

DOI 10.12737/issn.1997-3225

# Известия

САМАРСКОЙ  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ  
АКАДЕМИИ

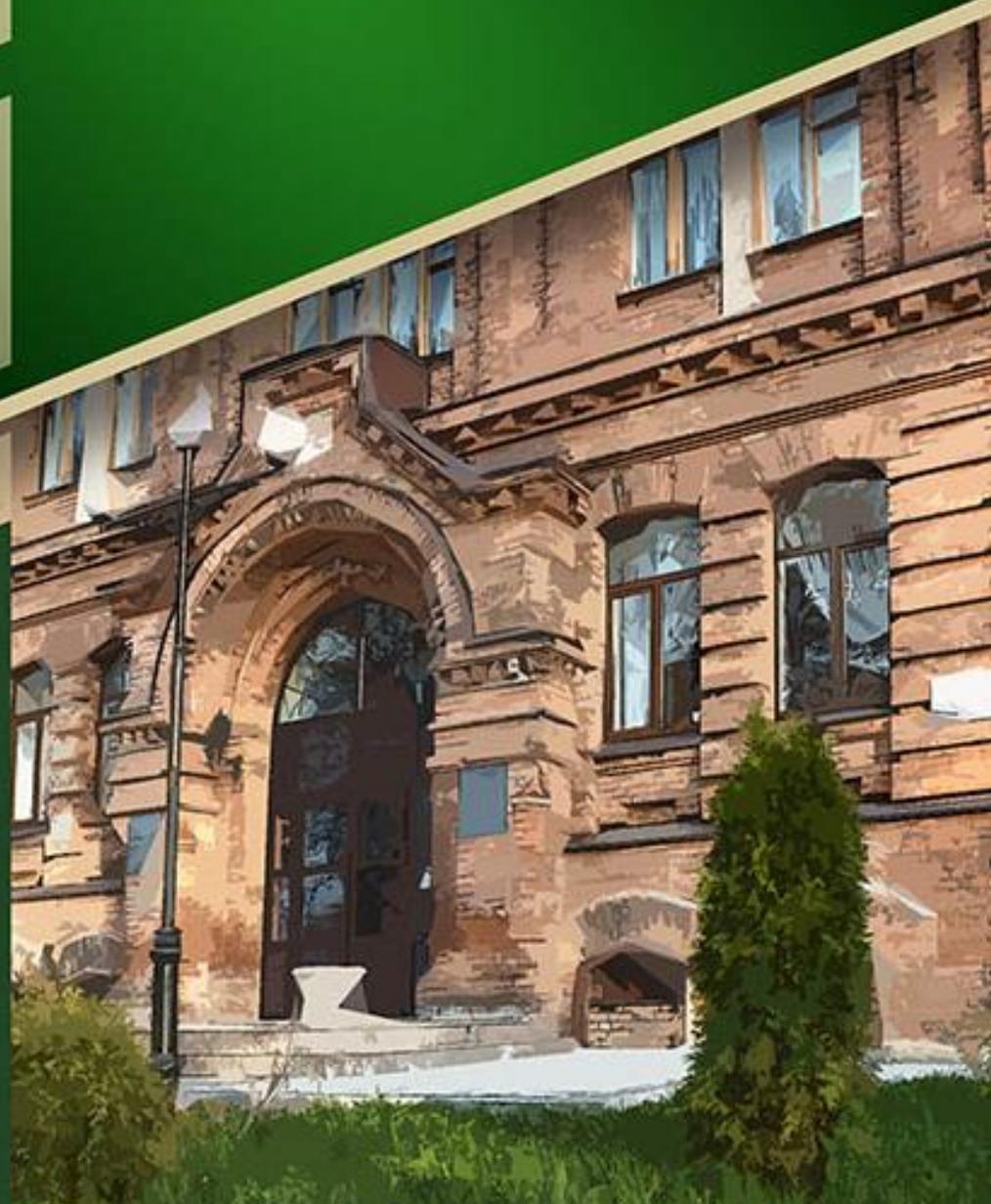


2019

АПРЕЛЬ-МАЙ  
Выпуск 2

APRIL-MAY Iss.2/2019

16+



# **ИЗВЕСТИЯ**

**Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии**

**АПРЕЛЬ-ИЮНЬ Вып.2/2019**

Самара 2019

# **Bulletin**

**Samara State  
Agricultural Academy**

**APRIL-JUNE Iss.2/2019**

Samara 2019

УДК 619  
И-33

# Известия

Самарской государственной  
сельскохозяйственной академии

Вып.2/2019

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации от 9 августа 2018 года журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

**УЧРЕДИТЕЛЬ и ИЗДАТЕЛЬ:**

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ  
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

**Главный научный редактор, председатель редакционно-издательского совета:**

*А. М. Петров, кандидат технических наук, профессор*

**Зам. главного научного редактора:**

*А. В. Васин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор*

**Редакционно-издательский совет:**

*Васин Василий Григорьевич* – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой растениеводства и земледелия ФГБОУ ВО Самарского ГАУ.

*Шевченко Сергей Николаевич* – чл.-корр. РАН, доктор с.-х. наук, директор ФГБНУ «Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова».

*Баталова Галина Аркадьевна* – академик РАН, профессор, доктор с.-х. наук, зам. директора по селекционной работе ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого».

*Косельев Виталий Витальевич* – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой селекции, семеноводства и биологии ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

*Еськов Иван Дмитриевич* – д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой защиты растений и плодородия почв ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

*Костин Яков Владимирович* – д-р с.-х. наук, проф. кафедры лесного дела, агрохимии и экологии ФГБОУ ВО Рязанского ГАУ им. П. А. Костычева.

*Мальчиков Петр Николаевич* – д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории селекции яровой твердой пшеницы ФГБНУ «Самарский НИИ сельского хозяйства им. Н. М. Тулайкова».

*Баймишев Хамидулла Балтуханович* – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой анатомии, акушерства и хирургии ФГБОУ ВО Самарского ГАУ.

*Беляев Валерий Анатольевич* – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры терапии и фармакологии ФГБОУ ВО Ставропольского ГАУ.

*Никулин Владимир Николаевич* – д-р с.-х. наук, проф., декан факультета биотехнологии и природопользования, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ.

*Варакин Александр Тихонович* – д-р с.-х. наук, проф. кафедры частной зоотехнии ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ.

*Еремин Сергей Петрович* – д-р ветеринар. наук, проф., зав. кафедрой частной зоотехнии, разведения сельскохозяйственных животных и акушерства ФГБОУ ВО Нижегородской ГСХА.

*Сеитов Марат Султанович* – д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой незаразных болезней животных ФГБОУ ВО Оренбургского ГАУ.

*Семиволос Александр Мефодьевич* – д-р ветеринар. наук, проф. кафедры болезней животных и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова.

*Шарафутдинов Газимзян Салимович* – д-р с.-х. наук, проф. кафедры биотехнологии, животноводства и химии ФГБОУ ВО Казанского ГАУ.

*Лущников Владимир Петрович* – д-р с.-х. наук, проф. кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

*Курочкин Анатолий Алексеевич* – д-р техн. наук, проф. кафедры пищевых производств ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

*Крючин Николай Павлович* – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Самарского ГАУ.

*Ишачков Александр Павлович* – д-р техн. наук, проф. кафедры мобильных энергетических средств и сельскохозяйственных машин Национального Исследовательского Мордовского ГУ им. Н. П. Огарева.

*Уханов Александр Петрович* – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой тракторов, автомобилей и теплотехники ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

*Курдюмов Владимир Иванович* – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой агротехнологий, машин и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Ульяновского ГАУ им. П. А. Столыпина.

*Коновалов Владимир Викторович* – д-р техн. наук, проф. кафедры технологий машиностроения ФГБОУ ВО Пензенского ГАУ.

*Петрова Светлана Станиславовна* – канд. техн. наук, доцент кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО Самарского ГАУ.

*Траисов Балаш Бакишевич* – академик КазНАЕН, КазАСХН, д-р с.-х. наук, проф., директор департамента животноводства НАО «Западно-Казакстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана».

*Боничан Борис Павлович* – д-р с.-х. наук, проф., зав. отделом устойчивых систем земледелия, НИИ полевых культур «Селекция», г. Бэлць, Республика Молдова.

**Редакция научного журнала:**

*Петрова С. С.* – ответственный редактор

*Меньшова Е. А.* – технический редактор

*Федорова Л. П.* – корректор

Адрес редакции: 446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru

Отпечатано в типографии

ООО «Слово»

г. Самара, ул. Песчаная, 1

Тел.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Подписной индекс в каталоге «Почта России» – 72654

Цена свободная

Подписано в печать 16.05.2019

Формат 60×84/8

Печ. л. 13,25

Тираж 1000. Заказ №1782

Дата выхода 30.05.2019

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 14 июля 2014 года.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-58582

УДК 619  
I-33

# Bulletin

Samara State Agricultural  
Academy

Iss.2/2019

In accordance with Order of the Presidium of the Higher Attestation Commission of the Russian Ministry of Education and Science (VAK) of August 9, 2018 the journal was included in the list of the peer-reviewed scientific journals, in which the major scientific results of dissertations for obtaining Candidate of Sciences and Doctor of Sciences degrees should be published.

**ESTABLISHER and PUBLISHER:**

FSBEI HE Samara SAU  
446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, 2 Uchebnaya str.

**Chief Scientific Editor, Editorial Board Chairman:**

*A. M. Petrov, Ph. D. in Techn. Sciences, Professor*

**Deputy Chief Scientific Editor:**

*A. V. Vasin, Doctor of Agricultural Sciences, Professor*

**Editorial and publishing council:**

*Vasin Vasily Grigorevich* – Dr. of Ag. Sci., Professor, head of the Plant Growing and Agriculture department, FSBEI HE Samara SAU.

*Shevchenko Sergey Nikolaevich* – correspondent member of the RAS, Dr. of Ag. Sci., Professor, Vice-Director FSBSU «Samara Research Institute of Agriculture, named after N. M. Tulaykov».

*Batalova Galina Arkadiyevna* – academician of the RAS, professor, Dr. of Ag. Sci. Breeding work deputy director of the FSBU «Federal Agrarian Scientific Center of the North-East, named after N. V. Rudnitsky».

*Koshelev Vitaly Vitalyevich* – Dr. of Ag. Sci., prof., head. Department of Selection, Seed and Biology FSBEI HE Penza SAU.

*Esikov Ivan Dmitrievich* – Dr. of Ag. Sci., Professor of the department Plant Protection and Horticulture, FSBEI HE Saratov SAU named after N. I. Vavilov.

*Kostin Yakov Vladimirovich* – Dr. of Ag. Sci., Dr. prof. of the Department of Forestry, Agrochemistry and Ecology FSBEI HE Ryzan SAU named after P. A. Kostichev.

*Malchikov Petr Nikolaevich* – Dr. of Ag. Sci. Dr., chief researcher of the laboratory for selection of spring durum wheat FSBSU «Samara Research Institute of Agriculture, named after N. M. Tulaykov».

*Baimishev Hamidulla Baltukhanovich* – Dr. of Biol. Sciences, prof., head. Department of Anatomy, Obstetrics and Surgery FSBEI HE Samara SAU.

*Belyaev Valery Anatolievich* – Dr. of Vet. Sc., prof. of the Department of Therapy and Pharmacology FSBEI HE Stavropol SAU.

*Nikulin Vladimir Nikolaevich* – Dr. of Ag. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Biotechnology and Nature Management, Professor of the Chemistry Department FSBEI HE Orenburg SAU.

*Varakin Alexander Tikhonovich* – Dr. of Ag. Sci. prof. Department of private zootechny FSBEI HE Volgograd SAU.

*Eremin Sergey Petrovich* – Dr. of Vet. Sc., prof., of the Department of private zootechny, farming animals breeding and obstetrics FSBEI HE Nizhny Novgorod SAA.

*Seitov Marat Sultanovich* – Dr. Biol. Sciences, prof., head. Department of non-communicable diseases of animals Department FSBEI HE Orenburg SAU.

*Semyvolos Alexander Meffodievich* – Dr. Veterinarian. Sciences, prof. Department of Animal Diseases and Veterinary-Sanitary Expertise of the Federal State Educational Establishment of the Saratov State University named after. N. I. Vavilov.

*Sharafutdinov Gazimzyan Salimovich* – Dr. of Ag. Sci., prof. of the Department of Biotechnology, Livestock and Chemistry FSBEI HE Kazan SAU.

*Lushnikov Vladimir Petrovich* – Dr. of Ag. Sci., prof. of the Department of production and processing technology of livestock products FSBEI HE Saratov SAU named after N. I. Vavilov.

*Kurochkin Anatoly Alekseevich* – Dr. of Tech. Sci., Prof. of the Department Food Manufactures, FSBEI HE Penza STU.

*Krjuchin Nikolay Pavlovich* – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the Mechanics and Engineering Schedules department, FSBEI HE Samara SAU.

*Inshakov Alexander Pavlovich* – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the Mobile Energy Means and Farm Machine department, National Research Mordovian SU named after Ogarov.

*Ukhanov Alexander Petrovich* – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the tractors, automobiles and heat power engineering, FSBEI HE Penza SAU.

*Kurdyumov Vladimir Ivanovich* – Dr. of Tech. Sci., Professor, head of the department «Safety of Ability to Live and Power», FSBEI HE Ulyanovsk SAU named after P.A. Stolypin.

*Konovvalov Vladimir Viktorovich* – Dr. of Tech. Sci., Professor of the Department of Engineering Technology, FSBEI HE Penza STU.

*Petrova Svetlana Stanislavovna* – Cand. of Tech. Sci., Associate Professor of the Department Mechanics and Engineering Schedules FSBEI HE Samara SAU.

*Traisov Balush Bakishevich* – Academician of KazNAS, KazAAS, Dr. of Agr. Sc., Professor, Director of the Animal Husbandry Department of the SAU «West Kazakhstan ATU named after Zhanqir Khan».

*Boinchan Boris Pavlovich* – Dr. of Ag. Sc., prof., head. Department of Sustainable Agricultural Systems, Research Institute of Field Crops «Selection», Balti t., Republic of Moldova.

**Edition science journal:**

*Petrova S. S.* – editor-in-chief

*Men'shova E. A.* – technical editor

*Fedorova L. P.* – proofreader

Editorial office: 446442, Samara Region, settlement Ust'-Kinel'skiy, 2 Uchebnaya str.

Tel.: 8 939 754 04 86 (ext. 608)

E-mail: ssaariz@mail.ru

Printed in Print House

LLC « Slovo »

Samara, 1 Peshchanaya str.

Tel.: (846) 267-36-82

E-mail: izdatkniga@yandex.ru

Subscription index in catalog «Mail of Russia» – 72654

Price undefined

Signed in print 16.05.2019

Format 60×84/8

Printed sheets 13,25

Print run 1000. Edition №1782

Publishing date 30.05.2019

The journal is registered in Supervision Federal Service of Telecom sphere, information technologies and mass communications (Roscomnadzor) July 14, 2014.

The certificate of registration of the PI number FS77 – 58582

## СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

DOI 10.12737/article\_5cdbbc442e01672.39268090

УДК 631.51:633.16

### ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОБИОТУ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Марковская Галина Кусаиновна**, канд. биол. наук, проф. кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Galina-Markovskaya@yandex.ru

**Чугунова Ольга Александровна**, соискатель кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: chugunova83@mail.ru

**Ключевые слова:** почва, обработка, биогенность, урожайность, ячмень.

*Цель исследований – повышение продуктивности ярового ячменя путем применения различных способов основной обработки почвы в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья. Исследования проводились в двух пятипольных севооборотах на опытных полях кафедры «Земледелие, почвоведение, агрохимия и земельный кадастр» Самарской ГСХА в 2005-2008 гг. Изучались следующие варианты основной обработки почвы: вспашка на глубину 20-22 см; рыхление на 10-12 см; нулевая обработка. Со всех вариантов обработки почвы в трехкратной повторности брались средние образцы почвы в три срока: в фазу всходов, кущения и после уборки культуры. Образцы отбирались с различной глубины: 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 см, измельчались и просеивались. Определение общей численности и соотношение основных групп микроорганизмов в почве проводилось методом микробиологического посева почвенной болтушки на твердые питательные среды. Среда перед посевом стерилизовали в автоклаве. Посев бактерий производился на мясо-пептонный агар (МПА), актиномицеты – на крахмало-аммиачный агар (КАА), микромицеты – на среду Чапека. Урожайность ярового ячменя определяли механизированным методом с учетной площади. Рассмотрены вопросы изменения почвенного микробиоценоза под влиянием различных способов обработки почвы. В результате проведенных исследований отмечается влияние парового предшественника на урожайность ячменя. При размещении ячменя в севообороте с сидеральным паром наблюдается увеличение урожайности на 5,5%. Отмечено влияние парового предшественника на общую биогенность почвы. Способ основной обработки почвы не оказал существенного влияния на урожайность изучаемой культуры.*

### INFLUENCE OF MAIN SOIL TREATMENT ON MICROBIOTA AND BARLEY PRODUCTIVITY IN THE CONDITIONS OF CENTRAL VOLGA AREA

**G. K. Markovskaya**, Candidate of Biological Sciences, Professor of the Department «Gardening, Botany and Plant Physiology», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: Galina-Markovskaya@yandex.ru

**A. O. Chugunova**, Applicant of the Department «Gardening, Botany and Plant Physiology», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: chugunova83@mail.ru

**Keywords:** soil, processing, biogenesis, yield, barley.

The researches are targeted at the efficiency increase of summer barley by application of various ways of soil main processing, in the conditions of insufficient moistening of Central Volga area. Researches were conducted in two the five-field crop rotations on pilot fields of «Agriculture, Soil Science, Agro Chemistry and Land Registry» department of the Samara GSHA in 2005-2008. The following options of soil main processing were studied: plowing on depth of 20-22 cm; loosening on 10-12 cm; zero processing. Average samples during three stages were investigated from the pilot field of all options of soil processing in triple frequency: in a phase of shoots, heading and after harvesting. Samples taken from various depths: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm, were crushed and sifted. Assessment of total number and ratio of main groups of microorganisms in the soil were carried out by method of microbiological seeding of soil mixture on solid nutrient mediums. Content seeding was sterilized in the autoclave. Bacterial inoculation was made on the meat-peptonny agar (MPA), actinomycetes – on the starch-and ammonia agar (SAA), micromycetes – on Czapek's. The productivity of summer barley was determined by the mechanized method with regard to area. Soil microbiocenosis change under the influence of various ways of processing was considered. As a result of the conducted researches influence of the fallow tillage on productivity of barley is noted. Barley used with green manured fallow for seeding increases its productivity by 5.5%. Its influence on the general biogenost of the soil is noted. The traditional processing of the soil had no significant effect on productivity of the studied culture.

В настоящее время почвы испытывают большое различное антропогенное воздействие, которое вызывает нарушение нормального протекания почвенных процессов, а значит, и процессов круговорота веществ в биосфере. Именно растениями осуществляется синтез основной массы органического вещества. Почвенные микроорганизмы участвуют в минерализации органического вещества. В процессе минерализации освобождаются питательные вещества, что и определяет в значительной мере ее естественное плодородие [8].

Среди экологических индикаторов изменений окружающей среды ведущее место занимают почвенные микроорганизмы: структура микробного сообщества и его биологическая активность [6].

Известно, что основная обработка почвы влияет на урожай, но вопрос о том, какой она должна быть под определенную культуру, еще во многом спорен. Один и тот же прием может по-разному проявить себя в разных агроклиматических условиях [4].

В технологиях возделывания ячменя обработка почвы является важнейшим агротехническим приемом, способствующим созданию благоприятных почвенных фитосанитарных условий и формированию высокой урожайности [2].

Разнообразие способов, приемов и систем обработки почвы может по-разному влиять на урожайность ярового ячменя в различных почвенно-климатических условиях, что дает основание для проведения дальнейших исследований в этой области.

**Цель исследований** – повышение продуктивности ярового ячменя путём применения различных способов основной обработки почвы в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья.

**Задачи исследований** – выявить влияние ресурсосберегающих способов основной обработки почвы и вида пара на урожайность ярового ячменя, на показатели биологической активности почвы.

**Материалы и методы исследований.** Опытное поле расположено на территории Самарской области. Рельеф поля выровненный. Почва представлена типичным тяжелосуглинистым черноземом. Данный подтип почвы является преобладающим на территории Среднего Поволжья. Почва имеет реакцию среды близкую к нейтральной ( $pH_{\text{водн}}$  равен 6-7), среднее содержание гумуса 6-7%. Исследования проводились на опытных полях кафедры «Земледелие, почвоведение, агрохимия и земельный кадастр» Самарской ГСХА в 2005-2008 гг. в двух зернопаровых севооборотах, различающихся видом пара. В первом севообороте чистый пар, во втором – сидеральный (горчица)

пар. Исследования проводились под культурой, завершающей севооборота – ячменём. Севооборот: пар (чистый и сидеральный) – озимая пшеница – соя – яровая пшеница – ячмень.

На опытном поле высевали ячмень сорта Поволжский 65 (1 репродукция). Повторность опыта трехкратная, размер одной опытной делянки 780 м<sup>2</sup>.

В опыте изучались следующие варианты основной обработки почвы: вспашка на глубину обработки 20-22 см; минимальная обработка, включающая лущение на 6-8 см и рыхление на 10-12 см; нулевая обработка: осенняя обработка почвы не проводилась.

Для изучения почвенной микрофлоры с опытного поля брались средние образцы почвы со всех вариантов обработки почвы в трехкратной повторности в три срока: в фазу всходов, в фазу кущения и после уборки культуры. Образцы отбирались с различной глубины: 0-5, 5-10, 10-20 и 20-30 см, измельчались и просеивались через металлическое сито, размер отверстий 2 мм.

Определение общей численности микроорганизмов в почве и соотношение основных групп проводилось методом микробиологического посева почвенной болтушки на твердые питательные среды. Среда перед посевом стерилизовали в автоклаве. Посев бактерий производился на мясопептонный агар (МПА), актиномицеты – на крахмало-аммиачный агар (КАА), микромицеты – на среду Чапека.

Урожайность ярового ячменя определяли механизированным методом с учетной площади.

Данные результатов были обработаны с применением дисперсионного метода и корреляционного анализа с использованием программного обеспечения STAT в лаборатории НИЛИТа на базе Самарского ГАУ.

**Результаты исследований.** Почва – это живой организм, который работает в тесной взаимосвязи с растениями, микроорганизмами и другими ее обитателями [1]. В процессе их жизнедеятельности происходит разложение органики, таким образом, происходит биологический круговорот. Без микроорганизмов не было бы почвы. Продуктивность сельскохозяйственных угодий в значительной степени зависит от направленности и интенсивности протекания микробиологических процессов [3].

В почве присутствуют различные группы микроорганизмов, которые предъявляют различные требования к условиям жизнедеятельности, что позволяет поддерживать уровень почвенного плодородия в течение всего вегетационного периода культуры.

Изучались три основные группы почвенных микроорганизмов: микромицеты, бактерии и актиномицеты.

Микромицеты обладают важной для почвообразования полиморфностью, способны производить заселение субстратов, участвуют в превращении органических и минеральных соединений в белок и другие метаболиты. При помощи бактерий происходит минерализация растительных остатков на более поздних этапах, происходит азотфиксация. Актиномицеты разлагают сложные полимеры (лигнин, хитин, целлюлозу и др.) и принимают участие в формировании азотного баланса почвы [7].

При анализе соотношения основных групп микроорганизмов в севооборотах видно, что наиболее многочисленной группой являются бактерии (рис. 1, 2).



Рис. 1. Соотношение всех основных групп микроорганизмов по фону чистого пара за 2005-2008 гг.

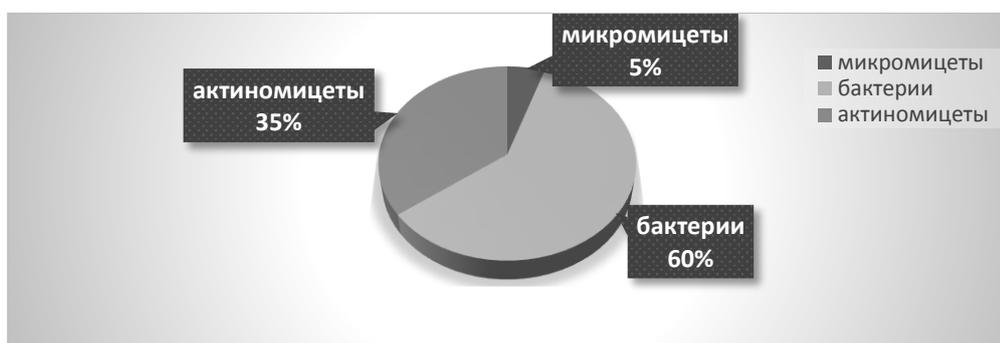


Рис. 2. Соотношение всех основных групп микроорганизмов по фону сидерального пара за 2005-2008 гг.

Сравнительный анализ двух видов паров показал, что по фону сидерального пара наблюдается увеличение микромикетов и бактерий, численность актиномицетов снижается.

Общая численность почвенных микроорганизмов по фону сидерального пара незначительно выше (на 7,5%), по сравнению с чистым паром, что говорит о том, что в конце севооборота влияние вида пара нивелируется. Более существенное влияние на микробиоту почвы оказал способ основной обработки почвы. Наиболее благоприятные условия в пахотном слое почвы 0-30 см за весь период исследования сложились в варианте со вспашкой.

В варианте со вспашкой общая численность почвенных микроорганизмов по фону чистого пара в среднем за вегетацию составляла 7,43 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы; в варианте с рыхлением – 6,19 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы; в варианте с нулевой обработкой почвы – 7,53 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы (табл. 1).

Таблица 1

Общая численность почвенных микроорганизмов по фону чистого пара, млн. КОЕ/1 г а.с. почвы, 2005-2008 гг.

Вид обработки	Слой почвы, см	Сроки определения			В среднем за вегетацию
		1 срок	2 срок	3 срок	
Вспашка	0-5	7,67	5,59	8,39	7,22
	5-10	13,58	8,61	9,86	10,68
	10-20	4,44	7,08	5,66	5,73
	20-30	4,34	6,36	7,59	6,10
	<b>0-30</b>	<b>7,51</b>	<b>6,91</b>	<b>7,87</b>	<b>7,43</b>
Рыхление	0-5	8,05	6,22	8,28	7,52
	5-10	6,29	7,05	8,56	7,30
	10-20	5,28	5,72	6,62	5,87
	20-30	3,57	4,52	4,08	4,06
	<b>0-30</b>	<b>5,80</b>	<b>5,88</b>	<b>6,89</b>	<b>6,19</b>
«Нулевая» обработка	0-5	7,20	6,55	10,71	8,15
	5-10	8,11	10,03	8,57	8,90
	10-20	9,66	6,84	5,76	7,42
	20-30	5,69	6,51	4,67	5,62
	<b>0-30</b>	<b>7,68</b>	<b>7,48</b>	<b>7,43</b>	<b>7,53</b>
Среднее по пару		<b>6,99</b>	<b>6,76</b>	<b>7,40</b>	<b>7,05</b>

На распределение микроорганизмов по фону чистого пара по слоям способ обработки почвы не оказывает существенного влияния. Наиболее заселенный слой по всем вариантам опыта оказался слой 0-10 см за счет самой многочисленной группы микроорганизмов – бактерий. Большинство бактерий являются облигатными и факультативными аэробами. Более нижние слои оказались менее заселенными. Так, вариант с рыхлением показал наименьшие результаты в слое 20-30 см (табл. 1). В варианте со вспашкой, по фону сидерального пара, в слое 20-30 см сложились наиболее благоприятные условия для микроорганизмов, их численность составила в среднем за вегетацию – 12,42 млн. КОЕ/1 г а.с. почвы, что в 2,3 раза больше, чем в вариантах с рыхлением и «нулевой» обработкой (табл. 2). Это является свидетельством активного разложения корневых остатков парозанимающей культуры.

Таблица 2

Общая численность почвенных микроорганизмов по фону сидерального пара,  
млн. КОЕ/1 г а.с. почвы, 2005-2008 гг.

Вид обработки	Слой почвы, см	Сроки определения			В среднем за вегетацию
		1 срок	2 срок	3 срок	
Вспашка	0-5	5,16	6,06	8,64	6,62
	5-10	14,63	5,27	5,17	8,36
	10-20	4,81	4,48	7,66	5,65
	20-30	9,97	6,95	20,34	12,42
	<b>0-30</b>	<b>8,64</b>	<b>5,69</b>	<b>10,45</b>	<b>8,26</b>
Рыхление	0-5	12,35	9,89	10,36	10,87
	5-10	5,06	6,52	5,35	5,64
	10-20	4,51	6,59	4,98	5,36
	20-30	6,51	5,91	5,28	5,90
	<b>0-30</b>	<b>7,11</b>	<b>7,23</b>	<b>6,49</b>	<b>6,94</b>
«Нулевая» обработка	0-5	7,06	8,67	7,15	7,62
	5-10	9,86	6,40	5,17	7,14
	10-20	6,31	4,81	19,88	10,33
	20-30	3,44	6,00	5,68	5,04
	<b>0-30</b>	<b>6,67</b>	<b>6,47</b>	<b>9,44</b>	<b>7,52</b>
Среднее по пару		<b>7,47</b>	<b>6,46</b>	<b>8,79</b>	<b>7,57</b>

Проведенные исследования в 2005-2008 гг. показали, что снижение механической нагрузки на почву в севообороте не оказало отрицательного воздействия на урожайность ячменя (табл. 3).

Таблица 3

Влияние различных способов основной обработки почвы на урожайность (т/га) ярового ячменя, 2005-2008 гг.

Вид обработки	2005 г.	2007 г.	2008 г.	В среднем
Вспашка	1,48	1,52	2,67	1,89
Рыхление	1,55	1,77	2,73	2,02
Нулевая	1,39	1,97	2,54	1,97
НСР <sub>05</sub>	0,18	0,22	0,16	

При изучении влияния парового предшественника на урожайность ярового ячменя не отмечено существенного положительного влияния сидерального пара на изучаемый показатель (табл. 4).

Таблица 4

Влияние парового предшественника на урожайность (т/га) ярового ячменя, 2005-2008 гг.

Вид пара	2005 г.	2007 г.	2008 г.	В среднем
Чистый пар	1,44	1,61	2,66	1,90
Сидеральный пар	1,51	1,89	2,62	2,01
НСР <sub>05</sub>	0,15	0,20	0,13	

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что изучаемые варианты основной обработки почвы не оказывают достоверного влияния на урожайность ячменя. Это связано с тем, что в период посева культуры, как было отмечено в предыдущих исследованиях [5], влажность почвы была примерно на одном уровне. Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности минимализации обработки почв, вплоть до полного отказа от нее под ячмень.

#### Библиографический список

1. Зеленский, Н. А. Плодородие почвы. Настоящее и будущее нашего земледелия / Н. А. Зеленский, Г. М. Зеленская, Г. В. Мокриков // Земледелие. – 2018. – № 5. – С. 4-7.
2. Зубарев, Ю. Н. Влияние различных комплексов обработки почвы на ее агрофизические свойства и урожайность ячменя / Ю. Н. Зубарев, Я. В. Субботина, Э. Г. Кучукбаев // Пермский аграрный вестник. – 2016. – №13. – С. 7-15.

3. Каштанов, А. Н. Адаптивно-ландшафтные системы. Основа экологизации и биологизации земледелия / А. Н. Каштанов // Проблемы экологизации и биологизации земледелия и пути их решения в современном сельскохозяйственном производстве России : материалы конференции. – Орел, 2013. – С. 16-17.
4. Макаров, В. И. Приемы обработки почвы под яровой ячмень / В. И. Макаров, В. В. Глушков // Земледелие. – 2010. – № 6. – С. 19-20.
5. Марковский, А. А. Минимализация обработки почвы в лесостепи Заволжья и ее влияние на ферментативную активность чернозема типичного / А. А. Марковский, Г. К. Марковская, Ю. В. Степанова // Вестник БашГАУ. – 2013. – №1. – С. 16-18.
6. Нечаева, Е. Х. Влияние способов основной обработки почвы и внесения органических удобрений на численность микроорганизмов в посевах озимой пшеницы / Е. Х. Нечаева, Н. А. Мельникова, М. В. Коваленко [и др.] // Инновационные технологии в образовании и науке : сб. тр. – 2017. – С. 200-203.
7. Степанова, Ю. В. Влияние способов основной обработки почвы на микробиоту и урожайность озимой пшеницы в лесостепи Среднего Поволжья : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Степанова Юлия Владимировна. – Кинель, 2012. – 240 с.
8. Щур, А. В. Влияние способов обработки почвы и внесение удобрений на численность и состав микроорганизмов / А. В. Щур, В. П. Валько, Д. В. Виноградов // Вестник Курской ГСХА. – 2015. – №3. – С. 41-44.

#### References

1. Zelensky, N. A., Zelenskaya, G. M., & Mokrikov, G. V. (2018). Plodorodije pochvy. Nastoiashcheye i budushcheye nashego zemledelija [Soil Fertility. Present and future of our agriculture]. *Zemledelie – Zemledelie*, 5, 4-7 [in Russian].
2. Zubarev, Yu. N., Subbotina, A. V., & Kuchukbaev, E. G. (2016). Vliianiie razlichnykh kompleksov obrabotki pochvy na eie agrofizicheskiye svoystva i urozhainost yachmenia [The influence of different systems of tillage on her agraffitcal properties and yield of barley]. *Permskii agrarnyi vestnik – Perm Agrarian Journal*, 13, 7-15 [in Russian].
3. Kashtanov, A. N. (2013). Adaptivno-landshaftnyie sistemy. Osnova ehkologizatsii i biologizatsii zemledeliiia [Adaptive landscape systems. Basis of ecologization and bio-logization of agriculture]. Problems of ecologization and biologization of the earth and ways of their decision in modern agricultural production of Russia '16: *materialy konferencii – Materials of the conference*. (pp. 16-17). Oryel [in Russian].
4. Makarov, V. I., & Glushkov V. V. (2010). Priiemy obrabotki pochvy pod yarovoii yachmen [Methods of tillage under spring barley]. *Zemledelie – Zemledelie*, 6, 19-20 [in Russian].
5. Markovskiy, A. A., Markovskaya, G. K., & Stepanova Yu. V. (2013). Minimalizatsiia obrabotki pochvy v lesostepi Zavolzhiiia i eie vliianiie na fermentativnuii aktivnost chernozema tipichnogo [Minimization of processing of soil in forest-steppe of TRANS-Volga region and its influence on the enzymatic activity of typical Chernozem]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Vestnik Bashkir SAU*, 1, 16-18 [in Russian].
6. Nechaeva, E. Kh., Melnikova, N. A., & Kovalenko, M. V. et al. (2017). Vliyaniie sposobov osnovnoi obrabotki pochvy i vneseniia organicheskikh udobrenij na chislennost mikroorganizmov v posevakh ozimoi pshenitsy [Influence of methods of basic tillage and application of organic fertilizers on the number of microorganisms in winter wheat crops]. *Innovative technologies in education and science '17: sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings*. (pp. 200-203). Kinel [in Russian].
7. Stepanova, Yu. V. (2012). Vliyaniie sposobov osnovnoi obrabotki pochvy na mikrobiotu i urozhainost ozimoi pshenitsy v lesostepi Srednego Povolzhia [Influence of main tillage methods on microbiota and winter wheat yield in forest-steppe of Middle Volga region]. Candidate's thesis. Kinel [in Russian].
8. Shchur, A. V., Valko, V. P., & Vinogradov, D. V. (2015). Vliyaniie sposobov obrabotki pochvy i vneseniie udobrenii na chislennost i sostav mikro-organizmov [Influence of ways of soil processing and fertilization on the number and composition of microorganisms]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi seliskhoziaistvennoi akademii – Vestnik of Kursk State Agricultural Academy*, 3, 41-44 [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cde3f166c81d4.85950952

УДК: 633.112.1.321":631.5:551.5(470.56)

## СОЗРЕВАНИЕ ЗЕРНА ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С ПОГОДНЫМИ ФАКТОРАМИ И ПРИЁМАМИ АГРОТЕХНИКИ В ОРЕНБУРГСКОМ ПРИУРАЛЬЕ

**Бесалиев Ишен Насанович**, д-р с.-х. наук, ведущий науч. сотр., зав. отделом технологий зерновых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

E-mail: ornish\_tzk@mail.ru

**Панфилов Александр Леонидович**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр. отдела технологий зерновых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, влажность, почва, обработка.

*Статья публикуется по теме госзадания 0761-2019-0004.*

*Цель исследований – повышение урожайности яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья. Яровая твёрдая пшеница предъявляет повышенные требования к температурному режиму в период формирования и налива зерна. В связи с ростом засушливости климата условия второй половины вегетации, когда идет налив зерна, стали более неблагоприятными. Как известно, характером налива, благоприятностью погодных условий в этот период определяется урожайность и качество зерна. Исследования проводились в 2016-2018 гг. в условиях центральной зоны Оренбургской области на чернозёмах обыкновенных при двух приёмах основной обработки почвы. Погодные условия были резко контрастными. Метод исследования – полевой эксперимент. Закладка опыта и исследования проведены согласно общепринятым методам. Анализ проб зерна проводился с применением лабораторных весов АДАМ НСВ 602Н и сушильного шкафа СЭШ-3м. Математический анализ проведён по программе Statistica 6.0. Установлено, что длительность налива зерна в изученной зоне зависит от метеоусловий года, изменяется от 20-21 дня до 31 дня. Рост темпов накопления сухого вещества в зерне твёрдой пшеницы наблюдается в интервале температуры воздуха 18,7-26,2°C, в последующем рост значений температуры снижает прирост. На фоне безотвального рыхления зяби снижение влажности зерновок идёт менее интенсивно: сорт Оренбургская 10 – по вспашке составляет 0,99-2,46% в сутки, по безотвальному рыхлению – 0,80-2,50% в сутки; сорт Безенчукская 210 – по вспашке составляет 1,64-2,34%, по безотвальному рыхлению – 1,03-2,32%.*

## **EFFECTS OF WEATHER AND AGRICULTURAL TECHNIQUES ON RIPENING OF SPRING DURUM WHEAT IN THE ORENBURG PRIURALIYE**

**I. N. Besaliev**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of grain crops technology FSBI «Federal Scientific Center of Biological Systems and Agro Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460051, Orenburg, Gagarin Prospect, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**A. L. Panfilov**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Grain Crops Technology FSBI «Federal Scientific Center of Biological Systems and Agro Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460051, Orenburg, Gagarin Prospect, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**Keywords:** wheat, variety, moisture, soil, processing.

The publication relates to the topic of the state assignment 0761-2019-0004.

The purpose of research is to increase the yield of spring durum wheat in the Orenburg Urals. Spring durum wheat imposes more requirements to the temperature regime in the period grain formation and filling. Due to the growing aridity, the conditions of the second half of the vegetation, when the grain is being poured, have become more unfavorable. As is known, the nature of the filling, favorable weather conditions in this period is determined by the yield and quality of grain. Studies were conducted in 2016-2018 under the conditions of the Central zone of the Orenburg region on chernozems ordinary at two receptions of the main tillage. Weather conditions were sharply contrasting. The research method is a field experiment. Experience and research were conducted according to the generally accepted methods. Analysis of grain samples was conducted using a laboratory balance ADAM NSV 602H and oven SESH-3M. Mathematical analysis was conducted in the program Statistic 6.0. It was found that the duration of grain loading in the studied area depends on the weather conditions of the year, varies from 20-21 days to 31 days. The growth rate of dry matter accumulation in the grain of durum wheat is observed in the range of air temperature 18,7-26,2°C, followed by an increase in temperature reduces the increase. On the background of subsurface tillage of plowed fields reducing the moisture content of the grains is less intense: grade 10 Orenburg – plowing is of 0.99-2.46% on the day, subsurface loosening – 0.80-2.50% daily; cultivar Bezenchukskaya 210 – plowing 1.64 of 2.34%, subsurface loosening – 1.03-2.32%.

Яровая твёрдая пшеница предъявляет повышенные требования к температурному режиму в период формирования и налива зерна [1]. При повышении температуры воздуха в этот период быстрее протекают процессы накопления вещества в зерновке, однако из-за ускоренного созревания это не позволяет сформировать крупное зерно. С понижением среднесуточной температуры до 16,2<sup>o</sup>C и с повышением относительной влажности воздуха выше 73% интенсивность накопления пластических веществ в зерне яровой твёрдой пшеницы резко сокращается [2]. Процесс образования зерновки – один из основных этапов онтогенеза растений. Знание его особенностей позволяет правильно определить фазы спелости зерна, установить динамику поступления пластических веществ в зерно [3-6]. Для условий Оренбургского Предуралья установлено, что для более урожайного сорта твёрдой пшеницы Памяти Чеховича характерно более интенсивное (в два и более раз) накопление сухого вещества в зерне в первые восемь дней с начала налива по сравнению с пшеницей сорта Оренбургская 10 [7]. Возделывание яровой твёрдой пшеницы сопряжено с трудностями, определяемыми высокой требовательностью данной культуры, как к погодным факторам, так и к элементам технологии. Последние годы характеризуются нарастанием засушливости, отсутствием регулярных осадков, высокой температурой воздуха.

**Цель исследований** – повышение урожайности яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья.

**Задачи исследований** – изучить влияние погодных факторов и приёмов обработки почвы на темпы накопления сухого вещества в зерне яровой твёрдой пшеницы.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в центральной части Оренбургской области, на чернозёмах южных. Объекты исследований – сорта яровой твёрдой пшеницы Оренбургская 10 и Безенчукская 210. В полевых опытах данные сорта высевались при двух приёмах основной обработки почвы – вспашка на глубину 25-27 см и безотвальное рыхление на глубину 25-27 см. Повторность опыта четырёхкратная. Варианты обработки почвы закладывались осенью предшествующего года. Весной на опытном участке проводилось покровное боронование и предпосевная культивация КНС-4. Посев осуществлялся сеялкой СН-16, норма высева – 4,5 млн всхожих семян на гектар. Посевы прикатывались кольчатыми катками.

Определение показателей прироста сухой массы зерна проводилось путем отбора проб зерна с интервалом в 3 дня, начиная от формирования «пяточки» зерна после прохождения цветения колоса яровой твёрдой пшеницы до фазы полной спелости зерна. Отбор проб проводился по 25 колоскам с повторности. Для анализа отбирались зерна со средней части колоса. Пробы зерна взвешивались на лабораторных весах марки ADAM HCB 602H с точностью до 0,01 мг, затем высушивались до абсолютно-сухого вещества в сушильном шкафу СЭШ-3М. Определялся процент влажности зерновок, а также рассчитывалась масса 1000 зёрен. Расчёт корреляционно-регрессионных отношений проведён с использованием программы Statistica 6.0.

**Результаты исследований.** Метеорологические условия в годы исследований были различными по гидротермическому режиму, в целом характеризовались недостатком осадков за май-июль: в 2016 г. их выпало 97 мм (85% нормы), в 2017 г. – 74 мм (64%), в 2018 г. – 85 мм (81%); резкими колебаниями температуры воздуха: в 2016 году недостаток тепла в июне сменился оптимальными значениями в июле; в 2017 году значительные (на 2,1-4,2<sup>o</sup>C) низкие температуры мая и июня сменились ростом в июле; в 2018 году также перепады высоких значений средней температуры в мае чередовались снижением в июне и значительным ростом в июле. Высокие значения максимальной температуры воздуха были отмечены во все годы. Но, имея в виду, что формирование зерновок яровой пшеницы после цветения начиналось в третьей декаде июня и оканчивалось в конце июля, в 2017 году – до начала августа, обратим внимание на метеоусловия этого периода вегетации.

В период налива в годы опытов наблюдались неблагоприятные погодные факторы: нарастание средней температуры воздуха и максимальных её значений (до 38-39<sup>o</sup>C), практическое отсутствие осадков (2017 г.) или выпадение их к концу вегетации (2016 г. в третьей декаде июля 29,5 мм, или 222% нормы); в 2018 г. – во второй декаде июля – 15,0 мм, что составляет 113,6 % нормы.

Определение содержания продуктивной влаги в метровом слое почвы показало практическое её отсутствие во все годы опытов уже после колошения пшеницы.

На фоне безотвального рыхления зяби среднесуточный прирост сухого вещества проходит более интенсивно, особенно при нарастании засушливости периода налива зерна (2018 г.) (табл. 1).

Таблица 1

Среднесуточный прирост массы 1000 зёрен яровой твёрдой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы, г

Показатели	Сорт						
	Оренбургская 10			Безенчукская 210			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	
Вспашка							
Длительность периода, дн.	31	26	20	31	27	21	
Масса 1000 зёрен, г	начальная	2,86	1,95	2,73	2,14	1,55	2,00
	конечная	36,36	46,00	27,10	40,11	44,70	31,20
Прирост за период, г	33,5	44,05	24,37	37,97	43,15	29,20	
Среднесуточный прирост, г	1,08	1,69	1,22	1,22	1,61	1,39	
Минимум-максимум прироста, г	0,20-2,36	0,50-4,33	0,07-2,88	0,24-3,16	0,67-4,45	0,15-2,97	
Безотвальное рыхление							
Длительность периода, дн.	31	26	21	32	27	22	
Масса 1000 зёрен, г	начальная	2,92	2,04	2,65	1,60	2,14	2,50
	конечная	39,42	52,54	31,70	40,99	49,48	37,40
Прирост за период, г	36,50	50,50	29,05	39,39	47,34	34,90	
Среднесуточный прирост, г	1,18	1,87	1,38	1,23	1,75	1,59	
Минимум-максимум прироста, г	0,44-3,79	0,93-5,33	0,23-3,00	0,36-3,86	1,05-4,96	0,30-3,14	

В таблице 2 представлена урожайность яровой твёрдой пшеницы в опыте в рассмотренных метеословиях периода вегетации.

