0
	Среднее	47,0	169,7

За весь период опыта наименьшая влажность по обоим слоям отмечалась в 2022 году по предпредшественнику горох на зерно, и равнялась 39 мм для тридцатисантиметрового слоя и 149 мм для метрового. Наибольшие запасы продуктивной влаги в момент посева были получены в 2023 году по предпредшественнику многолетние травы, составив для слоёв 0-30 и 0-100 см соответственно 63 и 187 мм.

Перед уборкой подсолнечника запасы продуктивной влаги также были оптимальными (табл. 2).

**Таблица 2 – Влияние предпредшественников подсолнечника на запасы продуктивной влаги в почве в момент уборки, мм**

Предпредшественники	Годы	Слой почвы, см	
		0-30	0-100
Многолетние травы	2021	24,0	69,0
	2022	46,0	145,0
	2023	31,0	95,0
	Среднее	33,7	103,0
Горох на зерно	2021	44,0	95,0
	2022	43,0	144,0
	2023	34,0	93,0
	Среднее	40,3	110,7
Яровой ячмень	2021	31,0	78,0
	2022	44,0	152,0
	2023	33,0	94,0
	Среднее	36,0	108,0
Чёрный пар	2021	29,0	70,0
	2022	45,0	154,0
	2023	31,0	91,0
	Среднее	35,0	105,0

Предпредшественники оказали большее влияние на накопление влаги в посевах подсолнечника в уборку. Так, количество продуктивной влаги при отборе на глубину 0-30 см составило 33,7 мм в звене с многолетними травами, 35,0 мм с чёрным паром, 36,0 мм в звене с яровым ячменём и 40,3 мм с горохом на зерно. В слое 0-100 см, наименьшие запасы продуктивной влаги наблюдались по предпредшественнику многолетние травы, равнявшиеся 103 мм, по чёрному пару они были 105 мм, 108 мм по яровому ячменю, а наибольшими по гороху на зерно, составив 110,7 мм. Наименьшие запасы продуктивной влаги для обоих изучавшихся слоёв были в 2021 году в звене с многолетними травами, а лучшие в 2022 году с чёрным паром, и составившие в слое 0-30 45 мм и 154 мм в слое 0-100 см.

В таблицах 3 и 4 представлены данные по плотности почвы в период посева и момент уборки подсолнечника по четырем предпредшественникам.

Плотность сложения почвы на период посева под подсолнечником в звеньях севооборота с многолетними травами, горохом на зерно, яровым ячменём и чёрным паром находилась на одном уровне и была оптимальной. При отборе на глубину 0-15 см она была практически одинаковой и составляла 1,00, 1,00, 1,00 и 1,01 г/см<sup>3</sup>, в слое 15-30 см – 1,05, 1,04, 1,05 и 1,06 г/см<sup>3</sup>, соответственно предпредшественникам. В слое 0-30 см плотность почвы равнялась 1,03 г/см<sup>3</sup> по всем предпредшественникам. Наименьшая плотность на период посева за три года опыта в слое 0-15 см составила 0,97 г/см<sup>3</sup> по многолетним травам и яровому ячменю. Для слоя 15-30 см наименьшей была по гороху на зерно, 1,02 г/см<sup>3</sup>. В слое 0-30 см меньшая плотность, 1,00 г/см<sup>3</sup>, отмечалась в звеньях с многолетними травами и яровым ячменём. Наибольшая плотность сложения в период посева в слое 15-30 см была по предпредшественнику чёрный пар, составившая 1,09 г/см<sup>3</sup>, а для слоёв 0-15 и 0-30 см, соответственно, составила 1,05 и 1,07 г/см<sup>3</sup> по многолетним травам.

**Таблица 3 – Влияние предпредшественников подсолнечника на плотность почвы в слоях почвы 0-30 см в период посева, г/см<sup>3</sup>**

Предпредшественники	Годы	Слой почвы, см		
		0-15	15-30	0-30
Многолетние травы	2021	0,98	1,04	1,01
	2022	0,97	1,03	1,00
	2023	1,05	1,08	1,07
	Среднее	1,00	1,05	1,03
Горох на зерно	2021	0,99	1,05	1,02
	2022	0,99	1,02	1,01
	2023	1,04	1,06	1,05
	Среднее	1,00	1,04	1,03
Яровой ячмень	2021	0,97	1,02	1,00
	2022	0,98	1,04	1,01
	2023	1,04	1,10	1,07
	Среднее	1,00	1,05	1,03
Чёрный пар	2021	1,00	1,03	1,01
	2022	0,99	1,05	1,02
	2023	1,02	1,09	1,06
	Среднее	1,01	1,06	1,03

Анализ данных таблицы 4 показал, что во всех слоях плотность почвы на время уборки подсолнечника увеличилась относительно первого отбора почвенных проб перед посевом по всем предпредшественникам. В посевах подсолнечника по предпредшественнику многолетние травы в слое 0-15 см она достигла 1,04 г/см<sup>3</sup>, по гороху на зерно возросла до 1,05 г/см<sup>3</sup>, по яровому ячменю до 1,04 г/см<sup>3</sup>, а по чёрному пару до 1,04 г/см<sup>3</sup>.

**Таблица 4 – Влияние предпредшественников подсолнечника на плотность почвы в слоях почвы 0-30 см в период уборки, г/см<sup>3</sup>**

Предпредшественники	Годы	Слой почвы, см		
		0-15	15-30	0-30
Многолетние травы	2021	1,01	1,07	1,04
	2022	1,03	1,09	1,06
	2023	1,08	1,12	1,10
	Среднее	1,04	1,09	1,07
Горох на зерно	2021	1,04	1,06	1,05
	2022	1,02	1,08	1,05
	2023	1,09	1,16	1,13
	Среднее	1,05	1,10	1,08
Яровой ячмень	2021	1,02	1,07	1,05
	2022	1,03	1,06	1,05
	2023	1,07	1,13	1,10
	Среднее	1,04	1,09	1,07
Чёрный пар	2021	1,03	1,09	1,06
	2022	1,01	1,07	1,04
	2023	1,09	1,13	1,11
	Среднее	1,04	1,10	1,07

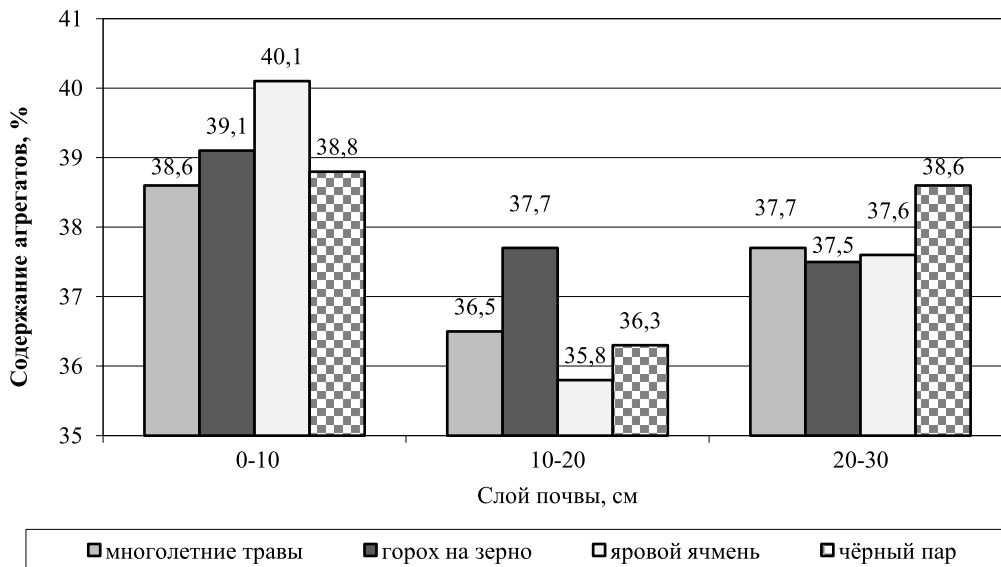
В слое 15-30 см также отмечалось уплотнение почвы в сравнении с предпосевным периодом до 1,09, 1,10, 1,09 и 1,10 г/см<sup>3</sup>, соответственно предпредшественникам. Данные, полученные в слое 0-30 см, также свидетельствуют об уплотнении почвы. В посевах подсолнечника по многолетним травам для этого слоя плотность почвы была равна 1,07 г/см<sup>3</sup>, по гороху на зерно 1,08 г/см<sup>3</sup>, а по яровому ячменю и чёрному пару 1,07 г/см<sup>3</sup>. Несмотря на уплотнение почвы по сравнению с предпосевным периодом она осталась хорошо сложенной и характеризовалась как оптимальная.

Возделывание подсолнечника по различным предпредшественникам сказывалось и на агрегатном составе слоя почвы 0-30 см (таблицы 5 и 6). Содержание агрономически ценной фракции 0,25-10 мм было наибольшим в верхнем слое 0-10 см по всем предпредшественникам (рис. 1 и 2).

При выращивании подсолнечника в звене севооборота с многолетними травами количество частиц размером 0,25-10 мм колебалось в зависимости от слоя почвы, начиная от 38,6 % в верхнем слое, до 36,5 % в слое 10-20 см, и 37,7 % в нижнем слое почвы. Содержание пыли также зависело от слоя почвы. Небольшое уменьшение количества таких частиц прослеживалось с увеличением глубины отбора проб. Так, на глубине до 10 см их было 0,9 %, а в слое 10-20 см 0,6 %, в слое 20-30 см 0,3 %. Количество ветроустойчивых агрегатов в слое 0-10 см составило 35,6 %, затем отмечалось снижение в слое 10-20 см до 34,8 %, а в слое 20-30 см происходило небольшое увеличение до 36,0 %.

**Таблица 5 – Влияние предпредшественников подсолнечника на агрегатный состав слоя почвы 0-30 см в период посева, % (2021-2023 гг.)**

Пред- предше- ственни- ки	Слой почвы, см														
	0-10					10-20					20-30				
	Фракция, мм					Фракция, мм					Фракция, мм				
	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10
Мн. тра- вы	0,9	38,6	35,6	20,0	60,5	0,6	36,5	34,8	25,1	62,9	0,3	37,7	36,0	29,6	62,0
Горох на зерно	1,3	39,1	34,9	21,0	59,6	0,5	37,7	35,7	24,4	61,9	0,4	37,5	36,4	24,7	62,1
Яровой ячмень	1,1	40,1	37,1	20,5	58,8	0,5	35,8	34,1	24,3	63,8	0,3	37,6	38,1	26,6	62,1
Чёрный пар	1,5	38,8	36,4	21,4	59,7	0,6	36,3	34,4	24,7	63,1	0,5	38,6	37,3	27,7	60,9



**Рис. 1 – Влияние предпредшественников подсолнечника на содержание агрегатов почвы 0,25-10 мм в слое 0-30 см в период посева, % (2021-2023 гг.)**

Минимальное количество частиц, относящихся к фракции 1-3 мм, 20,0 %, было в верхнем слое, в то время как в среднем и нижнем слоях содержалось 25,1 % и 29,6 %, соответственно. Что касается глыбистой фракции, то здесь прослеживалось следующее распределение. Наименьшее количество частиц этой фракции было отмечено в верхнем и нижнем слоях, равное, соответственно, 60,5 и 62,0 %, в то время как в среднем слое достигало 62,9 %.

При выращивании подсолнечника в звене севооборота по предпредшественнику горох на зерно была отмечена такая же закономерность. Наиболее оструктуренным был верхний слой почвы. Количество частиц, фракций 0,25-10 мм в верхнем слое было равным 39,1 %. С увеличением глубины отбора до 10-20 см оно понижалось до 37,7 %, а в слое 20-30 см до 37,5 %. Содержание агрономически ценной фракции характеризовалось как хорошее. Можно также отметить, что в верхнем слое почвы относительно нижних слоев учёта содержалось наибольшее количество частиц размером меньше 0,25 мм, порядка 1,3 %, в то время как в слоях 10-20 см и 20-30 см соответственно 0,5 % и 0,4 %. Количество ветроустойчивых агрегатов распределялось обратным образом – возрастало с увеличением глубины отбора до 34,9, 35,7 и 36,4 %, соответственно слоям почвы. В слое 0-10 см содержание фракции 1-3 мм было 21,0 %, в то время как в слое 10-20 см соответствовало 24,4 %, а в слое 20-30 см равнялось 24,7 %. Содержание глыбистых агрегатов с увеличением глубины отбора почвенных образцов повышалось в сравнении с верхним слоем, составив 59,6 % и 61,9 % в среднем слое и 62,1 % в нижнем.

На делянках с посевом подсолнечника по предпредшественнику яровой ячмень содержание агрономически ценной фракции в слое 0-10 см составило 40,1 %, затем в слое 10-20 см происходило её снижение до 35,8 %. В слое 20-30 см наблюдалось повышение относительно предыдущего слоя до 37,6 %. Следует отметить, что количество ценной фракции по слоям было хорошее. Содержание пылевой фракции уменьшалось с увеличением глубины отбора почвенных проб от 1,1 % в слое 0-10 см, до 0,5 % в слое 10-20 см и до 0,3 % в слое 20-30 см. Количество ветроустойчивых агрегатов находилось в пределах от 37,1 % в верхнем слое, 34,1 % в среднем и до 38,1 % в нижнем слое. Что касается частиц размером 1-3 мм, то их содержалось 20,5 % в слое 0-10 см, 24,3 % в слое 10-20 см и 26,6 % в слое 20-30 см. Количество частиц размером выше 10 мм составило 58,8 % в слое 0-10 см, 63,8 % в слое 10-20 см и 62,1 % в слое 20-30 см.

Что касается посевов культуры в звене севооборота с чёрным паром, то здесь содержание ценной фракции с размерами частиц 0,25-10 мм было наибольшим в верхнем слое 38,8 %, в среднем слое снизилось до 36,3 %, а в нижнем возросло до 38,6 %.

В слое 0-10 см количество частиц размером менее 0,25 мм составляло 1,5 %. Снижение содержания этой фракции отмечалось в слое 10-20 см до 0,6 %, а в слое 20-30 см до 0,5 %. Частицы размером 1-10 мм составляли 36,4 %, 34,4 % и 37,3 % от общей массы почвы. Количество частиц, относящихся к фракции 1-3 мм, повышалось с увеличением глубины отбора почвенных проб от 21,4 % в слое 0-10 см, до 24,7 % в слое 10-20 см, а затем уменьшилось в слое 20-30 см до 27,7 %. Содержание глыбистой фракции составляло 59,7 % в верхнем слое, 63,1 % в среднем, и 60,9 % в нижнем.

В период уборки подсолнечника структурный состав пахотного слоя относительно времени посева ухудшился в слое 0-10 см, характеризуясь как неудовлетворительный, в то время как для слоёв 10-20 и 20-30 см повышался по мере увеличения глубины отбора, количество агрономически ценных агрегатов было хорошим (табл. 6).

По предпредшественнику многолетние травы наименьшее количество агрономически ценной фракции и наибольшее количество глыбистых агрегатов было в слое 0-10 см, и составляло соответственно 28,1 и 71,3 %. Количество частиц размером 0,25-10 мм в слое 10-20 см было 37,6 %, а в слое 20-30 см было 47,4 %, в то время как количество глыбистой фракции составило 61,9 % и 52,2 %, соответственно слоям почвы (рис. 2).

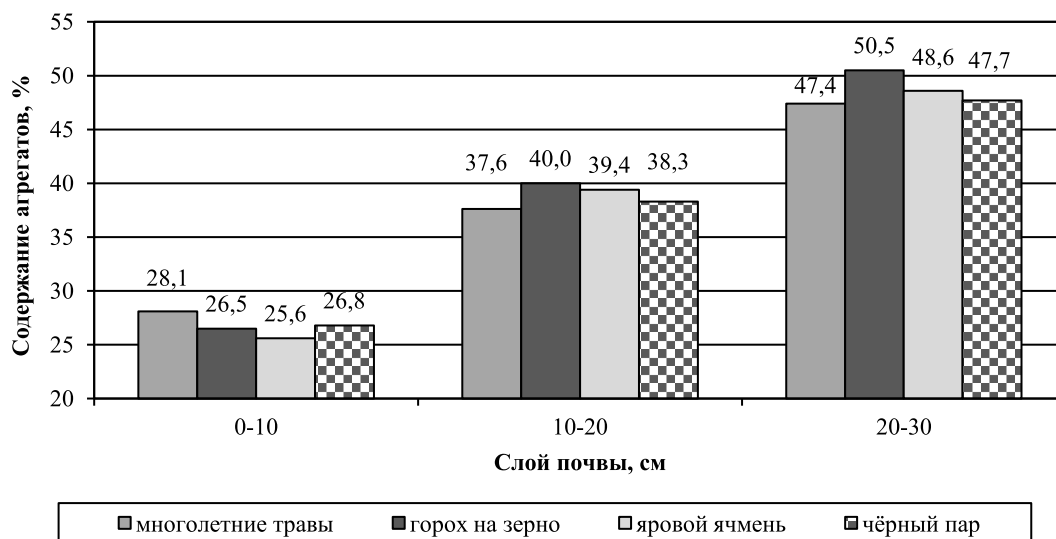
Содержание пылевой фракции уменьшалось по мере увеличения глубины отбора почвенных проб. Так, в верхнем слое оно было равным 0,6 %, в среднем 0,5 %, а в нижнем 0,4 %.

Количество агрегатов размером 1-10 мм увеличивалось от верхнего слоя к нижнему. Так, для слоя 0-10 см оно составило 26,2 %, в слое 10-20 см было 35,8 %, а в слое 20-30 см было максимальным и равнялось 44,9 %.

Частиц размером 1-3 мм в верхнем слое содержалось 19,2 %, в среднем 26,9 %, а в нижнем 28,9 %.

**Таблица 6 – Влияние предпредшественников подсолнечника на агрегатный состав слоя почвы 0-30 см в период уборки урожая, % (2021–2023 гг.)**

Пред- предше- ствен- ники	Слой почвы, см														
	0-10					10-20					20-30				
	Фракция, мм					Фракция, мм					Фракция, мм				
	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10	<0,25	0,25-10	1-10	1-3	>10
Мн. травы	0,6	28,1	26,2	19,2	71,3	0,5	37,6	35,8	26,9	61,9	0,4	47,4	44,9	28,9	52,2
Горох на зерно	0,7	26,5	24,1	21,0	72,7	0,6	40,0	37,8	30,0	59,5	0,4	50,5	48,1	29,4	49,2
Яровой ячмень	0,8	25,6	25,9	19,3	73,6	0,6	39,4	37,2	28,6	60,0	0,5	48,6	46,8	29,2	50,9
Чёрный пар	0,9	26,8	24,6	18,9	72,2	0,7	38,3	36,8	32,6	61,0	0,5	47,7	46,0	26,5	51,8



**Рис. 2 – Влияние предпредшественников подсолнечника на содержание агрегатов почвы 0,25-10 мм в слое 0-30 см в период уборки урожая, % (2021–2023 гг.)**

В посевах подсолнечника, где в качестве предпредшествующей культуры возделывали горох на зерно, почва была наиболее оструктуренной в сравнении с остальными предпредшественниками. Разительнее всего это проявилось в слоях 10-20 см и 20-30 см. Количество агрономически ценной фракции в среднем и нижнем слоях было 40,0 % и 50,5 %, а количество глыбистых агрегатов равнялось 59,5 и 49,2 %, соответственно слоям почвы. В верхнем слое содержание полезной фракции было минимальным 26,5 %, а макроструктуры более 10 мм максимальным, до 72,7 %.