Таблица 2

Урожайность сортов яровой твёрдой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы, ц с 1 га

Сорт	Вспашка				Безотвальное рыхление			
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее
Оренбургская 10	11,73	18,10	2,39	10,74	13,14	20,55	3,40	12,36
Безенчукская 210	12,36	21,59	2,12	12,02	13,89	22,70	3,70	13,43
Среднее	12,04	19,84	2,26	11,38	13,52	21,62	3,55	12,90
НСР <sub>05</sub> А, В и АВ	1,24	1,22	1,42					

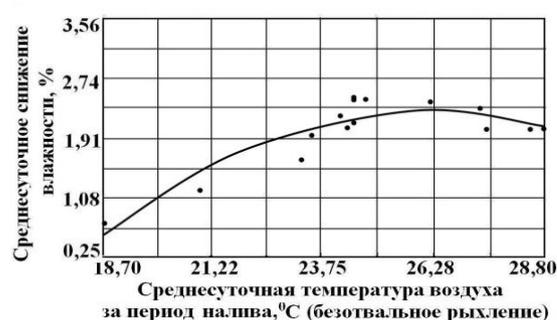
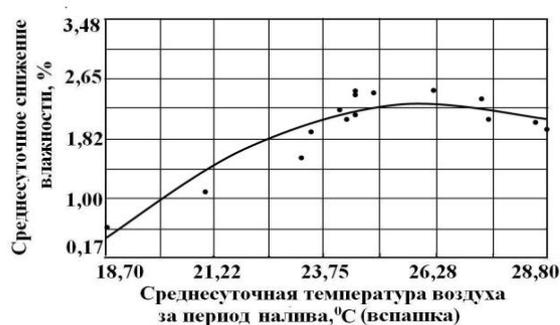
На фоне значительных различий урожайности сортов яровой твёрдой пшеницы по годам исследований просматривается преимущество размещения их по фону безотвального рыхления зяби, а также наличие сортовых реакций в 2017 году. Математический анализ зависимости показателей снижения влажности зерновок яровой твёрдой пшеницы от среднесуточной температуры воздуха за период налива показал наличие высоких коррелятивных отношений (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3

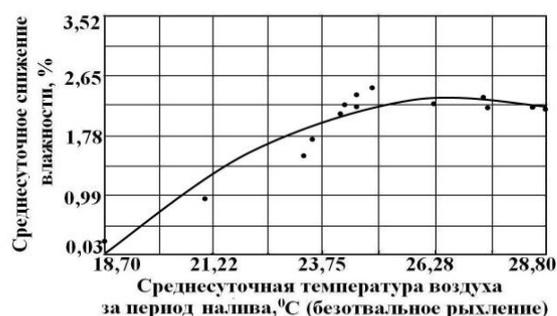
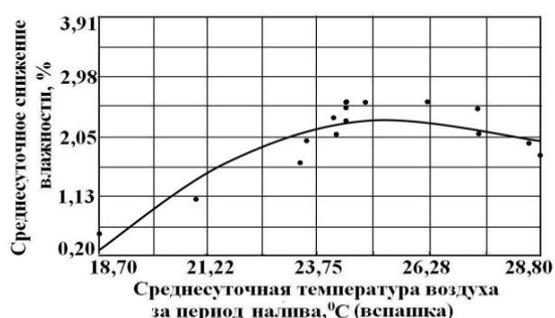
Зависимость снижения влажности зерновок яровой твёрдой пшеницы от среднесуточной температуры воздуха за период налива

Коррелируемые величины	Параметры величин (M±G)	v, %	η <sub>yx</sub>	F <sub>05</sub>	
				факт.	теор.
1	2	3	4	5	6
1. Среднесуточная температура воздуха, °C x <sub>1</sub>	<u>18,7 – 28,8</u> 24,7 ± 2,7	10,9	-	-	-
2. Снижение влажности зерна за сутки, %. Сорт Оренбургская 10, вспашка y <sub>1</sub>	<u>0,50 – 2,57</u> 2,02 ± 0,59	29,1	0,919	5,51	3,99
$y_1 = -25,526 + 2,1646x_1 - 4,201E - 02x_1^2 \pm 0,25 \%$ , для 84,45% случаев					
3. Среднесуточная температура воздуха, °C x <sub>2</sub>	<u>18,7 – 28,8</u> 24,7 ± 2,7	10,9	-	-	-
4. Снижение влажности зерна за сутки, %. Сорт Оренбургская 10, безотвальное рыхление y <sub>2</sub>	<u>0,21 – 2,41</u> 1,92 ± 0,62	32,3	0,958	10,34	3,99
$y_2 = -22,252 + 1,828x_2 - 3,403E - 02x_2^2 \pm 0,19 \%$ , для 91,70 % случаев					

1	2	3	4	5	6
5. Среднесуточная температура воздуха, °C $x_3$	$\frac{18,7 - 28,8}{24,7 \pm 2,7}$	10,9	-	-	-
6. Снижение влажности зерна за сутки, %. Сорт Безенчукская 210, вспашка $y_3$	$\frac{0,62 - 2,45}{1,99 \pm 0,53}$	26,5	0,922	5,69	3,99
$y_3 = -20,835 + 1,769 x_3 - 0,0338 x_3^2 \pm 0,22 \%$ , для 84,64 % случаев					
7. Среднесуточная температура воздуха, °C $x_4$	$\frac{18,7 - 28,8}{24,7 \pm 2,7}$	10,9	-	-	-
8. Снижение влажности зерна за сутки, %. Сорт Безенчукская 210, безотвальное рыхление $y_4$	$\frac{0,75 - 2,45}{2,01 \pm 0,48}$	24,0	0,918	5,48	3,99
$y_4 = -18,929 x_4 + 1,615 x_4 - 3,090 E - 02 x_4^2 \pm 0,21 \%$ , для 84,36 % случаев					



Сорт Безенчукская 210



Сорт Оренбургская 10

Рис. 1. Зависимость среднесуточного снижения влажности зерновок яровой твёрдой пшеницы от среднесуточной температуры воздуха за период налива

Длительность периода налива зерна зависела от метеоусловий периода вегетации и составила в 2016 году 31 день, в 2017 г. – 26 дней, в 2018 г. – 20-21 день. В годы опытов отмечалась низкая влажность зерна к концу налива.

Различия по среднесуточному приросту массы 1000 зёрен в пользу наиболее урожайного года. Снижение прироста в резко засушливый год объясняется малым приростом сухого вещества за период накопления, а малые значения в средний по урожайности год – более длительным временем его накопления (табл. 4).

При этом рост темпов накопления сухого вещества в зерне яровой твёрдой пшеницы наблюдается в интервале значений средней суточной температуры воздуха от 18,7°C до 26,2°C; последующий рост значений температуры снижает прирост сухого вещества.

Снижение влажности зерна в период налива определяется степенью засушливости конкретного года: оно равномерно в годы с температурой воздуха 23,5-25,8°C и резко возрастает в засушливый год уже с самого начала накопления запасных веществ зерна (табл. 5).

Таблица 4

Среднесуточное снижение влажности зерновок сортов яровой твёрдой пшеницы  
за период налив – созревание

Показатели		2016 г.	2017 г.	2018 г.
Вспашка				
Длительность периода, дн.		31	26	20
Влажность зерна, %	начальная	75,2	78,1	79,00
	конечная	8,36	8,20	8,70
Снижение влажности за период учёта, %		66,84	69,9	70,3
Среднесуточное снижение, %		2,16	2,30	3,52
Безотвальное рыхление				
Длительность периода, дн.		31	27	21
Влажность зерна, %	начальная	76,2	71,8	79,6
	конечная	9,15	9,90	10,8
Снижение влажности за период учёта, %		67,05	61,9	68,8
Среднесуточное снижение, %		2,16	2,29	3,28

Таблица 5

Динамика снижения влажности зерна яровой твёрдой пшеницы в связи с приёмами обработки почвы  
в различные по погодным условиям годы

Сорт	Прием обработки почвы	Год	Снижение влажности зерна за периоды учёта, % за сутки					
			1-4	5-10	11-14	15-20	21-25	26-31
Оренбургская 10	вспашка	2016	0,47	2,37	1,72	1,88	2,25	2,43
		2017	0,22	2,65	1,30	1,95	2,20	-
		2018	2,28	2,30	3,50	3,55	-	-
	среднее		0,99	2,44	2,17	2,46	2,22	2,43
	безотвальное рыхление	2016	0,20	2,20	1,95	2,40	2,40	1,93
		2017	0,18	2,50	2,06	1,34	1,96	-
		2018	2,02	2,80	2,52	2,60	-	-
среднее		0,80	2,50	2,18	2,11	2,18	1,93	
Безенчукская 210	вспашка	2016	0,77	2,41	1,85	1,96	2,16	2,38
		2017	0,19	1,96	2,00	1,94	2,18	-
		2018	2,16	2,35	3,16	2,96	-	-
	среднее		1,64	2,24	2,34	2,29	2,17	2,38
	безотвальное рыхление	2016	0,84	2,16	1,97	2,02	2,19	2,42
		2017	0,28	1,84	2,16	1,84	2,21	-
		2018	1,96	2,41	2,84	3,08	-	-
среднее		1,03	2,04	2,32	2,31	2,20	2,42	

В начале зернообразования (1-4 день) процесс снижения влажности зерна более интенсивен у сорта Безенчукская 210, в дальнейшем различия малозначительны. Влияние приёмов обработки почвы на динамику снижения влажности зерновок также проявляется в первые периоды налива, и оно более интенсивно в засушливые годы на фоне отвальной обработки почвы, хотя в целом процесс потери влаги зерном в значительной степени связан с погодными условиями после колошения пшеницы.

Более растянутый по времени и связанный с этим равномерный режим потери влаги формирующимся зерном способствует образованию более полноценного зерна и более продуктивного колоса.

Процесс созревания зерна яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья протекает в соответствии со степенью благоприятности периода после колошения. В последние годы именно период налива зерна характеризуется неблагоприятностью по температурному режиму воздуха и недостатком осадков. В резко неблагоприятные годы период налива зерна сокращается до 18-20 дней, что недостаточно для формирования полноценного колоса.

При посеве яровой твёрдой пшеницы по фону безотвального рыхления зяби создаются более благоприятные условия для налива – не резко выраженное снижение влажности зерновок

в первый период зернообразования, более равномерный налив сухого вещества. Но в условиях резкосушливых лет отрицательное влияние высокой температуры воздуха превалирует.

**Заклучение.** Длительность налива зерна яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Приуралье изменяется от 20 до 31 дня в зависимости от метеоусловий периода вегетации.

Корреляционные отношения зависимости темпов снижения влажности зерна от среднесуточной температуры воздуха высоки и составляют от 0,919 до 0,958. Рост темпов накопления сухого вещества в зерне твёрдой пшеницы наблюдается в интервале температур воздуха 18,7-26,2°C, в последующем рост значений температуры снижает прирост сухого вещества.

На фоне безотвального рыхления зяби снижение влажности зерновок идёт менее интенсивно: сорт Оренбургская 10 – по вспашке 0,99-2,46% за сутки, по безотвальному рыхлению – 0,80-2,50% за сутки; сорт Безенчукская 210 – по вспашке 1,64-2,34%, по безотвальному рыхлению – 1,03-2,32%.

#### Библиографический список

1. Евдокимов, М. Г. Влияние метеорологических факторов на формирование и налив зерна яровой твёрдой пшеницы / М. Г. Евдокимов, Б. М. Татина, В. С. Юсов // Омский научный вестник. – 2015. – № 1 (138). – С. 83-87.
2. Фризен, Ю. В. Особенности зернообразования и его влияние на урожайность, посевные качества зерна яровой твёрдой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Фризен Юлия Валерьевна. – Омск, 2011. – 17 с.
3. Евдокимов, М. Г. Формирование и налив зерна яровой твёрдой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / М. Г. Евдокимов, В. С. Юсов, Б. М. Татина, В. В. Андреева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – №11 (133). – С. 5-9.
4. Василевский, В. Д. Зависимость урожая различных сортов яровой твёрдой пшеницы при разных сроках посева от основных параметров зернообразования / В. Д. Василевский, Ю. В. Фризен // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – №1 (63). – С. 5-9.
5. Фризен, Ю. В. Особенности продукционного процесса сортов яровой твёрдой пшеницы в зависимости от срока посева в южной лесостепи Западной Сибири / Ю. В. Фризен, В. Д. Василевский // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2009. – №4 (17). – С. 76-82.
6. Чепец, Е. С. Образование, налив и созревание зерна озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. – 2012. – №1 (19). – С. 36-41.
7. Тухфатуллин, М. Ф. Агробиологические и морфо-физиологические особенности сортов яровой твёрдой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Тухфатуллин Марат Фаилевич. – Оренбург, 2009. – 23 с.

#### References

1. Evdokimov, M. G., Tatina, B. M., & Yusov, V. S. (2015). Vliyanije meteorologicheskikh faktorov na formirovaniie i naliv zerna yarovoi tvordoi pshenitsy [The influence of meteorological factors on the formation and filling of spring durum wheat]. *Omskii nauchnyi vestnik. Omsk Scientific Bulletin*, 1 (138), 83-87 [in Russian].
2. Friesen, Yu. V. (2011). Osobennosti zernoobrazovaniia i yego vliianiie na urozhainost, posevnyie kachestva zerna yarovoi tvordoi pshenitsy v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Features of grain formation and its influence on productivity, sowing qualities of grain of spring durum wheat in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Omsk [in Russian].
3. Evdokimov, M. G., Yusov, V. S., Tatina, B. M., & Andreeva, V. V. (2015). Formirovaniye i naliv zerna yarovoi tvordoi pshenitsy v usloviakh lesostepi Zapadnoi Sibiri [Formation and filling of spring durum wheat in the forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of Altai State Agrarian University*, 11 (133), 5-9 [in Russian].
4. Vasilevsky, V. D., & Friesen, Yu. V. (2010). Zavisimost urozhaiia razlichnykh sortov yarovoi tvordoi pshenitsy pri raznykh srokakh poseva ot osnovnykh parametrov zernoobrazovaniia [Dependence of the yield of different varieties of spring durum wheat at different sowing dates on the main parameters of grain formation]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of Altai State Agrarian University*, 1 (63), 5-9 [in Russian].
5. Friesen, Yu. V., & Vasilevsky, V. D. (2009). Osobennosti produktsionnogo processa sortov yarovoi tvordoi pshenitsy v zavisimosti ot sroka poseva v yuzhnoi lesostepi Zapadnoi Sibiri [Features of the production process of varieties of spring durum wheat depending on the sowing period in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik Buriatskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii im. V. R. Filippova – Bulletin Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Philippov*, 4 (17), 76-82 [in Russian].

6. Chepets, E. S. (2012). Obrazovaniye, naliv i sozrevaniye zerna ozimogo yachmenia [Education, filling and ripening of winter barley]. *Zernovoie hoziaistvo Rossii – Grain Economy of Russia*, 1 (19), 36-41 [in Russian].

7. Tukhvatullin, M. F. (2009). Agrobiologicheskie i morfo-fiziologicheskie osobennosti sortov yarovoi tvordoi pshe-nitsy pri raznykh priiomakh osnovnoi obrabotki pochvy [Agro-biological and morfo-physiological characteristics of varieties of spring durum wheat under different methods of primary tillage]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Orenburg [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cdbc15282e228.25481470

УДК: 635.21:631.526.32 (470 56)

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ СТОЛОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ОРЕНБУРЖЬЕ

**Мушинский Александр Алексеевич**, д-р с.-х. наук, доцент, вед. науч. сотр., зав. отделом картофелеводства, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail: san2127@yandex.ru

**Аминова Евгения Владимировна**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отдела картофелеводства, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

**Саудабаева Алия Жонысовна**, канд. биол. наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 января, 29.

E-mail: aleka\_87@bk.ru

**Ключевые слова:** картофель, урожайность, продуктивность, свойства, сорт, товарность.

*Цель исследований – определить перспективные сорта, обеспечивающие наибольшую продуктивность и адаптивность к почвенно-климатическим условиям Оренбуржья. Внедрение в производство новых столовых сортов, способных противостоять влиянию неблагоприятных абиотических и биотических факторов среды, даст возможность лучше удовлетворять потребность населения в качественном картофеле. В 2016-2018 гг. в орошаемых условиях Оренбуржья проведено сравнительное испытание восемнадцати сортов картофеля (Любава, Кузовок, Ред Скарлетт, Буррен, Барна, Невский, Фреско, Спиридон, Тарасов, Сантэ, Импала, Шери, Розара, Захар, Агат, Ицил, Кавалер, Браслет). Закладка опыта осуществлялась на базе ООО «Агрофирма «Промышленная», почвенный покров участка – чернозём южный террасовый среднегумусный среднеспелый. Ежегодно вносилось удобрение с дозой  $N_{75}P_{120}K_{112}$  кг д. в. Опыт закладывался по однофакторной схеме в 3-кратной повторности. Площадь делянки 140 м<sup>2</sup> (50 м × 2,8 м), учётная – 70 м<sup>2</sup> (50 м × 1,4 м). Определяли урожайность, товарность, содержание крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля. Годы исследований различались по климатическим характеристикам, что позволило надёжно оценить возможности изучаемых сортов. В результате трёхлетних исследований максимальная продуктивность (46,5 и 44,8 т/га) отмечалась у сортов Кавалер и Барна, что превысило урожайность стандартного сорта Невский на 42 и 45% соответственно. Максимальное количество клубней с одного растения было получено у сортов Любава (15 шт./куст) и Барна (12 шт./куст). Были выделены наиболее адаптивные к местным условиям сорта картофеля, сочетающие высокую урожайность (свыше 40 т/га) и содержание крахмала (>14 %): Кавалер, Любава, Тарасов и Буррен.*

*Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019-2020 гг. Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (№ 0761-2019-0011).*

## MAIN RESULTS STUDY OF TABLE POTATO VARIETIES GROWN IN ORENBURG REGION

**A. A. Mushinsky**, Doctor of Agricultural Sciences, associate Professor, leading researcher, head of Department of potato, Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, 9 January street, 29.

E-mail: san2127@yandex.ru

**E. A. Aminova**, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher Department of potato growing, Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, 9 January street, 29.

E-mail: aminowa.eugenia2015@yandex.ru

**A. Zh. Saudabayeva**, Candidate of Biological Sciences, Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, 9 January street, 29.

E-mail: aleka\_87@bk.ru

**Key words:** potatoes, yield, productivity, properties, variety, marketability.

The research aim is identification of promising varieties that provide the highest productivity and adaptability to soil and climatic conditions of the Orenburg Region. Nowadays, the introduction of new table varieties into production, capable of resisting the influence of unfavorable abiotic and biotic environmental factors, will make it possible to better meet the population's need for high-quality potatoes. In 2016-2018 In the irrigated conditions of Orenburg, a comparative test of eighteen potato varieties was carried out (Lyubava, Kuzovok, Red Scarlett, Burren, Barna, Nevsky, Fresco, Spiridon, Tarasov, Sante, Impala, Sherry, Rosara, Zakhar, Agat, Itzil, Cavalier, Bracelet). The experiment was laid on the basis of OOO Agrofirma Promyshlennaya, the soil cover of the plot is the southern terraced chernozem medium medium humid medium soil. Annually fertilizer was applied with a dose of N<sub>75</sub>P<sub>120</sub>K<sub>112</sub> kg d.v. The experience was laid on a single-factor scheme in 3 replicates. Plot area 140 m<sup>2</sup> (50 m × 2.8 m), accounting – 70 m<sup>2</sup> (50 m × 1.4 m). The yield, marketability, starch and dry matter content in potato tubers were determined. Years of research differed in climatic characteristics, which made it possible to reliably assess the possibilities of the varieties under study. As a result of three years of research, the maximum productivity of 46.5 and 44.8 t/ha was observed in the Cavalier and Barna varieties, which exceeded the yield of the standard Nevsky variety by 42 and 45 %, respectively. The maximum number of tubers from one plant was obtained from the varieties Lyubava (15 pcs/bush) and Barna (12 pcs/bush). The most adaptive to local conditions varieties of potato were distinguished, combining high yields over 40 t/ha and starch content (> 14 %): Cavalier, Lubawa, Tarasov and Burren.

The studies were carried out in accordance with the research plan for 2019-2020 Federal State Scientific Institution «Federal Research Centre of Biological Systems and Agro-technologies of the Russian Academy of Sciences» (№ 0761-2019-0011).

Картофель – ключевой продукт питания во многих регионах мира. Импорт семенного картофеля в 2017 году составил 20,3 тыс. тонн, экспорт семенных клубней, в основном, в страны СНГ – 19,3 тыс. тонн. В 2018 году процент высаженных семенных клубней зарубежных сортов картофеля, в основном, из Германии и Голландии, составил 49,2 %, отечественной селекции – 19,7 % [1]. Возделывание и получение стабильных урожаев картофеля высокого качества возможно практически в каждом регионе России. В основных областях возделывания картофеля в нашей стране имеются разнообразные природно-климатические условия: варьирование по агрохимическим показателям почв, сумме осадков в период вегетации, сумме эффективных температур и другим критериям, влияющим на рост и развитие растений. Эти факторы в большей мере обуславливают использование картофелем агроклиматического потенциала территорий, уровень риска и прогноз урожайности [2, 3, 4, 5]. Для возделывания на территории Оренбуржья необходимо выбирать сорта с учётом того, насколько хорошо выбранный сорт картофеля переносит неблагоприятные условия произрастания, прежде всего засуху, повышенную и пониженную влажность, а также аномально высокую температуру. В Российском государственном реестре селекционных достижений имеется около 400 сортов. Из них только двадцать семь допущены к использованию по Оренбургской области, но фактическое распространение имеют два-три сорта.

**Цель исследований** – определить перспективные сорта, обеспечивающие наибольшую продуктивность и адаптивность к почвенно-климатическим условиям Оренбуржья.

**Задачи исследований** – изучить отечественные и зарубежные сорта картофеля; оценить содержание в клубнях картофеля крахмала и сухого вещества; привести экономическую эффективность возделывания исследуемых сортов картофеля.

**Материалы и методы исследований.** Закладка опыта, наблюдения и исследования осуществлялись согласно методикам: полевого опыта Б. А. Доспехова (1985), «Государственное сортоиспытание сельскохозяйственных культур» (1975) и «Методика исследований по культуре картофеля» (1967). По ГОСТ 26 545-85 определяли структуру и товарность урожая, проводили предуборочную копку клубней, калибровали их по фракциям. Полевой опыт проводили с 2016 по 2018 гг. на орошаемом участке ООО «Агрофирма «Промышленная». Ежегодно на опытном участке проводили внесение удобрений с общей нормой  $N_{75} P_{120} K_{112}$  кг д.в.: 157 кг д.в. фосфорных и калийных удобрений под вспашку и весной – 150 кг д.в. аммофоса вразброс с заделкой доминатором AMAZONE.

Схема опыта включала посадки следующих сортов: Любава, Невский, Кузовок, Фреско, Барна, Буррен, Ред Скарлетт, Фреско, Спиридон, Тарасов, Сантэ, Импала, Шери, Розара, Захар, Агат, Ицил, Кавалер, Браслет. В качестве контроля были взяты сорта: Невский и Спиридон.

Площадь деланки 140 м<sup>2</sup> (50 м × 2,8 м), учётная – 70 м<sup>2</sup> (50 м × 1,4 м), повторность – 3-кратная. Расположение вариантов в повторении систематическое. Почвенный покров опытного участка – чернозём южный, террасовый, среднегумусный, среднемощный (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели почв опытного участка

Тип почвы	Гумус, %	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/100 г почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г почвы	K <sub>2</sub> O, мг/100 г почвы
Чернозём южный	4,2	6,88	2,59-3,89	33-45

Были отмечены следующие особенности погодных условий за период наблюдений 2016-2018 гг.: вторая декада мая 2016 г. характеризовалась холодной погодой, в третьей декаде среднесуточная температура превышала среднемноголетнюю на 3...6°C, а в дневные часы температура воздуха достигала 27-34°C. Средняя температура воздуха в июне и июле была в соответствии со среднемноголетней – 19,8 и 22,7°C, в августе на 4,4°C выше показателей нормы. За весь срок вегетации выпало 56 мм осадков (21,8 мм в мае, 10,1 мм в июне, 21,8 мм в июле и 2,3 мм в августе). В мае 2017 г. температура воздуха прогревалась до 27°C. Средняя температура воздуха за месяц равнялась 14,6°C (что на 2,1°C ниже нормы). В июне зафиксирована средняя температура воздуха 18,2°C (что на 1-3°C ниже нормы), в июле – 22,7°C (на 0,6° выше нормы), в августе – 19-24,2°C (на 7-9°C выше нормы). За весь срок вегетации картофеля выпало 53 мм осадков (34 % в мае, 32 % в июне, 25 % в июле и 9 % в августе). В мае 2018 г. средняя температура воздуха составила 16,6°C (на 2,1°C ниже нормы), при сумме осадков 30 мм, что превысило на 11 % среднемноголетнюю норму. Максимальная температура воздуха во второй декаде мая поднималась до 33°C. В первой декаде июня средняя температура воздуха составляла 18,0°C, в третьей декаде увеличилась на 5,8°C, что на 2,1°C было выше среднемноголетних данных. Среднемесячная температура воздуха в июле составила 25,5°C (что на 3,4°C выше нормы). Аномально высокая температура была отмечена в середине первой декады августа – 27°C, что на 4-7°C выше нормы. В целом за летние месяцы выпало 49 мм осадков.

По температурному режиму 2016 год можно назвать благоприятным для роста и развития картофеля при орошении, а 2017 и 2018 годы охарактеризовать как относительно благоприятные. Годы исследований различались по климатическим характеристикам, что позволило надёжно оценить возможности изучаемых сортов.

**Результаты исследований.** Анализ данных трёхлетних исследований показывает, что в 2016 году были отмечены наиболее благоприятные погодные условия для роста и развития картофеля. В рассматриваемом году была отмечена максимальная урожайность у исследуемых сортов: Кавалер (56,5 т/га), Барна (54,8 т/га), Тарасов (57,1 т/га), Любава (49,6 т/га), на посадках контрольных сортов урожайность ограничивалась 41,8 т/га у сорта Невский и 43,5 т/га у сорта Спиридон (рис. 1).

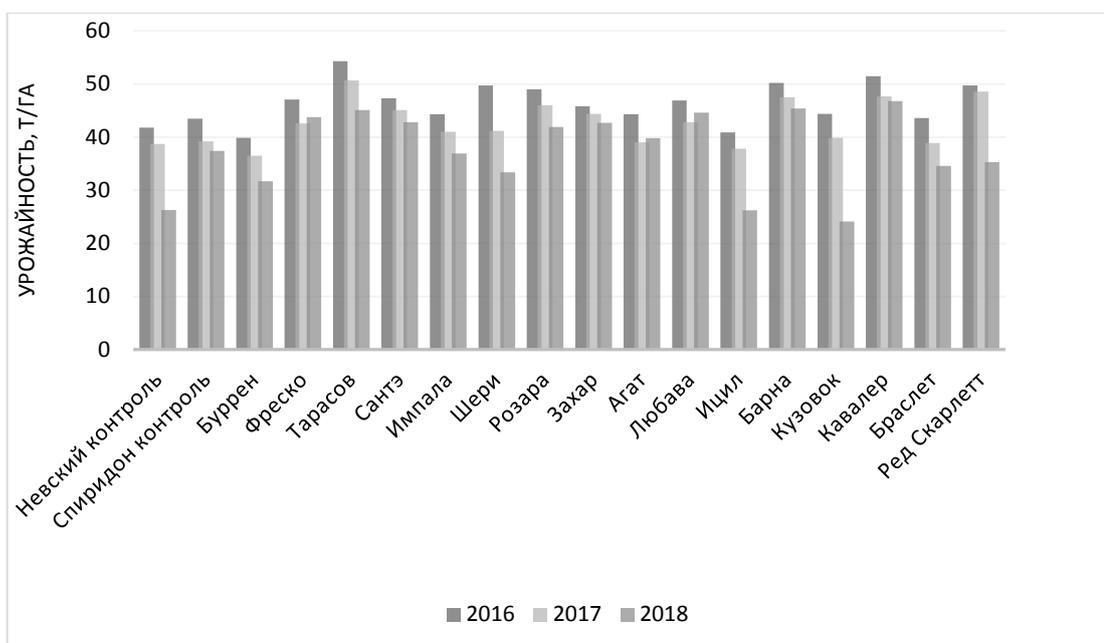


Рис. 1. Урожайность исследуемых сортов картофеля в среднем (2016-2018 гг.)

В среднем за годы проведения исследований наибольшая урожайность отмечалась у исследуемых сортов: Кавалер (49,5 т/га), Барна (47,8 т/га), Любава (46,6 т/га), Тарасов (46,1 т/га). Урожайность на контрольных вариантах в среднем за 2016-2018 гг. составила 29,0 т с 1 га (сорт Невский) и 39,6 т с 1 га (сорт Спиридон). На остальных вариантах урожайность варьировала от 23,7 т/га (Кузовок) до 43,6 т/га (Фреско).

По данным математической обработки полученных экспериментальных данных видно, что высокий уровень продуктивности картофеля зависел, прежде всего, от количества и массы клубней с одного куста, коэффициент корреляции равен +0,71. Положительная корреляция указывает на сочетание высокой продуктивности сорта с его многоклубневостью. Характеристика исследуемых сортов по вариации изменчивости признака продуктивности представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика исследованных сортов картофеля по качественным показателям, 2016-2018 гг.

Сорт	Количество клубней с одного куста, шт.	Масса клубней, г/куст	Товарность, %
Невский (контроль)	9±2,5	539,1	95,0
Спиридон (контроль)	11±1	710,3	96,4
Кавалер	15±1,9	1024,2	96,4
Буррен	11±1,2	1011,1	96,3
Ред Скарлетт	8±1	983,5	96,9
Любава	15±1,2	769	96,1
Браслет	9±1,8	746,6	95,5
Ицил	10±1,2	590,9	93,4
Фреско	10±1,4	706,8	96,6
Барна	12±1,3	1123,3	97,2
Кузовок	11±1	566,5	94,5
Тарасов	13±2,1	1109,9	97,6
Сантэ	9±3,2	890,7	96,0
Импала	15±1	887,8	96,7
Шери	14±1,5	980,1	96,5
Розара	10±2	1098,8	95,9
Захар	11±0,9	990,6	97,3
Агат	12±1,8	909,1	95,1
R	0,71		-

Примечание: R – коэффициент корреляции.

В среднем за годы исследований наибольший выход товарной продукции по опыту был получен у следующих сортов картофеля: Тарасов – 97,6 %, Захар – 97,3 %, Барна – 97,2 %, Буррен – 96,3 %, у остальных сортов товарность была на уровне контроля 95,1-96,6 % (табл. 2).

О качестве клубня картофеля, его вкусовых достоинствах судят по величине содержания в нём крахмала, сухого вещества, которые определяются рядом факторов – это, прежде всего, сортовые особенности [6]. Как известно, крахмалистость картофеля также меняется в зависимости от погодных условий и места произрастания [7].

Ранее авторы указывали, что выявление сортовых и агротехнических особенностей накопления крахмала в клубнях представляет собой практическое значение, так как при более высокой величине этого показателя повышается пищевая и техническая ценность картофеля, а также улучшается его лёжка при хранении [8]. В тоже время М. Косч и др. подтверждают, что эти показатели коррелируют с реологическими свойствами клубней, чем выше концентрация сухого вещества и крахмала, тем выше устойчивость клубней к механическим воздействиям во время уборки, транспортировки и хранения [9]. На основании проведенных исследований установлено, что наибольшее содержание крахмала отмечено у сорта Любава – 15,3 % и Кузовок – 14,7 %, у остальных исследуемых сортов этот показатель варьировался от 12,1 % (Ред Скарлетт) до 14,5 % (Барна) (рис. 2).

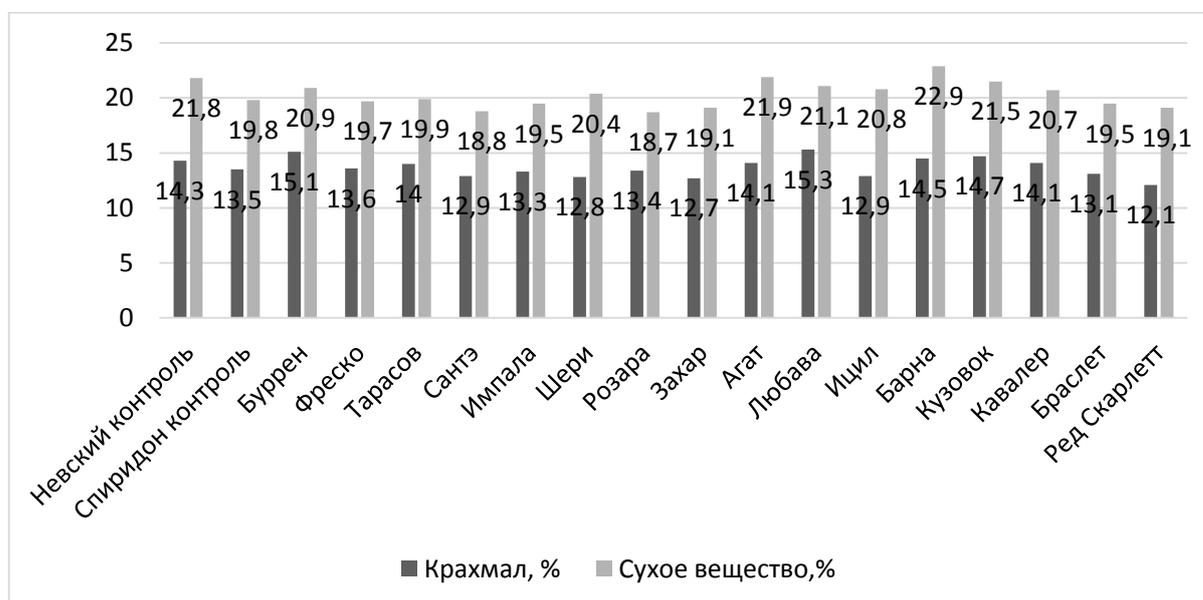


Рис. 2. Содержание крахмала и сухого вещества в клубнях картофеля за 2016-2018 гг., %

Из приведенных данных рисунка 2 следует, что повышенное содержание сухого вещества в клубнях было у сортов Барна (22,9 %) и Агат (21,9 %), на остальных вариантах изменялось от 18,7 % (сорт Розара) до 22,1 % (сорт Спиридон).

По данным расчёта показателей экономической эффективности можно сделать вывод о том, что все исследуемые сорта картофеля имели условно-чистый доход и являлись рентабельными. Наибольший уровень рентабельности показали сорта Кавалер 276,5 %, Любава 271,2 %, Буррен 265,8 %, у контрольных сортов он составил: Невский 202,3 % и Спиридон 212,9 %.

**Заключение.** В результате комплексного исследования было установлено, что перспективные сорта картофеля Тарасов, Кавалер, Любава и Буррен в сравнении с районированными сортами Невский и Спиридон имеют следующие хозяйственно-ценные качества: высокий потенциал урожайности (56,5-49,6 т/га), высокое содержание крахмала (>14%) и стабильный уровень рентабельности (276,5-265,8%). Авторы рекомендуют для возделывания данные сорта картофеля в агропромышленных хозяйствах на территории Оренбуржья.

#### Библиографический список

1. Анисимов, Б. В. Сорта картофеля, возделываемые в России : справочное издание / Б. В. Анисимов, С. Н. Еланский, В. Н. Зейрук [и др.]. – М. : Агроспас. – 2013. – 144 с.
2. Болиева, З. А. Оценка качества клубней отечественных и зарубежных сортов картофеля в условиях предгорной зоны РСО-Алания / З. А. Болиева, Л. Ю. Доева, С. В. Лихненко // Научная жизнь. – 2015. – №1. – С. 70-73.
3. Дубровин, Н. К. Продуктивность отечественных сортов картофеля в Астраханской области / Н. К. Дубровин, Ш. Б. Байрамбеков, О. Г. Корнева // Картофель и овощи. – 2012. – №1. – С. 19-20.
4. Ли, И. Селекционная оценка гибридов картофеля предварительного испытания в условиях Иркутской области / И. Ли, С. П. Бурлов, Н. И. Большешапова // Научно-практический журнал Вестник ИРГСХА. – 2017. – Вып. 79. – С. 53-60.
5. Мушинский, А. А. Подбор сортов картофеля для почвенно-климатических условий степной зоны Южного Урала / А. А. Мушинский, Е. В. Аминова, Е. В. Герасимова // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 4. – С. 51-54.
6. Николаев, А. В. Экологическое испытание белорусских сортов картофеля в условиях Костромской области / А. В. Николаев, Н. П. Сезонова, И. Г. Любимская [и др.]. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 1 (44). – С. 14-17.
7. Румик, Т. В. Перспективы производства и рынка картофеля в России и мире // Нивы России. – 2018. – №7(162). – С. 82-86.
8. Федотова, Л. С. Урожайность и качество картофеля в зависимости от форм и доз калийных удобрений в условиях Центрального региона России / Л. С. Федотова, Н. А. Тимошина, Е. В. Князева, Я. В. Докшин // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля : сб. науч. тр. – Челябинск. – 2016. – №8. – С. 274-283.
9. Koch, M. Cracking and fracture properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution / M. Koch, M. Naumann, E. Pawelzik // J Sci Food Agric. – 2018. – doi: 10.1002/jsfa.9530.

#### References

1. Anisimov, B. V., Elansky, S. N., Zeyruk, V. N., Kuznetsova, M. A., Simakov, E. A., & Sklyarova, N. P. (2013). Sorta kartofelia, vozdelivaemii v Rossii [Potato varieties cultivated in Russia]. Moskva: Agrosapas [in Russian].
2. Boliyeva, Z. A., Doeva, L. Yu., & Likhnenko, S. V. (2015). Otsenka kachestva klubnei otechestvennikh i zarubejnikh sortov kartofelia v usloviiah predgornoi zoni RSO\_Alaniya [Evaluation of the quality of tubers of domestic and foreign potato varieties in the foothill zone of the RSO-Alania]. *Nauchnaya jizn – Academic Life*, 1, 70-73[in Russian].
3. Dubrovin, N. T., Beirambekov, S. B., & Korneva, O. G. (2012). Produktivnost otechestvennikh sortov kartofelia v Astrahanskoi oblasti [Productivity of the domestic varieties of potatoes in the Astrakhan region]. *Kartofel i ovoschi – Potatoes and vegetables*, 1, 19-20 [in Russian].
4. Lee, I., Burlov, S. P., & Bolsheshapova, N. I. (2017). Selekcionnaja otsenka gibridov kartofelia predvaritelnogo ispitaniya v usloviyah Irkutskoi oblasti [Breeding and evaluation of hybrids of potato preliminary tests in the conditions of Irkutsk region]. *Nauchno-prakticheskii jurnal «Vestnik IrGSHA» – Scientific-practical journal Vestnik IrGSHA*, 79, 53-60 [in Russian].
5. Mushinsky A. A., Aminova E. V., & Gerasimova E. V. (2017). Podbor sortov kartofelia dlia pochvenno\_klimaticheskikh uslovij stepnoj zoni Yujnogo Urals [Selection of varieties of potato for the soil-climatic conditions of the steppe zone of the Southern Urals]. *Dostizhenija nauki i tekhniki APK – Achievements of Science and Technology of AICs*, 31 (4), 51-54 [in Russian].
6. Nikolaev, A. V. Sezonova, N. P., Lyubimskaya, I. G., Kuznetsov, S. S., & Kolyadko, I. I. (2015). Ekologicheskoe ispitaniye belorusskikh sortov kartofelia v usloviyakh Kostromskoi oblasti [Belarusian Environmental testing of potato varieties under conditions of Kostroma region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka – Agricultural Science Euro-North-East*, 1 (44), 14-17 [in Russian].
7. Rumik, T. V. (2018). Perspektivi proizvodstva i rinka kartofelia v Rossii i mire [Prospects for the production and market of potatoes in Russia and the world]. *Nivi Rossii –Fields Of Russia*, 7 (162), 82-86 [in Russian].
8. Fedotova, L. S., Timoshina, N. A., Knyazeva, E. V., & Dokshin, Ya. V. (2016). Urojainost i kachestvo kartofelia v zavisimosti ot form i doz kaliinikh udobrenii v usloviyakh Centralnogo regiona Rossii [The yield and quality of potatoes, depending on the forms and doses of potash fertilizers in the conditions of the Central region of Russia]. Selection, seed production and technology of fruit and berry crops and potatoes '16: *sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings*, 8. (pp. 274-283).Chelyabinsk [in Russian].
9. Koch M., Naumann M., & Pawelzik E. (2018). Cracking and fracture properties of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers and their relation to dry matter, starch, and mineral distribution. *JSciFoodAgric*. doi: 10.1002/jsfa.9530.

## ПРОДУКТИВНАЯ ВЛАГА В СВЯЗИ С ПРИЁМАМИ АГРОТЕХНИКИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ В ОРЕНБУРГСКОМ ПРИУРАЛЬЕ

**Бесалиев Ишен Насанович**, д-р с.-х. наук, ведущий науч. сотр., зав. отделом технологий зерновых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**Панфилов Александр Леонидович**, канд. с.-х. наук, ведущий науч. сотр. отдела технологий зерновых культур, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**Ключевые слова:** обработка, почва, пшеница, корреляция, урожайность.

*Статья публикуется по теме госзадания 0761-2019-0004.*

*Цель исследований – повышение урожайности яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья. В связи с нарастанием засушливости климата наблюдается недостаток продуктивной влаги в почве, что на фоне роста температуры воздуха создает резко неблагоприятные условия формирования урожая. Метод исследований – полевой эксперимент. Полевые опыты проведены в условиях центральной зоны Оренбургской области в зоне южных черноземов. Изучены два приема основной обработки почвы – вспашка, безотвальное рыхление зяби на глубину 25-27 см и фон без основной обработки почвы. Опыты заложены в соответствии с требованиями методики полевых исследований. Полевая влажность почвы определялась весовым методом, расчет корреляционных отношений – с использованием программы Statistica 6.0. Установлено, что урожайность изучаемой культуры не имеет достоверной связи с запасами продуктивной влаги к севу в горизонтах почвы 0-30 см и 30-60 см и положительно коррелирует с их количеством в горизонте 60-100 см и в метровом (0-100 см) горизонте. В фазе колошения содержание полезной влаги как в посевном (0-30 см), основном корнеобитаемом (30-60 см) и более глубоких слоях почвы (60-100 см), а также её количество в метровом горизонте положительно связано с урожайностью яровой твёрдой пшеницы. Корреляционные отношения соответственно по горизонтам составляют 0,743; 0,801; 0,954; 0,828, т.е. после колошения возрастает роль влаги, содержащейся ниже полуметрового слоя почвы. Наиболее важное значение для формирования урожая яровой твёрдой пшеницы имеет накопление продуктивной влаги в горизонтах почвы 30-60 см и ниже. Безотвальное рыхление зяби способствует лучшему проникновению влаги в подпахотные слои почвы и увеличению её запасов.*

## PRODUCTIVE MOISTURE IN CONNECTION WITH THE AGRONOMIC PRACTICES AND YIELD OF SPRING DURUM WHEAT IN THE ORENBURG PRIURALYE

**I. N. Besaliev**, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Department of grain crops technology FSBI «Federal Scientific Center of Biological Systems and Agro Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460051, Orenburg, Gagarin Prospect, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**A. L. Panfilov**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the department of Grain Crops Technology FSBI «Federal Scientific Center of Biological Systems and Agro Technologies of the Russian Academy of Sciences».

460051, Orenburg, Gagarin Prospect, 27/1.

E-mail: omiish\_tzk@mail.ru

**Keywords:** processing, soils, wheat, correlation, productivity.

The published article relates to the topic of the state assignment 0761-2019-0004.

The research is targeted at the increase of the yield of spring durum wheat in the conditions of the Orenburg Urals. Climate aridity happens, there is lack of moisture in the soil, which creates unfavorable conditions for the formation of

the crop against the background of rising air temperature. This is a field experiment. Field experiments were conducted in the conditions of the Central zone of the Orenburg region in the zone of southern chernozems. Two methods of main tillage – plowing and soil loosening to a depth of 25-27 cm, background without the main tillage were studied. The experiments are conducted in accordance with the requirements of the field research methodology. Field soil moisture was determined by weight method, calculation of correlation relations – using Statistica 6.0 program. It is established that the yield of the studied crop has no reliable connection with the reserves of productive moisture to sowing in the soil horizons of 0-30 cm and 30-60 cm and positively correlates with their amount in the horizon of 60-100 cm and in the meter (0-100 cm) horizon. In the heading phase, the content of useful moisture in both the sowing (0-30 cm), the main root (30-60 cm) and deeper layers of soil (60-100 cm), as well as its amount in the meter horizon is positively associated with the yield of spring durum wheat. Correlation ratios, respectively, in the horizons are 0.743; 0.801; 0.954; 0.828, i.e. after heading, the role of moisture contained below the half-meter soil layer increases. The most important for the formation of the harvest of spring durum wheat is the accumulation of moisture required in the soil horizons 30-60 cm and below. Soil loosening allows better penetration of moisture into the sub-surface layers and increases its reserves.

Количество доступной влаги в почве определяет урожайность любой сельскохозяйственной культуры. В богарных условиях основные пути поступления и накопления влаги в почве – это осенне-зимние осадки, определяющие весенний запас влаги перед посевом и осадки периода вегетации.

В последние годы вследствие усиления аридности климата засушливых регионов недостаток почвенной влаги ощущается более остро. Снижается количество накапливаемой влаги как перед посевом из-за малого выпадения осадков, наличия малоснежных зим, быстрого поверхностного стока, а также из-за уменьшения количества осадков в период вегетации. Отрицательное влияние климатических факторов проявляется и через нарастание как средней температуры воздуха в наиболее важные периоды вегетации и особенно её максимальных значений.

Поиск путей увеличения и сохранения количества полезной влаги в период вегетации предполагает изучение различных вариантов технологии: сроки сева, внесение удобрений, предшественники, обработка почвы и др. В последние годы многие исследователи и практики в области сельского хозяйства изучают и внедряют разные системы основной обработки почвы для улучшения её водно-физических показателей, а также с точки зрения экономической целесообразности. Учитывая повышенную затратность отвальной вспашки и отрицательное воздействие её постоянного применения, приводящее к эрозии почв, в качестве альтернативы рассматриваются различные варианты ресурсосберегающих технологий.

Изучение разных приёмов основной обработки почвы для улучшения её водно-физических свойств показывает неоднозначность оценок, которая зависит от зоны проведения исследований и связанными с ней климатическими и почвенными особенностями. Так, в условиях Оренбургского Предуралья для формирования урожайности яровой твёрдой пшеницы до 31,6 ц с 1 га необходим запас продуктивной влаги перед посевом от 91,5 до 172,3 мм и сумма осадков за вегетацию в количестве 106,0-262,4 мм [1]. Установлена эффективность ресурсосберегающих способов обработки почвы в сравнении с традиционной вспашкой в условиях лесостепи Среднего Поволжья [2], а также в Татарстане [3]. Для условий Правобережья Саратовской области выявлено преимущество вспашки для накопления влаги в метровом слое почвы в сравнении с комбинированной минимальной и нулевой обработками [4]. Для условий лесостепи Красноярского края выявлено, что запасы продуктивной влаги и их сезонная динамика в пахотном слое агроценоза пшеницы не обусловлены типом основной обработки почвы, а в большей степени зависят от количества осадков [5].

В этом смысле применение полосной обработки под зябь на глубину до 0,4 м, по данным В. В. Бородычёва и А. С. Семененко [6], позволяет создавать гребнистый профиль с разрушением «плужной подошвы», наблюдаемой при отвальной вспашке, и способствовать увеличению запасов продуктивной влаги в подпахотных горизонтах. По результатам опытов в зоне Нижнего Поволжья [7], безотвальная обработка почвы проявляет преимущество в плане усвояемости осадков над отвальной вспашкой и поверхностной обработкой по яровой пшенице соответственно на 15,3 и 21,4%, а в посевах ячменя – на 11,9-21,2% в годы с любой интенсивностью осадков.

Противоэрозионная система обработки почвы показала свою эффективность для накопления влаги и водопроницаемости почвы в зоне серых лесных почв [8].

Существует мнение о том, что более эффективному использованию летних осадков в условиях Оренбургского Предуралья способствует обработка почвы по технологии No-till, хотя она уступает другим способам обработки почвы в накоплении осадков в холодный период [9, 10].

Таким образом, количество продуктивной влаги в почве и её распределение в различных горизонтах, определяемое в значительной мере способами обработки почвы и различными технологиями, играет важное значение в формировании продуктивности возделываемых культур. При этом обнаруживается неоднозначность оценок роли вариантов обработок почвы, что вполне объяснимо дополнительным влиянием условий лет, типов почвы.

**Цель исследований** – повышение урожайности яровой твёрдой пшеницы в условиях Оренбургского Приуралья.

**Задачи исследований** – определить влияние различных приёмов обработки почвы на накопление продуктивной влаги в различных горизонтах почвы и на урожайность яровой твёрдой пшеницы.