Количество частиц меньше 0,25 мм уменьшалось в зависимости от глубины отбора почвенных проб. В верхнем слое оно равнялось 0,7 %, в среднем составило 0,6 %, а в нижнем 0,4 %.

Содержание фракции 1-10 мм увеличивалось от верхнего слоя к нижнему. Для слоя 0-10 см оно составило 24,1 %, в слое 10-20 см было 37,8 %, а в слое 20-30 см было максимальным и равнялось 48,1 %.

Агрегатов размером 1-3 мм в верхнем слое содержалось 21,0 %, в среднем 30,0 %, а в нижнем 29,4 %.

Содержание агрономически ценной фракции на делянках подсолнечника, посеянного по предпредшественнику яровой ячмень, было минимальным в слое 0-10 см – 25,6 %, здесь же отмечалось и наибольшее количество крупных частиц размером более 10 мм – 73,6 %. С увеличением глубины отбора почвенных проб содержание фракции 0,25-10 мм увеличивалось до 39,4 % в слое 10-20 см, и до 48,6 % в слое 20-30 см. Количество глыбистых агрегатов в среднем и нижнем слоях было 60,0 и 50,9 %, соответственно.

Содержание пылевой фракции снижалось в зависимости от увеличения глубины отбора почвы. Так, в верхнем слое оно было равным 0,8 %, в среднем 0,6 %, а в нижнем 0,5 %.

Количество агрегатов размером 1-10 мм повышалось по мере увеличения глубины отбора почвенных проб. Так, для слоя 0-10 см оно составило 25,9 %, в слое 10-20 см было 37,2 %, а в слое 20-30 см было максимальным и равнялось 46,8 %. Частиц размером 1-3 мм в верхнем слое содержалось 19,3 %, в среднем 28,6 %, а в нижнем 29,2 %.

В звене севооборота с чёрным паром, так же, как и по остальным предпредшественникам, прослеживалась аналогичная закономерность. В верхнем слое количество частиц размером 0,25-10 мм было наименьшим и составляло 26,8 %, в то время как частиц размером более 10 мм было 72,2 %. В слое 10-20 см содержание ценной фракции повышалось до 38,3 %, а в слое 20-30 см увеличивалось до 47,7 %. Вследствие этого количество глыбистой фракции было равным 61,0 % и 51,8 %, соответственно слоям.

Количество частиц размером меньше 25 мм снижалось по мере увеличения глубины отбора почвенных проб. В верхнем слое оно равнялось 0,9 %, 0,7 % в среднем, а в нижнем составило 0,5 %. Количество ветроустойчивых агрегатов возрастало при переходе от верхнего слоя к нижнему. Для слоя 0-10 см оно составило 24,6 %, в слое 10-20 см было равным 36,8 %, а в слое 20-30 см достигло максимального значения в 46,0 %. Агрегатов размером 1-3 мм в верхнем слое содержалось 18,9 %, в среднем 32,6 %, а в нижнем 26,5 %.

Полученные в опыте данные позволяют сделать вывод о различном влиянии предпредшественников на гранулометрический состав, плотность и влажность почвы под подсолнечником.

Так, наибольшие запасы продуктивной влаги на момент посева наблюдались по предпредшественнику яровой ячмень, составившие 48,7 мм для слоя 0-30 см и 178,3 мм для слоя 0-100 см. Но на период уборки урожая подсолнечника наибольшие они были по гороху на зерно, и равнялись 40,3 мм и 110,7 мм, соответственно выделенным слоям.

На момент посева наибольшая плотность почвы была по предпредшественнику чёрный пар, составившая 1,01 г/см<sup>3</sup> для слоя 0-15 см, 1,06 г/см<sup>3</sup> для слоя 15-30 см и 1,03 г/см<sup>3</sup> для слоя 0-30 см. В период уборки подсолнечника самой плотной была почва по гороху на зерно – 1,05 г/см<sup>3</sup>, 1,10 г/см<sup>3</sup> и 1,08 г/см<sup>3</sup>, соответственно слоям отбора.

Наиболее положительное влияние на оструктуренность почвы, как на момент посева, так и уборки подсолнечника оказал предпредшественник горох на зерно. В период посева содержание агрономически ценной фракции по этому предпредшественнику составило 39,1 % в слое 0-10 см, 37,7 % в слое 10-20 см и 37,5 % в слое 20-30 см. В период уборки содержание почвенных агрегатов размером 0,25-10 мм равнялось 26,5 % в верхнем слое, 40 % для среднего слоя и 50,5 % в нижнем слое.

Следовательно, агрофизические свойства чернозёма типичного под посевом подсолнечника на фоне высокой удобренности доказуемо зависят от звена севооборота.

### Библиография

1. Беховых Ю.В. Влияние увлажнения на изменение агрофизических свойств поверхностного слоя чернозёма при уплотнении / Ю. В. Беховых, Л. А. Беховых // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1(207). – С. 46–52.
2. Дридигер В.К. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы / В. К. Дридигер, Р. С. Стукалов, Р. Г. Гаджиумаров [и др.] // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 28–32.
3. Шаповалова Н.Н. Влияние последствия длительного применения минеральных удобрений на урожайность и качество семян подсолнечника в условиях Ставропольского края / Н. Н. Шаповалова, Е. А. Менькина, А. А. Воропаева и др. // Земледелие. – 2023. – № 5. – С. 22–26.
4. Долгополова Н.В. Об агрофизических свойствах почвенного слоя / Н. В. Долгополова, Е. В. Мальшева, А. В. Нагорных, А. А. Воронина, Б. М. Ковынев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 7. – С. 18–25.
5. Кравченко Р.В. Влияние предшественников на изменение агрофизических свойств почвы в посевах озимой пшеницы / Р. В. Кравченко, А. С. Толстых // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – № 150(06). – С. 241–254.
6. Кривошлыков К.М. Роль севооборота в экономике производства подсолнечника в Российской Федерации / К. М. Кривошлыков, Е. Ю. Макарская // Масличные культуры. – 2023. – № 3(195). – С. 58–62.
7. Куликова А.Х. Экологические функции почвы / А. Х. Куликова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2007. – № 1(4). – С. 3–7.
8. Некрасов Р.В. Мониторинг основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв в Центральном Черноземном районе России / Р. В. Некрасов, С. В. Лукин, Д. А. Куницын [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 9. – С. 4–10.



9. Черкасов Г.Н. Плодородие чернозёма типичного при минимальной основной обработке / Г. Н. Черкасов, Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик [и др.] // Земледелие. – 2012. – № 4. – С. 23–25.
10. Смуров С.И. Влияние элементов биологизации на плодородие почвы и продуктивность звена севооборота в условиях юго-западной части центрально-чернозёмного региона / С. И. Смуров, О. В. Гапиенко, О. В. Григоров, П. В. Андреев, А. Г. Ступаков, Ю. Е. Щедрина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 4. – С. 6–18.
11. Смуров С.И. Показатели плодородия чернозёма типичного, его водные, агрофизические свойства и урожайность культур при применении различных технологий в условиях юго-западной части Белгородской области / С. И. Смуров, С. Н. Ермолаев, В. Н. Наумкин, Д. И. Панарин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 1(37). – С. 93–101.
12. Смуров С.И. Продуктивность подсолнечника в зависимости от минеральных удобрений и звеньев севооборота на юго-западе ЦЧР / С. И. Смуров, Д. И. Панарин, А. Г. Ступаков, А. В. Ращенко, М. А. Куликова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 5. – С. 21–28.
13. Ступаков А.Г. Продуктивная влага чернозёма типичного в зависимости от предшественников озимой пшеницы / А. Г. Ступаков, Аль Дхухайбави Хаидер Халаф, С. И. Смуров, С. Н. Зюба, М. А. Куликова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 6–12.
14. Турусов В.И. Влияние предшественников на изменение агрофизических свойств почвы в посевах озимой пшеницы / В. И. Турусов, Н. В. Дронова, Е. А. Балюнова // Плодородие. – 2021. – № 4. – С. 36–39.
15. Уваров Г.И. Влияние предшественников озимой пшеницы на плотность сложения и агрегатный состав почвы / Г. И. Уваров, А. П. Карабутов, А. А. Найденов // Сетевой электронный научный журнал Региональные геосистемы [Электронный ресурс]. – Белгород : БелГУ, 2013. – № 68(03). – С. 134–140.
16. Ширяева Н.В. К вопросу обоснования выбора предшественников сортов озимой пшеницы на основе оптимизации плотности чернозема типичного в условиях юго-западной части ЦЧР / Н. В. Ширяева, А. Г. Ступаков, А. В. Ширяев // Инновационные решения в аграрной науке – взгляд в будущее: материалы XXIII Международной научно-производственной конференции (28–29 мая 2019 года). – Т. 1. – Майский : Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2019. – С. 58–59.
17. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А. В. Турьянский, В. И. Мельников, Л. А. Селезнева, Н. Р. Асыка, В. Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

#### References

1. Behovyh U.V. Vliyanie uvlazhneniya na izmenenie agrofizicheskikh svoystv poverhnostnogo sloya chernozema pri uplotnenii [The effect of moisture on the change in the agrophysical properties of the surface layer of chernozem during compaction] / U. V. Behovyh, L. A. Behovyh // Vestnik Kurskoj Gosudarstvennoj sel'skhozaystvennoj akademii. – 2022. – № 1(207). – S. 46–52.
2. Dridiger V.K. Vliyanie sevooborota na effektivnost ispolzovaniya pashni pri vozdelevanii polevykh kultur bez obrabotki pochvy [The effect of crop rotation on the efficiency of arable land use in the cultivation of field crops without tillage] / V. K. Dridiger, R. S. Stukalov, R. G. Gadzhumarov [i dr.] // Zemledelie. – 2019. – № 6. – S. 28–32.
3. Shapovalova N.N. Vliyanie posledeystviya dlitel'nogo primeneniya mineralnykh udobreniy na urozhaynost i kachestvo semyan podsolnechnika v usloviyakh Stavropolskogo kraya [The effect of the aftereffect of long-term use of mineral fertilizers on the yield and quality of sunflower seeds in the Stavropol Territory] / N. N. Shapovalova, E. A. Menkina, A. A. Voropaeva [i dr.] // Zemledelie. – 2023. – № 5. – S. 22–26.
4. Dolgoplova N.V. Ob agrofizicheskikh svoystvakh pochvennogo sloya [On the agrophysical properties of the soil layer] / N. V. Dolgoplova, E. V. Malysheva, A. V. Nagornyykh, A. A. Voronina, B. M. Kovynnev // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2021. – № 7. – S. 18–25.
5. Kravchenko R.V. Vliyanie predshestvennikov na izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy v posevakh ozimoy pshe-nitsy [Influence of precursors on changes in agrophysical properties of soil in winter wheat crops] / R. V. Kravchenko, A. S. Tolstykh // Politematicheskyy setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (nauchnyy zhurnal KubGAU) [Elektronnyy resurs]. – Krasnodar : KubGAU, 2019. – № 150(06). – S. 241–254.
6. Krivoshlykov K.M. Rol' sevooborota v ekonomike proizvodstva podsolnechnika v Rossiyskoy Federatsii [The role of crop rotation in the economy of sunflower production in the Russian Federation] / K. M. Krivoshlykov, E. Yu. Makarskaya // Maslichnye kultury. – 2023. – № 3(195). – S. 58–62.
7. Kulikova A.H. Ekologicheskie funktsii pochvy [Ecological functions of the soil] / A. H. Kulikova // Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoj akademii. – 2007. – № 1(4). – S. 3–7.
8. Nekrasov R.V. Monitoring osnovnykh agrokhimicheskikh pokazateley plodorodiya pakhotnykh pochv v Tsentralno-Chernozemnom rayone Rossii [Monitoring of the main agrochemical indicators of arable soil fertility in the Central Chernozem region of Russia] / R. V. Nekrasov, S. V. Lukin, D. A. Kunitsyn [i dr.] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2021. – T. 35. – № 9. – S. 4–10.
9. Cherkasov G.N. Plodorodie chernozema tipichnogo pri minimalnoy osnovnoy obrabotke [The fertility of typical chernozem with minimal basic tillage] / G. N. Cherkasov, E. V. Dubovik, D. V. Dubovik [i dr.] // Zemledelie. – 2012. – № 4. – S. 23–25.
10. Smurov S.I. Vliyanie elementov biologizatsii na plodorodie pochvy i produktivnost zvena sevooborota v usloviyakh yugo-zapadnoy chasti Tsentralno-Chernozemnogo regiona [The influence of biologization elements on soil fertility and productivity of the crop rotation link in the conditions of the southwestern part of the Central Chernozem region] / S. I. Smurov, O. V. Gapienko, O. V. Grigоров, P. V. Andreev, A. G. Stupakov, Yu. E. Shchedrina // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoj akademii. – 2023. – № 4. – S. 6–18.
11. Smurov S.I. Pokazateli plodorodiya chernozema tipichnogo, ego vodnye, agrofizicheskie svoystva i urozhaynost kultur pri primenenii razlichnykh tekhnologiy v usloviyakh yugo-zapadnoy chasti Belgorodskoy oblasti [Fertility indicators of typical chernozem, its aquatic, agrophysical properties and crop yields when using various technologies in the southwestern part of the Belgorod region] / S. I. Smurov, S. N. Ermolaev, V. N. Naumkin, D. I. Panarin // Innovatsii v APK : problemy i perspektivy. – 2023. – № 1(37). – S. 93–101.
12. Smurov S.I. Produktivnost podsolnechnika v zavisimosti ot mineralnykh udobreniy i zveney sevooborota na yugo-zapade TsChR [Sunflower productivity depending on mineral fertilizers and crop rotation links in the south-west of the CChR] / S. I.

Smurov, D. I. Panarin, A. G. Stupakov, A. V. Rashchenko, M. A. Kulikova // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2023. – № 5. – S. 21–28.

13. Stupakov A.G. Produktivnaya vlaga chernozema tipichnogo v zavisimosti ot predshestvennikov ozimoy pshenitsy [Productive moisture of typical chernozem depending on the precursors of winter wheat] / A. G. Stupakov, Al Dkhukhaybavi Khaider Khalaf, S. I. Smurov, S. N. Zyuba, M. A. Kulikova // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii. – 2020. – № 2. – S. 6–12.

14. Turusov V.I. Vliyanie predshestvennikov na izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy v posevakh ozimoy pshenitsy [Influence of precursors on changes in agrophysical properties of soil in winter wheat crops] / V. I. Turusov, N. V. Dronova, E. A. Balyunova // Plodorodie. – 2021. – № 4. – S. 36–39.

15. Uvarov G.I. Vliyanie predshestvennikov ozimoy pshenitsy na plotnost slozheniya i agregatnyy sostav pochvy [Influence of winter wheat precursors on the density of addition and aggregate composition of the soil] / G. I. Uvarov, A. P. Karabutov, A. A. Naydenov // Setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Regionalnye geosistemy [Elektronnyy resurs]. – Belgorod : BelGU, 2013. – № 68(03). – S. 134–140.

16. Shiryaeva N.V. K voprosu obosnovaniya vybora predshestvennikov sortov ozimoy pshenitsy na osnove optimizatsii plotnosti chernozema tipichnogo v usloviyakh yugo-zapadnoy chasti TsChR [On the issue of substantiating the choice of precursors of winter wheat varieties based on optimizing the density of typical chernozem in the conditions of the southwestern part of the CChR] / N. V. Shiryaeva, A. G. Stupakov, A. V. Shiryaev // Innovatsionnye resheniya v agrarnoy nauke – vzglyad v budushchee: materialy XXIII Mezhdunarodnoy nauchno-proizvodstvennoy konferentsii (28–29 maya 2019 goda). – T. 1. – Mayskiy : Izd-vo FGBOU VO Belgorodskiy GAU, 2019. – S. 58–59.

17. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A. V. Turyansky, V. I. Melnikov, L. A. Selezneva, N. R. Asyka, V. F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

#### Сведения об авторах

Панарин Даниил Игоревич, аспирант, агроном Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Ступаков Алексей Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru.

Андреев Павел Владимирович, агроном Научно-практического центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Куликова Марина Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru.

#### Information about authors

Panarin Daniil I., post-graduate student, agronomist of the Scientific and Practical center of farming and selection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Stupakov Alexey G., Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: alex.stupackow@yandex.ru.

Andreev Pavel V., agronomist of the Scientific and Practical center of farming and selection, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia. 308503.

Kulikova Marina A., candidate of agricultural Sciences, associate Professor of the Department of agricultural chemistry, Land management, Ecology and Landscape architecture, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +74722 38-17-70, e-mail: kursi-2010@mail.ru.

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО КОРНЕПЛОДОВ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

**Аннотация.** В полевом опыте на чернозёме типичном в четырёхпольном севообороте изучено изменение продуктивности различных гибридов сахарной свёклы в зависимости от фонов минерального питания. Предшественником была озимая пшеница, минеральные удобрения вносились в следующих дозах в действующего вещества на 1 га: без удобрений – условно низкий фон,  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – условно средний фон,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  – условно высокий фон и  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$  – условно интенсивный фон. Установлено, что оптимальным для культуры является фон с нормой внесения минерального удобрения  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$ . В среднем за 2019-2023 года урожайность на нем составила 57,7 т/га. Сахаристость корнеплодов на этом фоне была ниже в сравнении со средним и высоким фонами минерального питания и равнялась 22,6 %. Однако за счёт высокой урожайности, сбор сахара с одного гектара на нем, определённый расчётным способом, был максимальным и составил 13,0 т/га. Густота стояния растений сахарной свёклы на интенсивном фоне перед уборкой культуры была равна 128 тыс. шт. на 1 га, что было близко к количеству высеянных семян. Исходя из урожая корнеплодов и густоты стояния растений культуры во время уборки, был определен один из важнейших морфобиологических признаков растений сахарной свёклы – масса одного корнеплода. Во все года исследований лучшей она была на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$  и в среднем равнялась 479 граммам. Также по результатам учетов при уборке рассчитывалось соотношение ботвы к массе корня. В зависимости от фонов минерального питания оно варьировало от 18 % на фоне без удобрений до 24 % на фоне  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$ .

**Ключевые слова:** сахарная свёкла, минеральные удобрения, густота стояния, урожайность, сахаристость, валовой сбор, масса одного корнеплода.

## THE EFFECT OF DIFFERENT DOSES OF MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND QUALITY OF SUGAR BEET ROOT CROPS IN CONDITIONS OF SOUTH-WESTERN PART OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

**Abstract.** In a field experiment on chernozem typical in a four-field crop rotation, the change in productivity of various sugar beet hybrids depending on the backgrounds of mineral nutrition was studied. The predecessor was winter wheat, mineral fertilizers were applied in the following doses to the active substance per 1 ha: without fertilizers – conditionally low background,  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – conditionally medium background,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  – conditionally high background and  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$  – conditionally intense background. It was found that the optimal background for the crop is a background with a rate of application of mineral fertilizer  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$ . On average, in 2019-2023, the yield on it amounted to 57,7 t/ha. The sugar content of root crops against this background was lower in comparison with the average and high backgrounds of mineral nutrition and amounted to 22,6 %. However, due to the high yield, the sugar harvest from one hectare on it, determined by the calculated method, was maximum and amounted to 13,0 t/ha. The density of sugar beet plants on an intense background before harvesting the crop was equal to 128 thousand units per 1 ha, which was close to the number of seeds sown. Based on the harvest of root crops and the density of the crop plants during harvesting, one of the most important morphobiological signs of sugar beet plants were determined – the mass of one root crop. In all the years of research, it was the best against the background of  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$  and averaged 479 grams. Also, according to the results of accounting during harvesting, the ratio of the tops to the mass of the root was calculated. Depending on the background of mineral nutrition, it ranged from 18 % against a background without fertilizers to 24 % against a background of  $N_{60}P_{60}K_{60}+N_{120}$ .

**Keywords:** sugar beet, mineral fertilizers, standing density, yield, sugar content, gross harvest, weight of one root crop.

**Введение.** Сахарная свёкла является культурой с высокими требованиями к условиям произрастания, а также имеет высокую степень отзывчивости к внесению минеральных удобрений. Критической фазой развития растений считается фаза всходов, однако оптимальный режим минерального питания необходим практически до этапа смыкания ботвы в междурядьях [1]. Применение комплексных удобрений в качестве стартового удобрения обеспечивает сбалансированное минеральное питание растений в начале вегетации и их интенсивный стартовый рост.

На начальной стадии развития сахарной свёклы, когда ее корневая система развита слабо, необходимо наличие в почве доступных питательных веществ в непосредственной близости к прорастающему семени. Недостаток питательных веществ в этот период отрицательно сказывается на дальнейшем развитии корнеплода и накоплении в нем сахара [2].

Из всех химических элементов, входящих в состав свеклы, наибольшее значение имеют азот, фосфор и калий. Содержанием этих элементов в почве, кроме других факторов (влаги, тепла, агротехника), и определяется величина урожая сахарной свеклы и его качество. Вынос азота из почвы одной тонной корнеплодов составляет 3,8-5,2 кг, фосфора 1,2-1,6 кг и 4,5-6,5 калия. Для получения урожая 40-50 т/га требуется в среднем внести (в д. в. на 1 га): азота – 140-170 кг, фосфора – 150-180 кг, калия – 100-170 кг. Нормы внесения минеральных удобрений изменяют в зависимости от типа почвы и её обеспеченности элементами питания конкретно на каждом поле [3-6].

По результатам исследований, проведенных Лицуквым С.Д. (2014), максимальная урожайность корнеплодов сахарной свёклы с высокой сахаристостью достигается при внесении полного сбалансированного удобрения. Ведение современного сельского хозяйства предусматривает увеличение выноса всех элементов питания, среди которых также и микроэлементы. Повышенное внесение одного элемента, на фоне других или замена другим не способны увеличить урожай культуры. По результатам опыта оптимальным соотношением азота, фосфора и калия при внесении было близким к единице [7, 10].

Для нормального роста и развития сахарная свекла требует наличия в почве также многих других элементов минерального питания. Так, в составе свекловичного растения насчитывается до 80 химических элементов. Количество тех или иных элементов в составе растения свеклы может изменяться под влиянием природных факторов и агротехнических приемов. Применение умеренных доз минеральных удобрений в сочетании с навозом, внесение повышенных доз калийных удобрений, оптимальное фосфорное питание культуры, а также подкормка микроудобрениями способствует получению корнеплодов с высоким содержанием сахара [6, 8].

**Цель исследований.** Установление влияния различных фонов минерального питания на урожайность и качественные показатели сахарной свёклы в условиях юго-западной части Центрально-Чернозёмного региона.

**Материалы и методы.** Полевой опыт проводился в отделе земледелия Научно-практического центра земледелия и селекции Белгородского ГАУ в 2019-2023 гг. в стационаре по изучению продуктивности основных полевых культур в зависимости от уровня минерального питания и севооборотов. Сахарная свёкла высевалась по четырём фонам минерального питания: 1-ый – без удобрений, контрольный (условно низкий фон); 2-ой – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг/га д. в. под основную обработку почвы осенью (условно средний фон); 3-ий – N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> кг/га д. в. под основную обработку почвы осенью (условно высокий фон); 4-ый – N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> кг/га д. в. под основную обработку почвы осенью и весной N<sub>70</sub> в кг/га д. в. под предпосевную обработку почвы (условно интенсивный фон).

Почва опытного участка – чернозём типичный, среднесуглинистый, на лессовидном суглинке. По результатам агрохимического обследования полей севооборотов, проведённого в 2021 году, содержание в пахотном горизонте доступных питательных веществ составляло: гумуса 4,5-5,0 %, гидролизуемого азота на низком, среднем и интенсивном фонах минерального питания по 154 мг на 1 кг почвы, на высоком 161 мг на 1 кг почвы; фосфора 60 мг на 1 кг почвы на низком, 174 мг на 1 кг почвы на среднем, на высоком 343 мг на 1 кг почвы, а на интенсивном 242 мг на 1 кг почвы. Содержание калия на низком фоне было равным 57 мг на 1 кг почвы, 70 мг на 1 кг почвы на среднем, на высоком 122 мг на 1 кг почвы, а на интенсивном 119 мг на 1 кг почвы. Гидролитическая кислотность была в пределах 2,64-7,76 мг/экв. на 100 почв, водородный показатель pH равнялся 4,7-5,8 единицам, при этом более высоким он был на интенсивном фоне, а наименьшим – на высоком фоне минерального питания.

Объектами исследований являлась сахарная свёкла и 4 фона минерального питания.

Опыт проводился в трёхкратной повторности. Размещение и площадь делянок соответствовали требованиям методик для проведения экспериментов с удобрениями. Учеты и наблюдения выполнялись по общепринятым методикам [9].

Агротехника возделывания культуры в опыте включала в себя следующие операции. После уборки предшественника, озимой пшеницы, комбайном Terrion SR 2010 с измельчением и разбрасыванием соломы по поверхности поля, почву рыхлили мульчировщиком ДМ-4×2. Затем, с целью уничтожения проросших сорняков и падалицы, проводились повторные дискования этим же орудием. Минеральное удобрение (азофоска) вносили зерновой сеялкой СЗ-3,6, совмещая его с одной из обработок мульчировщиком ДМ-4×2. Основная обработка почвы осуществлялась чизельным плугом ПЧ-2,5 на глубину 40-42 см. Весной делали закрытие влаги агрегатом из шлейф-борон ШБ-2,5, лапчатых борон ВНИС-Р, металлических уголков и выравнивающей цепи. Аммиачную селитру вносили перед предпосевной культивацией сеялкой СЗ-3,6, проводилась лапчатыми боронами ВНИС-Р в комплекте с посевными боронками БП-0,6 и выравнивающей цепью.

При посеве сахарной свёклы высевалось 6-7 дражированных семян на 1 погонный метр сеялкой ССТ-12Б из расчёта 130 тысяч на 1 га. В 2019 году высевался гибрид Живаго компании «Штрубе Рус», в 2020 году гибрид Триада (фирма «Syngenta Seeds»), в 2021 году гибрид Рекордина КВС (фирма «KWS»), а в 2022 и 2023 годах было посеяно по два гибрида – Триада и Рекордина КВС (фирма «KWS»). Одним проходом посевного агрегата засеивались все четыре фона минерального питания.

Химическая прополка сорняков в посеве сахарной свёклы выполнялась дробно, по трем волнам всходов сорняков. Первая обработка проводилась баковой смесью из гербицидов Бицепс Гарант, КЭ (1,3 л/га), Трицепс, ВДГ (0,02 кг/га), Хакер, ВРГ (0,06 кг/га) и адьюванта Адыо, Ж (0,2 л/га). Второй раз использовали баковую смесь препаратов Бицепс 22, КЭ (2,0 л/га), Трицепс, ВДГ (0,02 кг/га), Квикстеп, МКЭ (0,6 л/га), Хакер, ВРГ (0,1 кг/га), Адыо, Ж (0,2 л/га), а при третьей прополке применяли препараты Бицепс 22, КЭ (2,2 л/га), Трицепс, ВДГ (0,02 кг/га), Хакер, ВРГ (0,12 кг/га) и Адыо, Ж (0,2 л/га).

Учёт урожайности сахарной свёклы делали вручную. На каждой учетной делянке выкапывались растения сахарной свёклы с последующей обрезкой ботвы и взвешиванием корнеплодов. Весовое соотношение ботвы и корнеплода свёклы определялось непосредственно перед уборкой.

**Результаты исследований.** Обработка погодных данных методом расчета гидротермического коэффициента Селянинова показала, что в период активной вегетации сахарной свёклы погода наиболее соответствовала условиям увлажнения в 2022 году. Благодаря достаточно благоприятному сочетанию температуры и количества выпавших осадков в это время, наблюдалось хорошее развитие листьев и корнеплодов культуры (табл. 1).

**Таблица 1 – Метеорологические условия в период активной вегетации сахарной свёклы**

Год	Метеорологические показатели	Месяца				Среднее по годам
		май	июнь	июль	август	
2019	Среднесуточная температура воздуха, °С	16,8	22,5	19,6	19,8	19,7
	Сумма осадков, мм	35,2	13,7	42,0	1,0	91,9
	Гидротермический коэффициент	0,68	0,20	0,69	0,02	0,39
2020	Среднесуточная температура воздуха, °С	12,7	21,4	21,6	20,0	18,9
	Сумма осадков, мм	71,3	24,4	56,5	11,4	163,6
	Гидротермический коэффициент	1,81	0,38	0,84	0,18	0,72
2021	Среднесуточная температура воздуха, °С	15,1	20,1	23,9	23,0	20,5
	Сумма осадков, мм	60,5	59,7	51,9	25,3	197,4
	Гидротермический коэффициент	1,29	0,99	0,70	0,35	0,80
2022	Среднесуточная температура воздуха, °С	12,8	20,5	20,7	23,0	19,3
	Сумма осадков, мм	22,2	60,8	40,4	114,8	238,2
	Гидротермический коэффициент	0,56	0,99	0,63	1,61	1,03
2023	Среднесуточная температура воздуха, °С	14,6	18,3	20,8	22,3	19,0
	Сумма осадков, мм	17,9	51,0	87,9	20,0	176,8
	Гидротермический коэффициент	0,40	0,93	1,36	0,29	0,78
Среднее по месяцам	Среднесуточная температура воздуха, °С	14,4	20,6	21,3	21,6	19,5
	Сумма осадков, мм	41,4	41,9	55,7	34,5	173,5
	Гидротермический коэффициент	0,95	0,70	0,85	0,49	0,74

В 2019 году значения ГТК в июне и особенно в августе соответствовали острой засухе, но в наиболее критичные для свёклы периоды развития в мае и июле выпавшие обильные дожди на фоне умеренной температуры воздуха, близкой к многолетним показателям, снизило негативное действие засушливых условий на уровень урожайности.

В 2020, 2021 и 2023 годах вегетация свёклы проходила при засушливой погоде, но с равномерным распределением осадков по месяцам, что обеспечило формирование корнеплодов и хорошую сохранность растений культуры ко времени уборки.

Все изучаемые дозы минеральных удобрений оказывали влияние на урожайность сахарной свёклы (табл. 2).

**Таблица 2 – Урожайность сахарной свёклы в зависимости от фонов минерального питания, т/га**

Фон минерального питания	Год					В среднем за 2019-2023 гг.
	2019	2020	2021	2022	2023	
Без удобрений	41,0	37,0	36,3	63,3	20,3	39,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,0	31,3	44,4	73,8	36,7	46,4
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	47,1	49,8	46,9	78,9	44,4	53,4
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub>	49,7	46,5	51,1	81,0	60,4	57,7
Среднее	46,0	41,2	44,7	74,3	40,5	49,3
НСР <sub>05</sub> =4,62 т/га						

В среднем за пять лет её минимальный в опыте урожай корнеплодов был получен на контрольном варианте – 39,6 т/га. При внесении 60 кг д. в. на один гектар азота, фосфора и калия урожайность увеличивалась до 46,4 т/га. Применение минерального удобрения в дозе N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> способствовало получению 53,4 т/га сахарной свёклы, а при его внесении с нормой N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> осенью и N<sub>70</sub> весной урожай достигал максимальной в опыте величины – 57,7 т/га. Относительно других фонов минерального питания здесь урожайность была выше на 18,1 т/га по сравнению с контролем, на 11,3 т/га с дозой внесения N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и на 4,3 т/га с вариантом N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> кг д. в. на один гектар.

Наиболее урожайным оказался 2022 год, где в среднем по фонов минерального питания урожайность сахарной свёклы достигла значения 74,3 т/га.

Содержание сахара в корнеплодах зависело как от дозы вносимых минеральных удобрений, так и от урожайности культуры (табл. 3). В среднем за пять лет наибольшая в опыте сахаристость была на варианте с дозой внесения минеральных удобрений N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> и она составляла 23,9 %.

**Таблица 3 – Сахаристость корнеплодов сахарной свёклы в зависимости от фонов минерального питания, %**

Фон минерального питания	Год					В среднем за 2019-2023 гг.
	2019	2020	2021	2022	2023	
Без удобрений	21,0	24,0	22,2	21,2	21,0	21,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	24,8	25,4	23,8	22,0	21,0	23,4
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	22,2	26,6	25,9	23,9	21,0	23,9
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub>	22,7	25,7	23,9	22,8	18,0	22,6
Среднее	22,7	25,4	24,0	22,5	20,3	23,0

На контрольном варианте содержание сахара в корнеплодах было равным 21,9 %. При внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> сахаристость составляла 23,4 %, а при дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub> – 22,6 %. Лучшим по содержанию сахара за пять лет исследований был 2020 год. На фоне без удобрений сахаристость составляла 24,0 %, при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 25,4 %, при N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> – 26,6 %, а на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub> – 25,7 %.

Для объективной оценки продуктивности сахарной свёклы был определён расчётный валовый сбор сахара, который одновременно учитывал и урожайность корнеплодов, и их сахаристость (табл. 4).

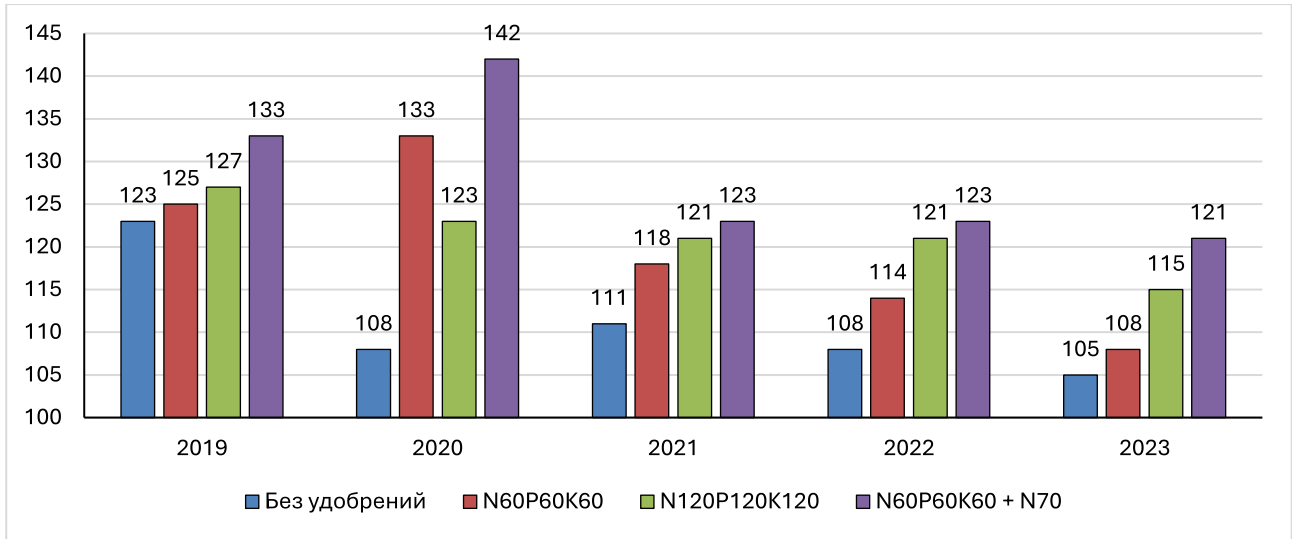
**Таблица 4 – Валовой сбор сахара в зависимости от фонов минерального питания, т/га**

Фон минерального питания	Год					В среднем за 2019-2023 гг.
	2019	2020	2021	2022	2023	
Без удобрений	8,6	8,9	8,1	13,4	4,3	8,7
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,7	7,8	10,6	16,2	7,7	10,8
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	10,5	13,2	12,1	18,9	9,3	12,8
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub>	11,3	12,0	12,2	18,5	10,9	13,0
Среднее	10,5	10,5	10,8	16,8	8,1	11,3

Сбор сахара в среднем за пять лет на варианте без внесения минеральных удобрений составил 8,7 %. Наибольшее количество сахара было получено на вариантах с внесением минеральных удобрений в дозе N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> + N<sub>70</sub> соответственно 12,8 т/га и 13,0 т/га. Стоит отметить, что все изучаемые в опыте варианты минерального питания свёклы обеспечивали прибавки сбора сахара по отношению к контролю, которые изменялись от 2,1 т/га на условно среднем фоне до 4,3 т/га на интенсивном. Максимальный сбор сахара по всем изучаемым в опыте фонов минерального питания был получен в 2022 году, и он был равен 13,4-18,9 т/га.

Одним из важнейших факторов, определяющих урожайность корнеплодов сахарной свёклы, является густота стояния растений на гектаре. По разным данным для условий Центрально-Чернозёмного региона оптимальной она считается на уровне 100-130 тысяч штук на одном гектаре.