**Материалы и методы исследований.** Материал для исследований – данные полевых опытов с яровой твёрдой пшеницей на фоне различных приёмов основной обработки почвы (вспашка, безотвальное рыхление и фон без основной обработки почвы). В течение 2006-2012 гг. изучались все три приёма обработки почвы, в 2016-2018 гг. – вспашка и безотвальное рыхление. Почвы – чернозём южный, маломощный, среднесуглинистый, солонцеватый, pH почвенного раствора 6,8-6,9.

Варианты обработки почвы закладывались осенью предшествующего года. Вспашка проводилась плугом ПН-5-35 на глубину 25-27 см, безотвальное рыхление – плугами со стойками СибИМЭ на ту же глубину. Весной проводилось покровное боронование, предпосевная культивация на глубину 6-8 см. Посев сеялкой СН-16, норма высева семян – 4,5 млн. После посева – прикатывание.

Количество осадков за осенние месяцы составило от 78 мм (79% нормы) в 2018 году до 148 мм (149% нормы) в 2016 году. В среднем за годы опытов оно было в пределах среднемноголетнего – 105 мм (106%). В период за декабрь-февраль сумма осадков в среднем составила немного (92%) ниже нормы – 76 мм с отклонениями от наименьшего количества (39% нормы) в 2012 году до 187% от нормы или 153 мм в 2016 году. В марте-апреле количество осадков во все годы было выше нормы, за исключением одного года (2017 г. – 60%).

Сумма осадков за период вегетации яровой пшеницы в большинстве лет исследований (7 из 10) была ниже нормы, существенно ниже: в 2009 г. – 60%, 2010 г. – 11%, 2018 г. – 62%. Три года количество выпавших осадков превышало среднемноголетние значения на 15-54%. Таким образом, по характеру увлажнения период вегетации характеризовался как засушливый с недобором осадков.

Определение количества продуктивной влаги проводилось сразу после посева и в фазу колошения яровой твёрдой пшеницы. Отбор проб – ручным почвенным буром на глубину один метр через каждые 10 см. Сушка почвы – в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ при температуре 105°C до постоянного веса. Расчёт корреляционно-регрессионных отношений – по программе Statistica 6,0.

**Результаты исследований.** Объёмная масса почвы ( $\text{г}/\text{см}^3$ ) по вариантам вспашки и безотвального рыхления зяби в период посева различалась незначительно. По вспашке в слое 0-10 см – 1,10  $\text{г}/\text{см}^3$ , в слое 10-20 см – 1,12  $\text{г}/\text{см}^3$ , в слое 20-30 см – 1,23  $\text{г}/\text{см}^3$ ; после безотвальной обработки значения плотности почвы соответственно по слоям составили 1,12; 1,13 и 1,23  $\text{г}/\text{см}^3$ . При отсутствии основной осенней обработки объёмная масса почвы возрастала и составляла в слое 0-10 см 1,18  $\text{г}/\text{см}^3$ , в слое 10-20 см – 1,15  $\text{г}/\text{см}^3$  и слое 20-30 см – 1,24  $\text{г}/\text{см}^3$ . Измерение температуры посевного слоя почвы в период от посева до полных всходов показало наличие значимых различий по приёмам обработки почвы в годы с резким нарастанием температуры воздуха весной. В такие годы (2006, 2010 гг.) на фоне вспашки температура почвы в слое 0-10 см на 3,5-5,0°C превышала температуру этого же слоя на фоне безотвального рыхления зяби и фоне без обработки. В слое 10-20 см соответствующее превышение составило 3,5°C. В слое 20-30 см различия не обнаружались. В то же время отмечается довольно быстрое (к появлению полных всходов) выравнивание температурного режима по разным приёмам обработки почвы как в верхнем, так и в более глубоких слоях.

Изучение зависимости урожайности яровой твёрдой пшеницы от запасов продуктивной влаги к севу показало отсутствие достоверной связи для горизонтов почвы 0-30 см и 30-60 см и наличие

высокой положительной корреляции с количеством влаги в более глубоких слоях (60-100 см), а также в метровом (0-100 см) слое почвы (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от содержания продуктивной влаги в различных горизонтах почвы при разных приёмах основной обработки почвы в период сева

Коррелируемые величины	Параметры величин (M±G)	v, %	$\eta_{yx}$	F	
				факт.	теор. <sub>01</sub>
1. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 60-100 см, мм $x_1$	$11,9 - 63,0$ $40,5 \pm 12,4$	30,6	-	-	-
2. Урожайность, т с 1 га $y_1$	$0,17 - 1,65$ $1,04 \pm 0,50$	47,7	0,792	2,58	2,39
$y_1 = -1,324 + 0,376x_1^{0,5} \pm 0,31$ т с 1 га, для 62,70% случаев					
3. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см, мм $x_2$	$76,5 - 132,4$ $105,6 \pm 14,9$	14,2	-	-	-
4. Урожайность, т с 1 га $y_2$	$0,10 - 2,16$ $1,01 \pm 0,58$	57,5	0,823	2,83	2,43
$y_2 = -3,546 + 6,059E-02x_2 - 1,808 x_2^2 \pm 0,26$ т с 1 га, для 67,71 % случаев					



Рис. 1. Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от содержания продуктивной влаги в горизонтах почвы в период сева

Согласно полученным графикам, максимальной урожайности изучаемой культуры в условиях засушливой зоны Оренбургского Приуралья в пределах 1,48-1,72 т с 1 га соответствуют запасы продуктивной влаги для горизонта почвы 0-30 см в количестве 33,7 мм, в слое 30-60 см – 29,9 мм, в слое 60-100 см – 44,3 мм, для горизонта 0-100 см – 105,7 мм.

За годы проведения опытов (10 лет) такое сочетание количества влаги по горизонтам почвы достигалось один раз (2007 г.).

Полученные закономерности подчёркивают важность накопления полезной влаги в более глубоких горизонтах (0-60 см и ниже). Влага, содержащаяся в верхних слоях почвы, важна для получения всходов и кущения яровой пшеницы. В последующем она из этих горизонтов испаряется, если не наблюдаются дополнительные осадки.

При безотвальной рыхлени зяби и без осенней обработки в верхнем (0-30 см) горизонте накапливается немного больше влаги, чем при отвальной вспашке. Преимущество в слое 30-60 см и в целом в слое 0-100 см сохраняется за фоном безотвальной обработки. Объясняется это наличием стерни на этих фонах (табл. 2).

В фазе колошения зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от содержания влаги существенна для всех изученных горизонтов. Степень полученных связей, выраженная через коэффициенты корреляционных отношений, увеличивается от верхних горизонтов до более глубоких (корреляционное отношение ( $\eta$ ) для слоя почвы 0-30 см – 0,743, для слоя 30-60 см – 0,801, для слоя 60-100 см – 0,954), в целом для метрового горизонта – 0,828. Эта закономерность показывает значение влаги, содержащейся в горизонтах почвы, где обычно после фазы колошения распространяется корневая система яровой пшеницы (табл. 3, рис. 2).

Таблица 2

Содержание продуктивной влаги в различных горизонтах почвы в период сева яровой твёрдой пшеницы при разных приёмах основной обработки почвы

Приём основной обработки почвы	Годы	Продуктивная влага (мм) по горизонтам почвы			
		0-30 см	30-60 см	60-100 см	0-100 см
Вспашка	2006-2012	37,9	34,2	43,1	115,2
Безотвальное рыление		39,9	35,9	48,4	124,2
Без основной обработки		40,6	34,0	42,4	117,0
Вспашка	2006-2012	35,7	32,2	41,1	109,0
Безотвальное рыление	2016-2018	37,9	38,3	38,0	114,2

Таблица 3

Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от запасов продуктивной влаги в различных горизонтах почвы в период колошения

Коррелируемые величины	Параметры величин (M±G)	v, %	$\eta_{yx}$	F	
				факт.	теор. <sub>01</sub>
1. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-30 см, мм $x_1$	<u>0,1 – 37,9</u> $8,8 \pm 10,8$	123,0	-	-	-
2. Урожайность, т с 1 га $y_1$	<u>0,49 – 1,65</u> $1,05 \pm 0,34$	32,2	0,743	2,06	1,86
$y_1 = 0,809 + 4,03E-02x_1 - 5,99E-04x_1^2 \pm 0,24$ т с 1 га, для 55,16 % случаев					
3. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 30-60 см, мм $x_2$	<u>0,1 – 29,9</u> $5,8 \pm 7,7$	132,6	-	-	-
4. Урожайность, т с 1 га $y_2$	<u>0,43 – 1,65</u> $1,05 \pm 0,34$	32,1	0,801	2,58	2,43
$y_2 = 0,789 + 6,723E-02x_2 - 1,427E-03x_2^2 \pm 0,21$ т с 1 га, для 64,24 % случаев					
5. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 60-100 см, мм $x_3$	<u>0,10 – 44,3</u> $15,5 \pm 13,3$	85,8	-	-	-
6. Урожайность, т с 1 га $y_3$	<u>0,19 – 1,76</u> $1,05 \pm 0,46$	44,4	0,954	10,39	2,43
$y_3 = 0,368 + 0,0664x_3 - 8,510E-04x_3^2 \pm 0,14$ т с 1 га, для 91,11% случаев					
7. Содержание продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см, мм $x_4$	<u>2,5 – 105,7</u> $30,0 \pm 28,9$	96,4	-	-	-
8. Урожайность, т с 1 га $y_4$	<u>0,15 – 1,70</u> $1,06 \pm 0,49$	46,4	0,828	2,94	2,43
$y_4 = 0,397 + 3,598E-02x_4 - 2,447E-04x_4^2 \pm 0,29$ т с 1 га, для 68,56 % случаев					

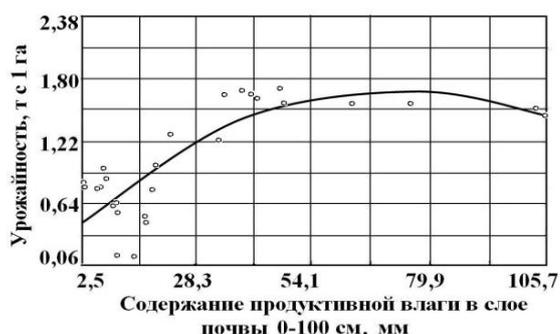
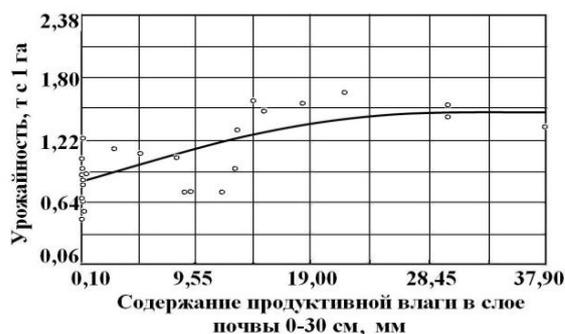


Рис. 2. Зависимость урожайности яровой твёрдой пшеницы от содержания продуктивной влаги в горизонтах почвы в фазе колошения

По вариантам основной обработки почвы для накопления и сохранения продуктивной влаги к фазе колошения просматривается некоторое преимущество стерневых фонов, в частности, безотвального рыхления зяби (табл. 4).

Таблица 4

Содержание продуктивной влаги в различных горизонтах почвы в фазе колошения яровой твёрдой пшеницы при различных приёмах основной обработки

Приём основной обработки почвы	Годы	Продуктивная влага (мм) по горизонтам почвы			
		0-30 см	30-60 см	60-100 см	0-100 см
Вспашка	2006-2012	9,8	7,5	17,5	34,8
Безотвальное рыхление		11,8	7,0	19,7	38,5
Без основной обработки		10,2	7,3	15,4	32,9
Вспашка	2006-2012	6,9	5,4	16,4	28,7
Безотвальное рыхление	2016-2018	8,3	5,9	19,6	33,8

В слое 0-30 см к данной фазе по безотвальному фону содержится влаги на 20,3-20,4% больше, чем по отвальной зяби. В горизонте 30-60 см различия по фоновым обработкам малосущественны. А в более нижнем слое (60-100 см) преимущество у безотвальной обработки, после которой количество влаги в данном горизонте выше, чем по вспашке на 12,6-19,5%. В метровом горизонте к фазе колошения на стерневом фоне сохраняется полезной влаги на 10,6-17,7% больше, чем на вспаханной зяби.

**Заключение.** Для условий Оренбургского Приуралья урожайности яровой твёрдой пшеницы до 1,48-1,72 т с 1 га соответствует количество доступной влаги в слое почвы 0-30 см 33,7 мм, в слое 30-60 см – 29,9 мм, в горизонте 60-100 см – 44,3 мм. Степень корреляционных связей урожайности и содержания влаги в фазе колошения возрастает от верхних горизонтов (0-30 см – 0,743) до более глубоких (30-60 см – 0,801, 60-100 см – 0,954). Безотвальное рыхление зяби способствует лучшему проникновению влаги в горизонт почвы 30-60 см, 60-100 см, где в фазе колошения обнаруживается влаги больше, чем по вспашке, на 12,6-19,5 мм.

Библиографический список

1. Крючков, А. Г. Вероятность формирования урожайности яровой твёрдой пшеницы в связи с различным количеством доступной влаги в степной зоне Оренбургского Предуралья / А. Г. Крючков, В. И. Елисеев // Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. – №4 (60). – С. 20-24.
2. Немцев, С. Н. Почвозащитные влаго- и ресурсосберегающие способы обработки почвы при возделывании яровой пшеницы в лесостепи Ульяновской области / С. Н. Немцев, Е. В. Кузина // Доклады РАСХН. – 2011. – №4. – С. 42-44.
3. Тагиров, М. Ш. Влияние способов основной обработки на водно-физические показатели почвы и продуктивность яровой пшеницы / М. Ш. Тагиров, Р.С. Шакиров, И.Г. Гиляев // Земледелие. – 2015. – №8. – С. 20-21.
4. Абросимов, А. С. Энергосберегающие технологии обработки почвы под чечевицу в Правобережье / А. С. Абросимов, Е. П. Денисов, А. П. Солодовников // Земледелие. – 2013. – №7. – С. 38-40.
5. Кураченко, Н. Л. Запасы продуктивной влаги в агроценозах пшеницы, возделываемых по ресурсосберегающим технологиям / Н. Л. Кураченко, А. А. Картавых, Н. И. Ржевская // Вестник Красноярского ГАУ. – 2014. – №5 (92). – С. 58-63.
6. Бородычёв, В. В. Закономерности послойного распределения общей и продуктивной влаги при разных способах обработки почвы под нут / В. В. Бородычёв, А. С. Семенов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №3 (47). – С. 21-29.
7. Селиванова, В. Ю. Влагообеспеченность яровых культур в севообороте с различной обработкой почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – №1 (49). – С. 154-161.
8. Корчагин, А. А. Влияние систем обработки на водный режим серой лесной почвы / А. А. Корчагин, Л. И. Ильин, Т. С. Бибики [и др.] // Земледелие. – 2015. – №8. – С. 22-25.
9. Бакиров, Ф. Г. Эффективность использования влаги ресурсосберегающими технологиями в растениеводстве Оренбуржья / Ф. Г. Бакиров, Г. В. Петрова, А. П. Долматов [и др.] // Известия Оренбургского ГАУ. – 2016. – №6 (62). – С. 198-201.
10. Поляков, Д. Г. Динамика влажности чернозёмов южных Оренбуржья при прямом посеве и основной обработке почвы / Д. Г. Поляков, А. В. Халин, Ф. Г. Бакиров [и др.] // Бюллетень Оренбургского научного центра Уро РАН. – 2016. – №4. – 6 с.

## References

1. Kryuchkov, A. G., & Eliseev, V. I. (2016). Veroiatnost formirovaniya urozhainosti yarovoi tvordoi pshenitsy v sviazi s razlichnym kolichestvom dostupnoi vlagi v stepnoi zone Orenburgskogo Preduraliia [The Probability of formation of productivity of spring durum wheat in conjunction with different amounts of available moisture in the steppe zone of the Orenburg region]. *Izvestija Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 4 (60), 20-24 [in Russian].
2. Nemtsov, S. N., & Kuzina, E. V. (2011). Pochvozashchitnyie vlago- i resursoberegaiushchiie sposoby obrabotki pochvy pri vozdeleyvanii yarovoi pshenitsy v lesostepi Uliianovskoi oblasti [Soil-protective water- and resource-saving methods of tillage in the cultivation of spring wheat in the forest-steppe of the Ulyanovsk region]. *Doklady Rossiiskoi Akademii seliskokhoziaistvennykh nauk – Russian Agricultural Sciences*, 4, 42-44 [in Russian].
3. Tagirov, M. S., Shakirov, R. S., & Gilaev, I. G. (2015). Vliianiie sposobov osnovnoi obrabotki na vodno-fizicheskie pokazateli pochvy i produktivnost yarovoi pshenitsy [Influence of methods of basic processing on water-physical indicators of soil and productivity of spring wheat]. *Zemledelie – Zemledelie*, 8, 20-21 [in Russian].
4. Abrosimov, A. S., Denisov, E. P., & Solodovnikov, A. P. (2013). Ehnergoberegaiushchiie tekhnologii obrabotki pochvy pod chechevitsu v Pravoberezhie [Energy-Saving technologies of tillage for lentils in the right Bank]. *Zemledelie – Zemledelie*, 7, 38-40 [in Russian].
5. Kurachenko, N. L., Kartavykh, A. A., & Rzhhevskaya, N. I. (2014). Zapasy produktivnoi vlagi v agrotsenozah pshenitsy, vozdeleyvaemykh po resursoberegaiushchim tekhnologiiam [Reserves of productive moisture in wheat agrocenoses cultivated by resource-saving technologies]. *Vestnik Krasnoarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Bulletin of KrasSAU*, 5 (92), 58-63 [in Russian].
6. Borodychev, V. V., & Semenenko, A. S. (2017). Zakonomernosti posloinogo raspredeleniia obshchei i produktivnoi vlagi pri raznykh sposobakh obrabotki pochvy pod nut [Regularities of layer-by-layer distribution of the total and productive moisture under different methods of tillage for chickpea]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie – Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*, 3 (47), 21-29 [in Russian].
7. Selivanova, V. Yu. (2018). Vlogoobespechennost yarovykh kultur v sevooborote s razlichnoi obrabotkoi pochvy v suho-stepnoi zone Nizhnego Povolzhia [Moisture supply of spring crops in crop rotation with different tillage in the dry steppe zone of the Lower Volga region]. *Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie – Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*, 1 (49), 154-161 [in Russian].
8. Korchagin, A. A., Iliin, L. I., Bibik, T. S., Petrosyan, R. D., & Markov, A. A. (2015). Vliianiie sistem obrabotki na vodnyi rezhim seroi lesnoi pochvy [Influence of treatment systems on the water regime of gray forest soil]. *Zemledelie – Zemledelie*, 8, 22-25 [in Russian].
9. Bakirov, F. G., Petrova, G. V., Dolmatov, A. P., Nesterenko, J. M., Harlin, A. V., & Polyakov, D. G. (2016). Ehffektivnost ispolizovaniia vlagi resursoberegaiushchimi tekhnologiiami v rasteniievodstve Orenburzhia [The effectiveness of use of moisture saving technologies in crop production in the Orenburg region]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 6 (62), 198-201 [in Russian].
10. Polyakov, D. G., Halin A. V., Bakirov F. G., Nesterenko J. M., & Vasilieva T. N. (2016). Dinamika vlazhnosti chernozyomov yuzhnykh Orenburzhia pri pryamom poseve i osnovnoi obra-botke pochvy [Dynamics of humidity of southern chernozems of the Orenburg region under direct sowing and primary tillage]. *Biulleten Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN – Bulletin of the Orenburg Scientific Center Ural Branch Russian Academy of Sciences*, 4, 6 [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cdb12353b663.24196889

УДК 633.2: 633.3 + 573.8

## **ВЛИЯНИЕ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**Марковская Галина Кусаиновна**, канд. биол. наук, проф. кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Galina-Markovskaya@yandex.ru

**Гусева Светлана Андреевна**, аспирант кафедры «Садоводство, ботаника и физиология растений», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Svetkag93@rambler.ru

**Ключевые слова:** посе́вы, травы, почвы, бактерии, активность.

*Цель исследований – разработка эффективных приемов восстановления плодородия почв при интенсивных агрогенных нагрузках. Исследования проводились на полях кафедры «Растениеводство и земледелие» в 2016-2018 гг. Изучались следующие варианты одновидовых и смешанных посевов многолетних трав: 1. костре́ц безосты́й; 2. житняк гребневидный; 3. костре́ц безосты́й + костре́ц прямой; 4. житняк гребневидный + пырей сизый; 5. костре́ц безосты́й + костре́ц прямой + эспарцет песчаный; 6. житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный. С опытного поля со всех вариантов одновидовых и смешанных посевов многолетних трав в трехкратной повторности отбирались средние образцы почвы в три срока: начало, середина и конец вегетации. Образцы отбирались с глубины 0-20 см и 20-40 см. Количественный учет численности бактерий проводился методом посева почвенной «болтушки» на твердые стерильные среды МПА по методике Й. Сеги. Активность ферментов определяли по методу А. Ш. Галстяна. При изучении активности ПФО наблюдалась высокая активность фермента в слое почвы 20-40 см. Анализ активности фермента пероксидазы имеет различные показатели как по вариантам, так и в различных слоях почвы. Высокая активность ферментов отмечена в вариантах «костре́ц безосты́й + костре́ц прямой» и «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный». В процессе исследований была выявлена корреляция между активностью пероксидазы и численностью бактерий. Самый высокий коэффициент гумификации был отмечен в варианте «костре́ц безосты́й», самый низкий – в варианте «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет». С 2016 года по 2018 год в первом варианте наблюдается спад коэффициента гумификации, в остальных вариантах отмечено повышение данного показателя. Варианты с оптимальным видовым составом: «костре́ц безосты́й», «костре́ц безосты́й + костре́ц прямой», «костре́ц безосты́й + костре́ц + эспарцет песчаный». Числовые данные исследований обработаны дисперсионным методом.*

## **INFLUENCE OF SINGLE AND MIXED CROPS OF PERMANENT GRASS ON SOIL ENZYMIC ACTIVITY IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION**

**G. K. Markovskaya**, Candidate of Biological Sciences, Professor of the Department «Gardening, Botany and Plant Physiology», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: Galina-Markovskaya@yandex.ru

**S. A. Guseva**, Post-Graduate Student of the Department «Gardening, Botany and Plant Physiology», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: svetkag93@rambler.ru

**Key words:** crops, herbs, soils, bacteria, activity.

The research is aimed at the development of effective methods to restore soil fertility under intensive agrogenic loads. The studies were conducted in the fields of the Department of Plant Cultivation and Agriculture from 2016 to 2018. The following variants of single-species and mixed crops of perennial grasses were studied: 1. awnless brome; 2. crested wheat grass; 3. awnless brome + smooth brome; 4. crested wheat grass + Agropyron; 5. awnless brome + smooth brome + Hungarian sainfoin; 6. crested wheat grass + Agropyron + Hungarian sainfoin. Medium soil samples were taken from the experimental field from all variants of single-species and mixed crops of perennial grasses in triplicate in three periods: beginning, middle, and end of the growing season. Samples were taken from depth of 0-20 cm and 20-40 cm. Bacteria number was assessed by sowing special soil mixture on the solid sterile MPA media according to the method of J. Segal. Enzyme activity was determined by the method of A. Sh. Galstyan. When studying the activity of PPO, a high activity of this enzyme was observed in the soil layer of 20-40 cm. The analysis of the activity of the enzyme peroxidase has various indicators both between the studied variants and in the soil section. The high activity of the enzymes was noted in the variants «awnless brome + smooth brome» and «crested wheat grass + Agropyron + Hungarian sainfoin». In the process of research, a correlation was found between peroxidase activity and the number of bacteria. The highest coefficient of humification was noted in the «awnless brome», the lowest – «crested wheat grass + Agropyron + Hungarian sainfoin». From 2016 to 2018, in the first variant, a decrease in the coefficient of humification is observed. Thus, of the above options, with the optimal species composition, the following options turned out to be: «awnless brome», «awnless brome + smooth brome», «awnless brome + smooth brome + Hungarian sainfoin». Research data were processed by the dispersion method.

Почвы Среднего Поволжья обладают большим запасом основных питательных веществ. Валовое содержание элементов питания в почвах достаточно для получения высоких урожаев даже очень требовательных к плодородию почв культур. Однако обеспеченность растений элементами питания зависит в большей мере от содержания доступных форм в почве. Поэтому одной из важнейших задач земледелия является разработка приемов повышения доступности растениям питательных элементов.

В структуре севооборотов основное место сейчас занимают экономически выгодные культуры: озимая пшеница, ячмень, кукуруза и подсолнечник. Ежегодное возделывание этих культур приводит к ухудшению физических и биологических свойств почв, поэтому севооборот необходимо конструировать. Система земледелия должна обеспечивать не только высокую продуктивность производства растениеводческой продукции, но и экологическую безопасность. Это возможно только при совместном использовании природных и техногенных факторов. Интенсификация земледелия может осуществляться в последнее время и за счет его биологизации и экологизации [1, 4].

Одним из практически неиспользуемых резервов биологизации и экологизации земледелия в Среднем Поволжье является возделывание многолетних трав.

Главным направлением в повышении плодородия почвы за счёт многолетних трав является правильный подбор фитоценоза. Адаптивная направленность видового состава трав позволяет не только хорошо решать вопросы кормопроизводства, но и за короткий срок обеспечить восстановление и расширенное воспроизводство органического вещества в почве [7].

Одним из показателей плодородия почв является ее ферментативная активность. Изучение активности ферментов в почве является одним из ключевых вопросов на пути к решению задач повышения плодородия почв. При введении новых приемов земледелия исследование ферментов, связанных с процессами трансформации органического вещества в почве, становится особенно важным и связано с проблемой снижения содержания гумуса и его энергозапасов. Это во многом обусловлено ускоренной минерализацией органического вещества почв, приводящей к снижению уровня их потенциального плодородия, о чем неоднократно отмечалось в работах отечественных и зарубежных авторов [6].

**Цель исследований** – разработка эффективных приемов восстановления плодородия почв при интенсивных агрогенных нагрузках.

**Задачи исследований** – изучить влияние длительного возделывания многолетних трав на ферментативную активность почвы, определить оптимальный набор растений для агрофитоценоза в условиях недостаточного увлажнения Среднего Поволжья.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились на опытных полях кафедры «Растениеводство и земледелие» в 2016-2018 гг. Опытное поле расположено на территории Самарской области. Почва опытного участка чернозем обыкновенный остаточнокarbonатный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый с содержанием органического вещества 6,9%. Почва имеет реакцию среды близкую к нейтральной. Данный подтип чернозема является преобладающим на территории Самарской области.

В опытах исследования проводились по единой общепринятой методике. Агротехника включала в себя весеннее боронование трав, укос травостоя, отавы и позднеосеннее щелевание. Посевная площадь делянки 50 м<sup>2</sup>.

В опыте изучались следующие варианты чистых и смешанных посевов многолетних трав: 1. кострец безостый; 2. житняк гребневидный; 3. кострец безостый + кострец прямой; 4. житняк гребневидный + пырей сизый; 5. кострец безостый + кострец прямой + эспарцет песчаный; 6. житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный. Для изучения динамики почвенной микрофлоры с опытного поля брались средние образцы почвы со всех вариантов в три срока: начало, середина и конец вегетации. Образцы отбирались с глубины 0-20 см и 20-40 см. Выделение и учет численности бактерий в почве проводили методом посева почвенной болтушки на стерильные твердые питательные среды. Посев бактерий производился на мясо-пептонный агар (МПА). Активность ферментов определяли по А. Ш. Галстяну. Повторность опыта трехкратная.

**Результаты исследований.** Плодородие почвы во многом определяется интенсивностью и направленностью ферментативных реакций. Активность этих процессов является универсальным показателем физиологического состояния всего живого населения почвы и отражает внутренние биохимические процессы. Микроорганизмы почвы являются активными продуцентами ферментов – катализаторов белковой природы [7].

Так как все биологические процессы, связанные с превращением веществ и энергии в почве, осуществляются с помощью ферментов, играющих важную роль в мобилизации элементов питания растений, а также обуславливающих интенсивность и направленность наиболее важных биохимических процессов, связанных с синтезом и распадом гумуса, гидролизом органических соединений и окислительно-восстановительным режимом почвы, при оценке биологического состояния почв необходимо определять и её ферментативную активность [2, 5].

Ферментативную активность почвы можно использовать в качестве диагностического показателя плодородия различных почв, потому что активность ферментов отражает не только биологические свойства почвы, но и их изменения под влиянием агроэкологических факторов [4].

Анализ полифенолоксидазной активности (ПФО) показал, что наибольшая активность ПФО наблюдается в вариантах одновидовых и смешанных посевов злаковых трав, а в вариантах с эспарцетом активность ПФО была ниже (рис. 1). Если принять среднее значение по всем вариантам, то активность ПФО в верхних слоях почвы имеет значение 3,50 мг/1 г почвы, а в слое 20-40 см – 4,09 мг/1 г почвы, т.е. активность ПФО в нижнем горизонте почвы выше. В процессе изменения состава органических веществ в почве происходит увеличение активности ПФО, таким образом происходит накопление гуминовых кислот и повышение их конденсированности.

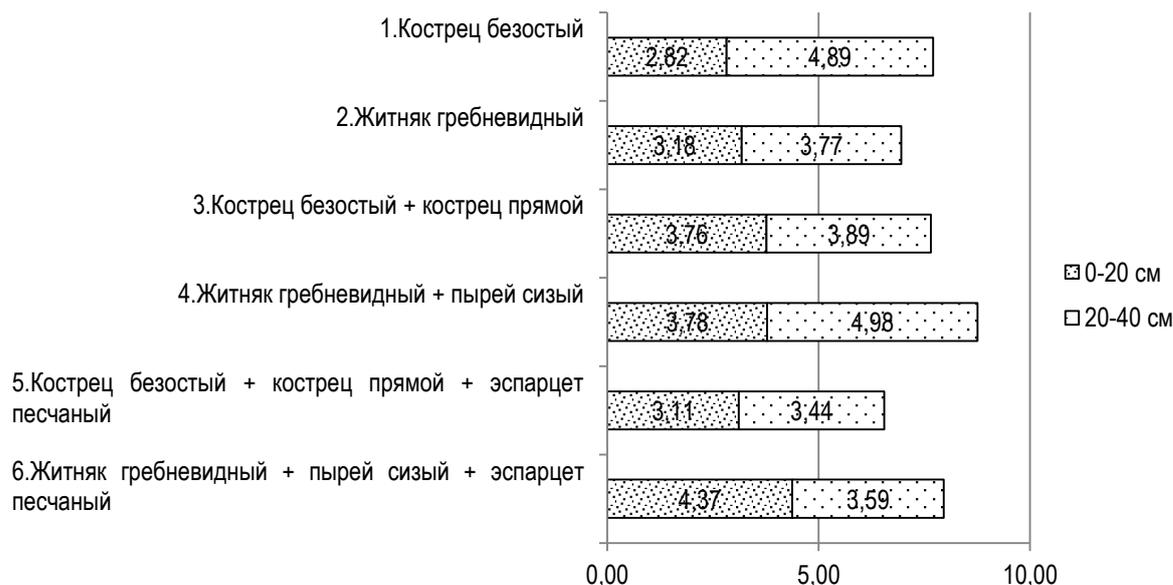


Рис. 1. Активность полифенолоксидазы, мг/пурпургаллина/1 г почвы, 2016-2018 гг.

Пероксидаза катализирует окисление органических веществ почвы (моно-, ди-, трифенолов, аминов, некоторых гетероциклических соединений) за счет кислорода, выделяющегося при разложении перекиси водорода и других органических перекисей. Под действием кислорода перекиси при участии пероксидазы полифенолы окисляются и переходят в хиноны.

Анализ трехлетних исследований показал, что активность пероксидазы имеет различные показатели как по вариантам, так и в разных слоях почвы (рис. 2). Высокая активность ферментов отмечена в вариантах «кострец безостый + кострец прямой» и «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный».

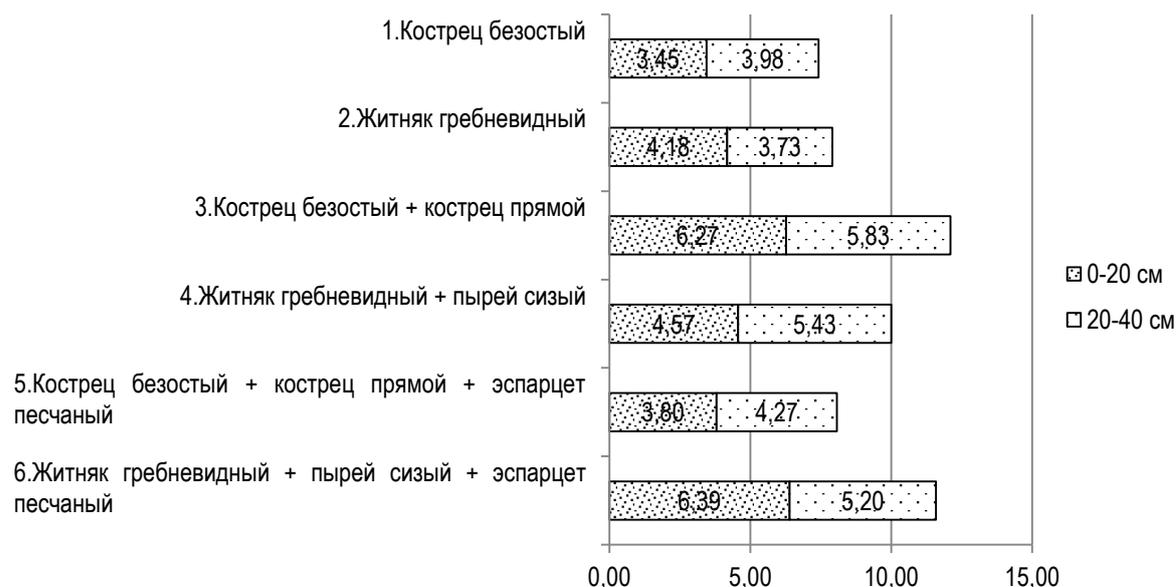


Рис. 2. Активность пероксидазы мг/пурпургаллина/1 г почвы, 2016-2018 гг.

Корреляционный анализ активности ПФО и пероксидазы показал, что за три года исследований наблюдалась положительная корреляция (0,63) между этими показателями. Особенно заметно в первый срок определения (0,83) (рис. 3).

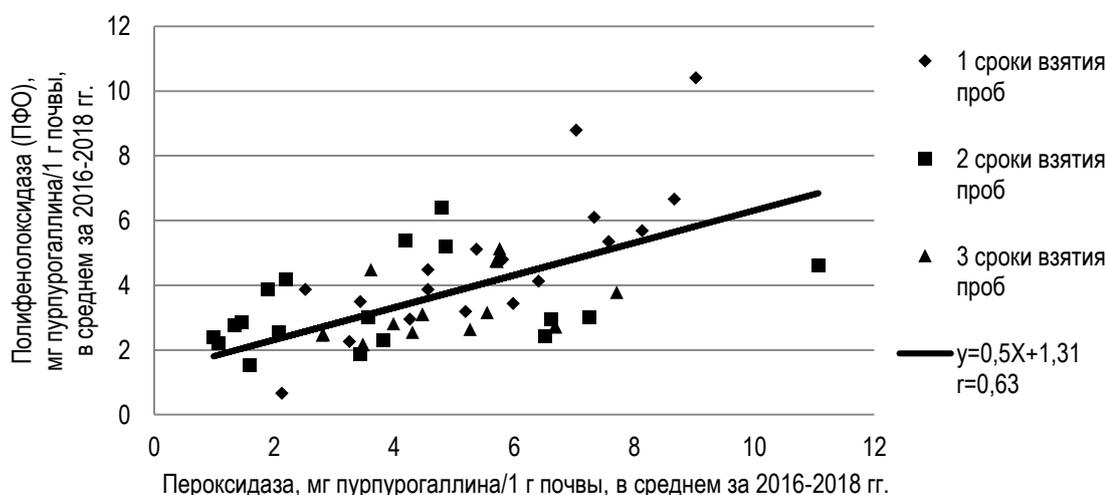


Рис. 3. Связь полифенолоксидазной и пероксидазной активности, в среднем за три года исследований

Анализ динамики численности бактериальной микрофлоры показал, что наибольшая численность наблюдается в первый и третий срок определения. Во второй срок определения наблюдается выраженная депрессия численности бактерий, что связано с иссушением почвы (табл. 1). За три года исследований наибольшая численность бактерий отмечается в варианте «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет».

Таблица 1

Динамика численности бактерий за три года исследований, 0-40 см (млн КОЕ/1 г почвы)

Вариант	2016 г.			2017 г.			2018 г.		
	1 срок	2 срок	3 срок	1 срок	2 срок	3 срок	1 срок	2 срок	3 срок
1. Кострец безостый	0,9	2,0	1,5	3,0	2,0	14,9	0,87	5,2	1,5
2. Житняк гребневидный	0,7	1,9	4,4	2,1	1,6	10,8	0,95	1,8	3,5
3. Кострец безостый + кострец прямой	1,2	10,9	1,0	1,3	2,9	8,9	0,80	1,7	2,5
4. Житняк гребневидный + пырей сизый	0,7	0,9	6,7	4,0	1,1	11,2	1,02	2,5	1,7
5. Кострец безостый + кострец прямой + эспарцет песчаный	1,0	2,4	1,0	5,0	1,9	13,0	1,20	3,2	1,4
6. Житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный	1,4	3,3	21,6	4,6	2,2	16,6	0,73	2,3	1,1

Примечание. Дисперсионный анализ полученных в опыте данных каждого года исследований с расчетами НСР<sub>05</sub> показал, что все результаты опыта достоверны.

В процессе исследований выявлена корреляция между активностью пероксидазы и численностью бактерий. Так, в среднем за три года исследований во второй срок определения наблюдалась положительная корреляция (0,55) между двумя этими показателями (рис. 4).

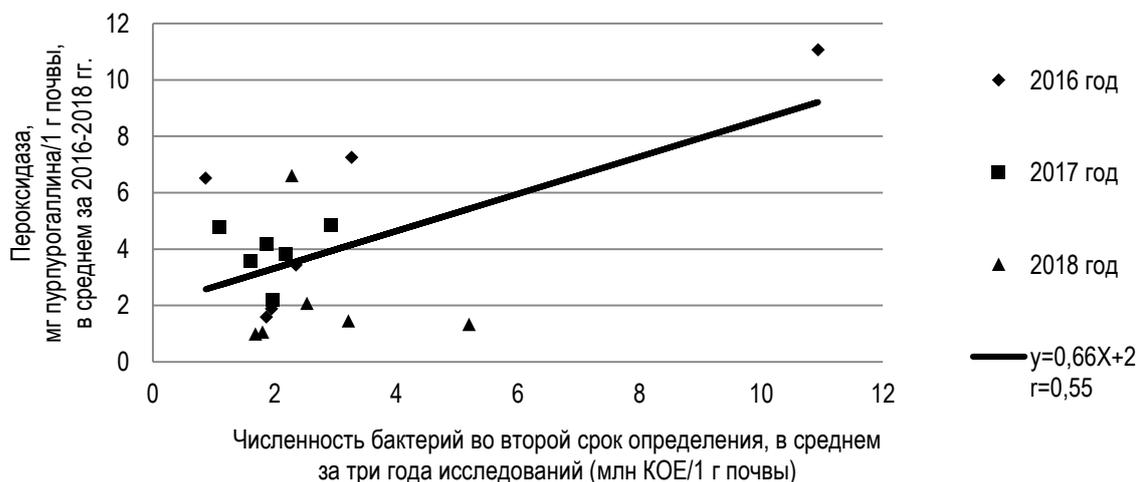


Рис. 4. Связь фермента пероксидаза с численностью бактериальной микрофлоры во второй срок определения

Таким образом, в середине вегетации трансформация органического вещества, мобилизация макро- и микроэлементов в почвах осуществляются с помощью ферментов, как находящихся в почве в адсорбированном состоянии, так и в составе бактериальной микрофлоры. В первый срок взятия проб наблюдается отрицательная корреляция (-0,39) между активностью пероксидазы и численностью бактерий, особенно в верхних горизонтах почвы (-0,64).

Накопление ферментов в почве происходит, в первую очередь, за счет внеклеточных ферментов, выделенных микроорганизмами, поступивших после отмирания растений и животных, которые находятся в иммобилизованном состоянии, то есть скомплексированы с почвенными компонентами – минеральной частью и гумусом. Таким образом, ферментный пул почвы очень богат, разнообразен и участвует на всех этапах трансформации поступающих в почву органических соединений, является важнейшим регулятором биохимического гомеостаза почвы.

Отношение активности полифенолоксидазы к активности пероксидазы является условным коэффициентом гумификации и в определенной степени может характеризовать направленность этого процесса.

Самый высокий коэффициент гумификации был отмечен в варианте «кострец безостый», самый низкий – «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный». С 2016 года по 2018 год в первом варианте наблюдается спад коэффициента гумификации, в остальных вариантах отмечено повышение данного показателя (рис. 5).

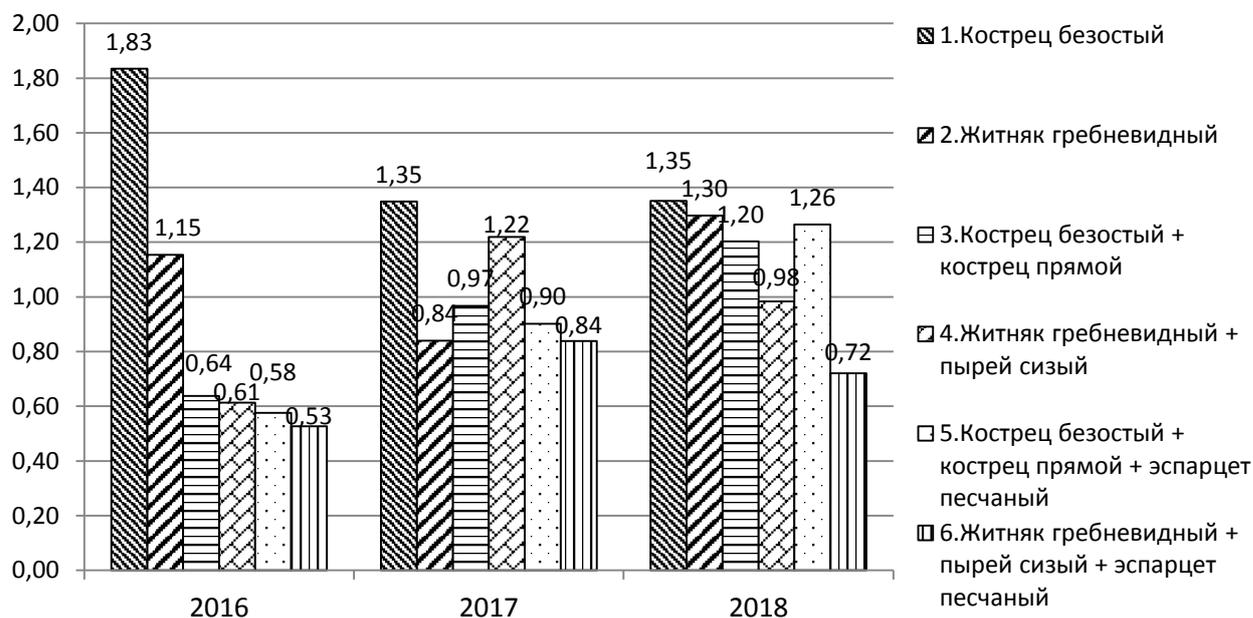


Рис. 5. Коэффициент гумификации в среднем за три года исследований

**Заключение.** При изучении активности ПФО наблюдалась высокая активность данного фермента в слое почвы 20-40 см. Активности фермента пероксидаза имеет различные показатели по исследуемым вариантам. Высокая активность ферментов отмечена в вариантах «кострец безостый + кострец прямой» и «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный». В процессе исследований выявлена корреляция между активностью пероксидазы и численностью бактерий. Самый высокий коэффициент гумификации был отмечен в варианте «кострец безостый», самый низкий – «житняк гребневидный + пырей сизый + эспарцет песчаный». С 2016 года по 2018 год в первом варианте наблюдается спад коэффициента гумификации, в остальных вариантах отмечено повышение данного показателя. Таким образом, оптимальный видовой состав вариантов: «кострец безостый», «кострец безостый + кострец прямой», «кострец безостый + кострец прямой + эспарцет песчаный». Данные исследований обработаны дисперсионным методом.

#### Библиографический список

1. Борисова, Е. Е. Роль в севооборотах многолетних трав / Е. Е. Борисова // Вестник Нижегородского государственного инженерно-экономического института. – 2015. – №8(51). – С. 12-19.
2. Даденко, Е. В. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / Е. В. Даденко, М. А. Прудникова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3 (4). – С. 1274-1277.
3. Денисова, Т. В. Влияние СВЧ-излучения на ферментативную активность и численность микроорганизмов почв Юга России / Т. В. Денисова, С. И. Колесников // Почвоведение. – 2009. – № 8. – С. 479-483.
4. Добровольский, Г. В. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / Г. В. Добровольский; отв. ред. И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2011. – 273 с.
5. Поляков, В. Ю. Ферментативная активность верхних диагностических горизонтов городских антропогенных почв Биробиджана / В. Ю. Поляков, И. Л. Ревуцкая // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2016. – № 1 (189). – С. 95-99.
6. Пуртова, Л. Н. Изменение показателей плодородия почв в агробраземах приморья в условиях фитомелиоративного опыта / Л. Н. Пуртова, Л. Н. Щапова, А. Н. Емельянова, С. Н. Иншакова // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 11. – С. 62-66.
7. Чекалин, С. Г. Плодородие почвы и основные пути его регулирования / С. Г. Чекалин, М. М. Фартушина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – №3. – С.14-17.

## References

1. Borisova, E. E. (2015). Rol v sevooborotakh mnogoletnikh trav [Role in crop rotations of perennial grasses]. *Vestnik Nizhegorodskogo gosudarstvennogo inzhenerno-ekonomicheskogo instituta – Herald NGIEI*, 8(51), 12-19 [in Russian].
2. Didenko, E. V. Prudnikova M. A., Kazeev K. Sh., & Kolesnikov S. I. (2013). Primeneniie pokazatelei fermentativnoi aktivnosti pri otsenke sostoiianiia pochv pod seliskohoziaistvennymi ugodiiami [Application of indicators of enzymatic activity in the evaluation of soil condition for agricultural purposes]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk – Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 15, № 3 (4), 1274-1277 [in Russian].
3. Denisova, T. V., & Kolesnikov, S. I. (2009). Vliyanie SVCH-izuchenii na fermentativnuu aktivnost i chislennost mikroorganizmov pochv YUga Rossii [Influence of microwave study on enzymatic activity and number of soil microorganisms in the South of Russia]. *Pochvovedenie – Edaphology*, 8, 479-483 [in Russian].
4. Dobrovolsky, G. V. (2011). *Rol pochvy v formirovanii i sohranении biologicheskogo raznoobraziia* [The Role of soil in the formation and conservation of biological diversity]. (Ed.). Y. I. Chernov. – Moscow: Association of scientific publications KMK [in Russian].
5. Polyakov, V. Yu., & Revutskaya, I. L. (2016). Fermentativnaia aktivnost verhnikh diagnosticheskikh gorizontov gorodskikh antropogennykh pochv Birobidzhana [Enzymatic activity of upper diagnostic horizons of urban anthropogenic soils of Birobidzhan]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta – Vestnik Orenburg state University*, 1 (189), 95-99 [in Russian].
6. Purtova, L. N., Shchapova, L. N., Emelyanov, A. N., & Inshakova, S. N. (2011). Izmenenie pokazatelei plodorodiia pochv v agroabrozemah primoria v usloviyakh fitomeliorativnogo opyta [The evolution of soil fertility in agroprodmach of Primorye in the conditions of phyto-experience]. *Vestnik Krasnoarskogo gosudarstvennogo agramogo universiteta – Bulletin of KrasSAU*, 11, 62-66 [in Russian].
7. Chekalin, S. G., & Fartushina, M. M. (2014). Plodorodiie pochvy i osnovnyie puti ego regulirovaniia [Soil Fertility and the main ways of its regulation]. *Izvestiia Orenburgskogo GAU – Izvestia Orenburg SAU*, 3, 14-17 [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cdb10ed121d3.18530779

УДК: 633.31:631.527.(470.40/43)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБРАЗЦОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA MARTYN*) В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Володина Ирина Александровна**, канд. с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории «Интродукция, селекция кормовых и масличных культур», ФГБНУ «Поволжский НИИСС им. П. Н. Константинова».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76.