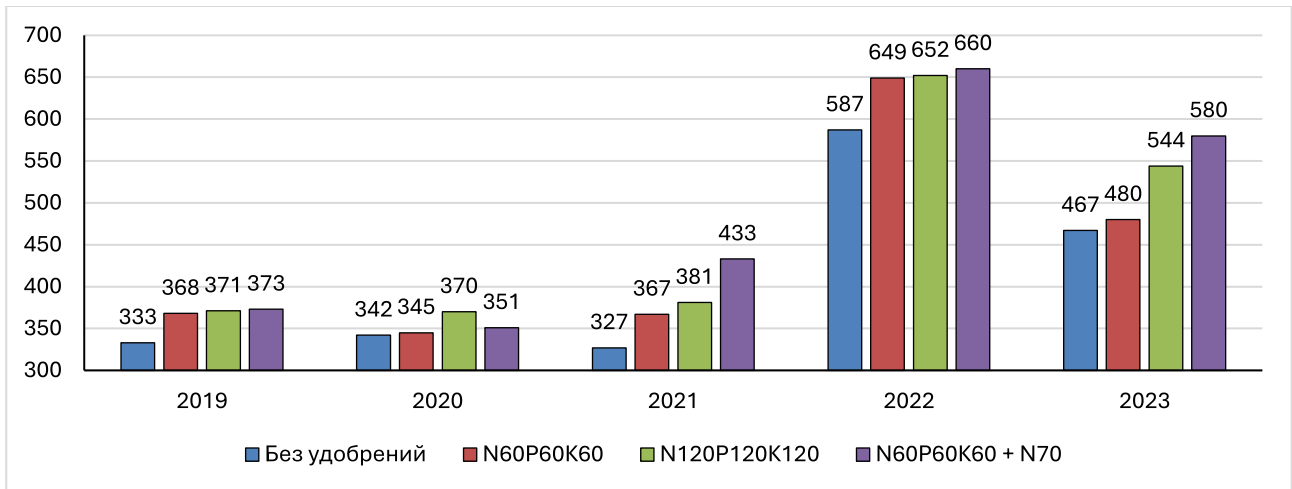
В данном опыте этот показатель укладывается в границы оптимальных значений и при этом отчётливо прослеживается зависимость густоты стояния растений сахарной свёклы во время уборки от дозы минеральных удобрений (рис. 1).



**Рис. 1 – Густота стояния растений сахарной свёклы в зависимости от фонов минерального питания на период уборки, тыс. шт. на 1 га**

В среднем за годы исследований, наименьшая густота стояния растений сахарной свёклы была на фоне без удобрений, где она составляла 111 тыс. шт. на 1 га, а наибольшей – на интенсивном фоне 128 тыс. шт. на 1 га. В среднем по фонов питания, самая большая густота стояния растений была отмечена в 2019 году и в 2020 году, 127 тыс. шт. на 1 га, а наименьшая в 2023 году – 112 тыс. шт. на 1 га.

Интегрирующим показателем всех изучаемых морфобиологических признаков корнеплодов сахарной свёклы является их масса. Чаще всего она колеблется в пределах 400-600 граммов и зависит от густоты посева. Результаты исследований показали, что наибольшая масса корнеплодов по всем фонов минерального питания была в 2022 году (рис. 2).



**Рис. 2 – Масса одного корнеплода сахарной свёклы в зависимости от фонов минерального питания, грамм**

Масса одного корнеплода сахарной свёклы, аналогично урожайности, возрасла с увеличением дозы вносимого минерального удобрения и их вес был максимальным в 2022 году – 587 грамм, 649 грамм, 652 грамма и 660 грамм, соответственно от контроля до интенсивного фона минерального питания. Низкая масса корнеплодов отмечалась в 2019 и 2020 годах. Так, в 2019 году она находилась в пределах от 333 грамм до 373 грамм, а в 2020 году от 342 грамм до 351 грамма.

О положительном влиянии минеральных удобрений на развитие растений можно судить по такому показателю, как отношение массы ботвы к массе корнеплодов (табл. 4).

**Таблица 4 – Соотношение ботвы к массе корня в зависимости от фонов минерального питания, %**

Фон минерального питания	Год					В среднем за 2019-2023 гг.
	2019	2020	2021	2022	2023	
Без удобрений	17	18	18	19	18	18
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	19	25	19	20	19	20
N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	19	27	20	22	20	22
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>70</sub>	24	29	22	24	22	24
Среднее	20	25	20	21	20	21

На фоне  $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{70}$ , в среднем за 2019-2023 гг., это соотношение было выше в сравнении с фоном без удобрений на 6 %, с фоном  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на 4 %, а с фоном  $N_{120}P_{120}K_{120}$  на 2 %. Это говорит о том, что растения сахарной свёклы в вариантах с внесением азотосодержащего удобрения и аммиачной селитры перед посевом культуры сформировали большую ассимиляционную поверхность листьев и, соответственно, имели больший вес ботвы на единицу массы корнеплодов.

Лучшее развитие листьев было отмечено в 2020 году, когда соотношение ботвы к массе корня было максимальным, 18 %, 25 %, 27 % и 29 %, соответственно фонам минерального питания.

**Заключение.** Минеральные удобрения положительно повлияли на урожайность сахарной свёклы. На вариантах с их внесением в дозах  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{70}$ , в среднем за 2019-2023 гг., урожайность находилась в пределах 53,4-57,7 т/га, что было на 13,8-18,1 т/га выше, чем на контрольном варианте без внесения удобрений. Математическая обработка данных показала, что разница между этими вариантами была существенной. С внесением минеральных удобрений сахаристость корнеплодов увеличилась на 0,7-2 % и равнялась 23,9 % и 22,6 %. Сбор сахара повышался на 2,1-4,3 т/га. Внесение минеральных удобрений в дозах  $N_{120}P_{120}K_{120}$  и  $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{70}$  также способствовало лучшему развитию сахарной свёклы. К моменту уборки масса одного корнеплода в среднем составляла 464 грамма и 479 граммов соответственно выделенным фонам. По сравнению с контролем она была выше на 53 грамма и 68 граммов.

### Библиография

1. Карабутов А.П. Приёмы повышения урожайности озимой пшеницы и сахарной свёклы в Белгородской области / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров, А. А. Найдёнов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 7. – С. 49–51.
2. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник для вузов / В. Г. Минеев; МГУ им. М. В. Ломоносова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ: КолосС, 2004. – 720 с.
3. Ступаков А.Г. Факторы и приёмы повышения продуктивности сахарной свёклы / А. Г. Ступаков, О. А. Минакова, Л. В. Тамбовцева // Сахарная свёкла. – 2011. – № 10. – С. 17–19.
4. Смуров С.И. Продуктивность отечественных и зарубежных гибридов на разных фонах питания / С. И. Смуров, Д. М. Иевлев, О. В. Григоров, Р. И. Шестакова // Сахарная свёкла. – 2008. – № 5. – С. 28–30.
5. Минакова О.А. Динамика показателей почвенного плодородия и продуктивность сахарной свёклы в условиях длительного применения удобрений в ЦЧР / О. А. Минакова, М. Г. Гётман, А. Р. Левченко, Д. В. Пестрецова // Сахарная свёкла. – 2022. – № 4. – С. 25–29. – DOI 10.25802/SB.2022.35.12.003.
6. Федотов В.А. Агротехнологии полевых культур в Центральном Черноземье / В. А. Федотов, С. В. Кадыров, Д. И. Щедрина. – Воронеж : Изд-во «Истоки», 2011. – 260 с.
7. Лицуков С.Д. Влияние микроудобрений на урожай и качество сахарной свёклы в условиях юго-западной части ЦЧР / С. Д. Лицуков, А. В. Акинчин, Е. А. Трофимова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 9. – С. 40–42.
8. Уваров Г.И. Приёмы повышения урожайности и качества корнеплодов в Белгородской области / Г. И. Уваров, Н. В. Журавлёва, К. Н. Журавлёв, В. Д. Соловиченко // Сахарная свёкла. – 2007. – № 2. – С. 22–23.
9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск первый. – М. : ФГБУ «Госсорткомиссия», 2019. – 329 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур (на примере Белгородской области) [Текст] / А. В. Турьянский, В. И. Мельников, Л. А. Селезнева, Н. Р. Асыка, В. Ф. Ужик и др. – Белгород : Изд. Константа, 2014. – 462 с.

### References

1. Karabutov A.P. Priyemy povysheniya urozhaynosti ozimoy pshenitsy i sakharnoy svekly v Belgorodskoy oblasti [Techniques for increasing the yield of winter wheat and sugar beet in the Belgorod region] / A. P. Karabutov, G. I. Uvarov, A. A. Naydenov // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyay-stvennoy akademii. – 2012. – № 7. – S. 49–51.
2. Mineyev V.G. Agrokimiya: uchebnik dlya vuzov [Agrochemistry: textbook for universities] / V. G. Mineyev; MGU im. M. V. Lomonosova. – 2-ye izd. pererab. i dop. – M. : Izd-vo MGU : KolosS, 2004. – 720 s.
3. Stupakov A.G. Faktory i priyomy povysheniya produktivnosti sakharnoy svyokly / A. G. Stupakov, O. A. Minakova, L. V. Tambovceva // Saharnaya svekla. – 2011. – № 10. – С. 17–19.
4. Smurov S.I. Produktivnost otechestvennykh i zarubezhnykh gibridov na raznykh fonakh pitaniya [Productivity of domestic and foreign hybrids on different food backgrounds] / S. I. Smurov, D. M. Iyevlev, O. V. Grigоров, R. I. Shestakova // Sakharnaya svekla. – 2008. – № 5. – S. 28–30.
5. Minakova O.A. Dinamika pokazatelei pochvennogo plodorodiia i produktivnost sakharnoi svekly v usloviiah dlitel'nogo primeneniia udobrenii v CChR [Dynamics of indicators of soil fertility and productivity of sugar beet in conditions of long-term use of fertilizers in the CChR] / O. A. Minakova, M. G. Getman, A. R. Levchenko, D. V. Pestrecova // Saharnaia svekla. – 2022. – № 4. – S. 25–29. – DOI 10.25802/SB.2022.35.12.003.
6. Fedotov V.A. Agrotekhnologii polevykh kultur v Tsentralnom Chernozemye [Agrotechnologies of field crops in the Central Chernozem region] / V. A. Fedotov, S. V. Kadyrov, D. I. Shchedrina. – Voronezh : Izd-vo «Istoki», 2011. – 260 s.
7. Licukov S.D. Vliyanie mikroudobrenij na urozhaj i kachestvo sakharnoi svekly v usloviyah yugo-zapadnoj chasti CCHR / S. D. Licukov, A. V. Akinchin, E. A. Trofimova // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokozyajstvennoy akademii. – 2014. – № 9. – S. 40–42.
8. Uvarov G.I. Priyemy povysheniya urozhaynosti i kachestva korneplodov v Belgorodskoy oblasti [Techniques for increasing the yield and quality of root crops in the Belgorod region] / G. I. Uvarov, N. V. Zhuravleva, K. N. Zhuravlev, V. D. Solovichenko // Saharnaya svekla. – 2007. – № 2. – S. 22–23.
9. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. Vypusk pervyy [The methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue one]. – M. : FGBU «Gossortkomissiya», 2019. – 329 s.
10. Organizational and technological standards for the cultivation of agricultural crops (on the example of the Belgorod region) [Text] / A. V. Turyansky, V. I. Melnikov, L. A. Selezneva, N. R. Asyka, V. F. Uzhik and others. – Belgorod : Ed. Constant, 2014. – 462 p.

**Сведения об авторах**

Смуров Сергей Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель Научно-производственного центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Зюба Светлана Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник отдела земледелия Научно-производственного центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Григоров Олег Владимирович, ведущий специалист отдела земледелия Научно-производственного центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

Гапиенко Олег Владимирович, старший специалист отдела земледелия Научно-производственного центра земледелия и селекции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

**Information about authors**

Smurov Sergey Ivanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Director at the Department of Agriculture of the Scientific and Production Center of Agriculture and Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.

Zyuba Svetlana Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher at the Department of Agriculture of the Scientific and Production Center of Agriculture and Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.

Grigorov Oleg Vladimirovich, leading specialist at the Department of Agriculture of the Scientific and Production Center of Agriculture and Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.

Gapienko Oleg Vladimirovich., senior specialist at the Department of Agriculture of the Scientific and Production Center of Agriculture and Breeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503.



## ИННОВАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК И СОЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ СЕЛА

УДК 332.1; 630.6

К.Л. Михайлов, Н.А. Демина

### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ПРОГНОЗ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ВЫРАЩИВАНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ХВОЙНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ

**Аннотация.** Исследование нацелено на поиск экономических механизмов привлечения инвестиций в лесное хозяйство для выращивания посадочного материала хвойных пород. Отражена актуальность выращивания лесов, повышения доли искусственного лесовосстановления (создания лесных культур), главным сдерживающим фактором которого является высокая стоимость работ. В статье рассмотрен опыт научно-исследовательских разработок ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» по созданию технологий выращивания посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках средней и северной подзон тайги Европейского Севера страны. Подобрана и адаптирована к современным условиям технология выращивания 3-летних сеянцев ели. Показана роль экономической науки при выборе методов оценки эффективности применения технологий с длительным производственным циклом получения продукции. Для отобранной технологии проведены расчеты технологической себестоимости по видам работ и по годам, показателей прибыльности, чистой приведенной стоимости (NPV), внутренней нормы доходности (IRR). Рассмотренный пример отражает технологическую возможность и коммерческую привлекательность для инвестирования в объекты лесного хозяйства с длительным сроком окупаемости. Авторы рассматривают полученные экономические значения как индикаторы для организации прогнозирования развития отрасли, корректировки лесных планов субъекта Российской Федерации, сближения позиций организаторов лесного хозяйства и бизнеса (арендаторов лесного фонда) при выполнении показателей лесовосстановления в регионе в рамках реализации Федерального проекта «Сохранение лесов» Национального проекта «Экология».

**Ключевые слова:** лесное хозяйство, посадочный материал хвойных пород, экономическая эффективность, чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности, индикативное планирование и прогнозирование.

### ECONOMIC JUSTIFICATION AND FORECAST OF INVESTMENT IN THE CULTIVATION OF CONIFEROUS TREE PLANTING MATERIAL

**Abstract.** The research is aimed at finding economic mechanisms for attracting investments in forestry for the cultivation of softwood planting material. The relevance of forest cultivation, increasing the share of artificial reforestation (creation of forest crops), the main deterrent of which is the high cost of work, is reflected. The article considers the experience of research developments of the Federal State Budgetary Institution «Northern Research Institute of Forestry» on the creation of technologies for growing softwood planting material in forest nurseries of the middle and northern taiga subzones of the European North of the country. The technology of growing 3-year-old spruce seedlings has been selected and adapted to modern conditions. The role of economics in the selection of methods for evaluating the effectiveness of technologies with a long production cycle of production is shown. For the selected technology, calculations of the technological cost by type of work and by year, profitability indicators, net present value (NPV), and internal rate of return (IRR) were carried out. The considered example reflects the technological opportunity and commercial attractiveness for investing in forestry facilities with a long payback period. The authors consider the obtained economic values as indicators for the organization of forecasting the development of the industry, adjusting the forest plans of the subject of the Russian Federation, bringing together the positions of forestry organizers and business (tenants of the forest fund) when performing reforestation indicators in the region within the framework of the Federal Project «Forest Conservation» of the National Project «Ecology».

**Keywords:** forestry, softwood planting material, economic efficiency, net present value, internal rate of return, indicative planning and forecasting.

**Введение.** В экономическом смысле лесное хозяйство обеспечивает возможность использования лесов как важнейшего ресурса экономики и, в то же время, ответственно за формирование природно-ресурсного национального богатства государства. Возрастающее внимание к экологическим и средоформирующим функциям лесов, влияние климатических изменений и антропогенное воздействие, многолетняя практика преимущественно естественного лесовозобновления при масштабном лесопользовании актуализируют вопрос рационального подхода к выбору способа проведения лесовосстановительных мероприятий. В рамках выполнения Национального проекта «Экология» реализуется Федеральный проект «Сохранение лесов», целью которого является обеспечение баланса выбытия и воспроизводства лесов в соотношении 100 % к 2024 году. В этой связи требуется обеспечение отрасли качественным и доступным по цене посадочным материалом.

**Цель и задачи.** Цель исследования – провести экономическое обоснование выращивания посадочного материала хвойных пород средней и северной подзон тайги Европейского Севера России, спрогнозировать получение лесоводственно-экономического эффекта в случае внедрения технологии выращивания сеянцев ели для корректировки планов развития лесного хозяйства регионов. При этом задачами определены: подбор и адаптация технологии выращивания посадочного материала хвойных пород деревьев; анализ современных возможностей активизации экономической деятельности в лесном хозяйстве северных территорий; выбор и расчет показателей экономической эффективности инвестирования в выращивание посадочного материала; рассмотрение возможностей сотрудничества государства и бизнеса в достижении стратегических показателей развития лесного хозяйства лесных регионов; обоснование наилучших методов прогнозирования как обязательное составляющее совершенствования управления лесным хозяйством. Объектом исследования являются предприятия – потенциальные пользователи рассматриваемой технологии на территории Архангельского и Северодвинского лесничеств Архангельской области.

**Материалы и методы.** В исследовании применены дескриптивный (описательный) подход, математические методы, индикативное планирование и прогнозирование. Научная гипотеза может быть представлена следующим выражением: в условиях повышенного внимания со стороны государства к лесовосстановлению, применение экономически эффективных технологий выращивания посадочного материала становится инструментом для привлечения инвестиций в отрасль и совершенствования системы ведения лесного хозяйства. Задача экономической науки – провести расчет экономической эффективности технологии выращивания посадочного материала, обосновать оптимальный объем производства, подобрать варианты интеграции лесного бизнеса и государства, представить перспективы развития отрасли на основе индикативного прогноза. Адаптация технологии по выращиванию посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках средней и северной подзон тайги Европейского Севера России к возможностям современной техники, новым материалам, изменившимся формам организации и оплаты труда придает инновационную направленность системе ведения лесного хозяйства в регионах.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Многие годы в нашей стране действовал метод естественного возобновления лесных ресурсов при масштабной заготовке древесины путем сохранения подроста и оставления семенников. Выращивание древостоя посевом и посадкой (искусственное лесовосстановление) занимало сравнительно меньшие объемы. Среди ученых-лесоводов и практиков, исследующих рост и развитие растений при естественном и искусственном выращивании, нет единого мнения. Высказываются разные точки зрения на предпочтительность метода выращивания лесов. Главным аргументом противников искусственного лесовозобновления является его затратность. Подробный разбор существующих научных позиций изложен в работе [1]. В хорошо возобновляемых типах леса целесообразнее обеспечивать лесовосстановление за счет сохранения подроста, оставления семенников, минерализации почвы и должного ухода за оставленными растениями. В плохо возобновляемых типах требуется создание лесных культур (посадочным материалом с улучшенными наследственными свойствами, выращенным из районированных и сертифицированных семян с местных лесосеменных плантаций) [2, С. 5]. При этом заметим, что искусственное лесовосстановление крайне востребовано на территориях, пройденных пожарами, поврежденных ветровалами, пораженных вредителями и болезнями. Климатические изменения способствуют развитию таких аномальных явлений. В 2023 году площадь лесовосстановления в Архангельской области составила 79,1 тыс. га, в том числе искусственное лесовосстановление 3,4 тыс. га. В Вологодской области указанные показатели 78,0 и 11,9 тыс. га соответственно.

В рамках выполнения государственного задания на проведение прикладных научных исследований рассмотрена технология выращивания сеянцев ели с учетом современных организационных, экономических и финансовых условий на основе Рекомендаций по выращиванию посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках средней и северной подзон тайги Европейского Севера России (выполнены в 1990 году) [3]. Более поздние технологии не разрабатывались. Принятый по технологической карте №1 перечень технологических операций по выращиванию 3-летних сеянцев ели включает 37 наименований с вариантами (от 2 до 4) по отдельным операциям – приобретение, погрузка, доставка и внесение торфа; удобрений; покупка и подготовка семян; подкормка; полив посевов; прополка. Процесс подготовки и выращивания посадочного материала составляет четыре года. В расчетах использовались последовательность и виды работ, трудоемкость операций, аренда техники. Затраты на оплату труда вычислялись по средней заработной плате в лесном хозяйстве и лесозаготовках по Архангельской области за 2023 год с изменениями начислений в страховые фонды в 2024 году. Более детальный анализ (по видам работ) не представлялось сделать вследствие несопоставимости данных. В частности, в расчетах 1990 года оценивались затраты на проведение операций с использованием собственной техники и оборудования. В 2024 году применялись в расчетах затраты на арендуемую технику с обслуживающим персоналом. В таблице 1 приведены технологические затраты по видам работ.

**Таблица 1 – Структура технологической себестоимости выращивания 3-летних сеянцев ели, на 1 га**

Виды работ	Технологическая себестоимость	
	тыс. руб.	%
- вспашка почвы, подготовка и внесение торфа	190,384	7,9
- подготовка, высев семян (приобретение семян, снегование, обработка)	474,744	19,6
- внесение удобрений, мульчирование	144,014	6,0
- обработка гербицидами, полив	330,685	13,6
- прополка	783,372	32,3
- другое	501,836	20,6
Всего	2 425,035	100,0

Наиболее затратными технологическими операциями являются: прополка, подготовка семян к посеву (приобретение семян, снегование), обработка гербицидами, полив.

В таблице 2 приведены технологические затраты по годам. Наибольшие затраты приходятся на подготовку парового поля и первый год выращивания сеянцев 79,8 % – приобретение, перевозка и внесение торфа, извести и минеральных удобрений, дискование почвы, технологические операции по подготовке, посадке и выращиванию сеянцев. Затраты в следующий период существенно снижаются – до 13,4 % в третий год выращивания сеянцев, до 6,8 % в четвертый год от общей величины затрат.

**Таблица 2 – Структура технологической себестоимости выращивания 3-летних сеянцев ели (по годам), на 1 га**

Затраты по годам	Технологическая себестоимость	
	тыс. руб.	%
- подготовка парового поля (первый год)	1192,214	49,2
- сеянцы первого года выращивания (второй год)	743,486	30,6
- сеянцы второго года выращивания (третий год)	324,545	13,4
- сеянцы третьего года выращивания (четвертый год)	164,790	6,8
Всего	2 425,035	100,0

Для определения полной себестоимости требуется добавить расходы на организацию и управление (внепроизводственные расходы). Величина расходов на организацию и управление зависит от локальных особенностей размещения объектов. Требуются специальные расчеты с различными вариантами масштабов производства и уровней управления. Если принять условно величину расходов на организацию и управление в размере 10 % от технологической себестоимости, то полная себестоимость 1 сеянца составит:  $2,425 \times 1,1 = 2,67$  рубля.

В распоряжении потенциальных пользователей имеется коммерческое предложение о приобретении посадочного материала по 4 рубля за штуку (среди других предложенных цена возрастает до 12 рублей). В нашем примере прибыль составляет 1,33 руб./шт. Рентабельность производства (отношение прибыли к затратам) – 49,8 %. При анализе хозяйственной деятельности рентабельность производства ориентирована, в первую очередь, на оценку ресурсных возможностей производителя, поиску направлений совершенствования производственной фазы, снижению (и оптимизации) затрат. Рентабельность продаж (отношение прибыли к цене реализации, в нашем примере 33,2 %) ориентирована на анализ конъюнктурной составляющей деятельности предприятия, рыночной позиции производителя по рассматриваемой продукции, способности продвигать продукции на рынок, манипулировать ценой в зависимости от уровня конкуренции, обеспечивать свою конкурентоспособность. Уровень цены, гарантированность продажи продукции, становятся регулятором объемов выпуска продукции, оптимизации масштабов производства. Технологическая себестоимость важна для организации производства и формирования внутрифирменной (трансфертной) цены для передачи продукции другим подразделениям предприятия (внутри предприятия), например, у крупных арендаторов лесных участков под заготовку древесины в рамках выполнения обязательств по лесовосстановлению.

Одним из наиболее распространенных показателей оценки эффективности вложений является показатель чистой приведенной стоимости (NPV). Особенность показателя заключается в возможности учитывать фактор времени при сопоставлении денежных потоков (расходов, доходов) путем дисконтирования. Данный показатель отражает коммерческую привлекательность вложений и может быть использован для оценки интереса бизнеса во вложения в выращивание сеянцев [4]. В нашем случае дисконтированными потоками денежных средств будут доходы от реализации сеянцев ели и расходы на выращивание сеянцев. В таблице 3 проведен расчет показателя NPV при ставке дисконтирования 0,06 и 0,12.

**Таблица 3 – Расчет доходов и расходов по внедрению технологии выращивания сеянцев ели (показатель чистой приведенной стоимости – NPV)**

Статьи доходов и расходов по этапам выращивания сеянцев ели	От начала проекта, лет	Доходы (+), расходы (-), тыс. руб.	NPV (при ставке дисконтирования 0,06), тыс. руб.	NPV (при ставке дисконтирования 0,12), тыс. руб.
Разработка бизнес-плана	0	-	-	-
Подготовка парового поля	1	-1192,214	- 1120,680	- 1049,140
Сеянцы первого года выращивания	2	-743,486	- 661,700	- 594,702
Сеянцы второго года выращивания	3	-324,545	- 272,475	- 230,993
Сеянцы третьего года выращивания	4	-164,790	- 130,516	- 104,722
Реализация сеянцев	4	+4000,000	+ 3168,066	+ 2541,942
Итого за весь период		+1574,965	+ 982,695	+ 562,385

Еще одной из характеристик экономической эффективности инвестиционных вложений является внутренняя норма доходности (IRR), при которой уравнивается приведённая стоимость будущих денежных поступлений и стоимость исходных инвестиций. Как видим, полученное значение (24,3 %) выше ставки рефинансирования Центрального Банка РФ (16 %) и выше средней рентабельности по лесной отрасли по стране, что может служить дополнительным аргументом при выборе вложений (инвестирования) в выращивание сеянцев ели.

В таблице 4 приведены показатели эффективности выращивания сеянцев ели по рассматриваемой технологии в лесных питомниках средней и северной подзон тайги Европейского Севера России.

Таблица 4 – Экономическая эффективность выращивания сеянцев ели

Наименование показателя	Значение показателя
Прибыль, тыс. руб.	1 332,5
Рентабельность производства, %	49,8
Чистая приведенная стоимость (NPV), при ставке дисконтирования 6 % / 12 %, тыс. руб.	+ 982,7 / + 562,4
Внутренняя норма доходности (IRR), %	24,3

Приведенные расчеты представляются весомым фактором при совершенствовании планирования развития лесного хозяйства и экономики лесных регионов. Полученные показатели экономической эффективности могут использоваться как индикаторы при составлении и корректировке лесных планов регионов. Присутствующие в лесных планах субъектов Российской Федерации параметры обязательного лесовосстановления в рамках утвержденных Федеральным проектом «Сохранение лесов» Национального проекта «Экология», в том числе должны соотноситься с технологическими возможностями и корпоративными намерениями лесопользователей. Коммерческая привлекательность рассматриваемой технологии выступает аргументом для включения в прогнозы активизации инвестирования со стороны лесного бизнеса и государства. Наиболее подходящим методом проведения прогнозов является индикативный подход, рассматриваемый как механизм координации интересов и деятельности государства и самостоятельных хозяйствующих субъектов. Индикаторами, информирующими участников рынка о развитии макроуровня (экономики региона, отрасли), выступают заложенные в лесных планах и обязательные для исполнения параметры лесовосстановления. Рентабельность же и другие показатели экономической эффективности реализации технологии в виде инвестиционного проекта могут быть мотивированными индикаторами для бизнеса. Специализированные государственные структуры (лесничества) аргументируют применение технологии лесохозяйственной эффективностью при обосновании выделения бюджетных средств для лесовосстановления. При выполнении планирования и прогнозирования индикативным методом требуется следующая информация: площади лесовосстановления, определенные субъекту Российской Федерации в рамках Федерального проекта «Сохранение лесов» Национального проекта «Экология»; предполагаемые мощности по освоению расчетной лесосеки, переданные или планируемые к передаче в аренду земель лесного фонда; прогнозы гибели лесов, разработанные специалистами по защите леса; прогнозируемые площади лесов в соответствии с планами компенсационного лесовосстановления; корпоративные намерения лесного бизнеса по инвестированию в лесную отрасль; расчет налоговых льгот и государственных преференций при инвестировании в лесную отрасль; прогнозы изменения цен на ресурсы и др. В зависимости от принятых условий разрабатывается консервативный (операционный) и форсированный (оптимистичный) вариант прогноза.

Отметим, что с точки зрения арендаторов-лесозаготовителей, любые затраты, связанные со строительством лесных питомников, их содержанием, а затем и посадкой выращенных сеянцев, являются обременением основному производству. В регионах имеются возможности поддержки добросовестных лесопользователей в виде государственно-частного партнерства, налоговых льгот и преференций, передачи лесного фонда в аренду, компенсации затрат. Существуют примеры исключительных прав территорий. Например, в 2020 году введены государственные льготы и преференции для Арктических резидентов (бизнес), реализующих новые инвестиционные проекты с вложениями свыше 1 млн. рублей. Предоставляемые льготы федерального уровня включают снижение налога на прибыль в течение 10 лет; нулевую ставку НДС; нулевую ставку НДС для ледокольного флота, экспортирующего продукцию Арктического резидента. Кроме этого, существует ряд льгот на уровне субъектов Российской Федерации. Так, для Архангельской области это пониженные налоговые ставки по налогу на прибыль организаций; пониженные налоговые ставки по налогу на имущество организаций; получение земельного участка без торгов; компенсация страховых взносов; предоставление субсидий на возмещение процентной ставки по кредитам. Общая динамика развития российской Арктики демонстрирует стабильный рост числа проектов, которые реализуют резиденты особой экономической зоны. В лидерах в 2023 году по количеству новых компаний и объему инвестиций оказалась (как и годом ранее) Архангельская область. Она стала домом для 33 новых проектов с объемом вложений 3,8 млрд рублей. В связи с этим появляются дополнительные стимулы для активизации инвестирования, включая лесное хозяйство.

**Заключение.** Реализация Федерального проекта «Сохранение лесов» на территории Архангельской области в соответствии с Лесным планом предусматривает искусственное лесовосстановление до 7,6 % территории лесовосстановления (включая сеянцев до 5,6 %) в 2024 году. Прогнозными расчетами предусмотрено увеличение искусственного лесовосстановления более 7,7 % (сеянцев до 5,9 %) к 2028 году. Подбор эффективных технологий получения посадочного материала автохтонных пород в северных территориях и экономическое обоснование коммерческой привлекательности выращивания сеянцев становятся определяющим аргументом привлечения инвестиций в лесное хозяйство. Реализация рассматриваемой технологии способна обеспечить инвестору рентабельность до 49,8 % при внутренней норме доходности до 24,3 %. Поиск новых форм организации хозяйственной деятельности, применение налоговых льгот и государственных преференций способствуют активизации хозяйственной деятельности при лесовосстановлении. Предварительные расчеты применения государственных льгот и преференций на территории Архангельской области способны улучшить финансовые показатели предприятий на 14-16 % в течение 4-6 лет, а также приобрести дополнительные конкурентные преимущества. Полученные данные могут служить основой для расчета норматива затрат на производство сеянцев ели в различных лесных районах.

*Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства.  
Регистрационный номер темы: 122020300231-2*

#### Библиография

1. Цветков В.Ф. Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз: монография / В. Ф. Цветков. – Архангельск, АГТУ, 2008. – 212 с.
2. Титов Е.В. Природа леса и лесовосстановление // Устойчивое лесопользование. – 2017. – № 3(51). – С. 2–5.

3. Рекомендации по выращиванию посадочного материала хвойных пород в лесных питомниках средней и северной подзоне тайги Европейского Севера / Б. А. Мочалов, Г. А. Мочалова, Т. И. Новосельцева (Госкомлес СССР. АИЛиЛХ). – Архангельск, 1991. – 80 с.

4. Михайлов К.Л., Демина Н.А., Файзулин Д.Х. Оценка эффективности технологии ускоренного производства хвойных лесов с использованием показателя чистой приведенной стоимости // Фундаментальные исследования. – 2023. – № 7. – С. 78–82. DOI 10.17513/fr.43485.

#### References

1. Tsvetkov V.F. Lesovozobnovlenie: priroda, zakonomernosty, otsenka, prognoz [Reforestation: nature, patterns, assessment, forecast: monograph] / V. F. Tsvetkov. – Arkhangelsk, AGTU. 2008. 212 s.

2. Titov E.V. Priroda lesa I lesovosstanovlenie [The nature of the forest and reforestation] // Ustoichivoe lesopolzovanie. 2017. № 3(51). S. 2–5.

3. Rekomendatsii po vyraschivaniyu posadochnogo materiala khvoynykh porod v lesnykh pitomnikakh sredney I severnoy podzony taygi Evropeyskogo Severa [Recommendations for the cultivation of softwood planting material in forest nurseries of the middle and northern taiga subzones of the European North] / B. A. Mochalov, G. A. Mochalova, T. I. Novoseltseva (Goskomles SSSR. AILiLKh). – Arkhangelsk, 1991. 80 s.

4. Mikhaylov K.L., Demina N.A., Fayzulin D.Kh. Otsenka effektivnosti tekhnologii uskorennoy proizvodstva khvoynykh lesov s ispolzovaniem pokazatelya chistoy privedennoy stoimosti [Evaluation of the effectiveness of technology for accelerated production of coniferous forests using the net present value indicator] // Fundamentalnye issledovaniya. 2023. № 7. S. 78–82. DOI 10.17513/fr.43485

#### Сведения об авторах

Михайлов Константин Леонидович, кандидат экономических наук, доцент, Почетный работник науки и техники РФ, ведущий научный сотрудник, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, Архангельской области, Россия, 163062, тел. +7 8182 612578, e-mail: klm1958@sevniilh-arh.ru.

Демина Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, Архангельской области, Россия, 163062, тел. +7 8182 612578, e-mail: monitoringlesov@sevniilh-arh.ru.

#### Information about authors

Mikhaylov Konstantin Leonidovich, Candidate of Economics, Assoc. Prof., Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Leading Research Scientist; Northern Research Institute of Forestry, Nikitova Str., 13, Arkhangelsk, 163062, Russian Federation.

Demina Nadezhda Aleksandrovna, Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist; Northern Research Institute of Forestry, Nikitova Str., 13, Arkhangelsk, 163062, Russian Federation.

УДК 657.47:633.413

Л.А. Решетняк, Н.Н. Шульга

## ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА ЗАТРАТ И КАЛЬКУЛИРОВАНИЯ СЕБЕСТОИМОСТИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

**Аннотация.** Процесс производства является важнейшей стадией кругооборота средств предприятия. В ходе этого процесса предприятие, расходуя материальные, трудовые и финансовые ресурсы, формирует себестоимость изготавливаемой продукции, что в конечном итоге определяет финансовый результат его деятельности.

Правильная организация учета затрат на производство продукции обеспечивает действенный контроль за эффективным использованием предприятием находящихся в его распоряжении основных средств, материально-производственных запасов и других ресурсов.

Завершающей стадией учета затрат на производство является исчисление себестоимости конкретных видов продукции. Значение себестоимости продукции позволяет устанавливать цену ее продажи, прибыль и рентабельность производства, то есть порог безубыточности производства.

Конечный финансовый результат деятельности предприятия зависит от многих факторов, среди которых цена продажи и затраты на ее производство. Цена продажи на рынке есть следствие взаимодействия спроса и предложения. Под воздействием законов рыночного ценообразования, в условиях свободной конкуренции, цена продукции не может быть выше или ниже по желанию производителя или покупателя – она зависит от спроса и предложения. Другое дело – затраты, формирующие себестоимость продукции, которые могут увеличиваться или снижаться в зависимости от объема потребляемых трудовых и материальных ресурсов, организации производства и других факторов. Следовательно, производитель располагает множеством рычагов снижения затрат, которые он может привести в действие при умелом руководстве.

Анализируя произведенные затраты, факторы, менеджер принимает управленческие решения, направленные на их снижение, а следовательно, и на снижение себестоимости продукции.

В статье рассматриваются вопросы учета затрат при выращивании сахарной свеклы, особенности ее исчисления в отдельно взятом предприятии, вносятся рекомендации по совершенствованию учета затрат и калькулированию себестоимости продукции.

**Ключевые слова:** учет затрат на производство, статьи затрат, себестоимость продукции, эффективность, рентабельность, контур поля.

## FEATURES OF COST ACCOUNTING AND CALCULATION OF THE COST OF SUGAR BEET

**Abstract.** The production process is the most important stage in the turnover of the company's assets. During this process, the enterprise, spending material, labor and financial resources, generates for itself the cost of manufactured products, which ultimately determines the financial result of its activities.

The correct organization of accounting for production costs ensures effective control over the effective use of fixed assets, inventories and other resources at the disposal of the enterprise.

The final stage of accounting for production costs is the calculation of the cost of specific types of products. The value of the cost of production allows you to set the price of its sale, profit and profitability of production, that is, the break-even threshold of production.

The final financial result of the company's activities depends on many factors, including the sale price and the cost of its production. The selling price in the market is a consequence of the interaction of supply and demand. Under the influence of the laws of market pricing, in conditions of free competition, the price of products cannot be higher or lower at the request of the manufacturer or buyer – it depends on supply and demand. Another thing is the costs that form the cost of production, which can increase or decrease depending on the amount of labor and material resources consumed, the organization of production and other factors. Consequently, the manufacturer has many levers to reduce costs, which he can put into action with skillful leadership.