E-mail: gnu\_pniiss@mail.ru

**Ключевые слова:** популяция, севооборот, продуктивность, кормовая, семенная.

*Цель исследований – повышение кормовой и семенной продуктивности люцерны изменчивой (*Medicago varia Martyn*) в условиях Среднего Поволжья. Приведены результаты исследований 2012-2014 гг. по изучению 13 сортообразцов люцерны изменчивой в питомнике конкурсного сортоиспытания. Использовались наиболее перспективные популяции, проявившие себя по хозяйственно ценным признакам в предыдущие годы, в различных питомниках изучения. Популяции были созданы методом поликросса. Оценка погодных условий региона позволяет сделать вывод о том, что в целом в годы проведения исследований условия соответствовали требованиям изучаемой культуры, обеспечив достаточно высокий потенциал продуктивности, но лимитирующим фактором для формирования вегетативной массы люцерны выступает уровень увлажнения. Подтверждены данные о возможности получения семян в год посева в климатических условиях Среднего Поволжья при условии раннего срока сева (до 10-12 мая). Урожайность семян в 2012 году варьировала от 24,7 до 47,8 г/м<sup>2</sup>. Было установлено, что в различные по влагообеспеченности годы, в условиях региона, все изучаемые образцы формируют 2 полноценных укоса за сезон. Все изучаемые образцы можно характеризовать как высокопродуктивные по вегетативной массе и семенам. Накопление сухого вещества у оцениваемых образцов в первом укосе 2013 года составило 0,65-0,68 кг/м<sup>2</sup>, во втором – 0,38-0,86 кг/м<sup>2</sup>. В засушливом 2013 году получен наибольший урожай семян – 337,5-494,7 г/м<sup>2</sup>. В 2014 году по урожайности сухого вещества оба укоса были примерно равнозначными 0,56-0,79 кг/м<sup>2</sup> и 0,54-0,97 кг/м<sup>2</sup> соответственно, что в среднем по образцам составляет 0,66 кг/м<sup>2</sup>*

в первом укосе и 0,67 кг/м<sup>2</sup> во втором. Урожайность семян популяций в 2014 году колебалась от 22,9 до 55,8 г/м<sup>2</sup>. Все изучаемые образцы можно характеризовать как высокопродуктивные по накоплению сухого вещества и урожайности семян.

## THE RESULTS OF PRODUCTIVITY STUDY OF DIFFERENT SAMPLES OF ALFALFA CHANGEABLE (MEDICAGO VARIA MARTYN) IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE VOLGA REGION

**I. A. Volodina**, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of Laboratory «Introduction, Breeding, Forage and Oilseed Crops», FSBSI «Volga Scientific Research Institute Breeding and Seed Production named after P. N. Konstantinov».

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Shosseynaya street, 76.

E-mail: gnu\_pniiss@mail.ru

**Key words:** population, crop rotation, productivity, fodder, seed.

The aim of the research was to increase fodder and seed productivity of variable alfalfa (*Medicago varia* Martin) in the middle Volga region. The results of the researches made during the period 2012-2014 for incorporated 13 variety samples of alfalfa changeable in the nursery of competitive trials are provided. The most promising population demonstrated economically valuable traits in previous years, from various nurseries of the study were used. Population was created by the polikross. Weather conditions analysis of the region allows us to conclude that over the 2012-2014 they met the requirements needed for the studied culture, providing a sufficiently high potential of productivity, but the limiting factor for the formation of the vegetative mass of alfalfa is the level of moisture. The data on the possibility of obtaining seeds in the year of sowing in the climatic conditions of the Middle Volga region under the condition of early sowing (until 10-12 may) are confirmed. Seed yields in 2012 ranged from 24.7 to 47.8 g/m<sup>2</sup>. It was found that in different years of moisture supply, taking into regard the conditions of the region, all the studied samples form 2 full-fledged mowing per season. All studied samples can be characterized as highly productive by vegetative mass and seeds. The dry matter accumulation in the estimated samples in the first mowing of 2013 was 0.65-0.68 kg/m<sup>2</sup>, in the second – 0.38-0.86 kg/m<sup>2</sup>. In arid 2013, the highest yield of seeds was obtained 337.5-494.7 g/m<sup>2</sup>. In 2014, the yield of dry matter both mowing was approximately equivalent 0.56-0.79 kg/m<sup>2</sup> and 0.54-0.97 kg/m<sup>2</sup> respectively, the average for the samples is 0.66 kg/m<sup>2</sup> in the first mowing and 0.67 kg/m<sup>2</sup> in the second. The yield of seed populations in 2014 ranged from 22.9 to 55.8 g/m<sup>2</sup>. All studied samples can be characterized as highly productive for the accumulation of dry matter and seed yield.

Люцерна – ценнейшая универсальная бобовая культура, имеющая кормовое, агротехническое, мелиоративное и фитосанитарное значение, занимающая в кормопроизводстве и в мировом земледелии ведущее место. Научные исследования и передовой опыт свидетельствуют о больших потенциальных возможностях этой культуры. Для многих регионов страны и для всех зон Самарской области люцерна является ведущей многолетней травой. В сочетании с высокой кормовой ценностью люцерна обладает высокой производительностью [1, 2, 3]. Многолетние бобовые травы, в том числе люцерна, имеют более продолжительный вегетационный период, в сравнении с однолетними культурами, и поэтому полнее используют солнечную энергию, имеют объективную возможность сформировать большую биологическую массу [4]. Люцерна обладает мощной, глубоко расположенной корневой системой, которая способствует улучшению структуры почвы, повышению её водо- и воздухопроницаемости, накоплению в ней гумуса, элементов минерального питания из глуболежащих слоев. Очень важным достоинством люцерны является её способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями усваивать молекулярный азот из атмосферы [5, 6]. В настоящее время в Среднем Поволжье наблюдается тенденция к расширению посевных площадей, занятых этой культурой. Она быстро отрастает – 2-3 раза в течение вегетационного периода в условиях Среднего Поволжья, и даёт в течение лета нежный питательный корм. Урожайность зеленой массы может составлять 40-60 т/га, сена – 12-30 т/га. По содержанию незаменимых кислот белок люцерны превосходит белок других трав. Генетические особенности, условия выращивания, сроки и способы уборки зеленой массы люцерны оказывают существенное влияние на содержание элементов питания и их динамику. Наиболее ценен белок у люцерны, когда травостой скашивается в начале фазы

бутонизации [7]. Исследования, направленные на увеличение кормовой и семенной продуктивности, особенно за счёт создания и изучения новых высокопродуктивных сортов, являются актуальными.

**Цель исследований** – повышение кормовой и семенной продуктивности люцерны изменчивой (*Medicago varia Martyn*) в условиях Среднего Поволжья.

**Задачи исследований** – оценить продуктивность, хозяйственно-биологическую ценность сортообразцов люцерны изменчивой, созданных методом поликросса; изучить особенности роста и развития растений люцерны исследуемых образцов в двух укосах за 3 года жизни и 2 года пользования.

**Материалы и методы исследований.** В статье приведены результаты исследований за 2012-2014 гг. Объект исследований – питомник конкурсного сортоиспытания (КСИ 2012). Предмет исследований – 13 популяций люцерны изменчивой (*Medicago varia Martyn*), созданных методом поликросса с последующим биотипическим отбором. Опыты проводились на кормовом экспериментальном севообороте ФГБНУ «Поволжский НИИСС». За стандарт принят районированный сорт люцерны местной селекции Куйбышевская, агротехника общепринятая для люцерны, повторность трёхкратная с площадью делянок 10 м<sup>2</sup>. По схеме опыта посев состоял из 2-х блоков: 1 – для изучения образцов на кормовую продуктивность; 2 – для изучения семенной продуктивности. Полевые опыты сопровождалось необходимыми наблюдениями, учётами и анализами, которые выполнялись в соответствии с общепринятой методикой. Математическая обработка данных осуществлялась по Б. А. Доспехову (1985) методом дисперсионного анализа.

**Результаты исследований.** Погодные условия в годы исследований различались, что позволило провести более полную оценку хозяйственно-биологических свойств селекционного материала как в благоприятных по увлажнению, так и в засушливых условиях (табл. 1).

Таблица 1

Погодные условия вегетационного периода в 2012-2014 гг.

Год наблюдения	Месяц						Апрель-сентябрь
	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Среднемесячная температура, Т°С							
2012	13,3	17,7	21,7	22,7	22,3	13,6	18,6
2013	8,5	17,5	21,6	21,9	20,4	13,0	17,2
2014	5,5	18,5	19,0	20,2	21,5	13,3	16,3
многолетнее	7,1	15,0	19,9	21,7	19,3	12,3	15,9
Сумма активных температур, Т°С							
2012	362,3	520,9	650,1	702,4	686,5	310,0	3232,2
2013	171,4	544,0	647,0	690,4	629,9	359,0	3041,7
2014	84,5	575,3	406,1	623,1	662,6	364,9	2716,5
многолетнее	109,0	436,0	561,0	642,0	584,0	370	2702,0
Осадки, мм							
2012	25,8	6,1	64,0	20,4	58,6	35,0	209,9
2013	16,9*	24,0	13,9	37,6	107,5	115,5	315,4
2014	2,5	20,7	44,2	5,4	24,0	2,5	99,3
многолетнее	34	34	55	50	43	44	260,0
ГТК							
2012	0,72	0,11	0,98	0,29	0,86	1,13	0,65
2013	0,99	0,44	0,22	0,55	1,71	2,49	0,98
2014	0,30	0,36	1,09	0,09	0,36	0,07	0,38
многолетнее	3,12	0,78	0,98	0,78	0,74	1,19	1,27

Примечание. \* – сумма осадков (мм) за период с температурами выше 10°С.

Весна 2012 года выдалась очень ранняя и скоротечная. Сумма активных температур в апреле была 362,3°С, что в 3 раза выше среднемноголетнего значения (109,0°С). Учитывая сложившиеся условия, посев конкурсного сортоиспытания (КСИ 12) был проведен в максимально ранние сроки (8 мая), с целью получения семян в год посева. В связи с повышенными среднесуточными температурами мая всходы появились на шестой день после посева – 14.05.2012, развитие люцерны проходило более интенсивно, фаза стеблевания была зафиксирована 5 июня 2012 года. Осадки,

выпавшие 22-23 июня (49,8 мм) оказали благоприятное воздействие на рост и развитие растений люцерны в первый год жизни. Цветение наступило 28 июля, семена созрели к 30 сентября.

В год посева – первый год жизни люцерны – был проведен учет кормовой массы всех изучаемых образцов. Наибольшее количество сухого вещества к фазе «бутонизация» накопили образцы: Популяция 7 (0,60 кг/м<sup>2</sup>), Тёмно-зелёная (0,57 кг/м<sup>2</sup>), Татарская Пастбищная (0,56 кг/м<sup>2</sup>) и Изумруда (0,53 кг/м<sup>2</sup>). Количество сухого вещества остальных образцов находилось на уровне или ниже стандарта (табл. 2).

Таблица 2

Показатели продуктивности образцов люцерны изменчивой в конкурсном сортоиспытании, посев 2012 г., урожай 2012 г.

Образец	Урожайность	
	сухого вещества, кг/м <sup>2</sup>	семян, г/м <sup>2</sup>
Куйбышевская st	0,51	34,5
Изумруда	0,53	32,6
Популяция 4	0,52	37,9
Татарская Пастбищная 99	0,50	22,9
Гюзель СП 03	0,43	35,9
Популяция км	0,51	31,1
Популяция 24	0,41	25,1
Популяция 7	0,60	27,7
Популяция 8	0,50	27,1
Популяция 2	0,47	30,6
Популяция супер	0,45	41,4
Тёмно-зелёная	0,57	24,7
Татарская Пастбищная	0,56	47,8
Популяция 13	0,45	46,4
НСР <sub>0,5</sub>	0,06	2,60
F (практ.)	7,47	77,75
F (теор.)	2,56	2,65

Как и было запланировано, в год посева получили урожай семян. Сумма активных температур от всходов до уборки семян составила 2612,8<sup>0</sup>С, что вполне достаточно для их успешного созревания. По полученным данным выделились образцы: Татарская Пастбищная, Популяция 13, Популяция супер, Популяция 4 и Гюзель СП 03 с превышением стандарта на 38,5, 34,5, 20, 10 и 4,1% соответственно. Остальные образцы по этому показателю находились ниже уровня стандарта [8].

В 2013 г. начало отрастания люцерны проходило в обычные сроки (III декада апреля). Несмотря на хорошую суммарную влагообеспеченность года, наблюдалась ранневесенняя и летняя засуха. Так, за период с 6 мая по 26 июля количество осадков составило лишь 38 мм, что почти в 3 раза ниже нормы. В сложившихся климатических условиях первый укос провели 11 июля, перед которым было проведено измерение высоты растений люцерны. Наибольшей высотой отличились два образца Тёмно-зелёная – 111 см и Популяция 7 – 95 см. У остальных образцов этот показатель варьировал от 74 до 85 см (табл. 3).

Высокая облиственность растений люцерны обуславливает её хорошие кормовые качества. Так, листья люцерны содержат до 25% белка на сухое вещество и представляют особую питательную ценность. На их долю в урожае сена приходится 40-60%. В результате изучения данного показателя, в конкурсном сортоиспытании посева 2012 года, установлено, что наибольшее количество листьев имели 8 образцов: Популяция 13 (53,2%), Популяция супер (50,6%), Гюзель СП 03 (48,9%), Популяция 24 (47,8%), Популяция 2 (46,0%), Изумруда (45,8%), Тёмно-зелёная (45,2%) и Татарская Пастбищная (45,1%), с превышением стандарта на 0,9-19,0% [8]. Изучаемые образцы сформировали урожай сухого вещества от 0,65 до 0,86 кг/м<sup>2</sup>, при этом все образцы превысили стандарт больше чем на 50%, самый высокий выход сухого вещества был у сортообразцов: Популяция 7 – 0,86 кг/м<sup>2</sup>, Изумруда – 0,85 кг/м<sup>2</sup>, Популяция 4 – 0,82 кг/м<sup>2</sup> и Популяция 24 – 0,81 кг/м<sup>2</sup>. Сформировать высокий урожай надземной массы люцерне позволяют осенне-весенние запасы влаги, которые она эффективно использует. Между первым и вторым укосом прошло всего 36 суток, за этот период выпало

21,1 мм осадков при сумме активных температур 905,9<sup>0</sup>С, ГТК был равен 0,02. Все фазы развития у растений протекали ускоренно. Второй укос был проведен в фазу «начало цветения» 17 июля 2013 г. Несмотря на засуху, накопление сухого вещества во втором укосе было стабильным – 0,46-0,86 кг/м<sup>2</sup>. Перспективный образец Изумруда, который на момент проведения опыта находился на госсортоиспытании, превысил стандарт в 2 раза, при высоте 59 см урожайность сухого вещества была 0,86 кг/м<sup>2</sup> благодаря самой высокой облиственности – 52,2%. Шесть образцов так же имели высокий показатель облиственности – от 46,5 до 51,8%, остальные были на уровне или уступали стандартному сорту. Погодные условия весенне-летнего периода способствовали тому, что большинство образцов люцерны были готовы к уборке семян уже к III декаде июля. Необходимо отметить, что в сложившихся погодных условиях 2013 года был получен самый высокий урожай семян люцерны (337,5-494,7 г/ м<sup>2</sup>) за годы изучения данного показателя. Все исследуемые сортопопуляции, кроме образца Татарская Пастбищная, превысили стандарт от 4 до 42%. Полученные данные подтверждают ранее проведенные исследования о том, что для получения семян люцерны требуется сухая и жаркая погода во время цветения люцерны и влажность почвы 45-50% НВ.

Таблица 3

Показатели продуктивности образцов люцерны изменчивой в конкурсном сортоиспытании 2012 г., урожай 2013 г.

Образец	Высота, см	Облиственность, %	Урожайность сухого вещества, кг/м <sup>2</sup>	I укос		II укос		Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>
				Высота, см	Облиственность, %	Урожайность сухого вещества, кг/м <sup>2</sup>	Урожайность сухого вещества, кг/м <sup>2</sup>	
Куйбышевская	83	44,7	0,42	77	43,7	0,42	348,9	
Изумруда	74	45,8	0,85	59	52,2	0,86	364,1	
Популяция 4	83	38,0	0,82	67	51,8	0,78	467,6	
Татарская Пастбищная 99	76	38,7	0,71	61	46,7	0,51	385,0	
Гюзель СП 03	77	48,9	0,67	77	46,5	0,66	494,7	
Популяция км	77	43,5	0,79	81	42,9	0,38	451,9	
Популяция 24	85	47,8	0,81	81	47,0	0,77	442,4	
Популяция 7	95	42,0	0,86	62	43,0	0,51	468,6	
Популяция 8	85	43,2	0,68	59	41,9	0,68	451,8	
Популяция 2	81	46,0	0,68	83	39,8	0,48	478,9	
Популяция супер	85	50,6	0,65	69	51,1	0,60	371,0	
Тёмно-зелёная	111	45,2	0,75	70	44,1	0,67	450,6	
Татарская Пастбищная	82	45,1	0,75	71	39,6	0,46	337,5	
Популяция 13	80	53,2	0,74	77	44,6	0,48	412,0	
НСР <sub>0,5</sub>	6,38	0,80	0,11	10,49	0,96	0,04	60,43	
F(практ.)	18,03	260,06	9,45	5,46	172,23	93,8	6,38	
F(теор.)	2,45	3,10	2,65	2,45	3,10	2,65	2,65	

В 2014 году переход температуры воздуха через +10<sup>0</sup>С отмечен своевременно – 27 апреля, с этого времени началось устойчивое отрастание люцерны. Постепенное прогревание воздуха в начале мая сменилось резким повышением температур до 20,2-22,2<sup>0</sup>С во второй декаде мая и первой декаде июня, что привело к ускорению развития растений люцерны. На продолжительность периодов между укосами оказывает влияние среднесуточная температура воздуха: чем она выше, тем короче период формирования укосов [9]. Период формирования первого укоса составил 36 суток. По результатам измерения высоты растений только один образец Популяция 13 (93 см) достоверно превысил стандартный сорт Куйбышевская (табл. 4). Остальные образцы по данному показателю были на уровне или ниже стандарта. При определении облиственности были выделены следующие сортообразцы: Популяция 24 (44,1%), Татарская Пастбищная 99 (42,8%) и Популяция 4 (42,0%), Гюзель (41,0%), Популяция 13 (40,7%), Изумруда (40,3%), что говорит о более высокой пластичности перечисленных популяций и способности при резком скачке температуры образовать большую листовую поверхность, адаптируясь к внешним условиям среды. Пять образцов по количеству

листьев находились на уровне сорта Куйбышевская и только 2 образца были ниже стандарта. При подсчете урожайности сухого вещества были отмечены популяции: Тёмно-зелёная – 0,79 кг/м<sup>2</sup>, Популяция км – 0,78 кг/м<sup>2</sup>, Популяция 4 – 0,76 кг/м<sup>2</sup>, Изумруда и Гюзель – 0,67 кг/м<sup>2</sup>.

Таблица 4

Показатели продуктивности образцов люцерны изменчивой в конкурсном сортоиспытании, посев 2012 г., урожай 2014 г.

Образец	Высота, см	Облиствен- ность, %	Урожайность сухого ве- щества, кг/м <sup>2</sup>	Высота, см	Облиствен- ность, %	Урожайность сухого ве- щества, кг/м <sup>2</sup>	Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>
Куйбышевская	86	37,1	0,65	81	48,8	0,61	31,4
Изумруда	86	40,3	0,67	79	51,7	0,78	49,2
Популяция 4	83	42,0	0,76	86	44,9	0,69	47,6
Татарская Пастбищная 99	76	42,8	0,56	75	52,1	0,56	32,7
Гюзель СП 03	84	41,0	0,67	90	51,0	0,58	23,9
Популяция км	84	34,7	0,78	80	48,7	0,54	39,7
Популяция 24	81	44,1	0,61	71	48,2	0,59	47,4
Популяция 7	87	35,1	0,64	78	50,0	0,60	56,0
Популяция 8	79	38,0	0,58	80	45,2	0,70	22,9
Популяция 2	86	38,3	0,61	78	47,2	0,65	54,3
Популяция супер	77	37,6	0,65	90	47,6	0,79	44,9
Тёмно-зелёная	80	39,5	0,79	82	49,7	0,97	49,7
Татарская Пастбищная	82	37,3	0,58	77	50,2	0,63	46,7
Популяция 13	93	40,7	0,65	74	49,3	0,68	55,8
НСР <sub>0,5</sub>	4,57	4,12	0,04	4,81	1,88	0,07	2,89
F(практ.)	8,70	4,27	23,84	10,86	12,39	22,82	126,72
F(теор.)	2,45	3,10	2,65	2,45	3,10	2,65	2,65

Резкое повышение температурного режима сменилось прохладной погодой, и урожай второго укоса был сформирован в менее жарких условиях за 48 суток. Снижение среднесуточной температуры отразилось на высоте и облиственности изучаемых образцов. Высота колебалась в пределах от 74 до 90 см, три образца достоверно превысили стандарт – Популяция супер, Гюзель СП 03 на 9,0 см и Популяция 4 – на 6,0 см. В сложившихся погодных условиях 2014 года оба укоса были практически равнозначны по накоплению сухого вещества – 0,56-0,79 кг/м<sup>2</sup> и 0,54-0,97 кг/м<sup>2</sup> соответственно, что в среднем по образцам составляет 0,66 кг/м<sup>2</sup> в первом укосе и 0,67 кг/м<sup>2</sup> во втором. Урожайность семян популяций в 2014 году колебалась от 22,9 до 56,0 г/м<sup>2</sup>. Больше всего семян образовали: Популяция 7 (56,0 г/м<sup>2</sup>), Популяция 13 (55,8 г/м<sup>2</sup>), Популяция 2 (54,3 г/м<sup>2</sup>), Тёмно-зелёная (49,7 г/м<sup>2</sup>) и Изумруда (49,2 г/м<sup>2</sup>), превышая стандарт более чем на 50,0%.

В среднем за три года жизни и два года пользования отмечены 2 сортопопуляции, выделившиеся по накопленному урожаю сухого вещества, как в первом, так и во втором укосе – это Тёмно-зелёная (1,59 кг/м<sup>2</sup>) и Изумруда (1,58 кг/м<sup>2</sup>). Превышение над сортом Куйбышевская 51,4 и 50,5% соответственно (табл. 5).

Следующая группа образцов превышала стандарт более, чем на 20%: Популяция 4, Популяция 24, Популяция супер, Популяция 7, Популяция 8, Гюзель СП 03, Популяция 13. В завершающую группу образцов с достоверным превышением стандарта (более, чем на 10%) вошли: Популяция км, Популяция 2, Татарская Пастбищная и Татарская Пастбищная 99, что говорит о высоком генетическом потенциале изучаемых популяций.

По семенной продуктивности все образцы достоверно превысили стандартный сорт Куйбышевская, отличающийся неустойчивым семеноводством (от 4,0 до 35,9%). Наибольшим превышением отличились сортообразцы: Популяция 2 (187,9 г/м<sup>2</sup>), Гюзель (184,8 г/м<sup>2</sup>), Популяция 4 (184,4 г/м<sup>2</sup>), Популяция 7 (184,1 г/м<sup>2</sup>), Тёмно-зелёная (175 г/м<sup>2</sup>), Популяция км (174,2 г/м<sup>2</sup>), Популяция 24 (171,6 г/м<sup>2</sup>) и Популяция 13 (171,4 г/м<sup>2</sup>). Известно, что у люцерны урожайность вегетативной массы находится в обратной корреляционной зависимости с урожайностью семян. Поэтому так важно

подобрать образцы, оптимально сочетающие оба признака. У перечисленных популяций, за годы пользования, облиственность была выше стандарта на 1,3-8,9%.

Таблица 5

Продуктивность образцов люцерны изменчивой в конкурсном сортоиспытании, посев 2012 г., среднее за 2 года пользования

Образец	Урожайность сухого вещества, сумма с двух укосов, кг/м <sup>2</sup>		Среднее за 2 года пользования, с двух укосов, кг/м <sup>2</sup>	Превышение над стандартом, %	Урожайность семян, г/м <sup>2</sup>	Превышение урожайности семян над стандартом, %
	2013 г.	2014 г.				
Куйбышевская	0,84	1,26	1,05	-	138,3	-
Изумруда	1,71	1,45	1,58	50,5	148,6	7,5
Популяция 4	1,60	1,45	1,53	45,7	184,4	33,3
Татарская Пастбищная 99	1,21	1,12	1,17	11,4	146,9	6,2
Гюзель СП 03	1,33	1,26	1,30	23,8	184,8	33,6
Популяция км	1,17	1,32	1,25	19,0	174,2	26,0
Популяция 24	1,58	1,20	1,39	32,4	171,6	24,1
Популяция 7	1,37	1,24	1,31	24,8	184,1	33,1
Популяция 8	1,35	1,27	1,31	24,8	167,3	20,9
Популяция 2	1,17	1,26	1,22	16,2	187,9	35,9
Популяция супер	1,25	1,44	1,35	28,6	152,4	10,2
Тёмно-зелёная	1,41	1,76	1,59	51,4	175,0	26,5
Татарская Пастбищная	1,21	1,21	1,21	15,2	144,0	4,1
Популяция 13	1,22	1,32	1,27	21,0	171,4	23,9

**Заключение.** По результатам трехлетнего изучения 13 популяций люцерны изменчивой (*Medicago varia Martyn*) в конкурсном сортоиспытании посева 2012 года выделены образцы, накопившие сухое вещество более других и при этом не уступающие стандарту по урожайности семян: Тёмно-зелёная, Изумруда, Популяция 4, Популяция 24, Популяция супер, Гюзель СП 03 и Популяция 13. Исследованиями подтверждается, что в условиях Среднего Поволжья возможно получение семян в год посева при условии его ранневесеннего проведения (до 10-12 мая). По данному показателю были выделены следующие популяции, превышающие стандартный сорт Куйбышевская от 4,1 до 38,5 %, – это Татарская пастбищная (38,5%), Популяция 13 (34,5%), Популяция супер (20%), Популяция 4 (10%) и Гюзель СП 03 (4,1%). При изучении образцов во второй год жизни по сумме 2-х укосов в среднем за 2 года пользования были отобраны образцы с повышенной кормовой продуктивностью, по накопленному сухому веществу выделались 3 популяции: Тёмно-зелёная (1,59 кг/м<sup>2</sup>), Изумруда (1,58 кг/м<sup>2</sup>) и Популяция 4 (1,53 кг/м<sup>2</sup>). Выделенные сортопопуляции будут использоваться в дальнейшем селекционном процессе для создания высокопродуктивных сортов с повышенной кормовой и семенной продуктивностью в условиях Среднего Поволжья.

#### Библиографический список

1. Васин, В. Г. Основные направления развития кормопроизводства в Самарской области / В. Г. Васин, Н. Н. Ельчанинова, А. А. Васин // Кормопроизводство. – 2012. – №8. – С. 34-38.
2. Курдюков, Ю. Ф. Роль многолетних трав в полевых севооборотах засушливой степи Поволжья / Ю. Ф. Курдюков, Л. П. Лощина, Ж. П. Попова [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2009. – № 2. – С. 38-42.
3. Грязева, Т. В. Современное состояние семеноводства люцерны в Ростовской области / Т. В. Грязева, С. А. Игнатъев, И. М. Чесноков // Зерновое хозяйство России. – № 3 (33). – 2014. – С. 31-34.
4. Хадеев, Т. Г. Приемы повышения полевой всхожести семян люцерны / Т. Г. Хадеев, М. Ш. Лапина // Защита и карантин растений. – 2012. – № 6. – С. 26-27.
5. Кожемяков, А. П. Роль клубеньковых бактерий в возделывании бобовых культур / А. П. Кожемяков, Ю. В. Лактионов, В. В. Елисеев // Агроинформ, 2014. – С. 34-36.
6. Доев, Д. Н. Оценка биоресурсного потенциала люцерны (*Medicago varia Mart.*) при использовании местных штаммов клубеньковых бактерий рода *Sinorhizobium* в условиях вертикальной зональности РСО-Алания : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.14 / Доев Дзамболат Николаевич. – Владикавказ, 2017. – 24 с.

7. Игнатъев, С. А. Результаты селекции люцерны на продуктивность / С. А. Игнатъев, Т. В. Грязева // Зерновое хозяйство России. – 2018. – № 4(58). – С. 62-66.
8. Володина, И. А. Изучение кормовой и семенной продуктивности образцов люцерны изменчивой (*MEDICAGO VARIA L.*) в условиях Среднего Поволжья / И. А. Володина // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2018. – №11-1. – С. 181-185.
9. Михалёв, В. Е. Реакция сортов люцерны изменчивой на условия произрастания / В. Е. Михалев, В. Е. Маркова, Е. Ю. Ушакова // Экология, генетика, селекция на службе человечества : материалы Международной научной конференции. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – С. 192-195.

#### References

1. Vasin, V. G., Elchaninova, N. N., & Vasin, A. A. (2012). Osnovnyie napravleniia razvitiia kormoproizvodstva v Samarskoi oblasti [The main directions of development of forage production in the Samara region]. *Kormoproizvodstvo – Fodder Production*, 8, 34-38 [in Russian].
2. Kurdyukov, Yu. F., Loschinina, L. P., & Popova, Zh. P. et al. (2009). Rol mnogoletnikh trav v polevykh sevoobrotakh zasushlivoi stepi Povolzhia [The role of perennial grasses in field crop rotations of the arid steppe of the Volga region]. *Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka – Agrarian Reporter of South-East*, 2, 38-42 [in Russian].
3. Gryazeva, T. V., Ignatiev, S. A., & Chesnokov, I. M. (2014). Sovremennoie sostoyaniie semenovodstva lyucerny v Rostovskoi oblasti [The Current state of seed production of alfalfa in the Rostov region]. *Zernovoie hoziaistvo Rossii – Grain Economy of Russia*, 3 (33), 31-34 [in Russian].
4. Khadeev, T. G., & Lapina, M. Sh. (2012). Priemy povysheniia polevoi vskhozhesti semian lyucerny [Methods of increasing the field germination of alfalfa seed]. *Zashchita i karantin rastenii – Protection and quarantine of plants*, 6, 26-27 [in Russian].
5. Kozhemyakov, A. P., Laktionov, Yu. V., & Eliseev, V. V. (2014). Rol klubnikovykh bakterii v vzdelyvanii bobovykh kultur [The Role of nodule bacteria in the cultivation of legumes]. *Agroinform – Agroinform*, 34-36 [in Russian].
6. Doev, D. N. (2017). Otsenka bioresursnogo potentsiala lyucerny (*Medicago varia* Mart.) pri ispolizovanii mestnykh shtammov klubnikovykh bakterii roda *Sinorhizobium* v usloviakh vertikalnoi zonalnosti RSO-Alaniya [Assessment of biological potential of alfalfa (*Medicago varia* Mart.) when you use local strains of nodule bacteria of the genus *Sinorhizobium* to the terms of the vertical zonation of North Ossetia-Alania]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Vladikavkaz [in Russian].
7. Ignatiev, S. A., & Gryazeva, T. V. (2018). Rezuliaty seleksii lyucerny na produktivnost [Results of alfalfa breeding for productivity]. *Zernovoie hoziaistvo Rossii – Grain Economy of Russia*, 4(58), 62-66 [in Russian].
8. Volodina, I. A. (2018). Izucheniie kormovoi i semennoi produktivnosti obrazcov lyucerny izmenchivoi (*MEDICAGO VARIA L.*) v usloviakh Srednego Povolzhia [Study of fodder and seed productivity of alfalfa samples (*MEDICAGO VARIA L.*) in the Middle Volga region]. *Mezhdunarodnyi zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk – International journal of Humanities and natural Sciences*, 11-1, 181-185 [in Russian].
9. Mikhalev, V. E., Markova, V. E., & Ushakova, E. Yu. (2011). Reaktsiia sortov lyucerny izmenchivoi na usloviia proizrastaniia [Reaction of alfalfa varieties changeable to growing conditions]. Ecology, genetics, selection in the service of humanity '11: *materialy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferencii – proceedings of the International scientific conference*. (pp. 192-195). Ulyanovsk [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cdbcf3bd008.99301749

УДК 631:631.9:631.95

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ В СЕВООБОРОТЕ С КАРТОФЕЛЕМ

**Федотова Людмила Сергеевна**, д-р с.-х. наук, проф., зав. отделом агрохимии и биохимии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха».

140051, Московская область, Люберецкий район, п. Красково, ул. Лорха, 23.

E-mail: fedotova@vniikh.com

**Аканова Наталья Ивановна**, д-р биол. наук, проф., зав. группой известковых удобрений и химической мелиорации, ФГБНУ «Всероссийский НИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова».

127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А.

E-mail: N\_Akanova@mail.ru

**Косодуров Кирилл Сергеевич**, аспирант ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова».

127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А.

E-mail: kosodurov@mail.ru

**Ключевые слова:** фосфогипс, картофель, ячмень, качество, фосфор, кислотность, плодородие.

*Цель исследований – улучшение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и повышение продуктивности культур звена севооборота с картофелем. Снижение объемов применения минеральных и органических удобрений в земледелии Нечерноземной зоны России обуславливает получение низких урожаев клубней картофеля и ухудшение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв. Выявлено агрономически положительное и экологически безопасное действие фосфогипса на физико-химические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и формирование продуктивности и качества продукции картофеля и ярового ячменя. При внесении фосфогипса в среднем за 3 года в почву поступило (кг S/га в год): с дозой 0,5 т/га +35,1, с дозой 1,0 т/га +57,6, с дозой 1,5 т/га +79,8 и на фоне 3,0 т/га +105,6, что обусловило повышение содержания серы в почве соответственно внесенным дозам мелиоранта – на 9,7, 17,5, 26,5 и 32,9 мг S/kg по сравнению с исходным уровнем. Однократное внесение фосфогипса в дерново-подзолистую почву обеспечило повышение содержания подвижного фосфора на 72 и 40 мг/kg на фоне доз 1,5 и 3,0 т/га. Оценка возможной токсичности фосфогипса показала, что соотношение Ca/Sr в почве находится на безопасном уровне и составило в контрольном варианте 97, на фоне доз фосфогипса 0,5, 1,0 и 1,5 т/га – 104-117. В сумме за три года исследований применение мелиоранта обеспечило увеличение продуктивности звена севооборота картофель – ячмень – картофель на 30-38 ц зерн. ед./га или на 19-24% в сравнении с вариантом, где применялись только NPK-удобрения.*

## EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION ON SOD-PODZOLIC SOIL IN CROP ROTATION WITH POTATOES

**L. S. Fedotova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department Agrochemistry and Biochemistry, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute for potato farms named after A. G. Lorkh».

140051, Moscow region, Lyubertsy district, village Kraskovo, Lorkha street, 23.

E-mail: fedotova@vniikh.com

**N. I. Akanova**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head a Group of lime fertilizers and Chemical Reclamation, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov».

127550, Moscow, Pryanishnikova street, 31A.

E-mail: N\_Akanova@mail.ru

**K. S. Kosodurov**, Postgraduate Student Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D. N. Pryanishnikov».

127550, Moscow, Pryanishnikova street, 31A.

E-mail: kosodurov@mail.ru

**Keywords:** phosphogypsum, potatoes, barley, quality, phosphorus, acidity, fertility.

The research is aimed to improve the agrochemical properties of sod-podzolic soil and increase the productivity of crop rotation with potatoes. The decrease in the mineral and organic fertilizers use in Non-Chernozem zone of Russia leads to low yields of potato tubers and worse agrochemical properties of sod-podzolic soils. Agronomical positive and ecologically safe effects of phosphogypsum on physical and chemical properties of sod-podzolic sandy soil and formation of productivity and quality of potato and spring barley was revealed. With the introduction of phosphogypsum, on average for 3 years, the soil received (kg S/ha per year): with a dose of 0.5 t/ha +35.1, with a dose of 1.0 t/ha +57.6, with a dose of 1.5 t/ha +79.8 and against a background of 3.0 t/ha +105.6, which led to an increase in the content of salpho in the soil, respectively, introduced doses of meliorant – by 9.7, 17.5, 26.5 and 32.9 mg S/kg compared to the initial level. A single application of phosphogypsum to sod-podzolic soil provided an increase in the content of labile phosphorus by 72 and 40 mg/kg against the background of doses of 1.5 and 3.0 t/ha. The Assessment of the possible toxicity of phosphogypsum showed that the ratio of Ca/Sr in the soil is at a safe level and amounted to 97 in the control variant, against the background of doses of phosphogypsum 0.5, 1.0 and 1.5 t/ha – 104-117. In total, for three years of research, the use of meliorant provided an increase in the productivity of potato – barley – potato crop rotation by 30-38 kg of grains units/ha or 19-24% in comparison with the option where only NPK fertilizers were used.

В отечественном земледелии наблюдается нарастающий дефицит серы в почве, что связано с интенсивным её выносом урожаем сельскохозяйственных культур и миграцией в нижележащие горизонты. Оптимизация серного питания растений способствует синтезу большего количества

белка, что обуславливает повышение устойчивости растений к засушливым условиям. Холодоустойчивость различных теплолюбивых растений определяется содержанием в растениях углеводов, аскорбиновой кислоты, формируемых также, в основном, при оптимизации питания растений серой (А. Н. Аристархов, 2007).

Снижение объемов применения минеральных и органических удобрений в земледелии Нечерноземной зоны России обуславливает получение низких урожаев клубней картофеля и ухудшение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв. В силу биологических особенностей картофеля предъявляет повышенную требовательность к условиям минерального питания. Одной тонной клубней картофеля с учетом ботвы выносятся из почвы в среднем (кг): азота – 5,  $P_2O_5$  – 2,  $K_2O$  – 10, СаО – 3,8, MgO – 1,6 и серы до 0,5 (Л. С. Федотова, Н. А. Зеленов, 2007). Для получения высокого урожая клубней картофеля необходимо обеспечение в почве следующих параметров: содержание гумуса – 2,5-3,0%, подвижного фосфора (по Кирсанову) – 250-300 мг/кг  $P_2O_5$ , обменного калия (по Кирсанову) – 180-250 мг/кг  $K_2O$ , обменного магния – не менее 250 мг/кг MgO,  $pH_{KCl}$  – 5,4-6,0, Нг – 1,5-3,0 мг-экв/100 г почвы [1]. Такой уровень плодородия может быть достигнут за счет комплексного применения минеральных и органических удобрений на фоне оптимизации кальциевого режима дерново-подзолистых почв [2].

Установлено, что применение на дерново-подзолистых почвах, характеризующихся недостаточной обеспеченностью серой, серосодержащих удобрений способствует повышению урожайности картофеля и улучшению качества клубней, в т.ч. увеличению товарности, содержания сухих веществ, крахмала, витамина С, а также кулинарных характеристик [3]. В Нечерноземной зоне на кислых почвах для улучшения кальциевого режима и оптимизации реакции среды в основном применяют известковые материалы. Фосфогипс (ФГ) эффективно используют на почвах с высоким содержанием натрия для снижения клейкости и предотвращения создания водонепроницаемой корки [4]. В составе фосфогипса присутствует кальций, который вытесняет натрий из грунта и способствует нормализации водопроницаемости. Фосфогипс – побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при сернокислотном разложении фосфатного сырья. На низкоплодородных почвах рекомендуется применять фосфогипс в сочетании с фосфоритной мукой или известью содержащими материалами [5]. Основную массу образующегося фосфогипса в настоящее время сбрасывают в отвалы. В этой связи уже давно возникла и продолжает усугубляться необходимость использования этого отхода в народном хозяйстве [6].

**Цель исследований** – улучшение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и повышение продуктивности культур звена севооборота с картофелем.

**Задачи исследований** – определить влияние фосфогипса на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и качество их продукции.

**Материалы и методы исследований.** Фосфогипс содержит не менее 21% Са, 17% S и до 1% общего фосфора ( $P_2O_5$ ) и может характеризоваться как кальций-серно-фосфорное удобрение. Основное его вещество ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) составляет не менее 80%. Определение удельной активности в ФГ показало, что содержание техногенных радионуклидов не превышает допустимых значений (Бк/кг):  $^{137}Cs < 3,7$ ,  $^{90}Sr < 28,3$  Бк/кг. Эколого-токсикологическая оценка состава ФГ показала, что в его составе содержится ТМ (мг/кг): Cu –  $15,7 \pm 1,2$ , Mn –  $14,1 \pm 0,9$ , Pb –  $5,8 \pm 0,5$ , Zn –  $4,6 \pm 0,8$ , Co –  $3,2 \pm 0,6$ , Ni –  $2,1 \pm 0,2$ , Cr –  $1,6 \pm 0,4$ , Cd –  $0,70 \pm 0,05$ , Hg –  $0,04 \pm 0,02$ , что многократно ниже ПДК, содержание As не выявлено. Химический состав фосфогипса в основном определяется качеством используемого фосфатного сырья, а также способом производства продукции.

Полевой опыт был заложен на дерново-подзолистой супесчаной почве экспериментального полигона «ВНИИ картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха» Люберецкого района Московской области (табл. 1). ФГ вносили в возрастающих дозах – 0,5, 1,0, 1,5 и 3,0 т/га, минеральные удобрения применяли под весеннюю культивацию почвы под ячмень в дозах  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , под картофель –  $N_{90}P_{90}K_{180}$ . Повторность опыта – 3-х кратная, площадь делянок – 60 м<sup>2</sup>. Схема посадки клубней – 75x30 см. В опыте возделывались сорта картофеля Любава и Гала, ячменя ярового сорт Московский 86.

Таблица 1

## Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Год	рН <sub>КС</sub>	Нг	Сумма обменных оснований, S	Содержание				Степень насыщенности основаниями, V
				ΣN-NO <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	гумуса	
					по Кирсанову			
мг-экв /100 г			мг/кг почвы				%	
2013	4,71	3,27	3,11	24,5	315	97	48,7	1,91

**Результаты исследований.** В условиях применения ФГ кислотность почвы изменялась по годам, выявлены сезонные колебания показателя в пределах 0,2 ед. На 2-й год последствия ФГ на фоне минеральных удобрений и низкой (0,5 т/га) дозы ФГ наблюдалось некоторое повышение гидролитической кислотности (на 0,13-0,35 мг-экв/100 г почвы) и, наоборот, в вариантах с повышенными дозами ФГ (1,5-3,0 т/га) отмечена тенденция снижения показателя, соответственно на 0,11-0,17 мг-экв/100 г почвы в сравнении с исходным уровнем (табл. 2). В 2015 году отмечено некоторое подкисление почвы на фоне внесения ФГ, величина рН была ниже исходной на 0,15-0,24 ед.

Такие же закономерности выявлены по отношению гидролитической кислотности. Сравнение сезонных результатов показало, что после вегетации ячменя на фоне доз ФГ 1,5 и 3,0 т/га выявлено достоверное снижение гидролитической кислотности на 0,31-0,46 мг-экв/100 г почвы соответственно. В вариантах с внесением N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> (1 вариант) и доз ФГ 0,5 и 1,0 т/га (2 и 3 варианты) существенных изменений не было выявлено. Однако, на 3-й год последствия ФГ в 2015 году показатели Нг по сравнению с исходным уровнем на варианте НРК+0,5 т/га ФГ (2 вариант) и НРК+1,0 т/га ФГ (3 вариант) увеличились на 0,48-0,52 мг-экв/100 г почвы. При внесении доз ФГ 1,5 и 3,0 т/га (4 и 5 варианты) значимого сдвига Нг не отмечено, что возможно обусловлено созданием оптимального соотношения элементов питания, которое обеспечило высокую продуктивность культур и стабилизацию физико-химических свойств почвы.

Анализ результатов динамики изменения суммы обменных оснований показал, что интенсивное использование пашни, получение высоких урожаев картофеля и ячменя в условиях применения фосфогипса обусловило к 2015 году, по сравнению с исходным уровнем, снижение величины показателя: на фоне малых доз ФГ (2 и 3 варианты) на 0,50-0,52 мг-экв/100 г почвы (табл. 2). Изменение уровня кислотности почвы и суммы обменных оснований соответственно привело в этих же вариантах к уменьшению степени насыщенности почвы основаниями ППК на 7,3 и 6,9%. На фоне высоких доз фосфогипса выявленные различия были не достоверны и находились в пределах ошибки опыта.

Таблица 2

## Влияние фосфогипса на кислотно-основные свойства дерново-подзолистой почвы

Доза ФГ, т/га	рН <sub>КС</sub>				Нг				Сумма обменных оснований, S				Степень насыщенности основаниями, V, %			
	мг-экв/100 г почвы				мг-экв/100 г почвы				мг-экв/100 г почвы				%			
	2013	2013	2014	2015	2013	2013	2014	2015	2013	2013	2014	2015	2013	2013	2014	2015
	весна	осень			весна	осень			весна	осень			весна	осень		
0-фон	4,69	4,69	4,63	4,63	3,97	4,05	4,10	3,73	3,05	3,13	2,90	2,90	43,4	43,5	41,4	43,7
Ф+0,5	4,73	4,65	4,50	4,51	3,91	4,02	4,26	4,43	3,07	3,23	3,19	2,57	44,0	44,6	42,8	36,7
Ф+1,0	4,67	4,56	4,53	4,47	4,08	4,08	4,12	4,56	3,22	3,43	3,12	2,70	44,1	45,7	43,1	37,2
Ф+1,5	4,73	4,68	4,70	4,58	3,97	3,80	3,80	4,13	3,15	3,1	3,12	2,80	44,2	47,3	45,1	40,4
Ф+3,0	4,72	4,62	4,60	4,48	3,91	3,80	3,80	4,17	3,07	3,35	3,12	2,95	44,0	46,9	45,1	41,4
НСР <sub>05</sub>	0,19				0,22				0,32				3,8			

Примечание: фон – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – под яровой ячмень; фон – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> – под картофель.

С фосфогипсом в дозе 3 т/га в почву было внесено до 30 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га. Существенное увеличение содержания фосфора по сравнению с его исходной величиной отмечено при внесении 1,5 и 3,0 т/га ФГ – 72 и 40 мг/кг. В конце вегетации картофеля на всех вариантах с внесением ФГ выявлено достоверное увеличение содержания фосфора (табл. 3). Однако положительный эффект от мелиоранта в улучшении пищевого режима почвы может быть обусловлен также наличием в его составе кальция, серы и большого ряда микроэлементов. На 3-й год последствия ФГ отмечено повышение содержания обменного калия на 25-28 мг/кг (табл. 3).