Analyzing the costs and factors incurred, the manager makes management decisions aimed at reducing them, and therefore reducing the cost of production.

The article discusses the issues of cost accounting in the cultivation of sugar beet, the specifics of its calculation in a single enterprise, makes recommendations on improving cost accounting and calculating the cost of production.

**Keywords:** accounting for production costs, cost items, cost of production, efficiency, profitability, contour of the field.

В практической деятельности организации информация об учете затрат на производство и калькулировании себестоимости продукции формируется в единой системе бухгалтерского учета и является составной частью управленческого учета [10]. В настоящее время вопросам учета издержек уделяют особое внимание не только крупные предприятия, но учитывая усиление конкуренции, эти вопросы являются также актуальными для малых и средних предприятий, поскольку для управления производственным процессом на любом предприятии необходима информация для оперативного принятия решений, направленных на повышение эффективности производственного процесса [1, 6].

Сахарную свеклу по праву считают стратегической культурой, так как она является единственным собственным источником сырья для получения сахара [5]. По данным Союзроссахар в 2023 г. российскими сахарными заводами произведено 6,6 млн. тонн свекловичного сахара, что больше предыдущего года на 670 тыс. тонн.

По прогнозам института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР) в этом сезоне (2024 г.) планируется получить почти 6,8 млн. тонн, что на 10,5 % больше, чем сезоном ранее. Это возможно за счет расширения посевных площадей (на 4,8 %) и повышения урожайности (на 3,7 %). Однако, несмотря на рост валового производства, Минсельхоз РФ ввел временный запрет на экспорт сахара до 31 августа 2024 г, что связано с активизацией продажи сахара за рубеж [9].

Поэтому вопросы учета затрат на производство, резервы их снижения, исчисление себестоимости продукции в настоящее время продолжают оставаться актуальными [11].

Сахарную свеклу в России выращивают 24 региона, в том числе Белгородская область. Одним из таких предприятий в Белгородской области является ООО «АгроСервис» Белгородского района, которое и послужило объектом исследования [3, 4].

Предприятие специализируется на выращивании сахарной свеклы, доля которой в составе выручки от продажи продукции составляет чуть более 66 %, на долю зерновых и масличных культур приходится по 17 %.

Предприятие является рентабельным, но за последние годы наблюдается тенденция снижения финансовых показателей и рентабельности предприятия. Так, в отчетном году производство валовой продукции сократилось на 112729 тыс. руб. в сравнении с 2021 г. и с прошлым годом на 198319 тыс. руб.

Прибыль от продаж снизилась за этот же период на 252213 тыс. руб. и 193333 тыс. руб. соответственно. Наблюдается снижение и чистой прибыли в сравнении с 2021 г. на 274288 тыс. руб. и с 2022 г. на 192376 тыс. руб. В связи с этим уровень рентабельности в целом по предприятию составил в отчетном году 62,55 %, что ниже уровня прошлого и базисного года на 93,81 % и 31,54 % соответственно.

Снижение практически всех экономических показателей на предприятии наблюдается по причине значительного сокращением посевных площадей за последние три года. Это связано с оперативной обстановкой в Белгородской области, так как она расположена в приграничной зоне и изъятием земель на другие цели.

Рассмотрим эффективность производства сахарной свеклы в ООО «АгроСервис» и в целом в Белгородской области по данным таблицы 1.

**Таблица 1 – Экономическая эффективность производства сахарной свеклы**

Показатели	ООО «АгроСервис»			Белгородская область	Отклонение 2023г. (+;-) от	
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г.	2021 г.	Белгородской области
Валовой сбор, ц	1007722,1	1343408,5	529232,2	28404502,4	-478489,9	-27875270,2
Площадь посева, га	2203	2424,4	845,4	54128,5	-1357,6	-53283,1
Урожайность, ц/га.	457,2	554,12	626	538,9	168,8	87,1
Затраты труда на 1 ц, ч/час	0,03	0,02	0,02	4,4	-0,01	-4,38
Полная себестоимость 1 ц реализованной продукции, руб.	156,5	216,33	213,75	244,45	57,25	-30,7
Цена реализации 1 ц, руб.	363,47	417,04	472,37	383,25	108,9	89,12
Получено прибыли на 1 ц, руб.	206,97	200,71	258,62	138,8	51,65	119,82
Уровень рентабельности, %	132,25	92,78	120,99	56,78	-11,26	64,21

Анализируя данные таблицы, можно отметить, что в сравнении с областными показателями урожайность в ООО «АгроСервис» в отчетном году выше на 87,1 ц, цена реализации превышает областной уровень на 89,12 руб.

Получено прибыли в расчете на 1 ц продукции больше на 119,82 руб., полная себестоимость реализованной продукции, напротив, ниже в целом по области на 30,7 руб.

В результате уровень рентабельности по предприятию составил в 2023 г. 120,99 %, что ниже уровня 2021 г. на 11,26 %, выше прошлого года на 28,21 % и выше областного на 64,21 %.

Таким образом, можно сделать вывод, что выращивание сахарной свеклы в ООО «АгроСервис» является эффективным, и, несмотря на резкое снижение посевной площади, рентабельность остается высокой.

Учет производственных затрат является неотъемлемой частью процесса выращивания сахарной свеклы. В ООО «АгроСервис» имеются особенности учета затрат, поскольку объектом учета является не только сама культура, а так называемые контуры полей, которые расположены в различных районах.

Нумеруются поля тремя буквами и трехзначным кодом. Комбинацией букв условно обозначается место расположения поля (район), цифрами указывается в собственности или в аренде находится поле, если арендуется, то год аренды. Например, 31БЛГ-001 – поле находится в Белгородском районе и в собственности предприятия, на что указывает первая цифра 0; 31БРС401 – поле расположено в Борисовском районе в аренде и т.д.

Выделение в качестве объектов учета контуров полей направлено на оптимизацию структуры севооборота, а также схем внесения удобрений, поскольку земли неоднородны по плодородию и различны по соотношению содержания в них макро- и микроэлементов.

Экономические показатели выращивания сахарной свеклы по номенклатурным группам отражены в таблице 2.

**Таблица 2 – Экономические показатели производства сахарной свеклы в ООО «АгроСервис, 2023 г.**

Показатели	31БЛГ001	31БЛГ003	31БРС401	31ЯКВ005
Фактическая площадь посева, га	131,1	66,8	315	129
Гибель посевов, га	-	-	-	96
Валовой сбор, ц	88104,4	41469,6	204771,3	73196,2
Урожайность, ц/га	672,0	620,8	650,07	567,41

Как видим из представленных в таблице данных, наибольшая посевная площадь арендуется в Борисовском районе (31БРС401) и составляет 315 га, валовой сбор составил 204771,3 ц. Однако урожайность в этом районе 650,07 ц/га, она ниже, чем в Белгородском районе (31БЛГ001), где площадь земель собственных составила 131,1 га, а урожайность 672,0 ц/га.

Наименьшая урожайность получена в Яковлевском районе – 567,41 ц/га, но это выше областного показателя, который, как отмечалось выше, составил в 2023 г. 538,9 ц/га.

Производственные затраты являются неотъемлемой частью процесса производства продукции, точный учет которой способствует достоверным расчетам себестоимости продукции [7, 8].

Проанализируем информацию по статьям затрат по выращиванию сахарной свеклы по отдельным номенклатурным группам (контурам полей). Результаты представлены в таблице 3.

Как показывают данные, представленные в таблице, в структуре затрат наибольший удельный вес по всем номенклатурным объектам занимают расходы, связанные с управлением предприятием и отраслью (общепроизводственные и общехозяйственные расходы), – свыше 26 %.

Услуги привлеченного автотранспорта в 31БЛГ001 – 19,85 %, в 31ЯКВ 005 – 23,67 %, хотя валовой сбор продукции в Яковлевском отделении несколько ниже, чем в Белгородском.

**Таблица 3 – Структура статей затрат по выращиванию сахарной свеклы в ООО «АгроСервис», 2023 г.**

Статьи затрат	31БЛГ001		31БЛГ003		31БРС401		31ЯКВ005	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
1. Оплата труда	271,6	1,99	143,75	2,03	691,74	1,76	395,03	1,96
2. Страховые взносы с оплаты труда	81,48	0,60	43,13	0,61	207,52	0,53	118,51	0,59
3. Обязательное страхование сотрудников от несчастных случаев	5,68	0,04	3,02	0,04	14,38	0,04	8,23	0,04
4. Семена, посадочный материал	885,85	6,48	488,24	6,89	2442,11	6,22	1354,96	6,72
5. Удобрения минеральные	1694,39	12,40	1013,35	14,31	5358,78	13,66	2129,03	10,55
6. Средства защиты растений	1238,24	9,06	598,08	8,44	3410,98	8,69	1383,98	6,86
8. Топливо	689,83	5,05	298,92	4,22	1691,29	4,31	1061,73	5,26
9. Услуги автотранспорта (привлеченного)	2711,38	19,85	1502,03	21,21	8840,38	22,53	4775,04	23,67
Услуги автомобильного парка (собственного)	33,05	0,24	31,72	0,45	107,12	0,27	129,28	0,64
Услуги МТП	2447,69	17,92	1091,45	15,41	6114,75	15,58	3417,34	16,94
Общепроизводственные и общехозяйственные расходы	3601,95	26,37	1869,35	26,39	10360,4	26,40	5398,06	26,76
Итого	13661,1	100	7083,04	100	39239,4	100	20171,2	100

На долю удобрений в Яковлевском отделении (31ЯКВ005) приходится 10,5 %, что составляет наименьший удельный вес, в Белгородском отделении (31БЛГ003) наибольший процент – 14,31 %. Доля семян и посадочного материала примерно одинакова и составляет около 7 %.

Таким образом, можно отметить, что, несмотря на разную посевную площадь, урожайность и валовой сбор во всех подразделениях, отдельные статьи затрат занимают одинаковый удельный вес в структуре затрат. Поэтому требуют пересмотра методики их распределения в первую очередь косвенные затраты.

Обращаем внимание на тот факт, что учет общепроизводственных и общехозяйственных расходов на предприятии ведется общей суммой без подразделения, хотя они должны учитываться и распределяться отдельно по объектам учета [2].

Перераспределение общепроизводственных и общехозяйственных расходов по контурам полей (подразделениям) согласно методике, представленной в «Методических рекомендация по учету затрат на производство и калькулированию себестоимости продукции (работ, услуг) в сельскохозяйственных организациях», а именно пропорционально общей сумме затрат за исключением стоимости семян в отрасли растениеводства произведено в таблице 4.

Определяем коэффициент распределения общепроизводственных и общехозяйственных расходов:  
 $21229,76/74983,58=0,283$ ;

Определяем долю накладных расходов по каждому контуру:

$31БЛГ001=12775,25*0,283=3615,39$  тыс. руб.

$32БЛГ003=6594,8*0,283=1866,33$  тыс. руб.

$31БРС401=36797,29*0,283=10413,63$  тыс. руб.

$31ЯКВ005=18816,24*0,283=5324,99$  тыс. руб.

**Таблица 4 – Распределение общепроизводственных и общехозяйственных расходов в ООО «АгроСервис», тыс. руб.**

Контур полей	Общая сумма затрат	Стоимость семян	Сумма затрат к распределению	Общепроизводственные и общехозяйственные расходы		
				на предприятии	согласно методике	Отклонение (+;-)
31БЛГ001	13661,1	885,85	12775,25	3601,95	3615,39	13,44
31БЛГ003	7083,04	488,24	6594,8	1869,35	1866,33	-3,02
31БРС401	39239,4	2442,11	36797,29	10360,4	10423,05	62,65
31ЯКВ005	20171,2	1354,96	18816,24	5398,06	5324,99	-73,07
Итого	80154,74	5171,16	74983,58	21229,76	21229,76	0

Представленные в таблице данные позволяют сделать вывод о том, что в результате перераспределения общепроизводственных и общехозяйственных расходов по отдельным контурам полей сумма изменилась незначительно по таким, как 31БЛГ001 и 31БЛГ003, которые расположены в Белгородском районе. По другим, например, находящимся в Борисовском



районе (31БРС 401), сумма расходов увеличилась на 62,65 тыс. руб., в Яковлевском районе (31ЯКВ005), напротив, снизилась на 73,07 тыс. руб.

Изучив учет затрат на производство сахарной свеклы в ООО «АгроСервис», нами установлено, что учет затрат ведется по подразделениям (контурам полей). Однако себестоимость продукции рассчитывается в целом по предприятию в конце года. Предлагаем в качестве совершенствования учета затрат и расчета себестоимости корнеплодов сахарной свеклы производить расчет себестоимости продукции также по контурам полей (номенклатурным группам). Расчет себестоимости корнеплодов сахарной свеклы по номенклатурным группам представлен в таблице 5.

**Таблица 5 – Расчет себестоимости корнеплодов сахарной свеклы по номенклатурным группам (контурам полей)**

Контура полей	Общая сумма затрат с учетом перераспределения расходов, тыс. руб.	Получено продукции, ц	Себестоимость продукции, руб.
31БЛГ001	13674,54	88104,4	155,21
31БЛГ003	7080,02	41469,6	170,73
31БРС401	39302,05	204771,3	191,93
31ЯКВ005	20098,03	73196,2	274,58
В целом по предприятию	113119,25	529232,2	213,74
Отклонение себестоимости			
31БЛГ001	x	x	-58,53
31БЛГ003	x	x	-43,01
31БРС401	x	x	-21,81
31ЯКВ005	x	x	60,84

Анализируя полученные в результате расчетов данные, можно сказать, что наименьшая себестоимость корнеплодов сахарной свеклы сложилась в 31БЛГ 001(Белгородский район) и она составила 155,21 руб., которая ниже фактической себестоимости продукции в целом по предприятию на 58,53 руб.

По учетному объекту, который находится в Яковлевском районе (31ЯКВ005), себестоимость сахарной свеклы составила 274,58 руб., что превышает общую себестоимость на 60,84 руб. В данном случае требуется тщательный анализ затрат и выяснение причин роста себестоимости.

Таким образом, считаем, что информация о себестоимости корнеплодов сахарной свеклы по каждому номенклатурному объекту (контур полей) будет полезна управленческому персоналу и менеджерам различного уровня для анализа затрат и себестоимости, выявления причин повышения себестоимости по отдельным контурам (номенклатурным объектам) и оперативного принятия правильных и своевременных управленческих решений.

#### Библиография

1. Божченко Ж.А., Голованева Е.А. Особенности калькуляционного процесса в условиях применения системы «директ-костинг» // Экономика и предпринимательство. 2019. № 5(106). С. 982–984.
2. Груздова Л.Н. Организация учет затрат на производство продукции зерновых культур // Органическое сельское хозяйство: проблемы и перспективы. Материалы XXII международной научно-производственной конференции. 2018. С. 48–50.
3. Здоровец Ю.И. Современные подходы к управлению затратами агропромышленного предприятия // Проблемы и перспективы инновационного развития агроинженерии, энергоэффективности и IT-технологий. Материалы XVIII Международной научно-производственной конференции. 2014. С. 255.
4. Коструб Е.А. Развитие свеклосахарного производства (на материалах Белгородской области): автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Всерос. науч.-исслед. ин-т экономики сел. хоз-ва РАСХН. Москва, 2012.
5. Кравченко Д.П., Гончаренко О.В. Экономический рост производства и реализации сельскохозяйственной продукции в регионе // Роль науки в удвоении валового регионального продукта. Материалы XXV Международной научно-производственной конференции. Майский, 2021. С. 250–251.
6. Наседкина Т.И., Черных А.И., Демешева И.А. Управление затратами как основа формирования себестоимости продукции растениеводства. Монография. Белгород, 2021.
7. Решетняк Л.А., Шульга Н.Н. Калькулирование себестоимости продукции и ее влияние на эффективность производства // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 4(36). С. 126–132.
8. Решетняк Л.А., Груздова Л.Н., Шульга Н.Н. Формирование учетно-аналитической информации о производственных затратах и себестоимости молока. Майский. 2022.
9. Россия в 2023 году увеличила производство сахара. URL: <https://www.interfax.ru/russia/940722>.
10. Шульга Н.Н., Структова В.А. Сравнение подходов к формированию себестоимости по элементам затрат в отечественной и зарубежной практике // Роль студенческой науки в развитии экономики и кооперации. Материалы международной студенческой научной конференции. Белгородский университет кооперации, экономики и права. 2013. С. 302–309.
11. Шелякина С.В., Демешева И.А. Себестоимость продукции растениеводства в сельскохозяйственном предприятии // Современные проблемы экономики АПК и их решение. Материалы III Национальной конференции. 2020. С. 289–291.

#### References

1. Bozhchenko Zh.A., Golovaneva E.A. Features of the calculation process in the conditions of using the direct-costing system // Economics and entrepreneurship. 2019. № 5(106). Pp. 982–984.

2. Gruzдова L.N. Organization of cost accounting for the production of grain crops // Organic agriculture: problems and prospects. Materials of the XXII International scientific and industrial conference. 2018. Pp. 48–50.
3. Zdorovets Yu.I. Modern approaches to cost management of an agro-industrial enterprise // Problems and prospects of innovative development of agroengineering, energy efficiency and IT technologies. Materials of the XVIII International Scientific and Industrial Conference. 2014. P. 255.
4. Kostrub E.A. Development of sugar beet production (based on materials from the Belgorod region): abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences / All-Russian scientific research. Institute of Economics of rural Economy RASKHN. Moscow, 2012.
5. Kravchenko D.P., Goncharenko O.V. Economic growth of production and sale of agricultural products in the region // The role of science in doubling the gross regional product. Materials of the XXV International Scientific and Industrial Conference. May, 2021. Pp. 250–251.
6. Nasedkina T.I., Chernykh A.I., Demesheva I.A. Cost management as the basis for the formation of the cost of crop production. Monograph. Belgorod, 2021.
7. Reshetnyak L.A., Shulga N.N. Calculating the cost of production and its impact on production efficiency // Innovations in agriculture: problems and prospects. 2022. № 4(36). Pp. 126–132.
8. Reshetnyak L.A., Gruzдова L.N., Shulga N.N. Formation of accounting and analytical information on production costs and cost of milk. May. 2022.
9. Russia increased sugar production in 2023. URL: <https://www.interfax.ru/russia/940722>.
10. Shulga N.N., Structova V.A. Comparison of approaches to cost formation by cost elements in domestic and foreign practice // The role of student science in the development of economics and cooperation. Materials of the international student scientific conference. Belgorod University of Cooperation, Economics and Law. 2013. Pp. 302–309.
11. Shelyakina S.V., Demesheva I.A. The cost of crop production in an agricultural enterprise // Modern problems of the agro-industrial complex economy and their solution. Materials of the III National Conference. 2020. Pp. 289–291.

#### **Сведения об авторах**

Решетняк Любовь Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 74722 39-22-04.

Шульга Наталья Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел. 74722 39-22-04.

#### **Information about authors**

Reshetnyak Lyubov Alekseevna, candidate of economic Sciences, associate Professor of the Department of Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. 74722 39-22-04.

Shulga Natalia Nikolaevna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», Vavilova str., 1, Maysky village, Belgorod district, Belgorod Region, Russia, 308503, tel. 74722 39-22-04.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ: СУЩНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ, ПРИНЦИПЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрены сущность организации инвестиционной деятельности на сельскохозяйственном предприятии АПК, ее содержание и принципы. По мнению авторов, организация инвестиционной деятельности на сельскохозяйственном предприятии представляет собой динамичный процесс подготовки, инвестирования, эксплуатации и анализа инвестиций, основанный на синергетическом эффекте их взаимосвязи и инвестиционных рисках, с целью получения прибыли. Предлагается в организации инвестиционной деятельности выделение следующих этапов: этапа подготовки, этапа инвестирования, этапа эксплуатации и этапа анализа. Определены факторы, влияющие на организацию инвестиционной деятельности на сельскохозяйственных предприятиях на различных ее этапах. Формирование портфеля реального инвестирования сельскохозяйственного предприятия должно основываться на принципах организации инвестиционной деятельности: принципа свободы и независимости; принципа добровольности; принципа равенства; принципа соответствия инвестиционной деятельности производственной и финансовой программам сельскохозяйственного предприятия; принципа многокритериальности отбора инвестиционных проектов в инвестиционную программу; принципа предельной эффективности инвестиционной деятельности; принципа рациональности, принципа диверсификации, принципа ликвидности, принципа управления рисками, принципа долгосрочности. Приведенные принципы являются целостной системой, обеспечивающей уменьшение потенциальных потерь и, как следствие, повышение эффективности инвестиционной деятельности на сельскохозяйственном предприятии. Инвестиционная программа сельскохозяйственного предприятия должна быть сбалансирована по условленным параметрам (уровень доходности, риска и ликвидности). В зависимости от выбранной сельскохозяйственным предприятием инвестиционной политики будут определяться и соответствующие ей соотношения параметров: «доходность – риск – ликвидность». В процессе выбора инвестиционных проектов и механизмов их реализации необходимо осуществлять балансирование по вышеуказанным параметрам, определив приемлемые уровни соотношений.

**Ключевые слова:** инвестиционная деятельность, организация инвестиционной деятельности, этапы, факторы, принципы.

## ORGANIZATION OF INVESTMENT ACTIVITY IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX: ESSENCE, CONTENT, PRINCIPLES

**Abstract.** The article considers the essence of the organization of investment activity at an agricultural enterprise of the agro industrial complex, its content and principles. According to the authors, the organization of investment activities in an agricultural enterprise is a dynamic process of preparation, investment, operation and analysis of investments based on the synergistic effect of their interrelation and investment risks in order to make a profit. It is proposed to allocate the following stages in the organization of investment activity: the preparation stage, the investment stage, the operation stage and the analysis stage. The factors influencing the organization of investment activity in agricultural enterprises at its various stages are determined. The formation of a portfolio of real investments of an agricultural enterprise should be based on the principles of the organization of investment activities: the principle of freedom and independence; the principle of voluntariness; the principle of equality; the principle of compliance of investment activities with the production and financial programs of an agricultural enterprise; the principle of multi-criteria selection of investment projects in the investment program; the principle of maximum efficiency of investment activities; the principle of rationality, the principle of diversification, the principle of liquidity, the principle of risk management, the principle of long-termism. These principles are an integral system that ensures a reduction in potential losses and, as a result, an increase in the efficiency of investment activities in an agricultural enterprise. The investment program of an agricultural enterprise should be balanced according to the agreed parameters (the level of profitability, risk and liquidity). Depending on the investment policy chosen by the agricultural enterprise, the corresponding ratios of the parameters «profitability – risk – liquidity» will be determined. In the process of selecting investment projects and mechanisms for their implementation, it is necessary to balance according to the above parameters, determining acceptable levels of ratios.

**Keywords:** investment activity, organization of investment activity, stages, factors, principles.

Современный этап экономического развития России и достижения ее продовольственной самодостаточности невозможны без устойчиво эффективной организации инвестиционной деятельности, в том числе и в аграрном секторе экономики.

По мнению Нечаева В. И., Санду И. С., Демишкевич Г. М., инвестиционная деятельность представляет собой «деятельность по вложению средств в объекты инвестирования с целью получения дохода (эффекта); включает последовательные поступки инвестора по выбору и (или) созданию инвестиционного объекта, его эксплуатации и ликвидации, по осуществлению необходимых дополнительных вложений и привлечению внешнего финансирования» [8, с. 22].

Бланк И.А. понимает под инвестиционной деятельностью предприятия динамический процесс единства формирования инвестиционного капитала, выбора объектов инвестиций, инвестирования и эксплуатации инвестиций [1].

Запорожцева Л.А. под инвестиционной деятельностью понимает «организованный и управляемый процесс планирования, реализации и эксплуатации инвестиций» [3, с. 83].

Как известно, инвестиции в основной капитал являются составной частью инвестиционного капитала сельского хозяйства. Положительная динамика инвестиций в основной капитал отрасли свидетельствует об активизации инвестиционной деятельности с 2016 по 2020 г. и некотором ее снижении с 2021 по 2022 г., что подтверждается данными таблицы 1.

**Таблица 1 – Объем инвестиций в основной капитал в Российской Федерации, млрд руб.**

Показатели	Годы						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего по экономике	14749	16027	17782	19329	20303	23239	27865
В процентах к 2016 г.	100,0	108,7	120,6	131,1	137,7	157,6	188,9
Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	623,4	705,5	781,5	844,2	861,4	962,0	1033,0
В процентах к 2016 г.	100,0	113,2	125,4	135,4	138,2	154,2	165,7
из них: растениеводство и животноводство	582,6	651,4	707,3	750,4	747,5	826,5	877,9
В процентах к 2016 г.	100,0	111,8	121,4	128,8	128,3	141,9	150,7
Производство пищевых продуктов	193,0	237,1	260,0	279,8	324,7	373,9	350,6
В процентах к 2016 г.	100,0	122,8	134,7	145,0	168,2	193,7	181,7

Источник: рассчитано авторами на основе [11].

Так, с 2016 по 2022 г. темп роста инвестиций в основной капитал в целом по экономике составил 188,9 %, в отрасли сельского хозяйства – 165,7 %. Более того, внутри отрасли наблюдаются диспропорции, в результате чего инвестиции в основной капитал отраслей растениеводства и животноводства продолжают расти более низкими темпами по сравнению с отраслью сельского хозяйства в целом.

При этом рост инвестиций в перерабатывающие отрасли превышает рост в отрасль сельского хозяйства, что характеризует правильность выбранной аграрной политики. За анализируемый период темп прироста инвестиций в переработку превысил аналогичный показатель по сельскому хозяйству на 16 п. п.

Проведенный анализ данных таблицы 2 показывает, что структура инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности с 2016 г. претерпела определенные изменения. Так, удельный вес инвестиций в отрасль транспортировки и хранения вырос на 2,7 %, в отрасль финансовой и страховой деятельности – на 1,5 %, в отрасль строительства – на 1,2 %, в отрасль профессиональной, научной и технической деятельности – на 1,2 %, инвестиции в деятельность в области здравоохранения и социальных услуг выросли также на 1,2 %. При этом отрицательной динамикой характеризуются отрасли сельского, лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства – к концу 2022 г. эта отрасль занимает 3,7 %, что ниже на 0,5 п.п. по сравнению с 2016 г. Также значительно сократились инвестиции в основной капитал в следующих отраслях: деятельность по операциям с недвижимым имуществом – на 5,1 %, добыча полезных ископаемых – на 3,2 %, обрабатывающие производства – на 0,9 %.

**Таблица 2 – Структура инвестиций в основной капитал по видам экономической деятельности, % к итогу**

Отрасли	Годы						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Всего по экономике	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство	4,2	4,4	4,4	4,4	4,4	4,2	3,7
добыча полезных ископаемых	18,4	19,0	18,1	17,0	16,2	14,8	15,2
обрабатывающие производства	14,3	14,3	14,1	14,0	14,6	14,8	13,4
обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха	5,9	5,9	5,7	5,3	5,6	4,9	4,8
водоснабжение, водоотведение, организация сбора и утилизация отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	1,0	0,9	0,9	0,9	1,2	1,2	1,2
строительство	3,0	3,2	3,6	3,5	3,7	3,9	4,2
торговля оптовая и розничная; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	4,3	4,0	4,4	3,7	3,3	4,3	3,9
транспортировка и хранение	16,4	16,6	17,3	17,2	15,4	16,5	19,1
деятельность гостиниц и предприятий общественного питания	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,6
деятельность в области информации и связи	3,1	3,0	3,5	4,0	4,3	4,1	3,8
деятельность финансовая и страховая	1,4	2,0	2,2	2,3	2,9	3,0	2,9
деятельность по операциям с недвижимым имуществом	17,7	16,4	15,3	14,8	14,1	13,1	12,6
деятельность профессиональная, научная и техническая	3,3	3,1	3,2	4,4	4,5	5,5	5,5
деятельность административная и сопутствующие дополнительные услуги	0,6	0,7	1,0	1,4	1,2	1,4	1,3
государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение	1,8	1,8	1,5	1,6	1,9	1,8	1,7
образование	1,4	1,4	1,5	2,0	2,2	2,1	2,1
деятельность в области здравоохранения и социальных услуг	1,3	1,2	1,3	1,7	2,8	2,5	2,5
деятельность в области культуры, спорта, организации досуга и развлечений	1,2	1,5	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4

Источник: рассчитано авторами на основе [11].

Динамика инвестиций в основной капитал сельского хозяйства в разрезе федеральных округов представлена в таблице 3.

Инвестиции в основной капитал отрасли сельского хозяйства с 2016 по 2022 г. в целом по Российской Федерации выросли на 12,0 %, наибольший темп роста среди федеральных округов наблюдается в Дальневосточном ФО – в 6,8 раза, а наименьший темп роста инвестиций – в Центральном ФО – 122,8 %.

В конце 2022 г. наибольший удельный вес среди областей Черноземья в общем объеме инвестирования в сельское хозяйство занимает Воронежская область – 27,5 %. Однако темпы роста инвестиций по Воронежской области за период 2016-2022 гг. как в абсолютном, так и в относительном выражении снизились и составили соответственно 84,3 % и 79,9 %. Наиболее высокие темпы роста на территории ЦЧР наблюдаются в Липецкой области – 138,0 %, в Белгородской области – 114,6 %, в Тамбовской области – 113,4 %.

**Таблица 3 – Инвестиции в основной капитал отрасли сельского хозяйства в разрезе федеральных округов (без субъектов малого предпринимательства)**

Федеральные округа и области	Годы							Темп роста 2022 / 2016, %
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства, млрд руб.								
Российская Федерация	611,3	443,4	487,4	540,6	553,0	628,6	684,6	112,0
Центральный ФО	175,5	171,4	188,6	208,3	195,7	212,6	215,5	122,8
Северо-Западный ФО	25,0	33,5	48,6	47,8	53,6	68,2	56,6	226,2
Южный ФО	48,3	51,0	54,1	51,7	47,7	56,9	67,4	139,6
Северо-Кавказский ФО	29,5	24,1	24,5	33,2	29,9	37,3	37,4	126,7
Приволжский ФО	72,6	71,7	78,5	94,0	94,8	114,1	124,0	170,8
Уральский ФО	18,5	23,8	23,3	23,2	21,6	18,4	27,3	147,5
Сибирский ФО	28,6	35,9	40,7	39,5	48,8	56,7	69,7	243,8
Дальневосточный ФО	12,8	32,1	29,0	42,8	60,9	64,2	86,8	679,3
В разрезе областей ЦЧР, млрд руб.								
ЦЧР	93,7	97,1	92,6	107,8	98,1	100,8	99,0	105,7
Белгородская область	15,9	15,9	13,3	11,7	11,4	16,7	18,3	114,6
Воронежская область	32,2	34,5	34,9	38,5	30,7	24,8	27,2	84,3
Курская область	18,5	16,8	17,3	22,9	18,6	21,1	19,1	103,3
Липецкая область	14,6	15,8	11,7	21,8	26,4	23,1	20,2	138,0
Тамбовская область	12,5	14,1	15,4	12,9	11,0	15,1	14,2	113,4
В % к ЦЧР								
ЦЧР	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-
Белгородская область	17,0	16,4	14,4	10,9	11,6	16,6	18,5	108,8
Воронежская область	34,4	35,5	37,7	35,7	31,3	24,6	27,5	79,9
Курская область	19,7	17,3	18,7	21,1	19,0	20,9	19,3	98,0
Липецкая область	15,6	16,3	12,6	20,2	26,9	22,9	20,4	130,8
Тамбовская область	13,3	14,5	16,6	12,0	11,2	15,0	14,3	107,5

Источник: рассчитано авторами на основе [11].

На наш взгляд, растущие объемы инвестиций в сельское хозяйство всецело определяются организацией инвестиционной деятельности, поэтому с целью совершенствования и поиска перспектив необходимо изучение ее сущности, содержания и принципов.

В экономической литературе имеют место различные трактовки сущности категории «организация инвестиционной деятельности». Ряд авторов организацию инвестиционной деятельностью определяют как «вид хозяйственной деятельности предприятия, связанной с аккумулированием инвестиционных ресурсов и вложением их на долгосрочной основе в ее объекты с целью обеспечения устойчиво эффективного развития на расширенной основе или достижения иных стратегических целей экономического и неэкономического характера» [2, с.17]. Они исходят из предположения, что инвестиционная деятельность является воспроизводимой и, следовательно, процесс ее воспроизводства подчиняется основным законам общественного воспроизводства и состоит из основных четырех фаз в рамках отдельного хозяйствующего субъекта: производство, распределение, обмен, потребление.

По мнению Исянueva Р.М., организация инвестиционной деятельности имеет непрерывный характер, позволяет решать стратегические задачи и содержит в своей основе 4 компонента: мотивационный компонент, компонент финансового обеспечения, компонент правового и методического обеспечения, организационный компонент [5].

Маркова Г.В. определяет организацию инвестиционной деятельности как деятельность субъектов, связанную с организацией и реализацией инвестиций в предпринимательскую деятельность, создающую условия для воспроизводственных процессов. Согласно разработанной ею модели организации инвестиционной деятельности предприятия, она осуществляется в двух направлениях: во-первых, определение источников финансирования, и во-вторых, определение объекта инвестирования (рис. 1) [6].

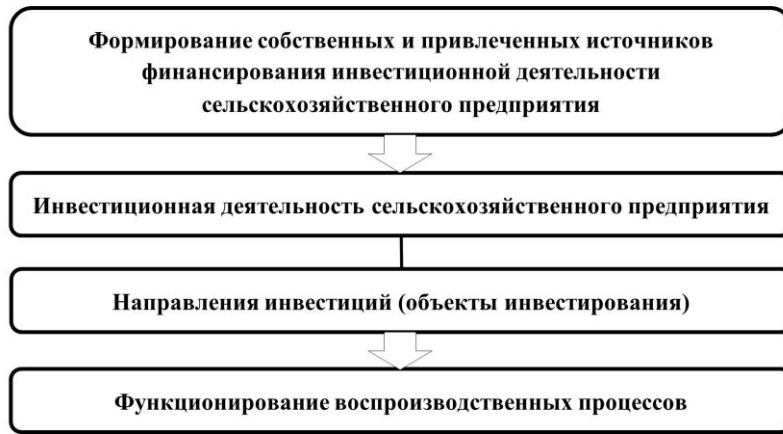


Рис. 1 – Модель организации инвестиционной деятельности предприятия

Источник: [6].

Обобщение научных взглядов на сущность организации инвестиционной деятельности позволило выявить отсутствие в них целевой направленности и осуществления ее с рисковой составляющей. Отсюда организация инвестиционной деятельности на сельскохозяйственном предприятии представляет собой динамичный процесс подготовки, инвестирования, эксплуатации и анализа инвестиций, основанный на синергетическом эффекте их взаимосвязи и инвестиционных рисках, с целью получения прибыли.

Организация инвестиционной деятельности основана на эффективном функционировании инвестора и представляется как процесс, осуществляемый в несколько этапов (рис. 2).

На этапе подготовки происходит анализ инвестиционной среды, поэтому менеджерам необходимо уделить особое внимание не только текущей конъюнктуре рынка с учетом ограниченности финансовых ресурсов, но и внутренним факторам: текущее финансово-экономическое состояние сельскохозяйственного предприятия, стадия жизненного цикла, степень изношенности основных производственных фондов. Этот этап организации инвестиционной деятельности очень важен, так как правильно сформированная инвестиционная стратегия позволит оценить возможности развития рынка сбыта, прогнозное финансовое состояние, сконцентрировать инвестиционные ресурсы на наиболее приоритетных направлениях деятельности сельскохозяйственного предприятия.

На этапе инвестирования необходимо проанализировать возможности формирования инвестиционных ресурсов и целесообразности привлечения внешних источников инвестиций или государственной поддержки, оценить влияние региональной, отраслевой и природно-климатической специфики деятельности сельскохозяйственного предприятия. На основании анализа влияния данных факторов для экспертизы выбираются инвестиционные проекты, соответствующие стратегии развития предприятия, изучаются их качественные показатели.

Этап эксплуатации при организации инвестиционной деятельности предполагается вложение средств в инвестиционный проект, его реализация и введение в эксплуатацию, получение эффекта от инвестиций, а также достижение конечной цели инвестирования: трансформации прибыли в производственный капитал для функционирования воспроизводственных процессов. На этом этапе важны опыт и квалификация управленческого и производственного персонала сельскохозяйственного предприятия, которые смогут грамотно провести объект инвестирования через бухгалтерский и финансовый учет, а также ввести его в производственный процесс. Менеджерам необходимо учесть влияние таких факторов, как уровень прогрессивности технологий и логистических цепочек на сельскохозяйственном предприятии.

На этапе анализа оценивается соотношение между инвестиционными ресурсами и вложениями сельскохозяйственного предприятия: какой эффект будет получен, как будет использоваться объект инвестиционной деятельности, будут ли продавать вновь созданный продукт его внутри страны или за ее пределами и т.д.



Рис. 2 – Поэтапная структура организации инвестиционной деятельности

Источник: разработано авторами.

Состав активов, инвестируемых в конкретный объект и с конкретной целью, зависит от финансового положения инвестора и его способности идти на риск. После оборота инвестиций инвестор может принять решение об эффективности организации инвестиционной деятельности и о корректировке инвестиционной политики сельскохозяйственного предприятия в случае необходимости.