Таблица 3

## Влияние фосфогипса на агрохимические свойства почв

Доза ФГ, т/га	Содержание											
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				K <sub>2</sub> O				органического вещества, %			
	мг/кг (по Кирсанову)											
	2013 весна	2013 осень	2014	2015	2013 весна	2013 осень	2014	2015	2013 весна	2013 осень	2014	2015
0-фон	308	325	345	334	97	129	120	124	1,85	1,75	1,78	1,75
Ф+0,5	324	354	352	354	107	151	132	124	2,00	2,00	1,92	1,96
Ф+1,0	321	374	353	358	98	130	142	123	1,80	1,85	1,87	1,77
Ф+1,5	307	356	367	379	93	14	122	118	1,90	2,00	1,93	1,77
Ф+3,0	317	379	359	357	91	138	130	119	2,00	2,10	1,96	1,87
НСП <sub>05</sub>	19				20				0,22			

Примечание: фон – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – под яровой ячмень; фон – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> – под картофель.

На фоне внесения только минеральных удобрений в 1-й год опыта содержание подвижной серы в почве снизилось на 4,3 мг/кг или на 36%, ко 2-му году – на 6,2 мг/кг или 51%, на 3-й год – на 8,6 мг/кг или на 71% (табл. 4). Расчеты показали, что в условиях применения минеральных удобрений происходило ежегодное снижение запасов подвижной серы в пахотном слое почв, соответственно на 12,9, 5,7, 7,2 кг/га или в среднем за год на 8,6 кг/га. При внесении ФГ в среднем за 3 года в почву поступило: с дозой 0,5 т/га ФГ +35,1 кг/га S, с дозой 1,0 т/га +57,6, с дозой 1,5 т/га ФГ +79,8 и с дозой 3,0 т/га ФГ +105,6 кг/га S в год, что по сравнению с исходным уровнем обусловило повышение содержания серы в почве с внесенным ФГ в возрастающих дозах – на 9,7, 17,5, 26,5 и 32,9 мг/кг S соответственно.

Таблица 4

## Влияние фосфогипса на содержание серы в почве

Доза ФГ, т/га	Содержание в почве, мг/кг почвы			
	подвижная сера (S)			
	2013 весна	2013 осень	2014 осень	2015 осень
0	12,1	7,8	5,9	3,5
0,5	13,1	19,3	15,0	22,8
1,0	14,1	27,0	20,9	31,6
1,5	10,6	38,1	26,4	37,1
3,0	13,7	47,8	33,0	46,6
НСП <sub>05</sub>	9,3			

Содержание обменных оснований до внесения ФГ определялось на уровне 461-522 мг/кг почвы CaO и 130-151 мг/кг почвы MgO. Экстенсивное использование почвы в контрольном варианте обусловило снижение запасов обменного кальция в почве: в 1-й год – на 171 кг/га, во 2-й – на 164 кг/га, в 3-й – на 109 кг/га или в среднем за год – на 148 кг/га. Внесение ФГ в дозах от 0,5 до 3,0 т/га способствовало повышению содержания кальция в почве: на фоне 3,0 т/га – на 151 мг/кг почвы. На 4-й год последствия ФГ отмечено существенное повышение содержания обменного кальция соответственно внесенным дозам – на 104, 180, 242 и 349 мг/кг почвы (табл. 5).

Таблица 5

## Динамика содержания обменных оснований в почве

Доза ФГ, т/га	Содержание в почве, мг/кг почвы						CaO/MgO		
	весна 2013	CaO		весна 2013	MgO		весна 2013	осень	
		осень			осень			2014	2015
		2014	2015		2014	2015			
0	461	349	313	131	103	95	3,51	3,36	3,30
0,5	511	446	417	151	116	103	3,38	3,84	4,05
1,0	465	520	493	139	114	102	3,35	4,56	4,83
1,5	522	575	555	137	115	107	3,81	5,00	5,19
3,0	511	746	662	130	114	103	3,93	6,54	6,43
НСП <sub>05</sub>	65			38					

Снижение содержания магния отмечено только в трех вариантах: контроль и последствие ФГ в дозах 0,5 и 1,0 т/га, соответственно на 36 и 48 мг/кг почвы. Уменьшение запасов обменного магния в почве на контроле по годам составило: в 1-й год – на 45 кг/га, на 2-й год – 39 кг/га, в 3-й год – 24 кг/га или в среднем ежегодно потери составляли 36 кг/га.

Основным критерием при оценке возможного негативного влияния стронция на здоровье человека является соотношение Ca/Sr [7, 8]. Как показали результаты исследований, содержание Sr в почве в вариантах с внесением ФГ было в 1,4-1,7 раза выше по сравнению с контролем. Соотношение Ca/Sr в почве составило 198 на фоне применения только минеральных удобрений, 176 – при внесении ФГ в дозе 1 т /га и 312 – при внесении 3 т/га ФГ. На 2-й год последствия ФГ соотношение Ca/Sr уменьшилось и в контрольном варианте составило 97, на фоне доз ФГ 0,5, 1,0 и 1,5 т/га – 104-117, при дозе 3,0 т /га на уровне контроля – 97. На 3-й год последствия ФГ соотношение Ca/Sr в почве составило 87 на контроле и практически такое же – 86 – в варианте с максимальной дозой ФГ. Определение соотношения Ca/Sr в зависимости от времени года показало, что в осенних образцах почвы в последствии ФГ выявлено уменьшение соотношения, что может быть обусловлено потерями кальция из почвы с инфильтрационными водами. Наиболее широкое соотношение было в вариантах с внесением ФГ в дозах 0,5-1,5 т/га, более широкое, чем в вариантах с применением одних NPK-удобрений и сочетанием NPK с дозой ФГ 3,0 т/га.

В исследованиях выявлена высокая эффективность влияния ФГ на урожайность картофеля (рис. 1). Наибольший урожай клубней был получен при внесении 1,5 т/га ФГ – 34,5 т/га, прибавка урожая – 8,8 т/га или 34%. В 3-й год исследований (2015 г.) наибольшая прибавка урожая клубней (5,7 т/га или 20%) получена при внесении 1,0 т/га ФГ. При этом качество клубней в сравнении с контролем не изменилось. В среднем за два года возделывания картофеля выход крахмала в вариантах с внесением ФГ увеличился на 24-35%, а витамина С – на 22-29%. Наибольший выход крахмала (4,9 т/га) и витамина С (6,6 кг/га) был получен на фоне внесения ФГ в дозе 1,5 т/га (табл. 6).

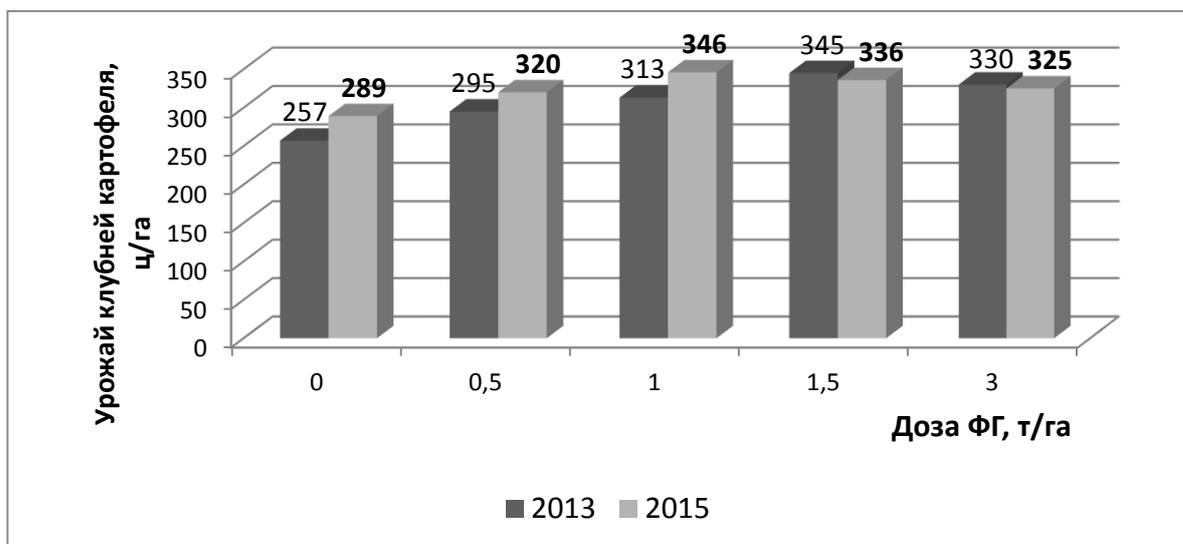


Рис. 1. Динамика урожайности картофеля, ц/га

Таблица 6

Оценка качества клубней картофеля (в среднем за 2 года)

Доза ФГ, т/га	Показатели качества клубней картофеля				
	содержание		вкус вареного картофеля	потемнение сырой мякоти (через 24 час)	суммарная кулинарная оценка
	крахмал, %	витамин С, мг%			
0	16,3	22,3	7,3	5,5	25,8
0,5	16,5	22,3	8,0	5,0	24,0
1,0	16,2	22,0	8,0	5,7	27,2
1,5	16,3	22,0	8,0	6,0	28,0
3,0	16,1	21,1	8,0	5,6	26,2
НСР <sub>05</sub>	0,4	1,4	0,6	0,8	1,4

Немаловажен факт влияния ФГ на кулинарные качества клубней. В среднем за два года наилучшими кулинарными свойствами характеризовались клубни на вариантах с внесением ФГ в дозах 1,0 и 1,5 т/га (баллы): хороший вкус (8), средняя развариваемость (5), отсутствие потемнения варёной (9) и небольшое потемнение сырой мякоти (5,7-6,0) и суммарная кулинарная оценка – 27,2-28,0 по сравнению с 25,8 на контроле. Анализ клубней урожая 2013 и 2015 гг. исследований выявил положительное влияние ФГ на устойчивость картофеля к грибным болезням – фитофторозу, парше обыкновенной и ризоктониозу (табл. 7). Этот факт можно объяснить хорошей обеспеченностью растений картофеля кальцием и серой при использовании ФГ. Наибольшая поражаемость грибными болезнями отмечена на контрольном варианте без внесения ФГ: фитофтороз – 3,6%, парша обыкновенная – 2,9%, ризоктониоз – 3,7%. В условиях применения ФГ показатели распространения болезней были существенно ниже: в зависимости от дозы мелиоранта показатель составил соответственно 0,7-2,1, 0,5-1,5 и 0-1,7% соответственно.

Таблица 7

Влияние фосфогипса на заболеваемость клубней картофеля, %

Доза ФГ, т/га	Распространенность болезней, %								
	фитофтороз			парша обыкновенная			ризоктониоз		
	2013	2015	среднее	2013	2015	среднее	2013	2015	среднее
0	1,9	5,2	3,6	3,8	2,1	2,9	1,5	5,9	3,7
0,5	1,2	3,1	2,1	1,2	0,7	0,9	0	3,3	1,7
1,0	0	2,7	1,3	1,0	0	0,5	0	0,3	0,2
1,5	0	1,3	0,7	2,3	0,6	1,5	0	0	0
3,0	0,9	0,5	0,7	1,2	1,5	1,3	0	0	0
НСП <sub>05</sub>	0,8	1,1	0,9	1,3	0,7	1,0	0,7	1,3	1,0

При возделывании ячменя после картофеля (2014 г.), наибольшая урожайность получена в варианте с внесением ФГ в дозе 3,0 т/га – 27,5 ц/га, прибавка к контролю составила 7,8 ц/га или 40%. При этом отмечено достоверное улучшение качества зерна: содержание белка составило 15,1%, что на 0,7% больше, чем на контрольном варианте (рис. 2).

В сумме за три года исследований применение ФГ в дозах 1,0, 1,5 и 3,0 т/га обеспечило увеличение продуктивности звена севооборота картофель – ячмень – картофель на 30-38 ц зерн. ед./га или на 19-24% в сравнении с вариантом, где применялись только NPK-удобрения. Согласно полученным данным в первый год опыта (2013 г.), внесение ФГ в почву обеспечило увеличение урожайности на 34% (рис. 3).

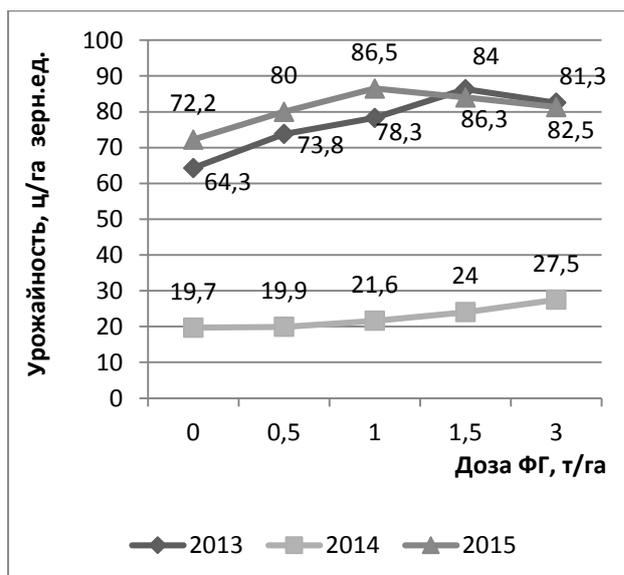


Рис. 2. Динамика продуктивности сельскохозяйственных культур в условиях внесения фосфогипса, ц/га зерн. ед.

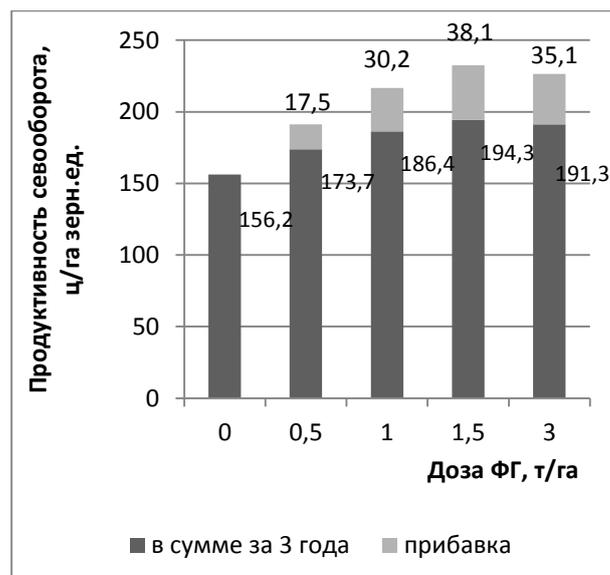


Рис. 3. Эффективность возрастающих доз ФГ в звене севооборота картофель – ячмень – картофель, ц/га зерн. ед.

Для оценки качества продукции был произведен расчёт коэффициента дискриминации ( $KД = [Ca/Sr \text{ клубни}] : [Ca/Sr \text{ почва}]$ ) для картофеля. Результаты показали, что независимо от сорта картофеля (сорт Любава в 2013 г. и сорт Гала в 2015 г.), во всех вариантах опыта наблюдалась дискриминация стронция кальцием:  $KД = 1,08-4,56$ . В опыте с ячменем (2014 г.) накопление Ca в зерне в сравнении со Sr происходило более интенсивно, чем в клубнях: в зависимости от дозы ФГ (0,5-3,0 т/га) величина  $KД$  составила 6,01-8,45 соответственно (табл. 8).

Таблица 8

Изменение содержания кальция и стронция в почве и клубнях картофеля при внесении фосфогипса в возрастающих дозах

Доза ФГ, т/га	2013					2015				
	содержание, мг/кг		Ca/Sr		КД	содержание, мг/кг		Ca/Sr		КД
	Ca	Sr	клубни	почва		Ca	Sr	клубни	почва	
0	1145	3,29	348	198	1,76	1190	4,57	260	87	2,99
0,5	1167	2,94	397	-	-	1280	2,72	470	103	4,56
1,0	1180	2,59	456	176	2,59	1364	3,43	398	111	3,58
1,5	1208	3,50	345	-	-	1700	7,27	234	100	2,34
3,0	1223	3,66	334	312	1,08	1625	4,86	334	86	3,88
НСР <sub>05</sub>	23	0,62				37	0,93			

Примечание: КД – коэффициент дискриминации ( $KД = [Ca/Sr \text{ клубни}] : [Ca/Sr \text{ почва}]$ ).

Применение ФГ в возрастающих дозах не привело к накоплению ТМ и в клубнях картофеля, и в зерне ячменя сверх нормативных величин (табл. 9).

Таблица 9

Влияние внесения в почву фосфогипса на содержание тяжелых металлов в клубнях картофеля различных сортов

Доза ФГ, т/га	Содержание, мг/кг сырой массы клубня									
	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Mn	Co	Hg	As
2013 г. (сорт Любава)										
0	0,72	6,74	0,022	0,17	0,52	0,65	3,14	0,11	<0,01	<0,2
0,5	0,79	9,13	0,022	0,19	0,61	0,57	1,50	0,12		
1,0	0,87	8,23	0,027	0,19	0,79	0,58	1,28	0,17		
1,5	0,74	7,22	0,028	0,12	0,66	0,45	1,23	0,14		
3,0	0,69	9,21	0,028	0,11	0,74	0,56	1,62	0,10		
2015 г. (сорт Гала)										
0	2,88	11,45	0,03	0,22	0,17	1,02	1,83	0,93	<0,01	<0,2
0,5	3,15	10,6	0,015	0,18	0,22	1,56	1,89	1,89		
1,0	2,3	9,4	0,025	0,22	0,2	1,55	1,8	0,76		
1,5	2,1	6,8	0,035	0,24	0,23	0,85	1,63	0,82		
3,0	2,9	9,8	0,035	0,2	0,46	2,15	1,7	0,92		
МДУ ТМ*	5,0	10,0	0,03	0,5	Не нормируется				0,2	0,2

Примечание: \* – согласно СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов»; СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Выявлено, что в последствии ФГ на фоне дозы 3,0 т/га отмечалось большее накопление Ni и Cr в клубнях в сравнении с другими вариантами опыта, однако установленные величины содержания этих элементов значительно ниже ПДК, продукция отвечает санитарно-гигиеническим нормам. В 1-й год после внесения ФГ отмечено достоверное снижение содержания Mn, более чем в 2 раза, в клубнях, вероятно за счет антагонизма между ионами  $Ca^{2+}$  и  $Mn^{2+}$ .

**Заключение.** Установлена агрономически высокая эффективность, экологическая безопасность применения фосфогипса в качестве кальций-серно-фосфорного удобрения для сельскохозяйственного производства, способствующего улучшению агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и повышению продуктивности культур звена севооборота с картофелем на 19-24%. Внесение ФГ в дозах 0,5-3,0 т/га обеспечило получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам, не выявлено сверхнормативного накопления тяжелых металлов в клубнях картофеля и зерне ячменя.

#### Библиографический список

1. Федотова, Л. С. Динамика концентрации питательных веществ в лизиметрических водах и их потерь из корнеобитаемого слоя почвы под картофелем // Лизиметрические исследования в России : сб. науч. тр. – М. : НИИСХ ЦРНЗ. – 2014. – С. 269-282.
2. Шильников, И. А. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия : монография / И. А. Шильников, В. Г. Сычёв, Н. И. Аканова, Л. С. Федотова. – М., 2008. – 331 с.
3. Миккельсен, Р. Сера в почвах и серосодержащие удобрения / Р. Миккельсен, Р. Нортон // Питание растений. – 2014. – №3. – С. 6-9.
4. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный – перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия // Плодородие. – 2013. – №1. – С. 2-7.
5. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса, как химического мелиоранта и фосфорсодержащего минерального удобрений в условиях богарного земледелия Краснодарского края / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская, А. А. Андреев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – №2(362). – С. 32-38.
6. Белюченко, И. С. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве / И. С. Белюченко, Е. П. Добрыднев // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : сб. науч. тр. – Краснодар, 2010. – С. 13-22.
7. Хоботьев, В. Г. Некоторые материалы и характеристика уровских биогеохимических провинций // Труды биогеохимической лаборатории АН СССР. – 1960. – Т. XI. – С. 31-48.
8. Ковальский, В. В. К биогеохимии стронция / В. В. Ковальский, Е. Ф. Засорина // Агрохимия. – 1965. – №4. – С. 78-88.

#### References

1. Fedotova, L. S. (2014). Dinamika koncentratsii pitatelnykh veshchestv v lizimetriceskikh vodah i ih poter iz korneobitaemogo sloia pochvy pod kartofelem [The Dynamics of the concentration of nutrients in lysimetric waters and their losses from the root zone of the soil under the potatoes]. *Linometrics studies in Russia '14: sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings*. (pp. 269-282). Moskva: Research Institute of agriculture of the Central regions of the non-Chernozem zone [in Russian].
2. Shil'nikov, A. I., Sychev, V. G., Akanova, N. I., & Fedotova, L. S. (2008). Izvestkovaniye kak faktor urozhainosti i pochvennogo plodorodiya [Liming as a factor for productivity and soil fertility]. Moskva [in Russian].
3. Mikkelsen, R., & Norton, R. (2014). Sera v pochvakh i serosoderzhashchiie udobreniia [Sulfur in soils and sulfur-containing fertilizers]. *Pitanije rastenii – Plant nutrition*, 3, 6-9 [in Russian].
4. Akanova, N. I. (2013). Fosfogips neutralizovannyi – perspektivnoie agrokhimicheskoe sredstvo intensivatsii zemledelii [Phosphogypsum neutralized – promising agrochemical means of intensification of agriculture]. *Plodorodie – Plodorodie*, 1, 2-7 [in Russian].
5. Akanova, N. I., Sheudzhen, A. H., Vizirskaya, M. M., & Andreev, A. A. (2018). Agroekologicheskaja effektivnost neutralizovannogo fosfogipsa, kak himicheskogo melioranta i fosforsoderzhashchego mineralinogo udobrenija v uslovijakh bogarnogo zemledelija Krasnodarskogo kraja [Agrarian and ecological efficiency of neutralized phosphogypsum as chemical meliorate and phosphorus-containing mineral fertilizers in the conditions of organic farming of Krasnodar region]. *Mezhdunarodnyi seliskhozoiastvennyi zhurnal – International Agricultural Journal*, 2(362), 32-38 [in Russian].
6. Belyuchenko, I. S., & Dobrydnev, E. P. (2010). Ekologicheskiye osobennosti fosfogipsa i tselesoobraznost ego ispolizovaniya v sel'skom hoziaistve [Ecological characteristics of phosphogypsum and the feasibility of its use in agriculture]. *Processing of household waste, industrial and agricultural production '10: sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings*. (pp. 13-22). Krasnodar [in Russian].
7. Khabot'ev, V. G. (1960). Nekotoryie materialy i harakteristika urovskikh biogeoхимических провинций [Some materials and feature urowsky biogeochemical Provinces]. *Trudy biogeoхимической лаборатории AN SSSR – Proceedings of the biogeochemical laboratory of the USSR Academy of Sciences*, XI, 31-48 [in Russian].
8. Kovalsky, V. V., & Zazorina E. F. (1965). K biogeoхимии strontsiya [To biogeochemistry of strontium]. *Agroхимия – Agrochemistry*, 4, 78-88 [in Russian].

# ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

DOI 10.12737/article\_5cdb0e94cc1c9.07641574

УДК 62-65

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ПОДОГРЕВА СМЕСЕВЫХ МИНЕРАЛЬНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

**Володько Олег Станиславович**, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Быченин Александр Павлович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Черников Олег Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Тракторы и автомобили» ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Ключевые слова:** дизель, топливо, адаптация, вязкость, подогрев.

*Цель исследований – обеспечить поддержание необходимого температурного режима смешанного минерально-растительного топлива (СМРТ). Использование топливных систем с подогревом СМРТ позволит увеличить объемы минерального дизельного топлива, замещаемого возобновимыми ресурсами. Приведены методика и результаты исследования подогрева с внешним и внутренним подводом тепла, а также с перемешиванием нагреваемой среды. Исследования проводились на специально разработанной лабораторной установке. Исследовались СМРТ на основе льняного, соевого и рапсового масел. Концентрация растительного компонента составляла 40% по объему. Использовались внешний подогреватель мощностью 1000 Вт, а также нагреватели тэнового типа мощностью 1000, 500 и 300 Вт. Установлено, что при подогреве СМРТ внешним источником теплоты обеспечивается хорошая равномерность прогрева по всему объему без использования дополнительных приспособлений для перемешивания, перегрев составляет 50% от необходимой величины. При подведении теплоты от внутреннего источника (нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт) без перемешивания СМРТ прогрев происходил неравномерно, неравномерность составила 60%. При использовании механического перемешивания СМРТ с подогревом от внутреннего источника теплоты неравномерность прогрева составила 3,1...4,65% в зависимости от мощности нагревателя. Также установлено, что при использовании нагревателя с мощностью 300 Вт при нагреве 1 л смешанного минерально-растительного топлива на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему время нагрева до  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  составило 230 с, неравномерность*

*нагрева составила 3,1%, перегрев составил 3,1%. Даны рекомендации по наиболее рациональным режимам нагрева СМРТ в системе питания автотракторного дизеля.*

## **DETERMINATION OF RATIONAL METHOD OF HEATING OF MIXED MINERAL AND VEGETABLE FUELS FOR AUTOMOTIVE DIESEL ENGINES**

**O. S. Volodko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and Automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**A. P. Bychenin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**O. N. Chernikov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Tractors and Automobiles», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: tia\_sci\_ssaa@mail.ru

**Keywords:** diesel, fuel, adaptation, viscosity, heating.

Research objective is to provide the set temperature condition of mixed mineral and vegetable fuel (MMVF). The use of fuel systems with smart heating will increase the volume of mineral diesel fuel, replaced by renewable resources. The technique and results of research of heating with external and internal supply of heat and also with hashing of the heated environment are given. Researches were conducted on specially developed laboratory installation. MMVF on the basis of flax, soy and rape oils were investigated. Concentration of a vegetable component made 40% on volume. The 1000 W external heater and also the 1000, 500 and 300 W external heaters of all types were used. It is established that when heating MMVF the external source of warmth provides good heating on all volume without use of extra for mixing, overheating is 50% of necessary size. When leading warmth without hashing of MMVF warming up came from an internal source (the 1000 W heater) unevenly, the unevenness was 60%. When using mechanical mixing of MMVF with heating from an internal source of warmth the unevenness of warming up was 3.1...4.65% depending on heater power. By results of a research it was established that when using the heater with a power of 300 W when heating 1 liter of mixed mineral and vegetable fuel on the basis of rape oil with the maintenance of a vegetable component of 40% on volume time of heating to  $60 \pm 2$  °C was 230 s, the unevenness of heating was 3.1%, overheating was 3.1%. Recommendations about the most rational modes of heating of MMVF in a power supply system of the diesel are made.

Основной парк энергетических средств, задействованных в сельском хозяйстве, составляет автотракторная техника, оснащенная дизелями. Дизельные ДВС всех модификаций работают на минеральном дизельном топливе (ДТ), являющемся невозобновимым природным ресурсом. Последнее обстоятельство приводит к необходимости полного либо частичного замещения ДТ альтернативными видами топлив, например, растительными маслами либо смесевыми топливами, в состав которых входит минеральное дизельное топливо и биокомпоненты различного происхождения. Вопросам адаптации дизелей к применению смесевых минерально-растительных топлив посвящено значительное количество исследований [1, 2, 3], которые показывают, что применение их на практике возможно, но содержание в них биокомпонента ограничено в силу объективных причин, одной из которых является изменение физико-химических и трибологических свойств таких топлив. Исследования физико-химических и трибологических свойств СМРТ на основе масла крамбе абиссинской [4], соевого [5] и рапсового масел [6] показали, что с увеличением концентрации биокомпонента значительно возрастает вязкость СМРТ. Эти же исследования, однако, позволили выяснить, что при подогреве СМРТ вязкость снижается, и при достижении определенного значения температуры значение вязкости укладывается в требования ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия». Таким образом, использование топливных систем с подогревом СМРТ позволит увеличить объемы минерального дизельного топлива, замещаемого возобновимыми ресурсами. Однако анализ литературных источников показывает, что вопрос подогрева смесевых минерально-растительных топлив до относительно высоких температур (60-70°C) недостаточно изучен, в связи

с чем существует актуальная научная проблема определения рационального способа подогрева СМРТ непосредственно в системе питания дизеля.

**Цель исследований** – обеспечить поддержание необходимого температурного режима смешанного минерально-растительного топлива.

**Задачи исследований** – определить рациональный способ подвода теплоты к подогреваемому смешанному минерально-растительному топливу; выявить необходимость перемешивания СМРТ в процессе нагрева; оценить возможность регулирования температуры СМРТ при различных способах подвода теплоты; дать рекомендации по практическому применению подогрева СМРТ в системе питания дизеля.

**Материалы и методы исследований.** Для решения первой, второй и частично третьей задач был проведен сравнительный анализ способов подогрева СМРТ на основе соевого, льняного и рапсового масел. Для проведения эксперимента использовалась лабораторная установка (рис. 1), включающая мерную емкость из жаропрочного стекла 1, подогреватель 2 (в варианте с внешним подводом тепла это встроенный нагреватель магнитной мешалки 3 марки МИ-3, в варианте с внутренним подводом тепла – нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт (рис. 1)), приспособление для перемешивания СМРТ 3 (магнитная мешалка МИ-3) и штатив с кронштейнами.

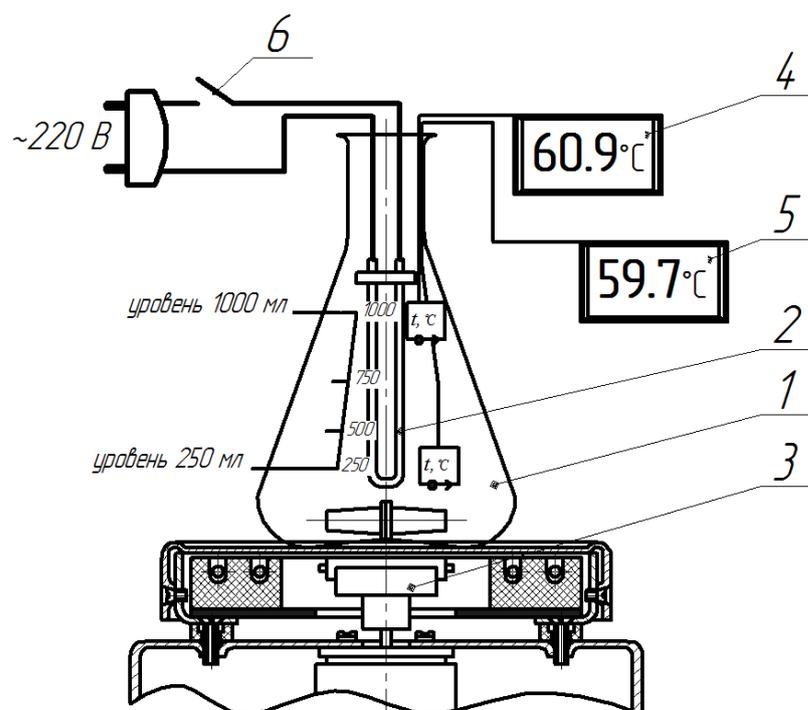


Рис. 1. Лабораторная установка для оценки эффективности подогрева СМРТ:

1 – мерная емкость; 2 – подогреватель; 3 – магнитная мешалка МИ-3; 4 – электронный термометр с выносным датчиком на уровне 1000 мл; 5 – электронный термометр с выносным датчиком на уровне 250 мл; 6 – выключатель

Температура СМРТ контролировалась электронными термометрами 4 и 5 с выносными датчиками (погрешность измерения  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). Методика исследования заключалась в подогреве 1 л СМРТ с содержанием льняного, соевого или рапсового масла 40% по объему внешним либо внутренним источником тепла мощностью 1000 Вт. Подвод теплоты осуществлялся до достижения температуры СМРТ значения  $60^{\circ}\text{C}$ , после чего подогреватель отключался. Определялось время подогрева СМРТ до температуры  $60^{\circ}\text{C}$ , а также изменение температуры СМРТ после отключения подогрева до выхода системы в установившийся режим. Температура контролировалась на двух уровнях (250 и 1000 мл по шкале мерной емкости). Ход эксперимента фиксировался в реальном времени на видеокамеру. Оценивалась разность показаний термометров 4 и 5, а также величина подогрева СМРТ остаточным теплом нагревателя свыше  $60^{\circ}\text{C}$ . Первый фактор позволял оценить необходимость перемешивания СМРТ при нагреве, второй – инерционность системы и возможность поддержания и регулирования теплового режима.

Для более полного решения третьей задачи был проведен также сравнительный анализ подогрева СМРТ на основе рапсового масла (40% по объему) источником с внутренним подведением тепла с перемешиванием подогреваемой среды. Для проведения эксперимента использовалась лабораторная установка (рис. 1) с магнитной мешалкой 3 (частота вращения поддерживалась одинаковой во всех опытах) и подогревателями тэнового типа 2 разной мощности (300, 500 и 1000 Вт). В остальном методика исследования оставалась аналогичной методике первого опыта.

Для решения четвертой задачи был проведен анализ полученных графических зависимостей, который позволил методом исключения определить наиболее рациональный способ подогрева СМРТ в системе питания дизеля.

**Результаты исследований.** Результаты оценки эффективности подогрева смесевых минерально-растительных топлив на основе рапсового, соевого и льняного масел (40% по объему) приведены на рисунке 2.

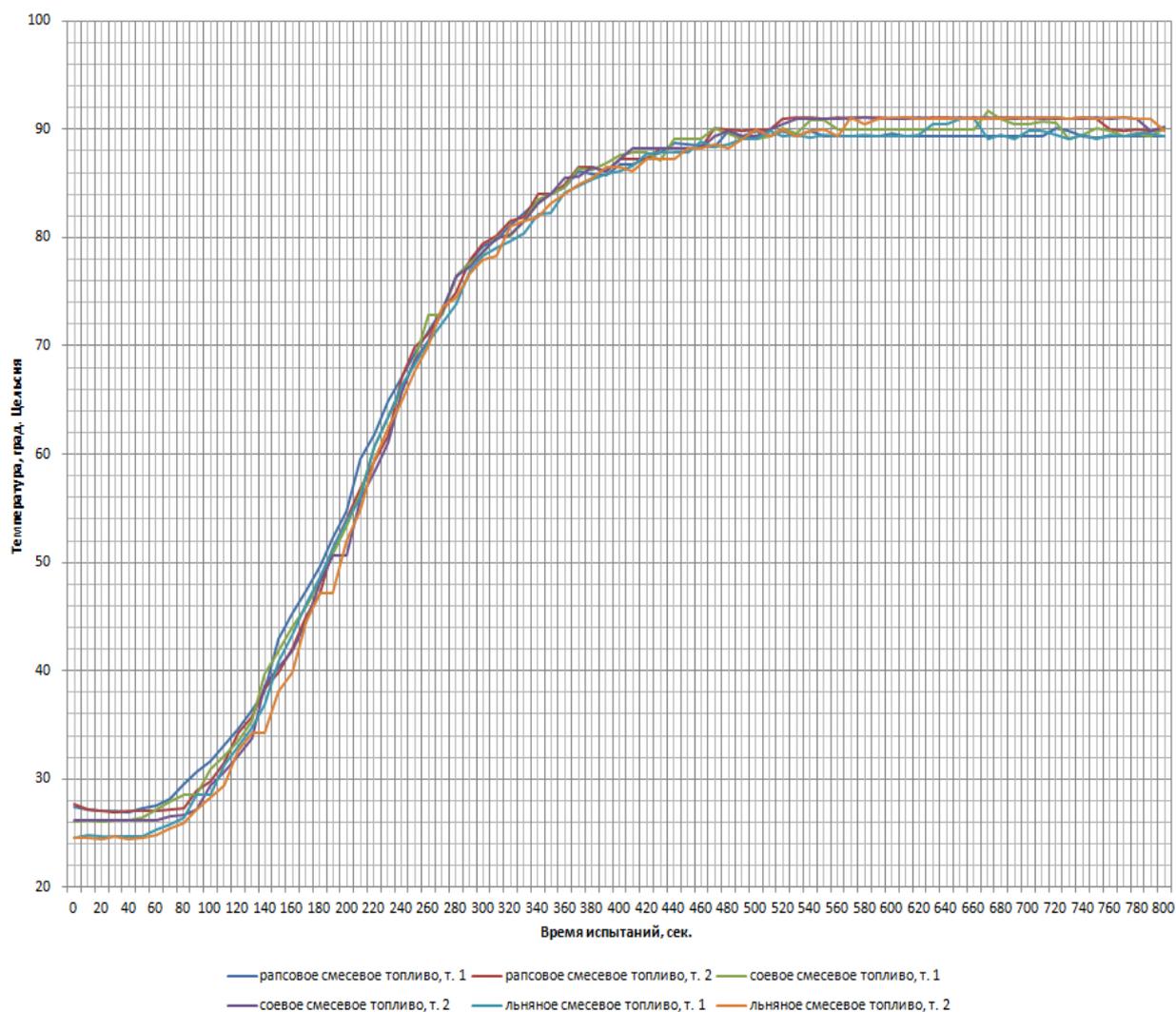


Рис. 2. Зависимость температуры ДСТ от времени нагрева (внешний подвод теплоты, без перемешивания)

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 2, при подведении теплоты от внешнего источника (встроенный подогреватель магнитной мешалки с мощностью 1000 Вт) все три исследованных образца нагревались до средней температуры  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  за время в пределах  $220 \pm 2$  с. Нагрев по слоям происходил равномерно вследствие конвекционных процессов в подогреваемой жидкости, которые обеспечивали необходимое перемешивание СМРТ. Неравномерность нагрева для СМРТ на основе рапсового масла составила 4% ( $61,8^\circ\text{C}$  в точке 1 и  $59,3^\circ\text{C}$  в точке 2); для СМРТ на основе соевого масла – 3,95% ( $60,7^\circ\text{C}$  в точке 1 и  $58,3^\circ\text{C}$  в точке 2); для СМРТ на основе

льняного масла – 1,97% (60,7°C в точке 1 и 59,5°C в точке 2). Разница может быть объяснена различной теплоемкостью СМРТ с различными растительными компонентами. Характер изменения температуры при нагреве одинаков для всех исследованных образцов. Таким образом, можно утверждать, что при подогреве СМРТ внешним источником теплоты обеспечивается хорошая равномерность прогрева по всему объему без использования дополнительных приспособлений для перемешивания. Однако наличие остаточного тепла в нагревательном приборе, а также в стенках нагретой емкости привело к тому, что при отключении подогревателя при достижении температуры СМРТ 60°C в последующие 280 с смесевое топливо нагревалось еще на  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ , достигая температуры 90°C. Далее тепловой режим стабилизировался. Таким образом, для всех исследованных образцов в заданных условиях перегрев составил 50% от необходимой величины. Следовательно, данный способ подогрева не обеспечивает необходимых условий для поддержания заданного теплового режима.

Поскольку характер изменения температуры в процессе нагрева для всех трех видов СМРТ оказался одинаковым, последующие исследования проводились на одном виде смесового минерально-растительного топлива, а именно – смесовом минерально-растительном топливе на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему.

Результаты оценки эффективности подогрева СМРТ на основе рапсового масла приведены на рисунке 3. Подогрев осуществлялся подогревателями тэнового типа, помещенными в емкость с СМРТ, как без перемешивания подогреваемой жидкости, так и с перемешиванием. Также оценивалась эффективность подогрева в зависимости от мощности источника теплоты.

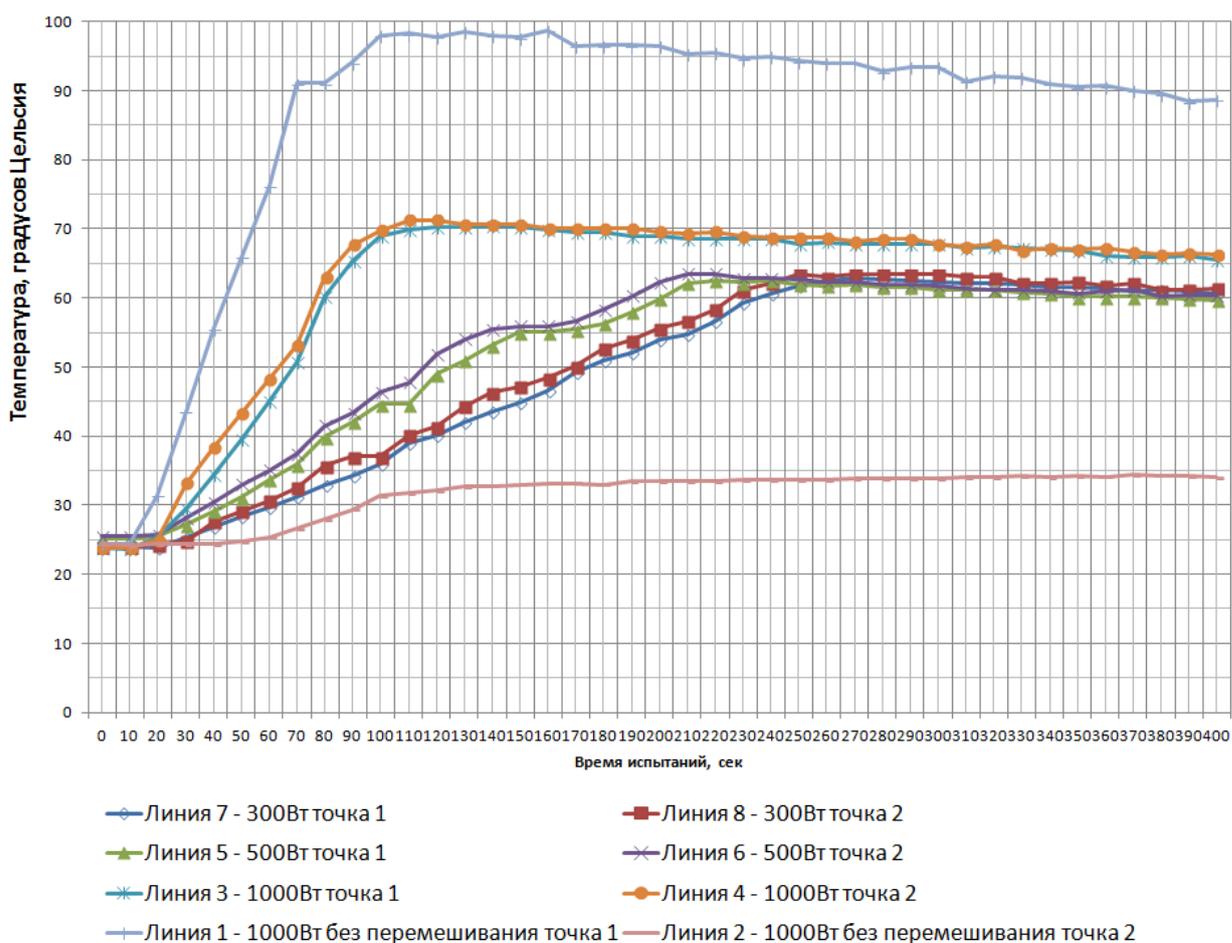


Рис. 3. Зависимость температуры СМРТ от времени нагрева (подвод тепла от внутреннего источника теплоты, без перемешивания (линии 1 и 2) и с перемешиванием (линии 3-8))

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 3 (линии 1 и 2), при подведении теплоты от внутреннего источника (нагреватель тэнового типа мощностью 1000 Вт) без перемешивания СМРТ прогрев происходил неравномерно: при достижении температуры СМРТ  $60\pm 2^\circ\text{C}$  на уровне 250 мл температура СМРТ на уровне 1000 мл по шкале мерной емкости составила лишь  $24^\circ\text{C}$ . Время нагрева составило  $50\pm 1$  с. При дальнейшем нагреве после выключения нагревателя за счет его остаточного тепла температура СМРТ на уровне 250 мл через 80 с выросла до  $98,6^\circ\text{C}$ , на некоторое время стабилизировалась на уровне  $98\pm 1^\circ\text{C}$  (30 с), затем начала постепенно понижаться. На уровне 1000 мл СМРТ при тех же условиях прогрелось через 80 с до  $32,7^\circ\text{C}$  и далее незначительно увеличивалась со средней скоростью  $1^\circ\text{C}$  в минуту. Неравномерность прогрева СМРТ по уровням в момент выключения нагревателя составила 60%, в момент стабилизации температуры СМРТ на уровне 250 мл – 66,8%. Конвекционные процессы в нагреваемом СМРТ в ходе опыта не наблюдались. Таким образом, из полученных результатов ясно, что использование подогрева СМРТ от внутреннего источника теплоты без перемешивания нагреваемой среды является неэффективным с точки зрения равномерности прогрева и обеспечения постоянства теплового режима системы.

Линии 3-8 (рис. 3) характеризуют процесс подогрева СМРТ при использовании нагревателей тэнового типа мощностью 1000 Вт (линии 3 и 4), 500 Вт (линии 5 и 6) и 300 Вт (линии 7 и 8). Кроме того, в этих опытах нагреваемое СМРТ перемешивалось магнитной мешалкой. Частота вращения ротора мешалки поддерживалась постоянной.

Как видно из зависимостей, представленных на рисунке 3, характер изменения температуры СМРТ по уровням вне зависимости от мощности нагревателя одинаков: интенсивное повышение температуры при работающем нагревателе, перегрев за счет остаточного тепла нагревателя после его выключения, стабилизация температурного режима с последующим остыванием. Температура по уровням сохраняется практически одинаковой. От мощности нагревателя зависит время нагрева до контрольной точки ( $60^\circ\text{C}$ ), а также величина перегрева.

Так, при использовании нагревателя с мощностью 1000 Вт (линии 3 и 4) время нагрева до  $60\pm 3^\circ\text{C}$  составило 80 с. При этом неравномерность нагрева составила 4,65% (точка 1 –  $60,2^\circ\text{C}$ , точка 2 –  $63^\circ\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 30 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $69\pm 2^\circ\text{C}$ , т.е. перегрев составил 15%.

При использовании нагревателя с мощностью 500 Вт (линии 5 и 6) время нагрева до  $60\pm 2^\circ\text{C}$  составило 190 с. При этом неравномерность нагрева составила 3,96% (точка 1 –  $58^\circ\text{C}$ , точка 2 –  $60,3^\circ\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 30 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $63\pm 1^\circ\text{C}$ , т.е. перегрев составил 5%.

При использовании нагревателя с мощностью 300 Вт (линии 7 и 8) время нагрева до  $60\pm 2^\circ\text{C}$  составило 230 с. При этом неравномерность нагрева составила 3,1% (точка 1 –  $59,2^\circ\text{C}$ , точка 2 –  $61,1^\circ\text{C}$ ). Далее от остаточного тепла через 40 с после выключения нагревателя СМРТ прогрелось до  $63\pm 1^\circ\text{C}$ , т.е. перегрев составил 3,1%.

Таким образом, сравнивая результаты всех опытов, можно заключить, что наиболее рациональным из рассмотренных способов нагрева СМРТ в системе питания дизеля является нагрев от источника тепла, помещенного внутрь емкости с нагреваемой средой при ее активном перемешивании. При таком способе обеспечивается наилучшая равномерность прогрева СМРТ по всему объему, а также сохраняется тепловой режим, наиболее близкий к заданному. Также можно сделать вывод, что рациональнее использовать нагреватель меньшей мощности. Хотя его использование приводит к увеличению времени нагрева, при этом обеспечивается минимальная неравномерность прогрева и минимальный перегрев от остаточного тепла нагревателя после его выключения. Также нагреватель меньшей мощности будет меньше нагружать генератор бортовой сети автомобиля, либо любой иной источник тока. Результаты опытов при использовании нагревателей с мощностью 500 Вт и 300 Вт очень близки, но все же предпочтительным выглядит использование нагревателя с меньшей мощностью, поскольку увеличение времени нагрева в этом случае составляет лишь 21% (190 и 230 с соответственно), в то время как этот же показатель в сравнении с нагревателем мощностью 1000 Вт составляет 187,5% (80 и 230 с соответственно).

**Заключение.** Установлено, что с точки зрения обеспечения равномерности прогрева и постоянства теплового режима СМРТ в системе питания дизеля рационально использовать подогрев смесового топлива от источника тепла, помещенного в объем нагреваемой среды, при этом необходимо ее перемешивание. Также рациональным является использование нагревательного элемента с меньшей мощностью, так как это позволяет минимизировать неравномерность нагрева и перегрев от остаточного тепла. При использовании нагревателя с мощностью 300 Вт при нагреве 1 л смесового минерально-растительного топлива на основе рапсового масла с содержанием растительного компонента 40% по объему время нагрева до  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  составило 230 с, неравномерность нагрева составила 3,1%, перегрев составил 3,1%. Данный режим нагрева является наиболее рациональным из рассмотренных в исследовании.

#### Библиографический список

1. Хохлов, А. А. Обеспечение работоспособности топливной системы тракторных дизелей при использовании смесового рыжико-минерального топлива : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / Хохлов Антон Алексеевич. – Пенза, 2018. – С. 24.
2. Фомин, В. Н. Повышение технико-экономических показателей автотракторных дизелей, работающих на минерально-растительном топливе : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Фомин Вадим Николаевич. – Ульяновск, 2011. – С. 18.
3. Година, Е. Д. Экспериментальные исследования дизеля Д-243-648 при работе на смесовом соево-минеральном топливе / Е. Д. Година, А. П. Уханов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №1 (33). – С. 143-147.
4. Уханов, А. П. Показатели физико-химических, теплотворных, трибологических свойств масла крамбе абиссинской и дизельного смесового топлива / А. П. Уханов, О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев // Нива Поволжья. – 2018. – №2. – С. 141-148.
5. Володько, О. С. Адаптация автотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе / О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев, Ю. В. Уханова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4. – С. 36-43.
6. Уханов, А. П. Дизельное смесовое топливо : монография / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Д. С. Шеменив. – Пенза : РИО ПГСХА, 2012. – 147 с.

#### References

1. Khokhlov, A. A. (2018). Obespechenie rabotosposobnosti toplivnoi sistemy traktornykh dizelei pri ispolizovanii smesevogo ryzhiko-mineralinogo topliva [Ensuring operability of a fuel system of tractor diesels when using mixed camelina and mineral fuel]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Penza [in Russian].
2. Fomin, V. N. (2011). Povysheniie tekhniko-ehkonomicheskikh pokazatelei avtotraktornykh dizelei, rabotaiushchikh na mineralino-rastitelinom toplive [Increase in technical and economic indicators of the autotractor diesels using mineral and vegetable fuel]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Ulyanovsk [in Russian].
3. Godina, E. D., & Ukhanov, A. P. (2016). Ekhspierimentalinyie issledovaniia dizelia D-243-648 pri rabote na smesevom soevo-mineralinom toplive [Pilot studies of the diesel D-243-648 during the work on mixed soy and mineral fuel]. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii – Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*, 1 (33), 143-147 [in Russian].
4. Ukhanov, A. P., Volod'ko, O. S., Bychenin, A. P., & Erzamaev, M. P. (2018). Pokazateli fiziko-himicheskikh, teplotvornykh, tribologicheskikh svoistv masla krambe abissinskoj i dizelinogo smesevogo topliva [The physico-chemical, caloric value, tribological properties of crambe abyssinian oil and diesel mixture fuels]. *Niva Povolzhia – Niva Povolzhya*, 2, 141-148 [in Russian].
5. Volod'ko, O. S., Bychenin, A. P., Erzamayev, M. P., & Ukhanova, Yu. V. (2018). Adaptatsiia avtotraktornogo dizelia k rabote na soevo-mineralinom toplive [Adaptation of the autotractor diesel to work on soy and mineral fuel]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 4, 36-43 [in Russian].
6. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., & Shemenev, D. S. (2012). *Dizelinoe smesevoe toplivo [Diesel mixed fuel]*. Penza: PCPenzaSAA [in Russian].

## УЛЬТРАЗВУК: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

**Уханова Юлия Владимировна**, аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**Перова Наталья Алексеевна**, аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**Уханов Александр Петрович**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Тракторы и автомобили», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**Ключевые слова:** ультразвук, обработка, смеситель, дизель, топливо, масло.

*Цель исследований – оценить эффективность применения ультразвука для обработки компонентов дизельного смесового топлива (ДСТ). Ультразвуковые колебания способны изменять агрегатное состояние вещества, диспергировать, эмульгировать его, изменять скорость диффузии, кристаллизации и растворения веществ, активизировать химические реакции, интенсифицировать технологические процессы. Использование ультразвуковых колебаний при обработке жидких сред придает им новые свойства, что обуславливает широкое применение ультразвука в различных производственных процессах. В настоящее время в качестве моторного топлива в дизелях автотракторной техники широко используется биотопливо. Одним из видов жидкого биотоплива является дизельное смесовое топливо (ДСТ), компонентами которого являются товарное нефтяное дизельное топливо и какое-либо растительное масло, производимое из масличных культур (рапс, рыжик, редька масличная, лен масличный, сурепица, горчица белая, соя, крамбе абиссинская и др.). Для смешивания нефтяного и растительного компонентов непосредственно «на борту» автотракторной техники обычно используют статические смесители, которые не обеспечивают в полной мере качественное смешивание компонентов и обработку ДСТ ультразвуком. Разработанный и изготовленный авторами ультразвуковой смеситель за счет высокочастотных колебаний пьезоизлучателя позволяет не только качественно смешивать биологический и нефтяной компоненты смесового топлива, но и обрабатывать их ультразвуком с частотой излучения 25 кГц с получением однородного мелкодисперсного состава, что приводит к меньшему снижению мощности двигателя и меньшему увеличению удельного эффективного расхода смесового топлива по сравнению с работой дизеля на необработанном ультразвуком смесовом топливе.*

## ULTRASOUND: ADVANTAGE FOR APPLICATION AND TECHNICAL MEANS

**Yu. V. Ukhanova**, Postgraduate Student of the Department «Tractors, Automobiles and Thermal Energetic», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya street, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**N. A. Perova**, Postgraduate Student of the Department «Tractors, Automobiles and Thermal Energetic», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya street, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**A. P. Ukhanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Tractors, Automobiles and Thermal Energetic», FSBEI HE Penza SAU.

440014, Penza, Botanicheskaya street, 30.

E-mail: dispgau@mail.ru

**Key words:** ultrasound, treatment, mixer, diesel, fuel, oil.

The purpose of research is to evaluate the effectiveness of ultrasound for the treatment of components of diesel mixed fuel (DMF). Ultrasonic vibrations can change the aggregate state of a substance, disperse, emulsify it, change the rate of diffusion, crystallization and dissolution of substances, activate chemical reactions, intensify technological processes. The use of ultrasonic vibrations in the treatment of liquid media gives them new properties, which lead to the widespread use of ultrasound in various industrial processes. Currently, biological fuels are widely used as motor fuel in diesel engines of automotive engineering. One of the types of liquid biological fuels is diesel mixed fuel (DMF), the components of which are commercial oil diesel fuel and any vegetable oil produced from oilseeds (canola, ginger, oil radish, flax oil, wood, white mustard, soybean, Abyssinian crab, etc.). For the mixing of oil and vegetable components directly «on Board» of automotive equipment, static mixers are usually used, which do not fully provide high-quality mixing of components and processing of DMF by ultrasound. The ultrasonic mixer developed and manufactured by the authors due to high-frequency oscillations of the piezoelectric mitter allows not only to mix biological and oil components of the mixed fuel qualitatively, but also to process them by ultrasound with a radiation frequency of 25 kHz to obtain a homogeneous fine composition, which leads to a smaller decrease in engine power and a smaller increase in the specific effective consumption of the mixed fuel compared to the operation of the diesel on the untreated ultrasound mixed fuel.

В последние годы ультразвук начинает играть все большую роль в различных производственных процессах. Проводятся теоретические и экспериментальные исследования в области ультразвуковой кавитации и акустических течений, позволившие разработать новые технологические процессы, протекающие при воздействии ультразвука в жидкой фазе. Причем научные исследования способствовали зарождению нового раздела акустики – молекулярной акустики, изучающей молекулярное взаимодействие звуковых волн с веществом. Возникли новые области применения ультразвука: интроскопия, голография, квантовая акустика, ультразвуковая фазометрия, акустоэлектроника и другие [1, 2].

Исследованиями также установлено, что ультразвуковые колебания способны изменять агрегатное состояние вещества, диспергировать, эмульгировать его, изменять скорость диффузии, кристаллизации и растворения веществ, активизировать химические реакции, интенсифицировать технологические процессы. Воздействие ультразвуковых колебаний на физико-химические процессы дает возможность не только повысить производительность труда, сократить энергозатраты, улучшить качество готовой продукции, продлить сроки хранения, но и создать новые продукты с новыми свойствами. При достаточной плотности ультразвук влияет на физико-химические свойства продукта, поэтому создание устройств, позволяющих применять ультразвук, актуально для многих отраслей промышленности.

**Цель исследований** – оценить эффективность применения ультразвука для обработки компонентов дизельного смесового топлива (ДСТ).

**Задачи исследований** – изучить механизм влияния ультразвуковых (высокочастотных) колебаний на изменение свойств ДСТ и на этой основе разработать ультразвуковой смеситель минерального и растительного компонентов ДСТ.

**Материалы и методы исследований.** Современные технологии наиболее часто основываются на реализации гетерогенных процессов, протекающих между двумя или несколькими неоднородными средами в системах «жидкость – жидкость» и «жидкость – твердое тело». К ним относятся процессы массообмена, процессы диспергирования, разделения жидкостей и суспензий, кристаллизации, предотвращения накипеобразования на поверхностях теплообменных аппаратов и трубопроводов, полимеризации и деполимеризации, а также различные химические и электрохимические реакции. Скорость протекания большинства гетерогенных процессов в обычных условиях очень мала и определяется величиной поверхности соприкосновения реагирующих компонентов (рис. 1).

Ультразвуковые колебания обеспечивают сверхтонкое диспергирование (не реализуемое другими способами), увеличивая межфазную поверхность реагирующих элементов, приводя к интенсификации процессов в жидких средах. Возникающая под действием колебаний в жидкости кавитация и сопровождающие ее мощнейшие микропотоки, звуковое давление и звуковой ветер воздействуют на пограничный слой и «смывают» его. Таким образом устраняется сопротивление переносу реагирующих веществ и интенсифицируется технологический процесс.

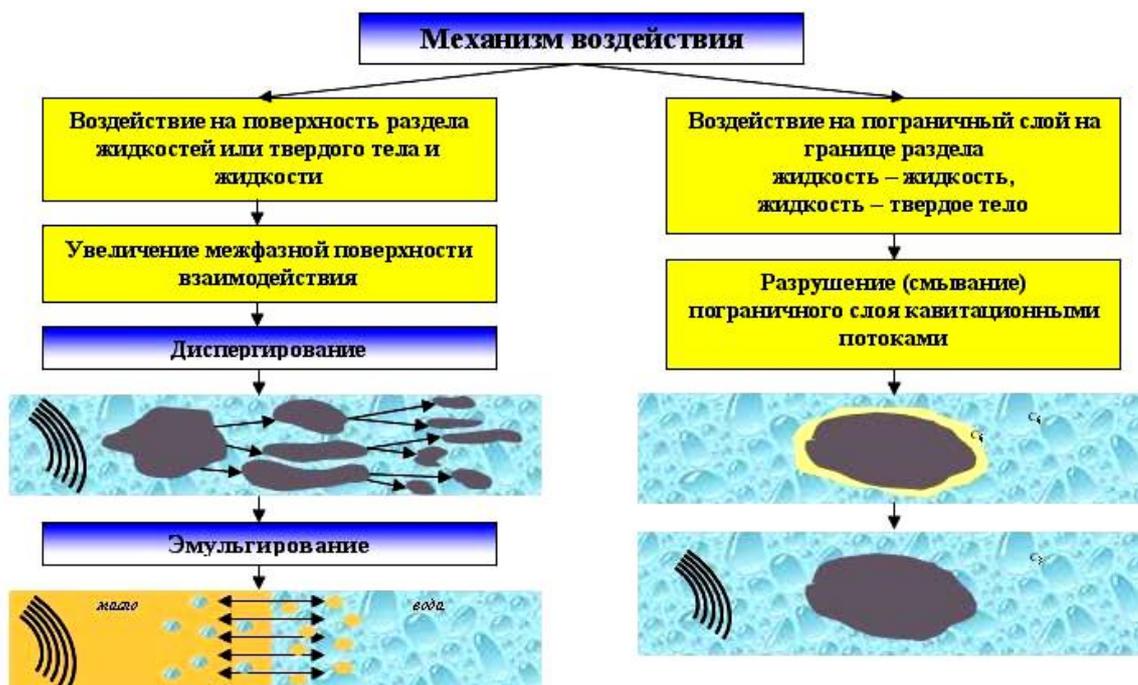


Рис. 1. Механизмы ускорения процессов в гетерогенных средах [1, 2]

Наиболее интересными из гетерогенных процессов являются процессы ультразвукового (УЗ) эмульгирования (диспергирование жидкостей в жидкостях) и диспергирования (получение тонкодисперсных суспензий). Эти процессы связаны с увеличением поверхности взаимодействия и поэтому лежат в основе интенсификации множества других процессов.

Высокая эффективность ультразвуковых технологий в жидких средах обусловлена следующими причинами:

- условия ввода УЗ колебаний из колебательных систем с помощью специальных рабочих инструментов в жидкости наиболее благоприятные, по сравнению с введением УЗ колебаний, например, в газовые среды. Обусловлено это тем, что удельное волновое сопротивление жидких сред значительно (для воды в 3500 раз) больше, чем у газов и поэтому большая мощность излучается из колебательной системы в жидкость при одинаковой амплитуде колебаний инструмента колебательной системы;

- в жидких средах возникает и протекает специфический физический процесс – ультразвуковая кавитация, обеспечивающий максимальные энергетические воздействия, как на сами жидкости, так и на твердые тела в жидкостях. Аналогичного по эффективности воздействия физического процесса нет в твердых телах и газовых средах;

- ультразвуковая кавитация порождает большое количество эффектов второго порядка, которые, в свою очередь, также обеспечивают интенсификацию протекающих технологических процессов.

Эти обстоятельства привели к тому, что ультразвуковое воздействие получило наиболее широкое распространение при реализации технологических процессов, связанных с жидким состоянием реагентов.

Воздействие УЗ с частотой 20-100 кГц характеризуется разделением молекул и ионов с различной массой, искажением формы волны, появлением переменного электрического поля, капиллярно-акустическим и тепловым эффектами, активацией диффузии.

**Результаты исследований.** В настоящее время в качестве моторного топлива в дизелях автотракторной техники широко используется биотопливо. Одним из видов жидкого биотоплива является дизельное смесевое топливо, компонентами которого являются товарное нефтяное (минеральное) дизельное топливо и какое-либо растительное масло, производимое из масличных культур

(рапс, рыжик, редька масличная, лен масличный, сурепица, горчица белая, соя, крамбе абиссинская и др.).

При обработке ДСТ ультразвуком обычно используют диапазон частот 16-32 кГц. После ультразвуковой обработки, например, вязкость уменьшается. Причем характер изменения вязкости не позволяет считать, что уменьшение вязкости вызывается только тепловым воздействием ультразвука, поскольку наряду с тепловым воздействием наблюдаются и другие эффекты, например, изменение трения между твердыми нерастворимыми примесями, находящимися в растворе [1]. Под действием ультразвука происходит также более легкое перемещение атомов из одного устойчивого состояния в другое благодаря образованию кавитационных пузырьков.

Для адаптации дизелей серийно выпускаемой и находящейся в эксплуатации автотракторной техники к работе на ДСТ необходимо разработать смесители, которые обеспечивали бы не только очистку и качественное смешивание нефтяного и биологического компонентов, но и обработку ДСТ высокочастотными колебаниями с получением смесового топлива однородного мелкодисперсного состава [3-7].

Авторами разработан, изготовлен и запатентован ультразвуковой смеситель компонентов минерально-соевого топлива [8], который содержит ультразвуковой излучатель 1 (рис. 2), размещенный в полости корпуса 2 смесителя, имеющего выходной канал 3 и два выходных канала 4 и 5, к которым подводится минеральный и растительный компоненты смесового топлива для их смешивания и обработки высокочастотными колебаниями, формирующимися электронным блоком управления 6, электрически соединенным с излучателем, при этом ультразвуковой излучатель выполнен в виде дисковых пьезоэлементов 7, установленных в полости корпуса 2 с возможностью продольного перемещения в направляющих 8 верхней части крепежного приспособления 9, накрученного своим основанием 10 на резьбовой конец полого штуцера 11, ввернутого в осевое отверстие днища 12 корпуса 2 и выполняющего функции выходного канала 3.

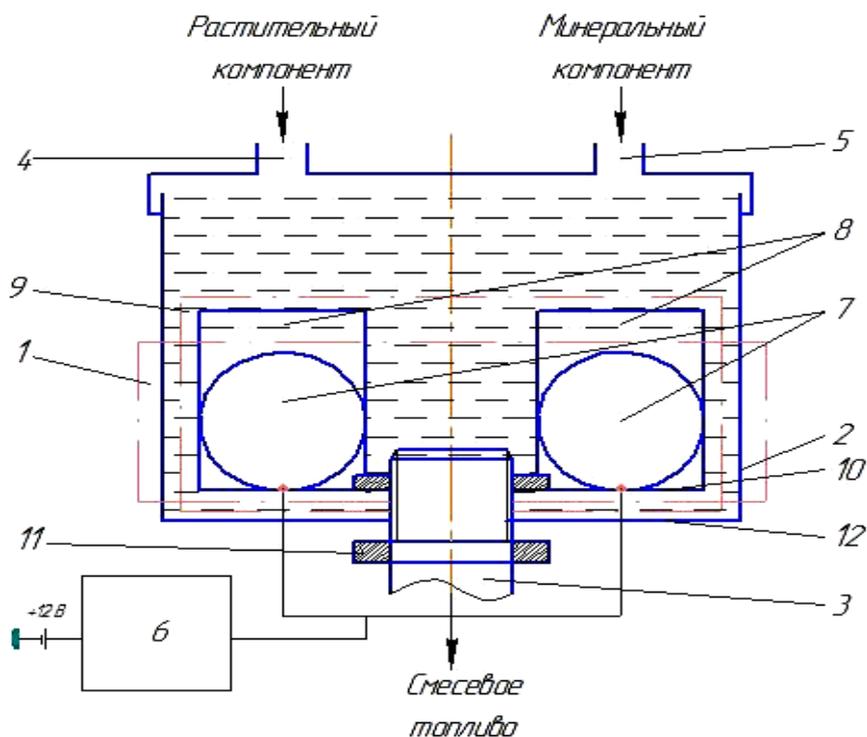


Рис. 2. Ультразвуковой смеситель компонентов минерально-соевого топлива (наименование позиций в тексте)

Работает ультразвуковой смеситель следующим образом. Постоянный ток напряжением 12 В (например, напряжением бортовой электросети автотранспортного средства) подается в цепь электронного блока управления 6, который формирует и подает высокочастотные сигналы на

ультразвуковой излучатель 1, выполненный в виде дисковых пьезоэлементов 7, установленных в направляющих 8 верхней части крепежного приспособления 9, размещенного в полости цилиндрического корпуса 2 смесителя вдоль потока минерального и растительного компонентов дизельного смесевое топлива. Ширина направляющих 8 крепежного приспособления 9 равна диаметру дисковых пьезоэлементов 7 ультразвукового излучателя 1. Основание 10 крепежного приспособления 9 имеет центральное резьбовое отверстие, с помощью которого приспособление 9 наворачивается на резьбовой конец полого штуцера 11, ввернутого в осевое отверстие днища 12 корпуса 2 смесителя и выполняющего функции выходного канала 3. Минеральный и растительный компоненты, поступаая через входные каналы 4 и 5 в полость корпуса 2 смесителя и двигаясь в направлении выходного канала 3, подвергаются ультразвуковым высокочастотным колебаниям, что приводит к качественному смешиванию компонентов и получению однородного мелкодисперсного смесевое топлива. При этом происходит разрыв межмолекулярных связей атомов углеводов и переход молекул водорода в более возбужденное спин-состояние, увеличивающее их реактивность. За счет появления эффекта кавитации наблюдается отрыв радикалов углеводородных групп от одного вида высших жирных кислот, содержащихся в растительном масле, и присоединение их к другому виду жирных кислот, что улучшает физико-химические свойства (плотность, вязкость, поверхностное натяжение и др.) и повышает энергетический эквивалент ДСТ.

Дисковые пьезоэлементы 7 излучателя 1 имеют возможность перемещаться по направляющим 8 крепежного приспособления 9 в продольном направлении, что наряду со съёмной крышкой корпуса 2 смесителя обеспечивает доступ к пьезоэлементам 7 при их обслуживании.

На рисунке 3 показаны дисковые пьезоэлементы 1 излучателя высокочастотных колебаний и корпус 2 ультразвукового смесителя с размещенным в его полости приспособлением 3 для крепления пьезоэлементов 1.

Анализ проб обработанного ультразвуком ДСТ показал, что после трех суток отстаивания расслоения его на исходные компоненты не произошло, что свидетельствует о хорошем смешивании минерального дизельного топлива и растительного масла, а также об эффективности ультразвуковой обработки.

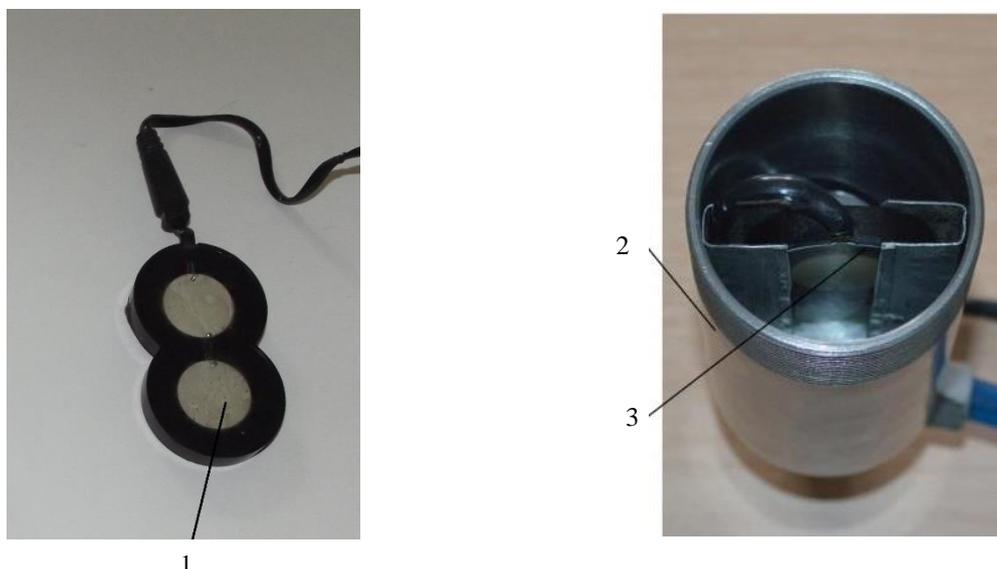


Рис. 3. Общий вид ультразвукового смесителя компонентов минерально-соевого топлива (наименование позиций в тексте)

**Заключение.** Разработанный и изготовленный ультразвуковой смеситель за счет высокочастотных колебаний пьезоизлучателя частотой 25 кГц позволяет обрабатывать ультразвуком и качественно смешивать биологический и нефтяной компоненты дизельного смесевое топлива, что приводит к меньшему снижению мощности двигателя и меньшему увеличению удельного эффективного расхода топлива по сравнению с работой дизеля на необработанном ультразвуком смесевом топливе.

#### Библиографический список

1. Уханов, А. П. Воздействие ультразвуковой обработки смешанного топлива на показатели тракторного дизеля / А. П. Уханов, Ю. В. Уханова, Е. А. Сидоров [и др.] // Наука в центральной России. – 2017. – №3 (27). – С. 48-56.
2. Василевский, А. В. Математическая модель ультразвуковой подготовки дизельного топлива к пуску двигателя в условиях низких температур / А. В. Василевский, В. М. Подчинок // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №5. – С. 44-46.
3. Пат. 2503491 РФ, МПК В 01 F 5/06. Смеситель минерального топлива и растительного масла с активным приводом / Уханов А. П., Уханов Д. А., Сидоров Е. А., Хохлова Е. А. – №2012128420/05 ; заявл. 05.07.12 ; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1.
4. Пат. 2486949 РФ, МПК В 01 F 5/06. Смеситель-фильтр минерального топлива и растительного масла / Уханов А. П., Уханов Д. А., Крюков В. В. [и др.]. – № 2012113657/05 ; заявл. 06.04.12 ; опубл. 10.07.13, Бюл. № 19.
5. Пат. 2377060 РФ, МПК В 01 F 5/06. Смеситель минеральных и растительных композиций моторного топлива / Уханов А. П., Уханов Д. А., Иванов В. А., Рачкин В. А. – №2007149172/15 ; заявл. 28.12.07 ; опубл. 27.12.09, Бюл. №36.
6. Уханов, А. П. Устройства для конструктивной адаптации дизелей автотракторной техники к работе на биоминеральном топливе / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, Е. А. Хохлова, А. А. Хохлов // Известия Самарской ГСХА. – 2016. – Вып.2. – С. 34-40.
7. Пат. 2426588 РФ, МПК В 01 F 5/06. Смеситель-дозатор топлива / Уханов А. П., Голубев В. А., Зыкин Е. С. – №2009141463/05 ; заявл. 09.11.09 ; опубл. 20.08.11, Бюл. №23.
8. Пат. 2629342 РФ, МПК F02M 43/00, F02M 27/08, B01F 11/02, B01F 3/08. Ультразвуковой смеситель компонентов дизельного смешанного топлива / Уханова Ю. В., Уханов А. П., Уханов Д. А. – № 2016140025 ; заявл. 11.10.16 ; опубл. 28.08.17, Бюл. № 25.
9. Быченин, А. П. Смешанное минерально-растительное топливо для дизелей / А. П. Быченин // Молодые ученые в решении региональных проблем АПК : сб. научных трудов. – Самара : Самарская ГСХА, 2005. – С. 115-117.
10. Обоснование рационального состава смешанного минерально-растительного топлива для тракторных дизельных двигателей / Г. А. Ленивец, Г. И. Болдашев, О. С. Володько, А. П. Быченин // Известия Самарской ГСХА. – 2008. – Вып. 3. – С. 76-81.

#### References

1. Ukhanov, A. P., Ukhanova, Yu. V., Sidorov, E. A., Yakunin, A. I., & Sidorova, L. I. (2017). *Vozdeistvie ultrazvukovoi obrabotki smesevogo topliva na pokazateli traktornogo dizelia* [Impact of ultrasonic treatment of mixed fuel on the performance of tractor diesel]. *Nauka v centralnoi Rossii – Science in Central Russia*, 3 (27), 48-56 [in Russian].
2. Vasilevsky, A. V., & Podchinok, V. M. (2012). *Matematicheskaiia model ultrazvukovoi podgotovki dizelinogo topliva k pusku dvigatel'ia v usloviiah nizkikh temperatur* [Mathematical model of ultrasonic preparation of diesel fuel for starting the engine at low temperatures]. *Traktory i selikhozmashiny – Tractors and agricultural machinery*, 5, 44-46 [in Russian].
3. Ukhanov A. P., Ukhanov D. A., Sidorov E. A., & Khokhlova E. A. (2014). *Smesitel mineralinogo topliva i rastitelinogo masla s aktivnym privodom* [Mixer mineral fuels and oils with active drive]. *Patent 2503491 Russian Federation, IPC 01 F 5/06, №2012128420/05* [in Russian].
4. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Kryukov, V. V., & Sidorov, E. A. (2013). *Smesitel-filtr mineralinogo topliva i rastitelinogo masla* [The mixer-filter of mineral fuel and vegetable oil]. *Patent 2486949 Russian Federation, IPC 01 F 5/06, №2012113657/05* [in Russian].
5. Ukhanov, A. P., Ukhanov D. A., Ivanov V. A., & Rachkin V. A. (2009). *Smesitel mineralinykh i rastitelinykh kompozitsii motornogo topliva* [Mixer of mineral and vegetable compositions of motor fuel]. *Patent 2377060 Russian Federation, IPC B 01 F 5/06, №2007149172/15* [in Russian].
6. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., Khokhlova, E. A., & Khokhlov, A. A. (2016). *Ustroistva dlia konstruktivnoi adaptatsii dizelei avtotraktornoi tekhniki k rabote na biomineralinom toplive* [Devices for constructive adaptation of diesel engines of automotive engineering to work on biomineral fuel]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 2, 34-40 [in Russian].
7. Ukhanov, A. P., Golubev, V. A., & Zykina, E. S. (2011). *Smesitel-dozator topliva* [Fuel metering mixer]. *Patent 2426588 Russian Federation, IPC 01 F 5/06, №2009141463/05* [in Russian].
8. Ukhanova Yu. V., Ukhanov A. P., & Ukhanov D. A. (2017). *Ultrazvukovoi smesitel komponentov dizelinogo smesevogo topliva* [Ultrasonic mixer of diesel fuel components]. *Patent 2629342 Russian Federation, IPC F02M 43/00, F02M 27/08, B01F 11/02, 3/08 B01F, №2016140025* [in Russian].

9. Bychenin, A. P. (2005). Smesevoe mineralino-rastitelinoie toplivo dlia dizelei [Mixed mineral and vegetable fuel for diesel engines]. Young scientists in the solution of regional problems of agroindustrial complex '05: *sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings* (pp. 115-117). Samara [in Russian].

10. Lenivtsev G. A., Boldachev G. I., Volod'ko O. S., & Bychenin A. P. (2008). Obosnovaniie racionalinogo sostava smesevogo mineralino-rastitelinogo topliva dlia traktornykh dizelinykh dvigatelei [Rationale for the rational composition of mixed mineral and vegetable fuel for tractor diesel engines]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 3, 76-81 [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cdb0c24e6028.87827707

УДК 631

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБКАТОЧНО-ТОРМОЗНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОГАБАРИТНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В СКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ ХОЛОДНОЙ ОБКАТКИ**

**Иншаков Александр Павлович**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Байков Дмитрий Владимирович**, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Электроника и электротехника», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

E-mail: bdv2304@mail.ru

**Курбаков Иван Иванович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**Голышев Михаил Егорович**, магистрант кафедры «Мобильные энергетические средства и сельскохозяйственные машины имени профессора А. И. Лещанкина», ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

430005, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Ключевые слова:** стенд, двигатель, обкатка, техника, испытания, характеристики.

*Цель исследований – определение функциональных возможностей стенда для обкатки двигателей внутреннего сгорания мобильной сельскохозяйственной техники малой мощности. Для достижения поставленной цели было предложено проводить обкатку двигателей средств малой механизации на разработанном ранее специализированном обкаточно-тормозном стенде, состоящем из асинхронной электрической машины с фазным ротором, подключенной к трехфазной электрической сети и матричному преобразователю частоты, включенному в трехфазную электрическую сеть и состоящему из девяти двунаправленных транзисторных ключей, на которые поступают сигналы пространственно-векторного управления с системы автоматического управления, связанной с контрольно-измерительной аппаратурой на базе персонального компьютера. Для установления действительных характеристик разработанного стенда были сформулированы требования к техническим средствам для обкатки и испытаний двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники и проведены испытания. Экспериментальное определение характеристик осуществлялось в различных режимах, в качестве обкатываемого двигателя был использован дизельный двигатель GREENFIELD GF178 F. Установлены ограничения стенда в области задания частот вращения для бесступенчатого и ступенчатого изменения скоростного режима холодной обкатки ДВС средств малой механизации от 30 до 3000 об/мин (с шагом задания от 1 об/мин) при открытом декомпрессоре и от 500 до 3000 об/мин (с шагом задания от 1 об/мин) – при закрытом. При этом отклонение в поддержании заданного скоростного режима находилось в пределах от 0,2 до 3,3% и уменьшалось с ростом частоты вращения. Разработанный стенд позволяет полноценно воспроизводить скоростные режимы холодной обкатки двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники тягового класса 0,1 и 0,2 при ее создании и техническом сервисе.*

## EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE ROLLER BRAKE TESTER FOR RUNNING OF SMALL-BASED ENGINES OF AGRICULTURAL EQUIPMENT IN COLD REGIMES

**A. P. Inshakov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE «Mordoviya State University named after N. P. Ogarev».

430005, Saransk, Bolshevistskaya street, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**D. V. Baikov**, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Electronics and Electrical Engineering», FSBEI HE «Mordoviya State University named after N. P. Ogarev».

430005, Saransk, Bolshevistskaya street, 68.

E-mail: bdv2304@mail.ru

**I. I. Kurbakov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE «Mordoviya State University named after N. P. Ogarev».

430005, Saransk, Bolshevistskaya street, 68.

E-mail: ivankurbakov@mail.ru

**M. Ye. Golyshv**, undergraduate student of the department «Mobile Energy Means and Agricultural Machines named after Professor A. I. Leshankin», FSBEI HE «Mordoviya State University named after N. P. Ogarev».

430005, Saransk, Bolshevistskaya street, 68.

E-mail: kafedra\_mes@mail.ru

**Keywords:** tester, engine, running, equipment, tests, characteristics.

The research aim is to determine the function of the tester for running internal combustion engines of mobile agricultural machinery of low power. To this goal, it was proposed to run the engines of small-scale mechanization on the previously developed specialized rolling-brake tester, consisting of an asynchronous electric machine with a phase rotor connected to a three-phase electrical network and a matrix frequency. Converter included in the three-phase electrical network and consisting of nine bidirectional transistor keys, which receive signals of space-vector control from the automatic control system, associated with testing measuring equipment based on a personal computer. To establish the actual characteristics of the developed tester, the requirements for technical means for running and of engines of small-sized agricultural machinery were formulated and trials were carried out. The experimental characterization was carried out in various modes, and a diesel engine F. GREENFIELD GF178 was used as a trial. The limitations of the tester in the field of setting the rotational speed for stepless and step-by-step change in the speed mode of the cold running of the engine of small-scale mechanization from 30 to 3000 rpm (with a task step of 1 rpm) with the decompressor open and from 500 to 3000 rpm (with a task step of 1 rpm) – when closed. At the same time, the deviation in the maintenance of this speed mode was in the range from 0.2 to 3.3% and decreased with the increase in the rotation rate. Designed tester enables you to make speedy modes cold running engines small agricultural machinery power class 0.1 and 0.2 when it was created and technical service.

Одним из способов улучшения технического сервиса двигателей является проведение качественной заводской и послеремонтной обкатки, позволяющей продлить срок службы и увеличить ресурс ДВС. Применительно к двигателям малогабаритной техники (МГТ) заводами-изготовителями и ремонтными предприятиями не производится стендовая обкатка. Однако в технической документации на такие ДВС указывается необходимость данной операции. Заводы-изготовители настоятельно рекомендуют в начальный период эксплуатации провести предварительную обкатку двигателей ввиду необходимости приработки трущихся деталей.

Для ДВС мощностью свыше 16 кВт разработаны и широко применяются в автосервисах и крупных дилерских станциях испытательные обкаточно-тормозные стенды различных конструкций. Однако адаптация их для обкатки и испытаний двигателей МГТ является технически сложной и экономически невыгодной ввиду высокой стоимости таких технических средств (3...50 млн рублей). Поэтому разработка электрического стенда и способов реализации режимов обкатки и испытаний двигателей МГТ является актуальной задачей.

Проведенный анализ стендов для обкатки и испытаний ДВС высокой мощности позволил определить следующие требования к техническим средствам для обкатки и испытаний двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники:

– испытательный стенд должен строиться на базе нагружающих устройств типа «асинхронный двигатель – преобразователь частоты», выполненных с использованием асинхронных электроприводов на базе преобразователей частоты с активным выпрямителем или матричных преобразователей. Использование данных технических решений в конструкции нагружающего устройства испытательного стенда позволит создать специальный стенд для обкатки и испытаний ДВС средств малой механизации, характеризующийся широкими функциональными возможностями, низкой стоимостью и высокой энергетической эффективностью.

– испытательный стенд должен обеспечивать необходимые диапазоны изменения скоростных и нагрузочных режимов, регламентированных государственными стандартами и существующими способами обкатки ДВС. Поэтому для управления скоростным режимом электропривода испытательного стенда двигателями малогабаритной сельскохозяйственной техники необходимо использовать такой способ регулирования скорости и момента асинхронного двигателя, который без использования дополнительных устройств (датчиков обратной связи), способен всесторонне обеспечить полноценную обкатку и испытания существующих двигателей средств малой механизации.

**Цель исследований** – определение функциональных возможностей стенда для обкатки двигателей внутреннего сгорания мобильной сельскохозяйственной техники малой мощности.

**Задачи исследований** – провести исследования возможных скоростных режимов холодной обкатки двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники и оценить их стабильность.

**Материалы и методы исследований.** Для решения обозначенных задач использовался разработанный обкаточно-тормозной стенд, состоящий из асинхронной электрической машины с фазным ротором, подключенной к трехфазной электрической сети и матричному преобразователю частоты, включенному в трехфазную электрическую сеть и состоящему из девяти двунаправленных транзисторных ключей, на которые поступают сигналы пространственно-векторного управления с системы автоматического управления, связанной с контрольно-измерительной аппаратурой на базе персонального компьютера. Экспериментальное определение характеристик осуществлялось на различных режимах, в качестве обкатываемого двигателя был использован дизельный двигатель GREENFIELD GF178 F.

**Результаты исследований.** Стабильность скоростного режима на этапе холодной обкатки определялась путем ступенчатого изменения частоты вращения коленчатого вала ДВС. Результаты эксперимента отражены на рисунках 1, 2. При проведении эксперимента частота вращения электрического двигателя испытательного стенда задавалась от 100 об/мин до 3000 об/мин с шагом 100 оборотов.

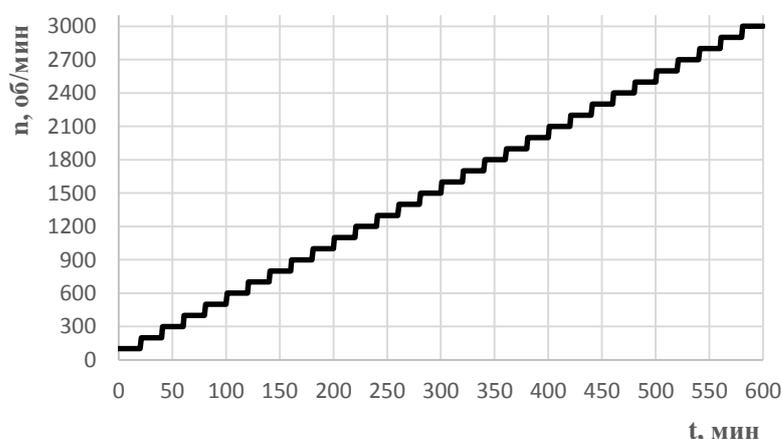


Рис. 1. График ступенчатого изменения скоростного режима на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор открыт)

Как видно из графика рисунка 1, во всем диапазоне испытаний разработанный стенд обеспечивает высокую стабильность скоростных режимов на каждой ступени обкатки. С течением всего времени обкатки частота вращения вала электрического двигателя испытательного стенда поддерживалась на уровне  $\pm 1$  об/мин. С увеличением частоты вращения ротора асинхронного короткозамкнутого двигателя от 100 до 3000 об/мин данный показатель возрастал с ростом частоты вращения и достигал своего максимума на 3000 об/мин –  $\pm 6$  об/мин. При этом отклонение в поддержании частоты вращения ротора асинхронного двигателя составило 3,3% при 30 об/мин и 0,2% при 3000 об/мин. Это объясняется трудностью задания и поддержания скоростного режима асинхронного электропривода с векторным алгоритмом управления без использования датчика скорости именно на низких оборотах. Результаты эксперимента также показали, что разработанный испытательный стенд способен обеспечить ступенчатую обкатку ДВС средств малой механизации тягового класса 0,1 и 0,2 при открытом декомпрессоре в диапазоне от 30 до 3000 об/мин с шагом задания 1 об/мин. Верхняя граница скоростного режима испытательного стенда ограничивается значением 3000 из-за примененного в конструкции стенда асинхронного двигателя с числом пар полюсов 2 и ограниченными функциональными возможностями регулировки частоты вращения преобразователем Mitsubishi FR-A741-5,5K (от 0 до 120 Гц), а нижняя граница – 30 об/мин – возможностями бездатчикового векторного алгоритма управления. При необходимости расширение верхней границы регулирования скоростного режима испытательного стенда возможно установкой на стенд асинхронного короткозамкнутого двигателя с числом пар полюсов 1.

На рисунке 2 показана возможность ступенчатого задания частоты вращения ротора электрического двигателя испытательного стенда с 30 об/мин до 100 об/мин с шагом 10 оборотов.

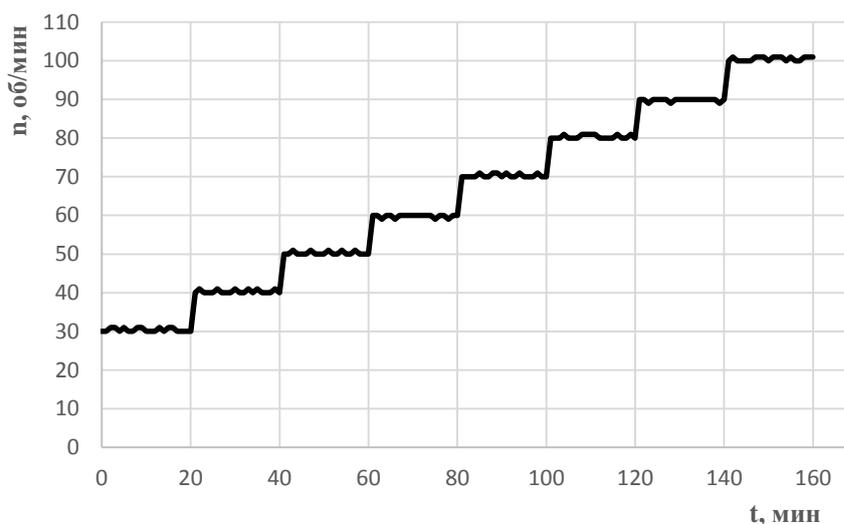


Рис. 2. График ступенчатого изменения скоростного режима на этапе холодной обкатки ДВС на низких оборотах (декомпрессор открыт)

Результаты исследования скоростного режима испытательного стенда при закрытом декомпрессоре отображены на рисунке 3. В ходе проведения данного эксперимента было установлено, что стенд способен обеспечить холодную обкатку ДВС средств малой механизации при закрытом декомпрессоре с 500 об/мин до 3000 об/мин с шагом задания 1 об/мин.

Падение нижней границы диапазона регулирования частоты вращения испытательного стенда двигателями малогабаритной сельскохозяйственной техники с закрытым декомпрессором объясняется возрастанием нагрузки на валу электрического двигателя, что влечет за собой необходимость увеличения вращающего момента электродвигателя, необходимого на прокрутку коленчатого вала ДВС. График зависимости вращающего момента асинхронного двигателя испытательного стенда от частоты вращения коленчатого вала на этапе холодной обкатки ДВС при закрытом декомпрессоре представлен на рисунке 4.

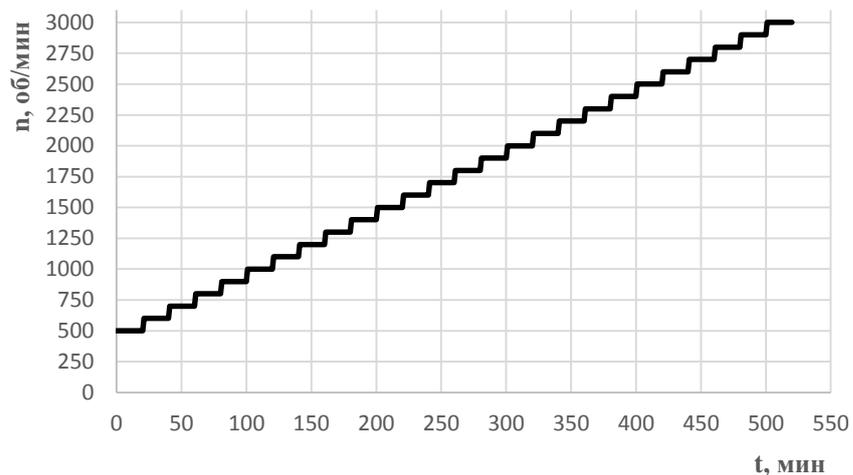


Рис. 3. График ступенчатого изменения скоростного режима на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор закрыт)

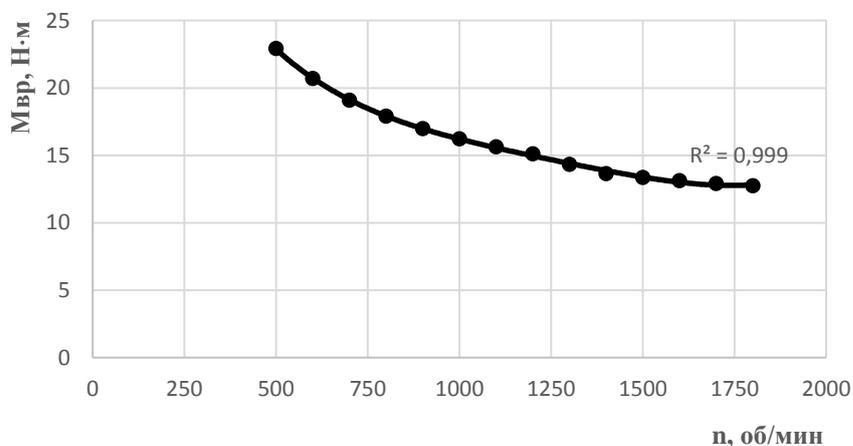


Рис. 4. График зависимости вращающего момента асинхронного двигателя испытательного стенда от частоты вращения коленчатого вала на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор закрыт)

При этом активная мощность, потребляемая электроприводом испытательного стенда в зависимости от частоты вращения, растет по линейной зависимости, представленной на рисунке 5.

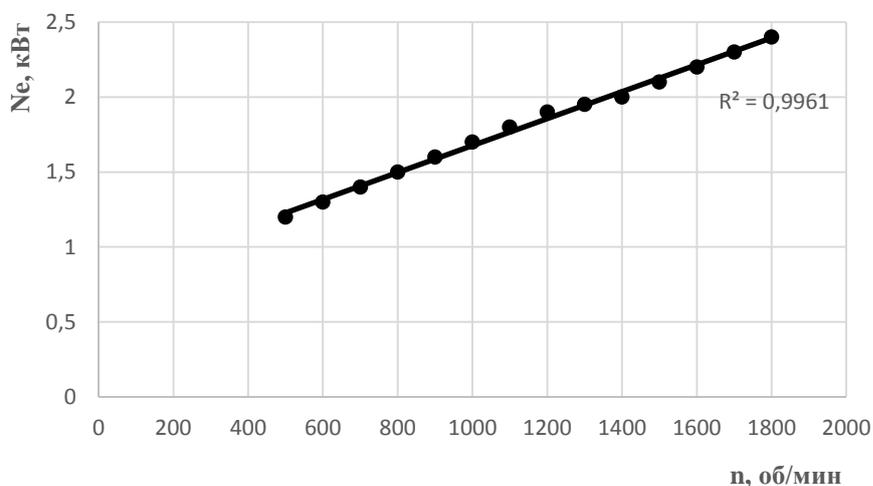


Рис. 5. График зависимости активной мощности, потребляемой электроприводом испытательного стенда, от частоты вращения коленчатого вала на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор закрыт)

Также в результате проведенных исследований установлена зависимость активной мощности потребляемой электроприводом испытательного стенда от времени обкатки и частоты вращения коленчатого вала ДВС (рис. 6).

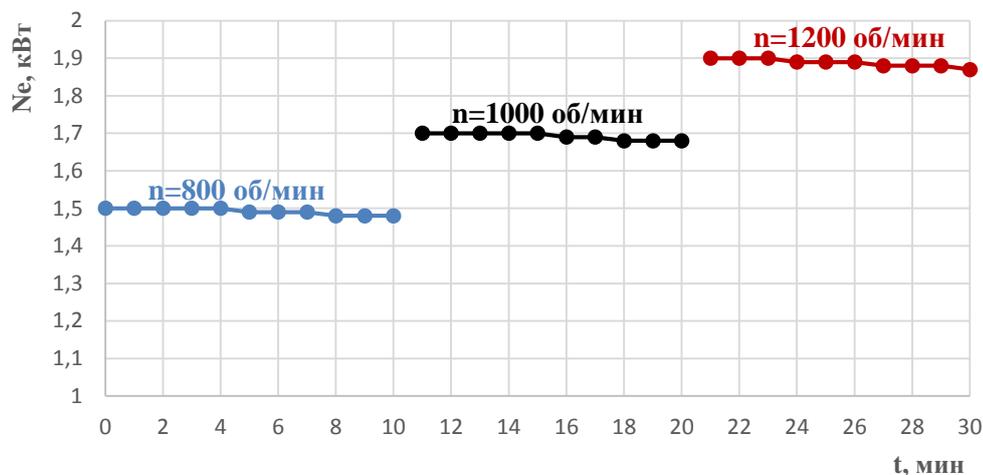


Рис. 6. График зависимости активной мощности, потребляемой электроприводом испытательного стенда, от времени обкатки и частоты вращения коленчатого вала на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор закрыт)

Из рисунка 6 видно, что активная мощность, потребляемая электроприводом испытательного стенда, в течение времени ступеней линейно снижается, а при переходе на последующие ступени – скачкообразно возрастает. Это объясняется снижением вращающего момента, необходимого на прокрутку, вследствие протекания приработочных процессов и нагрева масла, а также его ростом при увеличении частоты вращения.

Для исследования стенда на этапе холодной обкатки с бесступенчатым изменением скоростного режима в настройки преобразователя частоты Mitsubishi FR-A741-5 были заданы время проведения обкатки (30 мин) и максимальный скоростной режим обкатки (1500 об/мин). Исходя из заданных параметров была построена идеализированная прямая задания скоростного режима и полученная прямая задания скоростного режима, внешний вид которых представлен на рисунке 7.

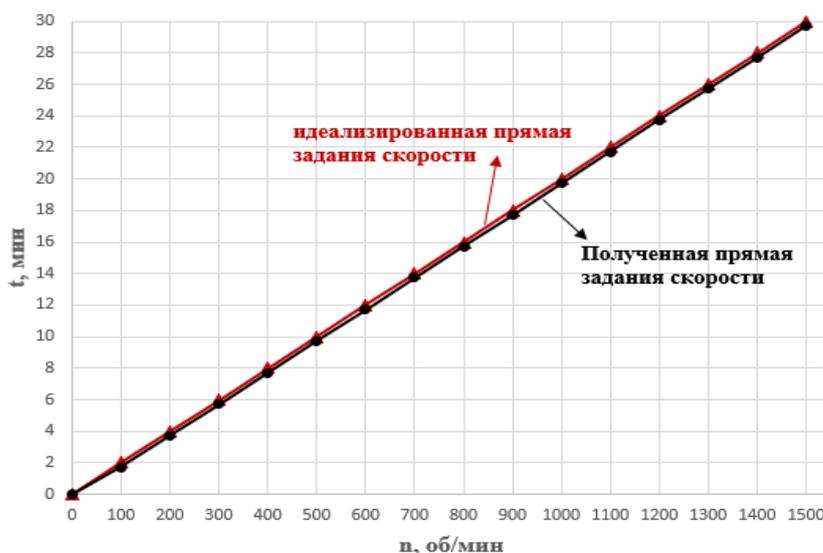


Рис. 7. График бесступенчатого изменения скоростного режима на этапе холодной обкатки ДВС (декомпрессор открыт)

Результаты эксперимента показали незначительное отклонение идеализированной прямой от полученной. Отклонение наблюдалось при разгоне асинхронного двигателя от 0 до 100 оборотов. Время разгона на данном участке составило 1 мин 47 с вместо идеализированных 2 мин. На следующих участках (100-200 ... 1400-1500 оборотов) время разгона составляло 2 мин. Общее время разгона от 0 до 1500 оборотов вместо 30 мин составило 29 мин 47 с. Отклонение по времени при разгоне асинхронного двигателя с 0 до 100 оборотов можно объяснить невозможностью работы данного типа электрического двигателя на сверхнизких оборотах, поэтому электрический двигатель набрал заданный скоростной режим на 13 с быстрее.

**Заключение.** Результаты проведенных экспериментальных исследований испытательного стенда ДВС средств малой механизации показали широкий диапазон функциональных возможностей электрического стенда в регулировании частот вращения коленчатого вала двигателя. Также были установлены ограничения стенда в области задания частот вращения для бесступенчатого и ступенчатого изменения скоростного режима холодной обкатки ДВС средств малой механизации от 30 до 3000 об/мин (с шагом задания от 1 об/мин) при открытом декомпрессоре и от 500 до 3000 об/мин (с шагом задания от 1 об/мин) – при закрытом. При этом отклонение в поддержании заданного скоростного режима находилось в пределах от 0,2 до 3,3% и уменьшалось с ростом частоты вращения. Таким образом, разработанный стенд позволяет полноценно воспроизводить скоростные режимы холодной обкатки двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники тягового класса 0,1 и 0,2 при ее создании и техническом сервисе.

#### Библиографический список

1. Иншаков, А. П. Особенности построения схем электромеханических энергосберегающих стендов для обкатки и испытания автотракторных дизелей / А. П. Иншаков, Д. В. Байков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 81-85.
2. Иншаков, А. П. К вопросу модернизации и разработки стендов для обкатки и испытаний автотракторных двигателей / А. П. Иншаков, Д. В. Байков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 6. – С. 45-48.
3. Иншаков, А. П. Повышение надежности нагружающего устройства типа «машина постоянного тока – тиристорный преобразователь» при проведении обкатки и испытаний мощных автотракторных двигателей / А. П. Иншаков, Д. В. Байков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 66-69.
4. Иншаков, А. П. Выбор средств технического диагностирования двигателей / А. П. Иншаков, А. Н. Кувшинов, И. И. Курбаков, Д. В. Байков // Сельский механизатор. – 2015. – № 8. – С. 32-33.
5. Байков, Д. В. Стенд для обкатки и испытаний двигателей мобильной сельскохозяйственной техники малой мощности / Д. В. Байков, А. П. Иншаков, С. С. Десяев // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 51-53.
6. Байков, Д. В. Обкаточно-тормозной стенд двигателя внутреннего сгорания на базе асинхронного электропривода с рекуперативным преобразователем частоты / Д. В. Байков, А. П. Иншаков, Ю. Б. Федотов // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, № 2. – С. 255-265.
7. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2015616553 РФ. Программа пространственно-векторного управления преобразователем частоты матричного типа в составе стенда обкатки автотракторного двигателя внутреннего сгорания / Байков Д. В., Иншаков А. П., Курбаков И. И. [и др.]. – № 2015613344 ; заявл. 23.04.15 ; зарегистр. 15.06.15.
8. Свидетельство о госрегистрации программы для ЭВМ № 2015611041 РФ. Программа векторного управления асинхронным электроприводом / Байков Д. В., Десяев С. С. – № 2014662261 ; заявл. 01.12.14 ; зарегистр. 22.01.15.
9. Пат. 159065 РФ, МПК G01M15/00, F02B79/00. Стенд для обкатки и испытаний автотракторного двигателя внутреннего сгорания / Байков Д. В., Иншаков А. П., Курбаков И. И., Кувшинов А. Н. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2015121507/06 ; заявл. 04.06.15 ; опубл. 27.01.16, Бюл. № 3.
10. Пат. 171449 РФ, МПК F02B 79/00, G01M 15/04. Стенд для обкатки и испытаний двигателей внутреннего сгорания мобильной сельскохозяйственной техники малой мощности / Байков Д. В., Иншаков А. П., Курбаков И. И. [и др.] ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2016115292 ; заявл. 19.04.16 ; опубл. 01.06.17, бюл. № 16.

11. Тимохин, С. В. Совершенствование технологии и средств холодной обкатки автотракторных ДВС / С. В. Тимохин, И. С. Королев // *Нива Поволжья*. – 2015. – №1 (34). – С. 61-65
12. Тимохин, С. В. Современные технологии обкатки автотракторных двигателей : монография / С. В. Тимохин, Ю. В. Родионов. – Пенза : Пензенский ГУАС, 2013. – 284 с.
13. Прилепский, Ю. В. Повышение эффективности стендовой обкатки двигателей внутреннего сгорания / Ю. В. Прилепский // *Вестник донецкой академии автомобильного транспорта*. – 2015. – №1. – С. 42-54.
14. Жданко Д. А. Ресурсосбережение при обкатке отремонтированных двигателей совершенствованием обкаточно-тормозного стенда / Д. А. Жданко, А. В. Новиков, Я. Т. Тимошенко // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2009. – №1. – С. 124-127.
15. Тимохин, С. В. Тенденции развития технологий и средств обкатки двигателей автотракторной техники / С. В. Тимохин, И. А. Спицина, И. Г. Голубев // *Труды ГОСНИТИ*. – 2017. – Т.127. – С. 91-96.
16. Чикунев, Ю. М. Энергетический стенд с улучшенными характеристиками / Ю. М. Чикунев, А. М. Чикунев // *Сельский механизатор*. – 2012. – №10. – С. 28-29.

#### References

1. Inshakov, A. P., Baykov, D. V., Kuvshinov, A. N., & Kurbakov I. I. (2015). Osobennosti postroeniia skhem elektromekhanicheskikh energosberegaiushchikh stendov dlia obkatki i ispytaniia avtotraktornykh dizelei [Features of construction of schemes of Electromechanical energy-saving stands for running and testing of automotive diesel engines]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 81-85 [in Russian].
2. Inshakov, A. P., Baykov, D. V., Kuvshinov, A. N., & Kurbakov, I. I. (2015). K voprosu modernizatsii i razrabotki stendov dlia obkatki i ispytaniia avtotraktornykh dvigatelei [On the issue of modernization and development of stands for running in and testing of tractor engines]. *Tekhnika i oborudovanie dlia sela – Machinery and equipment for the village*, 6, 45-48 [in Russian].
3. Inshakov, A. P., Baykov, D. V., Kuvshinov, A. N., & Kurbakov, I. I. (2015). Povysheniie nadezhnosti nagruzhaiushchego ustroistva tipa «mashina postoyannogo toka – tiristornyi preobrazovatel» pri provedenii obkatki i ispytaniia moshchnykh avtotraktornykh dvigatelei [Improving the reliability of the loading device of the type «DC machine – thyristor Converter» during the run in and testing of highpower tractor engines]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 66-69 [in Russian].
4. Inshakov, A. P., Kuvshinov, A. N., Kurbakov, I. I., & Baykov, D. V. (2015). Vybór sredstv tekhnicheskogo diagnostirovaniia dvigatelei [Selection of technical diagnostics of engines]. *Selskii mekhanizator – Selskiy Mechanizator*, 8, 32-33 [in Russian].
5. Baikov, V. D., Inshakov, A. P., & Desyaev, S. S. (2016). Stend dlia obkatki i ispytaniia dvigatelei mobilnoi seliskhoziaistvennoi tekhniki maloi moshchnosti [Stand for running and testing of engines in mobile agricultural equipment low power]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 2, 51-53 [in Russian].
6. Baikov, V. D., Inshakov, A. P., & Fedotov, Yu. B. (2018). Obkatochno-tormoznoi stend dvigatel'ia vnutrennego sgoraniia na baze asinhronnogo elektroprivoda s rekuperativnym preobrazovatelem chastoty [Roller-brake tester of the internal combustion engine on the basis of the asynchronous electric drive with regenerative frequency Converter]. *Vestnik Mordovskogo universiteta – Bulletin of the Mordovian University*, 28, 2, 255-265 [in Russian].
7. Baikov, D. V., Inshakov, A. P., Kurbakov, I. I., Kuvshinov, A. N., & Abbakumov, A. A. (2015). Programma prostanstvenno-vektornogo upravleniia preobrazovatelem chastoty matrichno-go tipa v sostavie stenda obkatki avtotraktornogo dvigatel'ia vnutrennego sgoraniia [Program of space-vector control of the frequency Converter matrix type in the composition of the stand running-in motor internal combustion engine]. *Certificate of state registration of computer programs № 2015616553 of the Russian Federation, № 2015613344* [in Russian].
8. Baykov V. D., & Desiaev, S. S. (2015). Programma vektornogo upravleniia asinhronnym elektroprivodom [A program of vector control of asynchronous electric drive]. *Certificate of state registration of computer programs № 2015611041 of the Russian Federation, № 2014662261* [in Russian].
9. Baykov, V. D., Inshakov, A. P., Kurbakov, I. I., & Kuvshinov, A. N. (2016). Stend dlia obkatki i ispytaniia avtotraktornogo dvigatel'ia vnutrennego sgoraniia [Stand for running and testing the avcotracting internal combustion engine]. *Patent 159065 Russian Federation, IPC G01M15/00, F02B79/00, №2015121507/06* [in Russian].
10. Baykov, D. V., Inshakov, A. P., Kurbakov, I. I., Kuvshinov, A. N., & Desiaev, S. S. (2017). Stend dlia obkatki i ispytaniia dvigatelei vnutrennego sgoraniia mobilnoi seliskhoziaistvennoi tekhniki maloi moshchnosti [Stand for running and testing of internal combustion engines in mobile agricultural equipment low power]. *Patent 171449 Russian Federation, IPC F02B 79/00, G01M 15/04, №2016115292* [in Russian].

11. Timokhin, S. V., & Korolev, I. S. (2015). Sovershenstvovaniie tekhnologii i sredstv holodnoi obkatki avtotraktornykh DVS [Improvement of technology and facilities cold running AV-tetrachoric DVS]. *Niva Povolzhia – Niva Povolzhya*, 1 (34), 61-65 [in Russian].
12. Timokhin, S. V., & Rodionov, Yu. V. (2013). *Sovremennyye tekhnologii obkatki avtotraktornykh dvigatelej* [Modern technology of running of automotive engines]. Penza: Penza GUAB [in Russian].
13. Prilepskiy, Yu. V. (2015). Povysheniie effektivnosti stendovoi obkatki dvigateli vnutrennego sgoraniia [Improving the efficiency of bench running of internal combustion engines]. *Vestnik Donetskoi akademii avtomobilnogo transporta – Bulletin of the Donetsk academy of automobile transport*, 1, 42-54 [in Russian].
14. Zhdanko, D. A., Novikov, A. V., & Timoshenko, J. T. (2009). Resursoberezeniie pri obkatke otremonirovannykh dvigateli sovershenstvovaniem obkatochno-tormoznogo stenda [Resource conservation at a running-in reconditioned engines to improve the roller-brake tester]. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi seliskhoziaistvennoi akademii – Vestnik of the Belarusian state agricultural Academy*, 1, 124-127 [in Russian].
15. Timokhin, S. V., Spitsina, I. A., & Golubev, I. G. (2017). Tendentsii razvitiia tekhnologii i sredstv obkatki dvigateli avtotraktornoi tekhniki [Trends in the development of technologies and means of running-in of engines of AV-tractor equipment]. *Trudy GOSNITI – Proceedings of GOSNITI*, 127, 91-96 [in Russian].
16. Chikunov, Yu. M., & Chikunov, A. M. (2012). Energeticheskii stand s uluchshennymi harakteristikami [Energy stand with improved performance]. *Seliskii mekhanizator – Selskiy Mechanizator*, 10, 28-29 [in Russian].

DOI 10.12737/article\_5cde492557ef70.84822001  
УДК 662.636

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДИЗЕЛЬНОГО СМЕСЕВОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ РИЦИНОВОГО МАСЛА**

**Садов Артем Александрович**, аспирант кафедры «Технологические и транспортные машины», ФГБОУ ВО Уральский ГАУ.

620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42.

E-mail: artemsadov@yandex.ru

**Денежко Любовь Васильевна**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Уральский ГАУ.

620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42.

E-mail: denezko@yandex.ru

**Новопашин Леонид Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО Уральский ГАУ.

620075, г. Екатеринбург, ул. Карла Либкнехта, 42.

E-mail: novopashin-leonid@ya.ru

**Ключевые слова:** масло, дизель, смесь, расчет, биотопливо.

*Цель исследований – теоретическое обоснование применения дизельного смесевоего топлива на основе рицинового масла. Предпочтительным видом биотоплива, применяемого в сельском и лесном хозяйстве, является многокомпонентное дизельное смесевое топливо, производимое смешиванием нефтяного дизельного топлива (ДТ) и растительного масла. В качестве сырья для получения дизельных смесевых топлив привлекательны масленичные культуры, не используемые в пищевой промышленности, такие как сафлор, рыжик, рапс, сурепица, крамбе абиссинская и клещевина. В качестве дизельного смесевоего топлива исследована смесь рицинового масла (РицМ), и летнего дизельного топлива (ГОСТ 305-2013) трех составов. На основании теплового расчета определены показатели рабочего цикла двигателя и представлены зависимости показателей рабочего цикла двигателя от состава смеси. Проведено сравнение полученных показателей с показателями традиционного дизельного топлива. Теплота сгорания смесей снижается с увеличением доли биологического компонента (РицМ), тепловая характеристика горючей смеси практически не изменяется, что объясняется увеличением доли кислорода в элементарном составе рицинового масла. С увеличением концентрации рицинового масла в смесевом топливе отмечено снижение мощности двигателя Д-240 на 1,8-1,9 % по сравнению с дизельным топливом, расход смеси возрастает на 6-8 % или на 2,3 г/кВт·ч в среднем на каждые 5 % увеличения концентрации рицинового масла в смеси. Согласно проведенным расчетам и сопоставлениям с имеющимися исследованиями по другим культурам ДСТ, производимое из рицинового масла, имеет схожие показатели со смесями на основе рапсовых, горчичных, соевых масел. Данные исследования направлены на диверсификацию топливных ресурсов и повышение энергонезависимости сельскохозяйственных предприятий.*

## THEORETICAL STUDY OF THE WORK OF THE TRACTOR DIESEL IN APPLYING DIESEL MIXTURE FUEL BASED ON RICINIC OIL

**A. A. Sadov**, Postgraduate Student of the Department «Technological and Transport Machines», FSBEI HE Ural SAU.

620075, Yekaterinburg, Karl Libknecht street, 42.

E-mail: artemsadov@yandex.ru

**L. V. Denezhko**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE Ural SAU.

620075, Yekaterinburg, Karl Libknecht street, 42.

E-mail: denezko@yandex.ru

**L. A. Novopashin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FSBEI HE Ural SAU.

620075, Yekaterinburg, Karl Libknecht street, 42.

E-mail: novopashin-leonid@ya.ru

**Keywords:** oil, diesel, mixture, calculation, biofuel.

The purpose of the research is the theoretical justification for the use of diesel fuel mixture based on castor oil. The preferred type of biofuel used in agriculture and forestry is multi-component diesel fuel produced by mixing petroleum diesel fuel (DF) and fuel oil. As raw materials to produce diesel fuel blends-entertainment oil crops that are not used in the food industry, such as safflower, camelina, canola, rape, crambe Abyssinian and castor. As diesel fuel blends investigated mixture ricinic oil (RicM) and summer diesel fuel (GOST 305-2013) three compositions. On the basis of the thermal calculation, the parameters of the engine operating cycle are determined and the dependences of the engine operating cycle indicators on the composition of the mixture are presented. The comparison of the obtained parameters with the indicators of traditional diesel fuel was made. Calorific value of mixing substance decreases with increase in the proportion of the biological component (RicM), thermal characteristics of the gas mixture is practically unchanged, due to gain-eat proportion of oxygen in the elemental composition ricinic oil. With an increase in the concentration of ricinic oil in the mixed fuel, a decrease in the power of the D-240 engine by 1.8-1.9% compared to diesel fuel was noted, the consumption of the mixture increased by 6-8 % or by 2.3 g/kWh on average for every 5 % increase in the concentration of ricinic mass in the mixture. According to the calculations and comparisons with studies on other crops, DMF produced from ricinic oil has similar characteristics with mixtures based on rapeseed, mustard, soybean oils. These studies are aimed at diversifying fuel resources and increasing the energy independence of agricultural enterprises.

Предпочтительным видом биотоплива, применяемого в сельском и лесном хозяйстве, является многокомпонентное дизельное смесевое топливо, производимое смешиванием нефтяного дизельного топлива (ДТ) и растительного масла [1].

Наиболее исследованным источником растительного сырья является рапс. Однако заслуживает внимания применение масел и других масленичных культур [2, 8]. На данный момент в Российской Федерации растет потребность в рициновом масле в военной, химической, машиностроительной, радиоэлектронной, полиграфической, лакокрасочной, медицинской, косметической и других отраслях промышленности. Основная доля рицинового масла, представленного на рынке, производится в Индии. В связи с проводимой политикой импортозамещения можно считать, что техническое рициновое масло – перспективный конкурент другим растительным маслам, исследованным в качестве компонентов дизельного смесевого топлива (ДСТ) [3].

В результате переработки плодов клещевины путем холодного отжима в остаточном шроте остается порядка 10% масла, которое возможно выделить путем переработки шрота по технологии экстракции или переработки плодов путем горячего отжима с получением технического рицинового масла с возможностью применения его как сырья для получения лакокрасочных материалов и дизельного смесевого топлива [4].

**Цель исследований** – теоретическое обоснование применения дизельного смесевого топлива на основе рицинового масла.

**Задача исследований** – изучить влияние составляющих компонентов топлива на экономические, мощностные показатели рабочего цикла распространённого тракторного дизельного двигателя при работе на смесях с добавлениям рицинового масла.

**Материалы и методы исследований.** Теоретический расчет рабочего цикла дизельного двигателя был проведен по известным методикам, представленным в трудах Р. М. Прокопенко, А. И. Хорош, Р. М. Баширова [5]. Тепловой расчет двигателя Д-240 проведен с использованием 3 смесей дизельного топлива с рициновым маслом (ДТ + РицМ) с различной концентрацией компонентов: 15%РицМ + 85%ДТ; 20%РицМ + 80%ДТ; 25%РицМ + 75%ДТ [5].

**Результаты исследований.** Расчет элементарного состава смеси показал, что добавка к дизельному топливу рицинового масла повышает количество кислорода в элементарном составе смеси (табл. 1). Предварительно проведенное исследование вязкости смеси выявило, что при небольшой добавке биокомпонента (до 25%) вязкость конечного продукта остается в пределах допустимого [6, 7].

Таблица 1

Элементарный состав смесей

№	Показатели	ДТ	15%РицМ + 85%ДТ	20%РицМ + 80%ДТ	25% РицМ + 75%ДТ
1	Углерод С	0,870	0,8495151	0,8426868	0,8358585
2	Водород Н	0,126	0,1239453	0,1232604	0,1225755
3	Кислород О	0,004	0,0265396	0,0340528	0,041566

Полученные данные позволяют выделить первостепенную особенность ДСТ на основе рицинового масла – способность увеличивать содержание кислорода, что благоприятно влияет на полноту сгорания смеси.

Анализ расчетов исследуемых смесей показал заметное снижение теплоты сгорания (в среднем 0,93%) при изменении доли масла на 5% (табл. 2).

Требуемое количество воздуха для сгорания смеси согласно расчетам снижается на 2,86%. Это обусловлено большим содержанием кислорода (согласно элементному составу рицинового масла) по сравнению с дизельным топливом.

При этом было выявлено, что теплота сгорания горючей смеси сравнительно мало изменяется, что связано с уменьшением количества молей продуктов сгорания [5, 8].

Таблица 2

Показатели рабочего цикла дизельного двигателя при использовании смесей различной концентрации

№	Показатели	ДТ	15%РицМ+ 85% ДТ	20%РицМ+ 80% ДТ	25% РицМ+ 75% ДТ
1	Теплота сгорания топлива, МДж/кг	42,5	41,37065	40,986	40,6013
2	Теоретическое количество воздуха, кг/кг топлива	14,35	13,94	13,80	13,67
3	Теплота сгорания горючей смеси, МДж/кг	1,8874	1,8882	1,88876	1,8880
4	Коэффициент молекулярного изменения	1,041	1,04283771	1,04334192	1,043856
5	Температура сгорания, °К	2158,0	2168,5	2168,0	2167,5
6	Среднее эффективное давление, МПа	0,7233	0,709635	0,71	0,71035
7	Эффективный КПД	0,363	0,351645	0,3517	0,35174
8	Эффективный удельный расход топлива, г/кВт	233,3	247,46	249,74	252,08
9	Эффективная мощность, кВт	63,0	61,80	61,83	61,86
10	Изменение мощности, %	-	-1,91	-1,86	-1,81
11	Изменение удельного расхода топлива, %	-	+6,07	+7,048	+ 8,05

Удельный расход смесевое топлива значительно увеличивается (на 6,07%) в сравнении с дизельным топливом. Выявлена закономерность: при увеличении концентрации масла на каждые 5% расход возрастает на 2,3 г/кВт·ч.

Имеет место незначительное уменьшение мощности по сравнению с работой двигателя на дизельном топливе: в среднем на 1,86-1,91% в зависимости от концентраций используемых компонентов.

**Заключение.** Проведенные теоретические исследования применения рицинового масла в качестве биокомпонента дизельного смесевое топлива показали следующее: снижение требуемого количества воздуха для сгорания смеси по мере увеличении концентрации масла в смеси; незначительное снижение мощности двигателя Д-240 на 1,86-1,91% по сравнению дизельным топливом;

увеличение расхода смеси на 6,07% или в среднем на 2,3 г/кВт·ч при увеличении доли масла в смеси на 5%. Согласно проведенным расчетам и сопоставлениям с имеющимися исследованиями по другим культурам ДСТ, производимое из рицинового масла, имеет схожие показатели со смесями на основе рапсовых, горчичных, соевых масел. Данные исследования направлены на диверсификацию топливных ресурсов и повышение энергонезависимости сельскохозяйственных предприятий.

#### Библиографический список

1. Уханов, А. П. Исследование свойств биологических компонентов дизельного смесевоего топлива / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов // *Нива Поволжья*. – 2014. – №1 (30). – С. 91-147.
2. Уханов А. П. Биотопливо для автотракторных дизелей из сафлорового масла / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов // *Нива Поволжья*. – 2016. – №4 (41). – С. 120-126.
3. Марков, В. А. Оптимизация состава смесей нефтяного дизельного топлива с растительными маслами / В. А. Марков, С. Н. Девянин, С. И. Каськов // *Известия вузов. Машиностроение*. – 2016. – №7 (676). – С. 28-44.
4. Уханов, А. П. Дизельное смесевое топливо: проблемы и инновационные разработки / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2016. – Т. 1, № 2. – С. 46-51.
5. Панков, Ю. В. Количественные соотношения и свойства смесевых систем углеводородного состава для дизельного двигателя / Ю. В. Панков, Л. А. Новопашин, Л. В. Денежко, А. А. Садов // *Аграрный вестник Урала*. – 2016. – № 12 (154). – С. 72-76.
6. Уханов, Д. А. Результаты моторных исследований дизеля д-243-648 при работе на сафлоро-минеральном топливе / Д. А. Уханов, И. Ф. Адгамов // *Образование, наука, практика: инновационный аспект: сборник материалов Международной научно-практической конференции*. – 2015. – С. 76-80.
7. Денежко, Л. В. Исследование рапсовых смесей различного состава в тракторном дизеле / Л. В. Денежко, Л. А. Новопашин, К. А. Асанбеков // *Аграрный вестник Урала*. – 2015. – № 1 (131). – С. 53-54.
8. Володько, О. С. Адаптация атотракторного дизеля к работе на соево-минеральном топливе / О. С. Володько, А. П. Быченин, М. П. Ерзамаев, Ю. В. Уханова // *Известия Самарской ГСХА*. – 2018. – №4. – С. 36-43.

#### References

1. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., & Adgamov, I. F. (2014). Issledovaniie svoistv biologicheskikh komponentov dizelinogo smesevogo topliva [Investigation of the Properties of Biological Components of Diesel Mixed Fuels]. *Niva Povolzh'ia – Niva Povolzhya*, 1 (30), 91-147 [in Russian].
2. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., & Adgamov, I. F. (2016). Biotoplivo dlia avtotraktornykh dizelei iz saflorovogo masla [Biofuel for autotractor diesel engines from safflower oil]. *Niva Povolzh'ia – Niva Povolzhya*, 4 (41). 120-126 [in Russian].
3. Markov V. A., Devyanin S. N., & Kaskov S. I. (2016). Optimizatsiia sostava smesei neftianogo dizelinogo topliva s rastitelinymi maslami [Optimization of the composition of mixtures of petroleum diesel fuel with vegetable oils]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie – Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 7 (676). 28-44 [in Russian].
4. Ukhanov, A. P., Ukhanov, D. A., & Adgamov, I. F. (2016). Dizelinoe smesevoe toplivo: problemy i innovatsionnye razrabotki [Diesel composite fuel: problems and innovative developments]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 1, 2, 46-51 [in Russian].
5. Pankov, Yu. V., Novopashin, L. A., Denezhko, L. V., & Sadov, A. A. (2016). Kolichestvennyie sootnosheniia i svoistva smesevykh sistem uglevodorodnogo sostava dlia dizelinogo dvigatel'ia [Quantitative relations and properties of mixed hydrocarbon composition systems for a diesel engine]. *Agrarnyi vestnik Urala – Agrarian Bulletin of the Urals*, 12 (154), 72-76 [in Russian].
6. Ukhanov, D. A., & Adgamov, I. F. (2015). Rezulitaty motornykh issledovanii dizelia D-243-648 pri rabote na safloro-mineralinomu toplive [The results of motor studies of diesel d-243-648 when working on safflower-mineral fuel]. *Education, science, practice: innovative aspect '15: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – International scientific-practical conference*. (pp. 76-80). Penza: PC Penza SAA [in Russian].
7. Denezhko, L. V., Novopashin, L. A., & Asanbekov, K. A. (2015). Issledovaniie rapsovykh smesei razlichnogo sostava v traktornom dizele [Study of rape mixtures of different composition in the tractor diesel]. *Agrarnyi vestnik Urala – Agrarian Bulletin of the Urals*, 1 (131), 53-54 [in Russian].
8. Volod'ko O. S., Bychenin A. P., Erzamaev M. P., & Ukhanova Yu. V. (2018). Adaptatsiia atotraktornogo dizelia k rabote na soevo-mineralinomu toplive [Adaptation attracting diesel to work on soybean-mineral toplive]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 4, 36-43 [in Russian].

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ АЭРОПРОДУКТОВОГО ПОТОКА С ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ УЧАСТКАМИ

**Кравцов Артем Витальевич**, аспирант кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: artem-kravtsov-penzgtu@yandex.ru

**Коновалов Владимир Викторович**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**Зайцев Владимир Юрьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: vluzai@gmail.com

**Донцова Марина Владимировна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: dontmv@mail.ru

**Ключевые слова:** сеялка, поток, распределитель, трубопровод, пневмосистема, моделирование.

*Цель исследований – снижение потерь давления в пневмосистеме сеялки с пневматическим высевом. При производстве сеялок с пневматическим высевом одним из качественных показателей технологического процесса пневмотранспортирования семян растений и гранул минеральных удобрений является равномерность распределения транспортируемого сыпучего материала от бункеров с дозатором высевающего аппарата до выгрузных устройств – сопел сошников. Задачу по распределению материала по сошникам решает распределитель. При наличии поперечной неравномерности подачи семян около 10% имеется угроза снижения урожайности пшеницы до 1,0...1,5 ц/га. Для обеспечения качества указанного распределения материала в конструкции сеялки требуется обеспечить ряд количественных условий. Изменение скоростного режима движения частиц сыпучего материала влияет не только на качественные показатели его распределения по сошникам, но и на пневматическое сопротивление пневмоконвейера в силу турбулентности потока, и на потребляемую мощность привода вентилятора. Приведены уравнения потери напора пневмосистемы. Представлены результаты анализа 3D модели пневмосистемы сеялки по давлению и скорости потока. При моделировании изменялась скорость потока в начале горизонтального участка трубопровода и концентрация высеваемого материала в аэропродуктовом потоке. Скорость потока изменялась в интервале 15-25 м/с. Концентрация материала изменялась в интервале 0-1,27 кг/кг воздуха. Получены уравнения регрессии средней скорости потока по сечениям пневмосистемы, падения статического и полного давления. Рекомендовано осуществление совершенствования конструкции пневмосистемы сеялок. Имеющаяся гофрированная поверхность трубопровода в полном объеме не справляется с возложенной задачей. Конструкция вертикального трубопровода требует наличия дополнительных элементов конструкции, центрирующих поток, как по длине данного трубопровода, так и на входе в распределитель.*

## THE SPEED MODE OF AEROPRODUCT FLOW WITH PARALLEL-SEQUENTIAL SECTIONS

**A. V. Kravtsov**, Post-Graduate Student of the Department «Engineering Technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarin street, 1A /11.

E-mail: artem-kravtsov-penzgtu@yandex.ru

**V. V. Konovalov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Engineering Technology», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarin street, 1A /11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

**V. Yu. Zaytsev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Engineering Technology», FSBEI HE Penza State Technological University.  
440039, Penza, Baydukova travel/Gagarina street, 1A /11.  
E-mail: vluzai@gmail.com

**M. V. Dontsova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Engineering Technology», FSBEI HE Penza State Technological University.  
440039, Penza, Baydukova travel/Gagarin street, 1A /11.  
E-mail: dontmv@mail.ru

**Key words:** seeder, flow, distributor, pipe, pneumatic system, simulation.

The aim of the research is to reduce pressure losses in the pneumatic system of the seeder with pneumatic sowing. In the production of seeders with pneumatic sowing one of the qualitative indicators of the technological process of pneumatic transportation of plant seeds and granules of oral fertilizers is the uniformity of the distribution of transported bulk material from the bins with the dispenser of the sowing device to the unloading devices – nozzles of coulters. The task of distributing the material on the coulters is solved by the distributor. In the presence of transverse non-uniformity of feed of seeds is about 10% there is a risk of reducing productive activity of wheat to 1.0...1.5 t/ha. To ensure the quality of the specified material distribution in the design of the seeder is required to provide a number of quantitative terms. The change in the speed mode of movement of particles of bulk material affects not only the qualitative indicators of its distribution on coulters, but also the pneumatic resistance of the pneumatic conveyor due to the turbulence of the flow, and the power consumption of the fan drive. Equations of pressure loss of pneumatic system are given. The results of the analysis of the 3D model pneumatic seeder pressure and flow rate. The flow rate at the beginning of the horizontal section of the pipe and the concentration of the sown material in the air product flow were changed in the simulation. The flow rate varied in the range of 15-25 m/s. The material concentration varied in the range of 0-1.27 kg/kg of air. The regression equations of the average flow velocity over the sections of the pneumatic system, the fall of the static and total pressure are obtained. It is recommended to improve the design of the pneumatic system of seeders. The existing corrugated surface of the pipe does not fully cope with the task. The design of the vertical pipe requires additional structural elements that center the flow, both along the length of the pipe and at the inlet to the distributor.

При производстве изделий в машиностроении необходимо комплексное решение двух основных задач. С одной стороны, проектируемое или изготавливаемое изделие должно быть высокотехнологичным объектом, требующим минимальных затрат труда, материала и энергии на его изготовление. С другой стороны, необходимо обеспечивать технические условия работоспособности изделия по его служебному назначению.

Как правило, производитель и покупатель в этом случае представляют «враждующие стороны». Первый пытается производить низкозатратную продукцию, но продавать ее по более высокой цене. Второй стремится приобрести изделие по минимально допустимой цене, но при этом качество и производительность не должны «страдать».

Поэтому требуется проводить оптимизацию технологического процесса изготовления изделия по минимальным критериям энерго-, материало- и трудозатрат. При этом должна быть обеспечена работоспособность изделия по количественным, качественным и мощностным показателям. В случае несоответствия производительности, потребляемой мощности и качественных показателей изделия технологическим потребностям осуществляемого процесса, потребитель – покупатель, как правило, отказывается от приобретения «подобных» изделий.

Тем самым, при наличии разнообразия аналогичных по назначению изделий, потребитель выбирает продукцию машиностроения из технических условий ее эксплуатации и соотношения цена – качество. Указанные противоречия служат двигателем технического прогресса. Подобный подход акцентирует внимание на потребности совершенствования технологического процесса осуществляемого изделием по качественным показателям. И лишь при удовлетворении выше указанных критериев выполнения рабочего процесса изделием возникает целесообразность удешевления его производства. Отсутствие учета указанных условий конкуренции является фактором проигрыша отечественной продукции зарубежным аналогам.

При производстве изделий – сеялок с пневматическим высевом – одним из качественных показателей технологического процесса пневмотранспортирования семян растений и гранул минеральных удобрений является равномерность распределения транспортируемого сыпучего материала от бункеров с дозатором высевающего аппарата до выгрузных устройств – сопел сошников [1, 2, 3]. Указанную задачу по распределению материала по сошникам решает распределитель [4, 5]. Согласно авторам [6] при наличии поперечной неравномерности подачи семян около 10% имеется угроза снижения урожайности пшеницы до 1,0...1,5 ц/га.

Для обеспечения качества указанного распределения материала в конструкции сеялки требуется обеспечить ряд количественных условий: подача материала – по норме высева на единицу площади поля; скорость воздуха – по условию транспортирования (для горизонтальных участков – 1,1 скорости витания частиц материала; для вертикальных участков – 1,5...2,0 скорости витания [7]), по условию вхождения в распределитель – в зависимости от конструкции распределителя [8]. Имеются рекомендации [9] по указанной скорости, так для пшеницы она составляет 24...28 м/с, для рапса – 20...24 м/с. При этом, начиная от 6...8 м/с при лобовом ударе возможно повреждение семян [8].

Изменение скоростного режима движения частиц сыпучего материала влияет не только на качественные показатели его распределения по сошникам, но и на пневматическое сопротивление пневмоконвейера в силу турбулентности потока, и на потребляемую мощность привода вентилятора [12].

**Цель исследований** – снижение потерь давления в пневмосистеме сеялки с пневматическим высевом.

**Задачи исследований** – создать 3D модель пневмосистемы сеялки и провести численные исследования движения аэропродуктового потока при изменении скорости потока и концентрации высеваемого материала в воздушном потоке; установить функциональные зависимости влияния скоростного режима движения аэропродуктового потока на потери давления с помощью численного анализа методом конечных объемов 3D моделей сеялки.

**Материалы и методы исследований.** Методика исследований предусматривала получение 3D модели ветви пневмотранспортной системы с одним распределителем 7 (рис. 1), проведение численных исследований по определению показателей скорости и давления от движения потока при изменении скорости аэропродуктового потока после эжектора 3 для подвода сыпучего материала в воздушный поток. На основании полученных сведений определены регрессионные зависимости взаимосвязи указанных показателей, уточнены коэффициенты изменения скоростного режима. При моделировании принято допущение, что скорость потока по поперечному сечению начала горизонтального участка 2 постоянна и равна  $\vartheta$ . Указанное условие устраняет возможное несовершенство эжектора 3 по влиянию на характер движения потока. То есть, рассматривается случай идеальной подачи потока по равномерности.

Особенностью конструкции пневмосистемы сеялки является использование после поворотного колена 5 вертикального трубопровода 6 для торцевого верхнего размещения распределителя 7 (рис. 1). Подобные конструкции пневмосистем применяются в различных сеялках с пневматическим высевом, в т.ч. в изделиях таких компаний как «Kuhn» (ООО «Кун восток»), «Vaderstad» (ООО «Вадерштад»), включая отечественного производителя – АО «Радиозавод».

Скорость аэропродуктового потока после эжектора 3 при моделировании изменялась в интервале  $\vartheta = \vartheta_1 = 15 \dots 25$  м/с, концентрация материала относительно воздуха принимает значения –  $\mu = 0 \dots 1,57$  (0; 0,52; 1,04; 1,57) кг/кг.

**Результаты исследований.** Движение потока в трубопроводе описывается уравнением Бернулли. На его основании [10, 11] потери давления для рассматриваемого  $i$ -го участка трубопровода записываются, Па:

$$\Delta P_i = \rho_{Вi} \cdot (1 + \mu) \cdot \left( \frac{K_p}{2} \cdot (\Delta v)^2 + \left( \xi_i + \frac{\lambda_i L_i}{D_i} \right) \cdot \frac{\kappa(v)^2}{2g} + g \cdot h \right), \quad (1)$$

где  $\rho_{Вi}$  – плотность воздуха на  $i$ -м участке, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu$  – концентрация материала относительно воздуха, кг/кг;  $K_p$  – коэффициент сопротивления разгонного участка;  $\xi_i$  – коэффициент местного сопротивления трубопровода на  $i$ -м участке;  $\lambda_i$  – коэффициент сопротивления потока по длине трубопровода;  $L_i$  – длина участка трубопровода, м;  $D_i$  – диаметр участка трубопровода, м;  $g$  – ускорение

свободного падения,  $m/c^2$ ,  $h$  – перепад высот трубопровода на  $i$ -м участке,  $m$ ;  $v$ ,  $\Delta v$  – скорость, изменение скорости потока на  $i$ -м участке,  $m/c$ ;  $k$  – эмпирический коэффициент снижения скорости частиц материала относительно скорости воздуха,  $0,75...0,93$  [7].

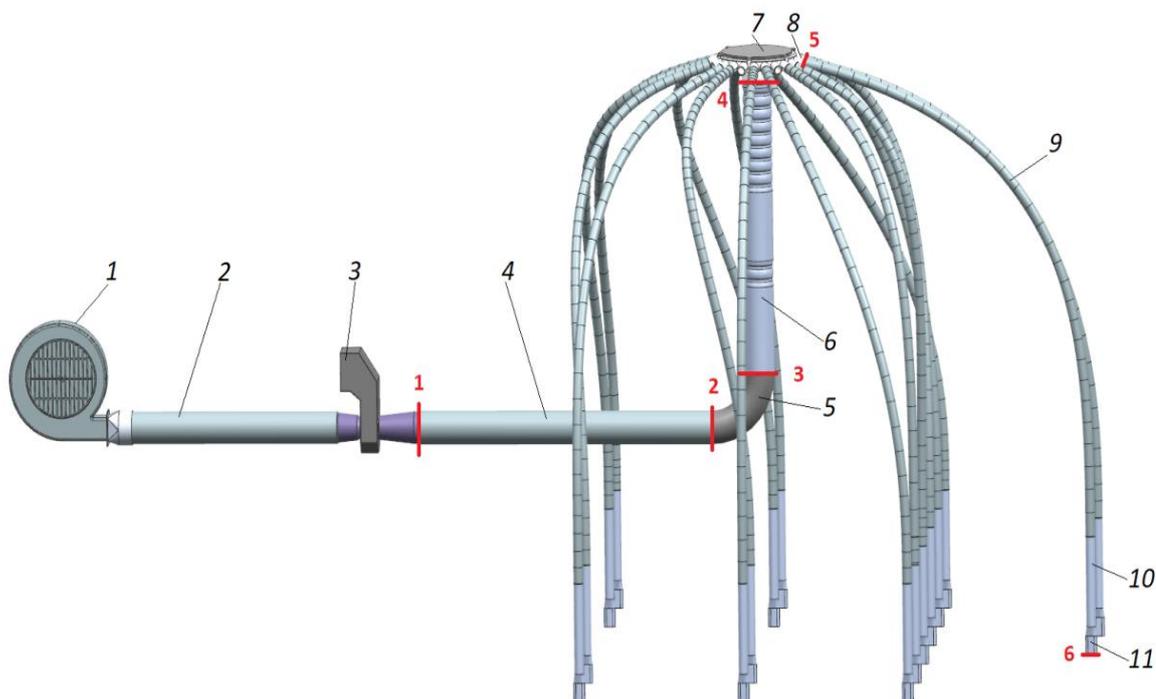


Рис. 1. Пневмосистема сеялки с пневматическим высевом:

- 1 – вентилятор; 2 – воздуховод; 3 – эжектор для внесения высеваемого материала; 4 – горизонтальный трубопровод; 5 – колено; 6 – вертикальный трубопровод; 7 – распределитель; 8 – патрубок распределителя; 9 – семяпровод в виде гибкого шланга; 10 – сошник; 11 – сопло сошника

Учитывая различие скоростного режима движения воздуха и частиц сыпучего материала, можно записать потери давления для рассматриваемого  $i$ -го участка трубопровода по составляющим потока, Па:

$$\Delta P_i = \rho_{Bi} \cdot \left( \frac{K_p}{2} \cdot (\Delta v)^2 + \left( \xi_i + \frac{\lambda_i L_i}{D_i} \right) \cdot \frac{(v)^2}{2g} + g \cdot h \right) + \rho_{Bi} \cdot \mu \cdot \left( \frac{K_p}{2} \cdot (k \Delta v)^2 + \left( \xi_i + \frac{\lambda_i L_i}{D_i} \right) \cdot \frac{k (v)^2}{2g} + g \cdot h \right). \quad (2)$$

При этом скорость потока  $v_i$  изменяется относительно исходного значения  $v_i^0$  при адиабатном процессе:

$$v_i = v_i^0 \cdot \left( \frac{p_i^0}{p_i} \right)^{\frac{1}{k}}, \quad (3)$$

где  $k$  – показатель адиабаты (для воздуха  $k = 1,4$ );  $p_i$ ,  $p_i^0$ , – давление воздуха на  $i$ -м участке до и после уточнения скорости потока, Па.

Расчетная плотность аэропродуктового потока [11] по  $i$ -м сечениям трубопровода,  $kg/m^3$ :

$$\rho_{Ci} = \rho_{Bi} \cdot (1 + \mu). \quad (4)$$

Анализ выражений (2) и (3) позволяет сделать вывод, что потери давления на участках пневмотранспорта пропорциональны скорости движения потока, изменению скорости потока на участке и высоте подъема потока на участке, а также пропорциональны подаче (концентрации материала относительно воздуха) сыпучего материала.

Результаты моделирования движения аэропродуктового потока на интервале от начала горизонтального трубопровода до сопел сошников для изменения скорости представлены на рисунке 2, для полного давления – на рисунке 3. Характер изменения скорости в целом сохраняется, как и у давления. Однако существенно изменяются числовые значения.

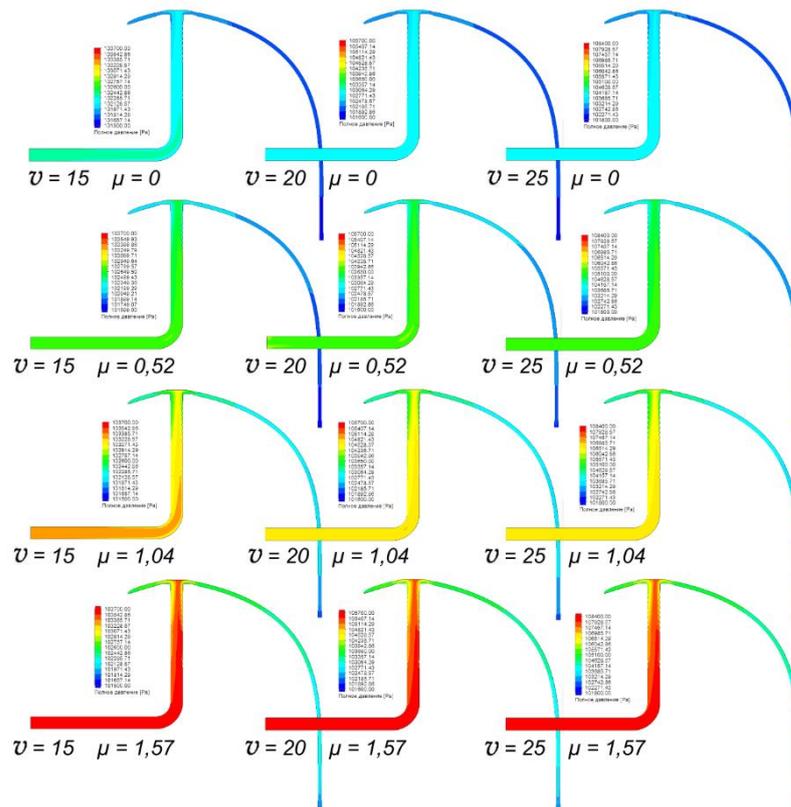


Рис. 2. Результаты 3D моделирования полного давления аэропродуктового потока сеялки в зависимости от скорости потока на входе в горизонтальный трубопровод  $v = V$  (м/с) и концентрации материала  $\mu$  (кг/кг)

Падение статического давления для интервала между соответствующими сечениями описывается выражениями, Па:

$$\begin{aligned} \Delta P_{S_{12}} &= 0,5552 \cdot (83,51488 \cdot \mu^{0,971577} + 0,008438 \cdot v^{3,109249}); R = 0,96585; \\ \Delta P_{S_{23}} &= 0,28881 \cdot (54,41179 \cdot \mu^{0,712183} + 0,081824 \cdot v^{2,302262}); R = 0,97752; \\ \Delta P_{S_{34}} &= 8,711954 \cdot (38,47593 \cdot \mu^{1,06644} + 0,000941 \cdot v^{3,51895}); R = 0,96528; \quad (5) \\ \Delta P_{S_{45}} &= 1,155562 \cdot (372,9037 \cdot \mu^{1,069232} + 0,004566 \cdot v^{3,737374}); R = 0,96276; \\ \Delta P_{S_{56}} &= 1,162248 \cdot (425,4388 \cdot \mu^{1,063592} + 0,008369 \cdot v^{3,617653}); R = 0,96320, \end{aligned}$$

где  $\mu$  – концентрация материала относительно воздуха, кг/кг;  $v$  – скорость потока на начало горизонтального участка (в первом сечении), м/с;  $R$  – коэффициент корреляции результатов моделирования и расчетных значений по уравнению регрессии.

Падение полного давления на участках, Па:

$$\begin{aligned} \Delta P_{p_{12}} &= 0,522823 \cdot (93,8715 \cdot \mu^{0,986845} + 0,007797 \cdot v^{3,174643}); R = 0,97209; \\ \Delta P_{p_{23}} &= 0,573886 \cdot (38,53097 \cdot \mu^{0,960671} + 0,01024 \cdot v^{2,790959}); R = 0,97379; \\ \Delta P_{p_{34}} &= 1,818319 \cdot (197,8476 \cdot \mu^{1,055608} + 0,00463 \cdot v^{3,532687}); R = 0,96570; \quad (6) \\ \Delta P_{p_{45}} &= 1,080949 \cdot (298,6461 \cdot \mu^{1,071847} + 0,003531 \cdot v^{3,749444}); R = 0,96220; \\ \Delta P_{p_{56}} &= 2,959883 \cdot (228,7456 \cdot \mu^{1,075889} + 0,003376 \cdot v^{3,699263}); R = 0,96191; \\ \Delta P_{p_{6at}} &= 2,937926 \cdot (3,333012 \cdot \mu^{0,991296} + 3,300401 \cdot v^{-6,5E-07}); R = 1,0000. \end{aligned}$$

Средняя скорость потока по сечениям, м/с:

$$\begin{aligned} v_2 &= v - 0,0245 \cdot v + 0,019252 \cdot \mu; R = 0,99978; \\ v_3 &= v - 0,00491 \cdot v + 0,079515 \cdot \mu; R = 0,99988; \\ v_4 &= v - 0,0022 \cdot v + 0,044376 \cdot \mu; R = 0,99993; \\ v_5 &= v - 0,20105 \cdot v + 0,068319 \cdot \mu; R = 0,99957; \\ v_6 &= v + 0,193491 \cdot v + 0,220914 \cdot \mu; R = 0,99829. \end{aligned} \quad (7)$$

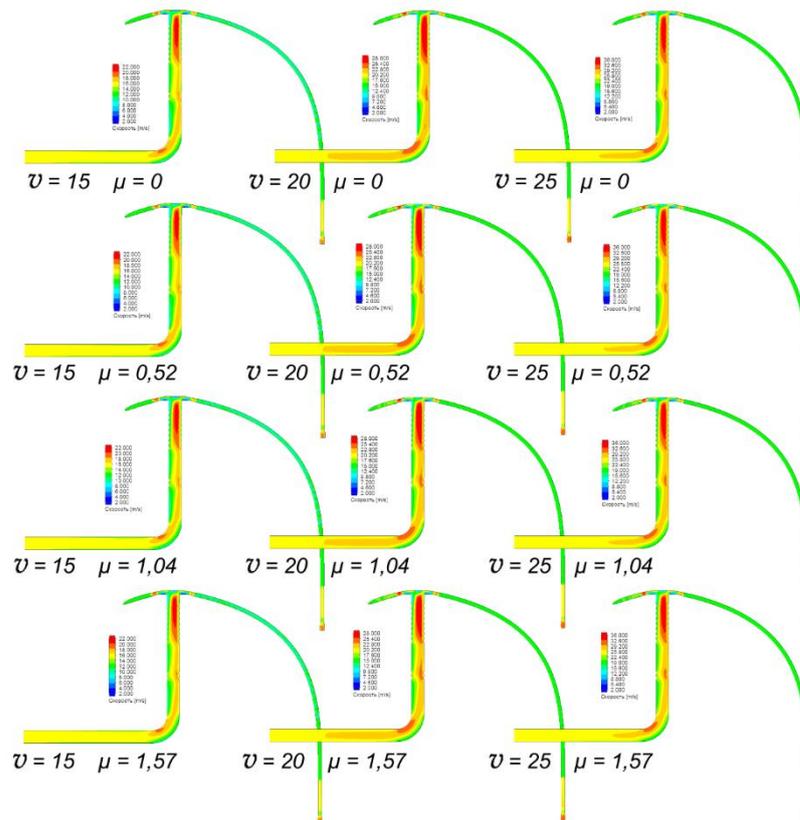


Рис. 3. Результаты 3D моделирования скоростного режима движения аэропродуктового потока сеялки в зависимости от скорости потока на входе в горизонтальный трубопровод  $v = V$  (м/с) и концентрации материала  $\mu$  (кг/кг)

Примеры графиков полученных уравнений регрессии представлены на рисунках 4, 5. Падение статического давления на интервале сечений 4-5 представлено на рисунке 4, а, падение динамического давления после сечения 6 – атмосфера – показано на рисунке 4, б, средняя скорость потока в сечении 3 изображена на рисунке 5.

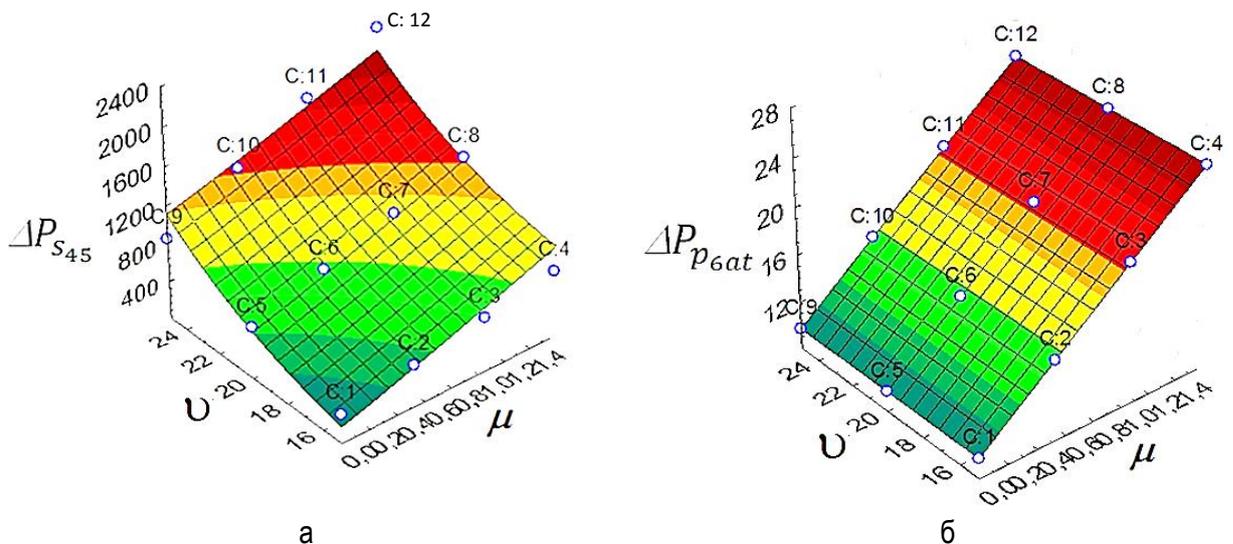


Рис. 4. Влияние средней скорости потока  $v$  (м/с) на входе в горизонтальный трубопровод и концентрации высеваемого материала  $\mu$  (кг/кг):  
 а – на падение статического давления потока на интервале сечений 4-5 (Па); б – на падение динамического давления после сечения 6 при выходе потока в атмосферу (Па)

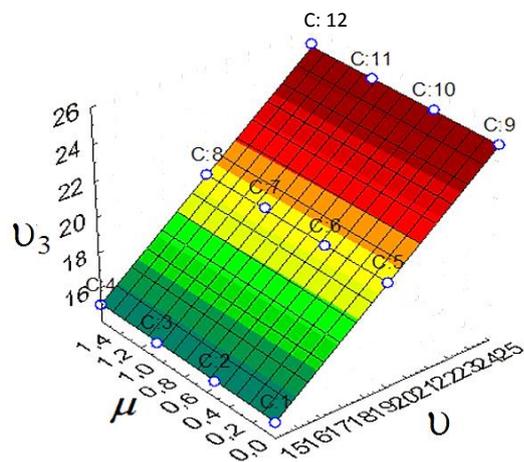


Рис. 5. Влияние средней скорости потока  $U$  (м/с) на входе в горизонтальный трубопровод и концентрации высеваемого материала  $\mu$  (кг/кг) на среднюю скорость потока  $U_3$  (м/с) в сечении 3 (на начало вертикального участка)

При изменении скорости входа потока и концентрации материала в потоке (рис. 2, 3) характер изменения скоростного режима движения струй потока существенно не отличается. Изменяются лишь абсолютные числовые значения. Наблюдается появление тенденций стержневого движения потока в середине – конце горизонтального трубопровода, выраженные в виде полутонов скоростного режима. С ростом концентрации материала в потоке существенно увеличиваются потери давления. Рост скорости потока увеличивает динамические потери давления.

Анализ графического материала (рис. 2, 3) движения аэропродуктового потока сеялки свидетельствует, что на колене 5 (рис. 1) наблюдается смещение частиц высеваемого материала к наружной поверхности колена. После выхода потока из колена, на вертикальном участке трубопровода 6 несимметричность скоростного потока относительно продольной оси трубопровода сохраняется. Движение потока относительно правой стенки вертикального трубопровода 6 более интенсивно. Наличие гофрированной поверхности трубопровода турбулизирует поток, способствуя выравниванию концентрации частиц по поперечному сечению вертикального трубопровода [13]. Однако, при моделировании вдоль левой стенки вертикального трубопровода (рис. 2, 3) сохраняются слои потока с существенно меньшей его энергией (как по скорости, так и динамическому давлению), что подтверждается линиями тока струй потока (рис. 6). Это неизбежно повлияет на количество высеваемого материала, поступающего к разным сошникам 10, увеличивая неравномерность поперечного высева.

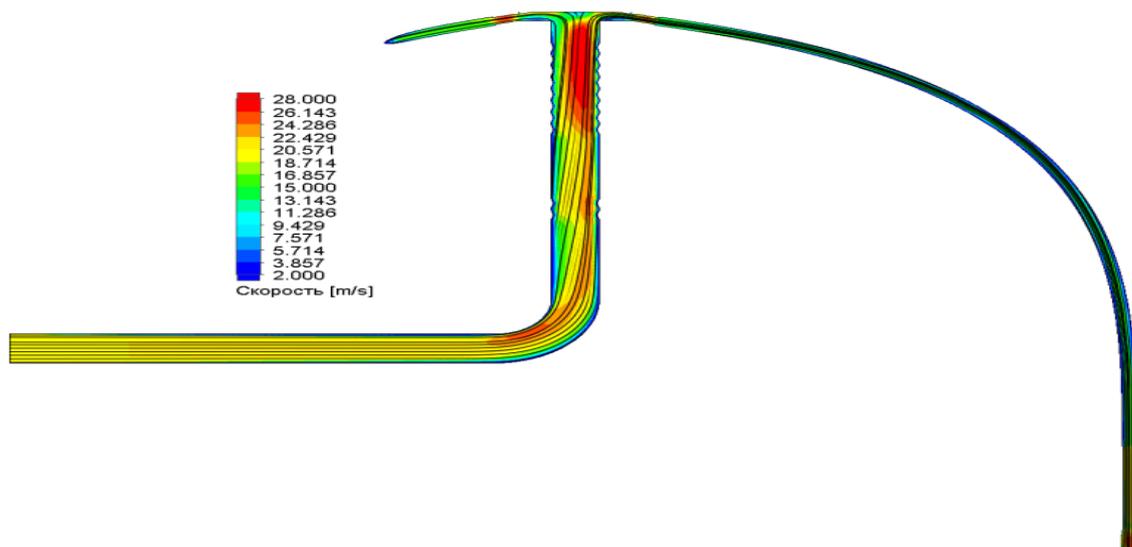


Рис. 6. Линии тока струй аэропродуктового потока пневмосистемы сеялки

Таким образом, существующая конструкция сеялок с пневматическим высевом требует дополнительной модернизации, направленной, в том числе, на выравнивание концентрации высеваемого материала относительно продольной оси вертикального трубопровода. Имеющаяся гофрированная поверхность трубопровода не справляется с возложенной задачей. Имеются рекомендации [13] по увеличению радиуса изгиба колена и повышению высоты размещения распределителя. Подобные изменения могут существенно улучшить числовые показатели неравномерности поперечного высева, однако не способны кардинально изменить несимметричность аэропродуктового потока относительно продольной оси вертикального трубопровода. Тем самым, конструкция вертикального трубопровода требует наличия дополнительных элементов конструкции [5, 9], в том числе центрирующих поток как по длине данного трубопровода, так и (в особенности) на входе в распределитель.

**Заключение.** Падение давления на интервалах длины трубопровода описывается выражениями степенного типа, а средние скорости потока в сечениях описываются полиномом первого порядка относительно средней скорости потока на входе в трубопровод и концентрации высеваемого материала относительно воздуха. При изменении скорости входа потока и концентрации материала в потоке характер изменения скоростного режима существенно не отличается. Изменяются лишь числовые значения скорости отдельных струй потока. Наблюдается появление тенденций стержневого движения потока в середине – конце горизонтального трубопровода. С ростом концентрации материала в потоке существенно увеличиваются потери давления. Рост скорости потока увеличивает динамические потери давления.

Существующая конструкция сеялок с пневматическим высевом требует дополнительной модернизации, направленной, в том числе на центрирование аэропродуктового потока относительно продольной оси вертикального трубопровода. Имеющаяся гофрированная поверхность трубопровода в полном объеме не справляется с возложенной задачей. Конструкция вертикального трубопровода требует наличия дополнительных элементов конструкции, центрирующих поток как по длине данного трубопровода, так и (в особенности) на входе в распределитель.

#### Библиографический список

1. Петров, А. М. Разработка универсальной пневматической сеялки для зерновых, мелкосемянных и трудновысеваемых культур / А. М. Петров, Н. П. Крючин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 3-7.
2. Ларюшин, Н. П. Результаты лабораторных исследований сошника с подпружиненным распределителем и копирующим устройством дна борозды / Н. П. Ларюшин, А. В. Мачнев // Научное обозрение. – 2015. – № 17. – С. 33-39.
3. Мачнев, А. В. Результаты лабораторных исследований высевающего аппарата с несимметричным профилем желобков катушки / А. В. Мачнев, В. А. Мачнев, П. Н. Хорев, А. Н. Хорев // Нива Поволжья. – 2014. – № 2 (31). – С. 76-84.
4. Мачнева, О. Ю. Исследование взаимодействия семян с распределяющим и отражающим устройствами / О. Ю. Мачнева, В. С. Каблуков, О. Н. Кухарев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2018. – № 4 (40). – С. 111-117.
5. Рахимов, З. С. Обоснование параметров пневматической системы транспортирования семян и удобрений почвообрабатывающего посевного агрегата / З. С. Рахимов, Н. Т. Хлызов, И. Р. Рахимов [и др.] // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 1. – С. 91-104.
6. Змиевский, В. Т. Влияние различий в высеве отдельными аппаратами на урожайность / В. Т. Змиевский, Н. Н. Домина, Л. Б. Казаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – № 5. – С. 40-41.
7. Мударисов, С. Г. Обоснование параметров двухфазного течения «воздух – семена» при математическом описании работы пневматической системы зерновой сеялки / С. Г. Мударисов, З. С. Рахимов // Вестник Башкирского ГАУ. – 2014. – № 4. – С. 85-91.
8. Крючин, Н. П. Повышение эффективности распределительно-транспортирующих систем пневматических посевных машин : монография. – Самара : РИЦ СГСХА, 2008. – 176 с.
9. Пятаев, М. В. Моделирование параметров турбулизатора пневматического распределителя семян / М. В. Пятаев // Вестник Челябинской ГАА. – 2013. – Т. 65. – С. 50-55.
10. Давыдов, С. Я. Расчет пневмотранспорта штучных грузов // Теория и практика мировой науки. – 2016. – №2. – С. 54-59.

11. Кантаев, А. С. Расчет установок пневмотранспорта / А. С. Кантаев, И. Д. Брус, Н. С. Тураев. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 28 с.
12. Lei, X. Numerical simulation of seed motion characteristics of distribution head for rapeseed and wheat / X. Lei [et al.] // *Computers and electronics in agriculture*. – 2018. – Vol. 150. – P. 98-109.
13. Lei, X. Simulation and experiment of gas-solid flow in seed conveying tube for rapeseed and wheat / X. Lei [et al.] // *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*. – 2017. – №. 3. – P. 7.

#### References

1. Petrov, A. M., & Kryuchin, N. P. (2014). Razrabotka universalnoi pnevmaticheskoi seyalki dlia zernovykh, melkosemiannykh i trudnovysevaemykh kultur [Design of universal pneumatic drill for grain, small seeds and difficultly sowing crops]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 3-7 [in Russian].
2. Laryushin, N. P., & Machnev, A. V. (2015). Rezultaty laboratornykh issledovaniy soshnika s podpruzhinennym raspredelitel'em i kopiruyushchim ustroystvom dna borozdy [Results of laboratory studies of a coulter with a spring-loaded dispenser and copying device for the]. *Nauchnoe obozrenie – Scientific Review*, 17, 33-39 [in Russian].
3. Machnev, A. V., Machnev, V. A., Horev, P. N., & Horev, A. N. (2014). Rezultaty laboratornykh issledovaniy vysevaiushchego apparata s nesimmetrichnym profil'em zhelobkov katushki [Results of laboratory tests of the sowing device with the asymmetrical profile of fillets of the reel]. *Niva Povolzh'ia – Niva Povolzhya*, 2 (31), 76-84 [in Russian].
4. Machneva, O. Yu., Kablukov, V. S., Kukharev, O. N., Machnev, A. V., & Machnev, V. A. (2018). Issledovanie vzaimodejstviia semian s raspredel'aiushchim i otrazhaiushchim ustroystvami [Research of the interaction of seeds with distributing and reflecting devices]. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva – Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostycheva*, 4 (40), 111-117 [in Russian].
5. Rakhimov, Z. S., Khlyzov, N. T., Rakhimov, I. R., Sidorchenko, D. V., & Galimov, A. N. (2017). Obosnovaniie parametrov pnevmaticheskoi sistemy transportirovaniia semian i udobrenii pochvoobrabatyvaiushchego posevnogo agregata [Parameters substantiation of pneumatic system for conveying seeds and fertilizes in tillage sowing unit]. *APK Rossii – Agro-Industrial complex of Russia*, 24, 1, 91-104 [in Russian].
6. Zmievskij, V. T. Domina, N. N., & Kazakov, L. B. (1985). Vliyanii razlichii v vyseve otdelnymi apparatami na urozhajnost [The effect of differences in seeding by individual machines on yield]. *Mekhanizatsiia i ehlektrifikatsiia sel'skogo hoziaistva – Mechanization and electrification of agriculture*, 5, 40-41 [in Russian].
7. Mudarisov, S. G., & Rakhimov, Z. S. (2014). Obosnovaniie parametrov dvukhfaznogo techeniia «vozdukh – semena» pri matematicheskom opisaniu raboty pnevmaticheskoi sistemy zernovoi seyalki [Substantiation of «air-seeds» two-phase flow parameters under mathematical description of the work of pneumatic system of grain seeder]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Vestnik Bashkir State Agrarian University*, 4, 85-91 [in Russian].
8. Kryuchin, N. P. (2008). *Povysheniie ehffektivnosti raspredelitelino-transportiruiushchikh sistem pnevmaticheskikh posevnykh mashin [Improving the efficiency of distribution and transport systems of pneumatic seeding machines]*. Samara: PC Samara SAA [in Russian].
9. Pyataev, M. V. (2013). Modelirovaniie parametrov turbulizatora pnevmaticheskogo raspredelitel'ia semian [Modeling the turbulence stimulator parameters of a pneumatic seed distributor]. *Vestnik Cheliabinskoi GAA – Bulletin of the Chelyabinsk SAA*, 65, 50-55 [in Russian].
10. Davydov, S. Ya. (2016). Raschet pnevmotransporta shtuchnykh грузов [Calculation of pneumatic transport piece objects]. *Teoriia i praktika mirovoi nauki – Theory and practice of world science*, 2, 54-59 [in Russian].
11. Kantaev, A. S., Brus, I. D., & Turaev, N. S. (2015). *Raschet ustanovok pnevmotransporta [Calculation of pneumatic transport installations]*. Tomsk: Publishing House of Tomsk polytechnic university [in Russian].
12. Lei X. et al. (2018). Numerical simulation of seed motion characteristics of distribution head for rapeseed and wheat. *Computers and electronics in agriculture*, 150, 98-109.
13. Lei X. et al. (2017). Simulation and experiment of gas-solid flow in seed conveying tube for rapeseed and wheat. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 3, 7.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЭКСТРУДЕРА С ТЕРМОВАКУУМНЫМ ЭФФЕКТОМ

**Курочкин Анатолий Алексеевич**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Пищевые производства», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440061, г. Пенза, ул. Герцена, 44.

E-mail: anatolii\_kuro@mail.ru

**Ключевые слова:** экструдер, обезвоживание, камера, эффект, расход, термовакuumный, объемный.

*Цель исследований – теоретическое обоснование повышения эффективности обезвоживания экструдата за счет подачи воздуха в вакуумную камеру модернизированного экструдера с термовакuumным рабочим процессом. На основе современных представлений о характере реализации термодинамического процесса при взаимодействии трех различных потоков воздуха в ограниченном объеме вакуумной камеры экструдера теоретически обоснован один из возможных путей повышения эффективности обезвоживания готового продукта. В ранее предложенной конструктивно-технологической схеме экструдера недостаточно интенсивное обезвоживание выходящего из фильеры машины готового продукта связано с относительно низкой скоростью воздушного потока у поверхности остывающего экструдата. Эта скорость ограничивает интенсивность переноса удаляемой из экструдата жидкости посредством влажного пара, который из вакуумной камеры экструдера выводится в вакуум-баллон и конденсируется. В модернизированном экструдере воздействие термовакuumного эффекта предлагается усилить за счет дозированной подачи воздуха в рабочий объем вакуумной камеры экструдера. Проведенные исследования позволили получить аналитические выражения, с помощью которых можно определить объемный расход впускаемого в вакуумную камеру машины воздуха и определить его влияние на основные конструктивно-технологические параметры системы, обеспечивающей термовакuumный эффект процесса экструдирования. Показана связь коэффициента, учитывающего влияние термовакuumного эффекта в автогенном экструдере, с другими значимыми техническими и технологическими параметрами машины. Полученные результаты могут быть полезны и учтены в процессе последующих теоретических исследований экструдеров с вакуумной камерой и позволят на их основе повысить эффективность работы машин, осуществляющих термовакuumную экструзию сырья растительного происхождения.*

## IMPROVEMENT OF EXTRUDER WORKING PROCESS WITH TERMOVACUAL EFFECT

**A. A. Kurochkin**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Food production», FSBEI HE Penza State Technological University.

440039, Penza, Baydukova travel/Gagarin street, 1A /11.

E-mail: anatolii\_kuro@mail.ru

**Keywords:** extruder, dehydration, chamber, effect, flow rate, thermal vacuum, volumetric.

The research aim is a theoretical substantiation of the increase in the efficiency of extrudate dehydration due to the supply of air into the vacuum chamber of a modernized extruder with a thermal vacuum working process. On the basis of modern study of the implementation of the thermodynamic process in the interaction of three different air flows in a limited volume of the vacuum chamber of the extruder, one possible way of increasing the efficiency of the finished product dehydration was theoretically justified. In the previously proposed constructive-technological scheme of the extruder, the insufficiently intensive dehydration of the finished product leaving the die of the machine is associated with a relatively low air flow rate at the surface of the cooling extruder. These speed limits the transfer rate of the liquid removed from the extruder by means of wet steam, which is withdrawn from the vacuum chamber of the extruder into a vacuum balloon and condenses. In a modernized extruder, the effect of thermal vacuum effect is proposed to be enhanced by means of a metered supply of air into the working volume of the extruder's vacuum chamber. The conducted research allowed obtaining analytical expressions with the help of which it is possible to determine the volumetric flow rate of air injected into the vacuum chamber of the machine and to determine its effect on the main structural and technological parameters of the system that ensures the thermal vacuum effect of the extrusion process. The relationship between the coefficient taking into account the influence of the thermal vacuum effect in an autogenous extruder on other significant technical and technological parameters of the machine is shown. The results obtained can be useful and considered in the course of subsequent theoretical studies of extruders, with a

vacuum chamber and will allow on their basis increasing the efficiency of the machines performing the thermal vacuum extrusion of raw materials of plant origin.

Известно, что рабочий процесс автогенного одношнекового экструдера с позиции термодинамической теории основан на использовании теплоты, генерируемой непосредственно в тракте машины, за счет диссипации механической энергии. Промежуточным звеном сложного преобразования электрической энергии привода экструдера в тепловую выступает механическая энергия сил сдвига и трения обрабатываемого сырья в процессе его взаимодействия с рабочим органом машины. С учетом того, что большая часть энергии, затрачиваемой на обеспечение рабочего процесса автогенного экструдера при обработке пищевого сырья растительного происхождения, расходуется на повышение его температуры, следует признать, что фактор, характеризующий расход теплоты, является доминирующим в технических решениях, направленных на повышение энергоэффективности данного класса машин.

Исследование основных закономерностей образования капиллярно-пористой структуры экструдатов из растительного сырья позволило теоретически обосновать способ повышения энергоэффективности экструзионных технологий за счет термовакуумного воздействия на получаемый продукт в момент выхода его из фильеры матрицы машины [1].

При этом теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что рабочий процесс экструдеров, основанный на термовакуумном эффекте, позволяет обеспечить требуемый коэффициент взрыва экструдата при меньшем давлении и, соответственно, температуре, чем в серийных машинах, что существенно повышает их энергоэффективность [2, 3].

Теоретический анализ конструктивно-технологической схемы ранее предложенного экструдера с вакуумной камерой [7] позволил выявить недостатки, препятствующие более полной реализации всех преимуществ термовакуумного эффекта. Эти недостатки можно свести к следующему:

1. Недостаточно эффективное обезвоживание экструдата.

2. Зависимость отдельных показателей экструдера от температуры внешней среды, проявляющаяся в том, что интенсивность конденсации водяного пара в вакуум-баллоне экструдера зависит от температуры в производственном помещении. В летний период года теплота этого пара расходуется на нагрев стенок вакуумной камеры и способствует возникновению опасного производственного фактора при эксплуатации экструдера. В холодное время года за счет этой теплоты в определенном интервале повышается температура воздуха в производственном помещении, при этом некоторая часть пара будет конденсироваться непосредственно в вакуумной камере экструдера. Данный недостаток устраняется относительно просто за счет того, что вакуумная камера экструдера, а также трубопровод, соединяющий ее с вакуум-баллоном, покрываются теплоизоляционным материалом, например путем напыления на их наружную поверхность утеплителя PENOPLEX.

Базовый недостаток, связанный с недостаточной эффективностью обезвоживания экструдата, объясняется относительно низкой скоростью воздушного потока у поверхности экструдата, что в свою очередь ограничивает интенсивность переноса удаляемой из экструдата жидкости посредством влажного пара, перемещающегося из вакуумной камеры экструдера в вакуум-баллон. Решение этой проблемы в сравнении с применением теплоизоляции требует более сложного подхода и связано с теоретическими исследованиями взаимосвязи расхода впускаемого в вакуумную камеру экструдера воздуха и основными конструктивно-технологическими параметрами машины.

**Цель исследований** – теоретическое обоснование повышения эффективности обезвоживания экструдата за счет подачи воздуха в вакуумную камеру модернизированного экструдера с термовакуумным рабочим процессом.

**Задачи исследований** – получение аналитических зависимостей, позволяющих оценить влияние дополнительной подачи воздуха в вакуумную камеру модернизированного экструдера на эффективность его работы.

**Материалы и методы исследований** основаны на термодинамических характеристиках водяного пара, а также уравнении баланса массы обрабатываемого сырья, находящегося в тракте экспериментального экструдера и его вакуумной камере.

**Результаты исследований.** Результаты ранее выполненных теоретических исследований позволили обосновать и предложить новое техническое решение экструдера, обеспечивающего в процессе своей работы более эффективное обезвоживание экструдата. С этой целью вакуумную камеру экструдера предлагается оснастить воздушным краном для подачи в нее определенного объема воздуха, что в свою очередь интенсифицирует процесс отвода влажного пара от поверхности экструдата и дальнейшее его перемещение в вакуум-баллон. При этом воздушный кран рационально расположить в противоположной стороне от патрубка, соединяющего камеру с системой отвода и конденсации влаги.

Предлагаемый экструдер (рис. 1) состоит из загрузочного бункера 1, корпуса 2, шнека 3, фильеры матрицы 4, режущего устройства (на рисунке не показано) и вакуумной камеры 5.

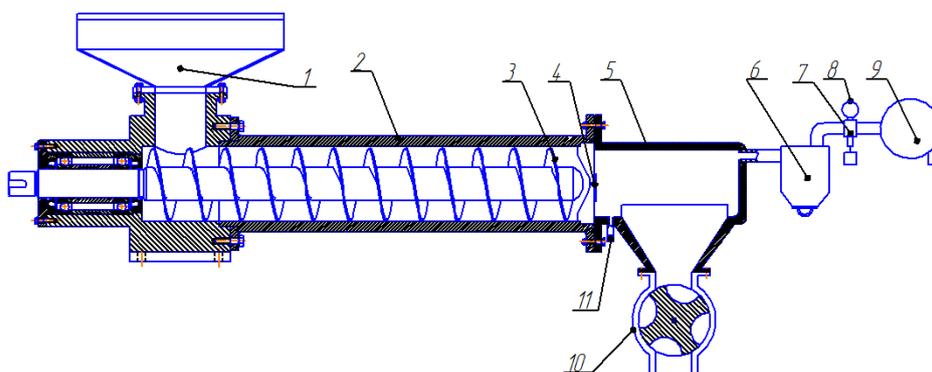


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема предлагаемого экструдера:

1 – загрузочный бункер; 2 – корпус; 3 – шнек; 4 – фильера матрицы; 5 – вакуумная камера; 6 – вакуум-баллон; 7 – вакуум-регулятор; 8 – вакуум-метр; 9 – вакуумный насос; 10 – шлюзовой затвор; 11 – воздушный кран

Вакуумная камера включает в себя шлюзовой затвор 10, а также систему отвода и конденсации влаги, в которую входят вакуум-баллон 6, вакуумный насос 9, вакуум-регулятор 7 и вакуум-метр 8.

Шлюзовой затвор 10 служит для выгрузки получаемого продукта без разгерметизации вакуумной камеры экструдера и представляет собой корпус цилиндрической формы с вращающимся в нем многолопастным ротором.

Вакуум-насос 9 обеспечивает в вакуумной камере экструдера необходимую величину пониженного давления (вакуума).

Вакуум-баллон 6 служит для сглаживания колебаний вакуума в системе, а также конденсации влаги, отводимого из камеры 5 горячего воздуха (водяного пара). С целью периодического удаления конденсата из вакуум-баллона 6, он оснащен шарнирно закрепленной крышкой с уплотняющим элементом (на рисунке позиция не обозначена).

Вакуум-регулятор 7 необходим для поддержания пониженного давления в вакуумной камере 5 в заданных пределах при требуемой производительности машины, а также влажности обрабатываемого сырья и готового продукта.

Для контроля давления в вакуумной камере экструдера служит вакуум-метр 8.

Рабочий процесс экструдера с вакуумной камерой осуществляется следующим образом. Обрабатываемое сырье поступает в загрузочный бункер 1 экструдера. Захваченное шнеком 3, оно последовательно перемещается через зоны прессования и дозирования машины, нагревается до температуры 120-130<sup>0</sup>С и выводится через фильеру матрицы 4 в вакуумную камеру 5. При выходе из фильеры экструдат с помощью режущего устройства разрезается на частицы заданной длины.

Попадая из области высокого давления (во внутреннем тракте экструдера) в зону низкого давления (в вакуумную камеру 5), сырье подвергается мощному декомпрессионному взрыву, который представляет собой процесс мгновенного перехода воды, находящейся в сырье, в пар. Следует особо отметить, что в процессе перехода воды в газообразное состояние и испарения ее с поверхности, а также с более глубоких слоев экструдата, продукт охлаждается примерно на 20-30<sup>0</sup>С.

Образующийся горячий пар с помощью вакуумного насоса 9 перемещается в вакуум-баллон 6, где конденсируется и в виде жидкости стекает в его нижнюю часть. С целью интенсификации отвода влажного пара с поверхности экструдата и дальнейшего его перемещения в вакуум-баллон 6 в камеру 5 с помощью воздушного крана 11 подается воздух.

Содержание влаги в экструдированном продукте регулируют за счет давления в вакуумной камере 5 с помощью вакуум-регулятора 7, а также величиной подсоса воздуха посредством воздушного крана 11 камеры 5.

Рассмотрим условия рациональной реализации технического решения экструдера в теоретическом аспекте.

Расчётная схема функционирования вакуумной камеры экструдера в период установившегося рабочего процесса представлена на рисунке 2. Будем считать, что объем камеры будет постоянным, а соотношение рабочего давления в камере и за ее пределами (атмосферного) не превышает критического значения ( $\frac{P}{P_a} = 0,578$ ).

При откачивании воздуха из камеры объемом  $V$  через отверстие с поперечным сечением  $f_1$  количество воздуха будет уменьшаться на величину  $dG_1$ . И, напротив, при впуске воздуха посредством воздушного крана, его количество будет увеличиваться. Количество впускаемого воздуха через отверстие с площадью поперечного сечения  $f_2$  обозначим через  $dG_2$ .

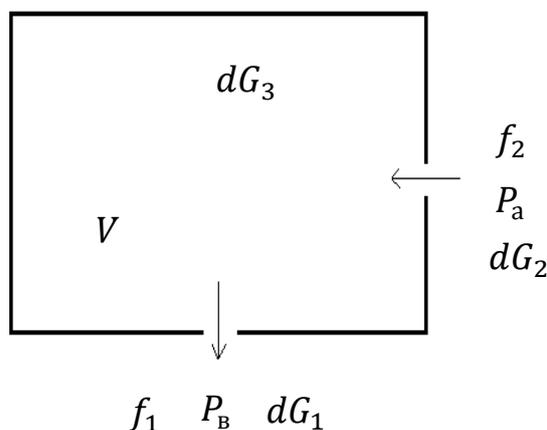


Рис. 2. Расчётная схема вакуумной камеры экструдера

Примем условие, что количество жидкости, содержащейся в обрабатываемом сырье, определяется его исходной влажностью. При выходе из фильеры матрицы экструдера часть этой жидкости превращается в водяной пар, который необходимо удалить из камеры, а часть остается в полученном экструдате. Содержание жидкости, переходящей в пар, зависит от многих параметров экструзионного процесса и регулируется в зависимости от требуемой влажности получаемого экструдата. В принятой модели водяной пар в количестве  $dG_3$  поступает в вакуумную камеру экструдера.

Количество воздуха, откачиваемого из вакуумной камеры экструдера, равно [4]

$$dG_1 = P_{в}^{\frac{1}{K}} \cdot f_1 \cdot \mu \cdot a \cdot \sqrt{P^m - P_{в}^m} d\tau, \quad (1)$$

где  $P_{в}$  – давление воздуха в вакуумной камере, Па;

$K$  – показатель адиабаты;

$f_1$  – площадь поперечного сечения вакуум-провода, м<sup>2</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода воздуха в вакуумной камере;

$a$  – безразмерный коэффициент, равный  $\sqrt{\frac{2gK}{K-1} \cdot C^{-\frac{1}{K}}}$ ;

$m$  – коэффициент, характеризующий адиабатический процесс и равный  $\frac{K-1}{K}$ ;

$C$  – величина, характеризующая отношение рабочего давления воздуха к его удельному весу ( $P_{в}/\gamma_{в}$ );

$P$  – рабочее давление воздуха в вакуумной системе экструдера, Па;

$d\tau$  – бесконечно малый промежуток времени истечения воздуха в вакуумной камере.

Количество воздуха, поступающее в вакуумную камеру экструдера через воздушный кран, можно определить по формуле [4]

$$dG_2 = P^{\frac{1}{k}} \cdot f_2 \cdot \mu \cdot a \cdot \sqrt{P_a^m - P^m} d\tau, \quad (2)$$

где  $P_a$  – атмосферное давление, Па;

$f_2$  – площадь поперечного сечения воздушного крана, м<sup>2</sup>.

На основании уравнения материального баланса воздуха в вакуумной камере экструдера (в дифференциальной форме)

$$dG_1 = dG_2 + dG_3 \quad (3)$$

и формул для определения расхода при откачивании (1) и впуске воздуха (2), определим количество водяного пара, которое необходимо удалить из вакуумной камеры экструдера,

$$dG_3 = dG_1 - dG_2 = P_B^{\frac{1}{k}} \cdot f_1 \cdot \mu \cdot a \cdot \sqrt{P^m - P_B^m} d\tau - P^{\frac{1}{k}} \cdot f_2 \cdot \mu \cdot a \cdot \sqrt{P_a^m - P^m} d\tau. \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что количество водяного пара, которое необходимо удалить из вакуумной камеры экструдера, зависит от следующих параметров:

– площадей поперечного сечения вакуумпровода ( $f_1$ ) и воздушного крана ( $f_2$ );

– давления в вакуумной системе экструдера ( $P_B$ ), рабочего давления воздуха в вакуумной системе экструдера ( $P$ ) и величины атмосферного давления ( $P_a$ );

– коэффициента расхода воздуха в вакуумной камере экструдера  $\mu$ .

При этом коэффициент расхода воздуха в вакуумной камере учитывает взаимодействие четырех коэффициентов:

– коэффициентов скорости, характеризующих сопротивление истечению воздуха из отверстий с площадями сечения ( $f_1$ ) и ( $f_2$ );

– коэффициента сжатия, характеризующего уменьшение поперечного сечения струи воздуха по сравнению с площадями сечения ( $f_1$ ) и ( $f_2$ );

– коэффициента, характеризующего полноту сжатия струи воздуха в зависимости от расположения воздушного крана в вакуумной камере;

– коэффициента, учитывающего форму сопла воздушного крана, отличную от теоретически принятого круглого отверстия.

Уравнение (4) с учетом ранее полученных результатов исследований автора [4-6] позволяет с достаточной для практического применения точностью определять и анализировать практически все конструктивно-технологические параметры вакуумной камеры. При этом в зависимости от цели и точности расчетов следует предварительно определиться с методом оценки количества водяных паров, образующихся в вакуумной камере в результате декомпрессионного взрыва воды в обрабатываемом сырье.

Например, количество водяного пара, которое необходимо удалить из вакуумной камеры экструдера, можно определить из уравнения баланса массы экструдата, находящегося в тракте машины (до выхода из фильеры), и массы экструдата после выхода из фильеры [6]:

$$G_w = G_t - G_f = V_t \cdot \rho_t - V_f \cdot \rho_f \quad (5)$$

где  $G_t$  и  $G_f$  – масса экструдата соответственно до выхода и после выхода из фильеры экструдера, кг;

$V_t$  и  $V_f$  – объем экструдата соответственно до выхода и после выхода из фильеры экструдера, м<sup>3</sup>;

$\rho_t$  и  $\rho_f$  – плотность экструдата до выхода и после выхода из фильеры экструдера, кг/м<sup>3</sup>.

С учетом того, что  $G_f = \varepsilon \cdot \Delta V_t$  [5], можно записать

$$\varepsilon = \frac{V_t \cdot \rho_t - V_w \cdot \rho_w}{\Delta V_t}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий влияние термовакуумного эффекта на приращение объема экструдата после выхода его из фильеры экструдера;

$\Delta V_t$  – приращение объема экструдата после выхода его из фильеры экструдера, м<sup>3</sup>.

Тогда количество водяных паров, которое необходимо удалить из вакуумной камеры экспериментального экструдера, определяется следующей формулой

$$G_w = G_t - \varepsilon \cdot \Delta V_t. \quad (7)$$

Другим возможным вариантом практического применения полученных в работе результатов может быть определение экспериментальными методами численных значений входящих в формулу (4) параметров для каждого частного случая предлагаемой конструктивно-технологической схемы экструдера.

**Заключение.** Полученные теоретические зависимости позволяют получить материальный баланс воздуха в вакуумной камере модернизированного экструдера и определить влияние его отдельных составляющих на основные конструктивно-технологические параметры системы, обеспечивающей термовакuumный эффект процесса экструдирования.

#### Библиографический список

1. Курочкин, А. А. Инновации в экструзии / А. А. Курочкин, П. К. Гарькина, А. А. Блинохватов [и др.]. – Пенза : РИО ПГАУ, 2018. – 247 с.
2. Курочкин, А. А. Системный подход к разработке экструдера для термовакuumной обработки экструдата / А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). – С. 17-22.
3. Курочкин, А. А. Теоретическое обоснование термовакuumного эффекта в рабочем процессе модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3. – С. 15-20.
4. Курочкин, А. А. Определение основных параметров вакуумной камеры модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2015. – № 4 (32). – С. 172-177.
5. Курочкин, А. А. Определение объемного расхода сырья в экструдере с термовакuumным эффектом / А. А. Курочкин // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 1. – С. 3-7.
6. Курочкин, А. А. Влияние объемного расхода сырья на подачу вакуумного насоса модернизированного экструдера / А. А. Курочкин, С. В. Чекайкин // Инновационная техника и технология. – 2018. – № 3 (16). – С. 20-24.
7. Пат. 2561934 Российская Федерация, МПК А23Р1/12, В29С47/38. Экструдер с вакуумной камерой / Шабурова Г. В., Воронина П. К., Шабнов Р. В. [и др.]. – № 2014125348/13 ; заявл. 23.06.2014 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 25. – 7 с.

#### References

1. Kurochkin, A. A., Garkina, P. K., & Blinkers, A. A. et al. (2018). Innovatsii v ehkstruzii [Innovation in extrusion]. Penza: PC Penza SAU [in Russian].
2. Kurochkin, A. A. (2014). Sistemnyi podhod k razrabotke ehkstrudera dlia termovakuumnoi obrabotki ehkstrudata [A system approach to the development of an extruder for thermal vacuum processing of an extrudate]. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya – Innovative machinery and technology*, 4 (01), 17-22 [in Russian].
3. Kurochkin, A. A., Shaburova, G. V., Frolov, D. I., & Voronina, P. K. (2015). Teoreticheskoie obosnovaniie termovakuumnogo ehffekta v rabochem protsesse modernizirovannogo ehkstrudera [Theoretical substantiation of the thermal vacuum effect in the working process of a modernized extruder]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 15-20 [in Russian].
4. Kurochkin, A. A., Frolov, D. I., & Voronina, P. K. (2015). Opredeleniie osnovnykh parametrov vakuumnoi kamery modernizirovannogo ehkstrudera [Determination of the main parameters of the vacuum chamber of a modernized extruder]. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi seliskokhoziaistvennoi akademii – Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*, 4 (32), 172-177 [in Russian].
5. Kurochkin, A. A. (2018). Opredeleniie obiemnogo raskhoda syria v ehkstrudere s termovakuumnym ehffektom [Determination of volumetric consumption of raw materials in an extruder with a thermal vacuum effect]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 1, 3-7 [in Russian].
6. Kurochkin, A. A., & Chekaikin, S. V. (2018). Vliyaniiie obiemnogo raskhoda syria na podachu vakuumnogo naso-sa modernizirovannogo ehkstrudera [The influence of the volumetric consumption of raw materials on the supply of a vacuum pump of a modernized extruder]. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya – Innovative machinery and technology*, 3 (16), 20-24 [in Russian].
7. Shaburova, G. V., Voronina, P. K., & Shabnov, R. V. et al. (2015). Ehkstruder s vakuumnoi kameroy [Extruder with a vacuum chamber]. *Patent 2561934 Russian Federation, IPC A23P1/12, B29C47/38, №2014125348/13* [in Russian].

## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI 10.12737/article\_5cdb06c4d7612.18839924

УДК 636.2.082

### ПОКАЗАТЕЛИ МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОГО СТАТУСА НОВОРОЖДЕННЫХ ТЕЛЯТ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА КОРОВ-МАТЕРЕЙ

**Баймишев Хамидулла Балтуханович**, д-р биол. наук, профессор, зав. кафедрой «Анатомия, акушерство и хирургия», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Россия, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Baimischev\_HB@mail.ru

**Ускова Инна Вячеславовна**, соискатель кафедры «Анатомия, акушерство и хирургия», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Россия, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