По мнению Петенковой А.С., организация инвестиционной деятельности в АПК должна учитывать высокую динамику изменения основных макроэкономических показателей, темпы НТП и внедрение инноваций, частые колебания конъюнктуры инвестиционной рынка, а также геополитические события [9]. Это определяет необходимость эффективного управления процессом организации инвестиционной деятельности в отрасли с учетом факторов внешней и внутренней среды.

Цветных А.В., Шапорова З.Е. и Лобков К.Ю. отмечают, что оптимизация организации инвестиционной деятельности предприятий агропромышленного комплекса, формирование эффективного инвестиционного портфеля, а также повышение инвестиционной привлекательности хозяйствующего субъекта могут быть основаны на формировании сбалансированной стратегии инвестиционного развития, включающей «процесс закономерного, необратимого, целенаправленного изменения экономического потенциала предприятия на основе применения специальных форм и методов аккумуляции, распределения и использования инвестиционных ресурсов» [12, с. 78]

В процессе исследования нами выделены факторы, влияющие на организацию инвестиционной деятельности на сельскохозяйственных предприятиях АПК на различных ее этапах (табл. 4).

**Таблица 4 – Факторы организации инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий на различных ее этапах**

ЭТАПЫ	ФАКТОРЫ
Подготовка	- ограниченность финансовых ресурсов; - финансовое состояние организации; - стадия жизненного цикла организации; - степень изношенности основных производственных фондов.
Инвестирование	- стоимость финансирования инвестиций; - условия привлечения внешнего финансирования; - уровень господдержки сельскохозяйственного предприятия; - стоимость возможных объектов инвестирования; - влияние региональной, отраслевой и природно-климатической специфики на деятельность сельскохозяйственного предприятия.
Эксплуатация	- опыт и квалификация сотрудников сельскохозяйственного предприятия; - уровень прогрессивности имеющихся технологий (информационных и производственных); - развитость логистических цепочек сельскохозяйственного предприятия.
Анализ	- конкурентоспособность продукции; - доступность внутренних и внешних рынков; - меры госрегулирования продовольственных рынков; - геополитическая обстановка.

Источник: составлено авторами на основе [9], [10], [12].

Формирование портфеля реального инвестирования сельскохозяйственного предприятия должно основываться на системе принципов организации инвестиционной деятельности, основными из которых являются:

- принцип свободы и независимости, который заключается в том, что инвестор полностью свободен в выборе различных критериев осуществления инвестиционной деятельности и не зависит от государства, физических и юридических лиц при соблюдении действующего законодательства;

- принцип добровольности обеспечивает участникам инвестиционной деятельности возможность определять необходимость их участия в ней;

- принцип равенства обеспечивает равные права для всех участников инвестиционной деятельности;

- принцип соответствия инвестиционной деятельности производственной и финансовой программам сельскохозяйственного предприятия («принцип «золотого банковского правила»), с одной стороны, подразумевает обеспечение инвестиционных проектов соответствующим финансированием согласно его финансовому планированию, с другой – возвратный инвестиционный поток также должен быть обеспечен выпуском и реализацией продукции в запланированных объемах. При этом инвестиционные затраты должны быть под строгим контролем со стороны учетных подразделений сельскохозяйственного предприятия и четко и объективно отражаться в его отчетности;

- принцип многокритериальности отбора инвестиционных проектов в инвестиционную программу. Он заключается в ранжировании критериев отбора в соответствии с системой целей и задач инвестиционной стратегии сельскохозяйственного предприятия. Так, с учетом оценки устойчивости и проявления факторов макро- и микросреды могут быть выделены основной и второстепенные целевые показатели отбора инвестиционных проектов, порядок ранжирования последних обеспечивает более полное соответствие стратегии сельскохозяйственного предприятия;

- принцип предельной эффективности инвестиционной деятельности подразумевает учет объективных ограничений инвестиционной деятельности сельскохозяйственного предприятия. К объективным ограничениям инвестиционной деятельности Агибалов А.В., Сотникова Л.Н. относят: объем инвестиционной деятельности; направления и формы инвестиционной деятельности (в разрезе регионов и отраслей); возможность формирования и использования собственных источников финансирования инвестиционной деятельности; возможность привлечения заемных источников финансирования инвестиционной деятельности [4]. Этот принцип заключается в том, что инвестиционные затраты эффективны до того момента времени, пока они ниже полученного эффекта.

Данная система нами дополнена следующими принципами организации инвестиционной деятельности: рациональности, диверсификации, ликвидности, управления рисками, долгосрочности. Характеристика этих принципов показана на рисунке 3.



Рис. 3 – Принципы организации инвестиционной деятельности на предприятиях АПК

Источник: составлено авторами с учетом исследований [4, 9].

Приведенные принципы являются целостной системой, обеспечивающей уменьшение потенциальных потерь и, как следствие, повышение эффективности инвестиционной деятельности на сельскохозяйственных предприятиях АПК.

Инвестиционная программа сельскохозяйственного предприятия должна быть сбалансирована по условленным параметрам (уровень доходности, риска и ликвидности). В зависимости от выбранной сельскохозяйственным предприятием инвестиционной политики будут определяться и соответствующие ей соотношения параметров: «доходность – риск – ликвидность». В процессе выбора инвестиционных проектов и механизмов их реализации необходимо осуществить балансирование по вышеуказанным параметрам, определив приемлемые уровни соотношений. Если программа инвестиционной деятельности позволяет, то целесообразно найти резервы снижения уровня риска и повышения уровня ликвидности при требуемой относительной и абсолютной доходности и эффективности, в том числе за счет диверсификации.

Сельскохозяйственные предприятия страны подвержены инвестиционным рискам, сдерживающим развитие инвестиционного потенциала. Учеными-экономистами выделяются следующие группы системных инвестиционных рисков: природно-климатические, финансово-экономические, социальные, биолого-экологические, технико-технологические, геополитические риски [7, 13]. Первостепенной задачей менеджмента в современных условиях становится своевременное выявление определенных видов рисков, их устранение или минимизация их воздействия.

Таким образом, процесс изучения организации инвестиционной деятельности на сельскохозяйственных предприятиях АПК позволяет раскрыть прикладной аспект инвестиционной деятельности и описывает практическое осуществление инвестиций с момента формирования инвестиционной политики предприятия до момента получения эффекта инвестирования.

#### Библиография

1. Бланк И.А. Управление инвестициями предприятия. Киев : Эльга, 2003. 469 с.
2. Воспроизводство инвестиционной деятельности в сельском хозяйстве региона: монография / К. С. Терновых, А. А. Козлов, В. В. Реймер. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2023. 189 с.
3. Запорожцева Л.А., Масик А.В. Концепция совершенствования организации воспроизводства инвестиционной деятельности в овощеводстве // Теория и практика инновационных технологий в АПК. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I, 2022. С. 82–87.
4. Инвестиционная политика предприятия: учебное пособие / А. В. Агибалов, Л. Н. Сотникова. – Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2023. 178 с.
5. Исняев Р.М. Особенности инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе // Закономерности развития региональных агропродовольственных систем. 2019. № 1. С. 50–54.
6. Маркова Г.В. Организация инвестиционной деятельности сельскохозяйственных предприятий // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2011. № 3(8). С. 23–25.
7. Маслова В.В., Зарук Н.Ф., Авдеев М.В. Оценка инвестиционных рисков в сельском хозяйстве России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 9. С. 40–47.
8. Нечаев В.И., Санду И.С., Демишкевич Г.М. Организация инвестиционной деятельности в АПК: учебник. Санкт-Петербург: Лань, 2022. – ISBN 978-5-8114-3004-8. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212972>.
9. Петенкова А.С. Организация инвестиционной деятельности в условиях рыночной экономики // Вестник МГУП. 2011. № 2. С. 309–314.



10. Ткачева Ю.В., Агибалов А.В., Марышева Ю.В. Специфика деятельности сельскохозяйственных предприятий в условиях снижения господдержки // Стратегические инициативы социально-экономического развития хозяйствующих субъектов региона в условиях внешних ограничений. Липецк. 2017. С. 325–328.

11. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>.

12. Цветных А.В., Шапорова З.Е., Лобков К.Ю. Совершенствование механизма устойчивого инвестиционного развития предприятия АПК // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2023. № 3(29). С. 76–89.

13. Чутчева Ю.В., Зарук Н.Ф., Маслова В.В. Анализ инвестиционных рисков в современном аграрном производстве // Естественно-гуманитарные исследования. 2023. № 5(49). С. 302–307.

#### References

1. Blank I.A. Investment management of the enterprise. Kiev : Elga, 2003. 469 pp.
2. Reproduction of investment activity in agriculture in the region: monograph / K. S. Ternovykh, A. A. Kozlov, V. V. Reimer. Voronezh : Voronezh State Agrarian University. 2023. 189 pp.
3. Zaporozhtseva L.A., Masik A.V. The concept of improving the organization of reproduction of investment activity in vegetable growing // Theory and practice of innovative technologies in agriculture. Voronezh : Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2022. Pp. 82–87.
4. Investment policy of the enterprise: a textbook / A. V. Agibalov, L. N. Sotnikova. Voronezh : Voronezh State Agrarian University. 2023. 178 pp.
5. Isyanyaev R.M. Features of investment activity in the agro-industrial complex // Patterns of development of regional agro-food systems. 2019. № 1. Pp. 50–54.
6. Markova G.V. Organization of investment activities of agricultural enterprises // Economics, labor, management in agriculture. 2011. № 3(8). Pp. 23–25.
7. Maslova V.V., Zарuk N.F., Avdeev M.V. Assessment of investment risks in agriculture in Russia // The economics of agricultural and processing enterprises. 2023. № 9. Pp. 40–47.
8. Nechaev V.I., Sandu I.S., Demishkevich G.M. Organization of investment activity in agriculture: textbook. Saint Petersburg: Lan, 2022. Text: electronic // Lan: electronic library system. – URL: <https://e.lanbook.com/book/212972>.
9. Petenkova A.S. Organization of investment activity in a market economy // Vestnik of MGUP. 2011. № 2. Pp. 309–314.
10. Tkacheva Yu.V., Agibalov A.V., Marysheva Yu.V. The specifics of the activities of agricultural enterprises in conditions of declining state support // Strategic initiatives for the socio-economic development of economic entities in the region under external constraints. Lipetsk, 2017. Pp. 325–328.
11. Federal State Statistics Service [electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/>.
12. Tsvetnykh A.V., Shaporova Z.E., Lobkov K.Yu. Improving the mechanism of sustainable investment development of the agro-industrial complex enterprise // Socio-economic and Humanitarian Journal. 2023. № 3(29). Pp. 76–89.
13. Chutcheva Yu.V., Zарuk N.F., Maslova V.V. Analysis of investment risks in modern agricultural production // Natural Sciences and Humanities Research. 2023. № 5(49). Pp. 302–307.

#### Сведения об авторах

Терновых Константин Семенович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой организации производства и предпринимательской деятельности в АПК, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел. +7 (473) 253-75-63, e-mail: [organiz@agroeco.vsau.ru](mailto:organiz@agroeco.vsau.ru).

Марышева Юлия Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры организации производства и предпринимательской деятельности в АПК, ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, д. 1, г. Воронеж, Россия, 394087, тел. +7 (473) 253-75-63, e-mail: [serik-yuliya@yandex.ru](mailto:serik-yuliya@yandex.ru).

#### Information about authors

Ternovykh Konstantin Semenovich, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Organization of Production and Entrepreneurship in Agriculture, Voronezh State Agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, Russia, 394087, tel. +7 (473) 253-75-63, e-mail: [organiz@agroeco.vsau.ru](mailto:organiz@agroeco.vsau.ru).

Marysheva Yulia Vladimirovna, a second-year graduate student of the Department of Industrial Organization and Entrepreneurship in Agriculture, Voronezh State Agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, Russia, 394087, tel. +7 (473) 253-75-63, e-mail: [serik-yuliya@yandex.ru](mailto:serik-yuliya@yandex.ru).

## Руководство для авторов

В журнале публикуются результаты открытых научных исследований в области сельскохозяйственной науки и техники, материалы о результатах инновационных разработок и проектов предприятий и фирм различных форм собственности, изобретениях; материалы конференций, выставок, конкурсов.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3-1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см, формат – книжный. Разделять текст на колонки не следует. Если статья была или будет опубликована в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

### Оформление статьи

Слева в верхнем углу с абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева с абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

Затем с красной строки приводится аннотация, оформленная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объемом 200-250 слов (не более 2000 знаков), с нового абзаца – ключевые слова.

Далее необходимо разместить на английском языке: название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

После этого через пробел – текст статьи, библиография (библиографическое описание приводится в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка») и ее вариант на английском языке (References). При составлении описаний на английском языке рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, с учетом того, что фамилии и инициалы авторов русскоязычных источников, название статьи транслитерируются (согласно правилам Системы Библиотеки Конгресса США – LC), затем в квадратных скобках приводится перевод названия публикации, далее – ее выходные данные (на английском языке либо в транслитерации, без сокращений и аббревиатур).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности. Затем следует англоязычный вариант информации об авторах (Information about authors).

Основной текст публикуемого материала (статьи) приводится на русском или английском языках. Текст публикуемой работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования автором цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, обосновать выбранное решение, отразить, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части автор формулирует обобщенные выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и (или) перспективы, возможности и области их использования. Для выделения наиболее важных понятий, выводов допускается полужирный шрифт и курсив. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1 – Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная ориентация таблицы. Подпись таблицы располагается над ней, по центру. Например: «Таблица 3 – Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества, формата TIFF (с разрешением 300 dpi) или EPS, все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключение составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены

автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

#### **Порядок представления материалов**

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию предоставленная автором рукопись статьи рецензируется согласно установленному порядку рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлекгией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлегия направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

#### **Тематический раздел «Агроинженерия и энергоэффективность»:**

**Пастухов** Александр Геннадиевич, д. т. н., профессор – ответственный редактор,  
**Колесников** Александр Станиславович, к. т. н., доцент – ответственный секретарь,  
e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru  
тел. +7 908 783-88-92.

#### **Тематический раздел «Инновационные технологии в агрономии»:**

**Азаров** Владимир Борисович, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,  
**Муравьев** Александр Александрович, к. с.-х. н., доцент – ответственный секретарь,  
e-mail: Aleksandr16\_1988@mail.ru  
тел. +7 951 142-75-77.

#### **Тематический раздел «Инновационная экономика, управление предприятиями АПК и социальное развитие села»:**

**Наседкина** Татьяна Ивановна, д. э. н., профессор – ответственный редактор,  
**Демешева** Ирина Алексеевна, к. э. н., доцент – ответственный секретарь,  
e-mail: demesheva\_ia@bsaa.edu.ru  
тел. +7 920 208-73-49.

**Пример оформления статьи**

УДК 633.11(470.325)

*В.В. Смирнова, Н.А. Сидельникова, И.В. Кулишова*

**ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации  
Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 2000 знаков).

**Ключевые слова:** ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5)

**FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT  
IN THE BELGOROD REGION**

**Abstract.** Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation  
Text annotation Text annotation.

**Keywords:** keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Далее излагается текст научной статьи.....  
(текст).....  
(текст).....  
(текст).....

**Таблица 1 – Урожайность зерна сортов озимой пшеницы, т/га ( 2016-2017 г.г.)**


**Библиография**

Приводится список использованных литературных и других источников на русском

**References**

и на английском языках.

**Сведения об авторах**

Смирнова Виктория Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Сидельникова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент , заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул.Вавилова, д.1, п.Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503, тел.+74722 39-14-26

Кулишова Ирина Владимировна, аспирант второго года обучения кафедры земледелия, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д.1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, Россия, 308503.

**Information about authors**

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V.Gorin» , ul.Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.

## Guidelines for authors

Results of open scientific researches in the field of agricultural science and equipment, materials about results of innovative development and projects of the enterprises and firms of various forms of ownership, inventions, materials of conferences, exhibitions and competitions are published in the Journal.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0,3-1,0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 9 pt, a line spacing is 1,0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 0,7 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

### Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200-250 words (no more than 2000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Further it is necessary to place in English: article title, summary (Abstract), keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to GOST P 7.0.5-2008 "Bibliographic reference") and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them. Further information about authors in English.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1 – Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3 – The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high quality, the TIFF format (with the resolution of 300 dpi) or EPS, all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the formular Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (bibliography) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

### Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

- article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,
- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,

- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below:

Thematic section “**Agricultural Engineering and Energy Efficiency**”:

**Pastukhov** Alexander Gennadievich, Dr. of Tech. Sci., Professor – the editor-in-chief,

**Kolesnikov** Alexander Stanislavovich, Cand. Tech. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: a.c.kolesnikov@mail.ru

Tel. +7 908 783-88-92.

Thematic section “**Innovative Technologies in Agronomy**”:

**Azarov** Vladimir Borisovich., Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,

**Muravyov** Alexander Alexandrovich, Cand. Agri. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: Aleksandr16\_1988@mail.ru

Tel. +7 952 142-75-77.

Thematic section “**Innovative Economics, Management of Agricultural Enterprises and Social Development of the Village**”:

**Nasedkina** Tatyana Ivanovna, Dr. Econ. Sci., Professor – the editor-in-chief,

**Demesheva** Irina Alekseevna, Cand. Econ. Sci., the Associate professor – the responsible secretary,

e-mail: demesheva\_ia@bsaa.edu.ru

Tel. +7 920 208-73-49.

Example of registration of article

UDC 633.11(470.325)

V.V. Smirnova, N.A. Sidelnikova, I.V. Kulishova

FORMATION OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF GRAIN OF THE WINTER WHEAT IN THE BELGOROD REGION

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....

Table 1 – The breed standard in live weight of breeding sows

Table with 5 columns and 3 rows, representing a breed standard for live weight of breeding sows.

References

1. Smirnova V.V. Vliyanie predshestvennikov na urozhajnost' sortov ozimoy pshenicy, tekhnologicheskie kachestva zerna i ih izmenenie pri hranenii: avtoreferat dis. ... kand.s.-h. nauk: 06.01.09 / Smirnova V.V.; BelGSKHA. – Belgorod, 2007. – 19 s.
2. Sidel'nikova N.A. Sovershenstvovanie intensivnyh tekhnologij vozdeleyvaniya zemnykh kul'tur v CCHZ / N.A. Sidel'nikova, L.G. Gavrilenko // Sbornik nauchnykh trudov SKHI.-Belgorod, 1988.-111s.
3. GOST R 52554 – 2006. Pshenica. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 2007-07-01. – M.: Standartinform, 2006. – 13 s.

Information about authors

Smirnova Victoria Viktorovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26, e-mail: svic.belgorod@mail.ru

Sidelnikova Natalya Anatolyevna, candidate of agricultural sciences, associate professor, head of the department of the production technology and processing of agricultural production, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, , tel. +74722 39-14-26

Kulishova Irina Vladimirovna, graduate student of the second year of training of department of agriculture, agrochemistry and ecology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin», ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia.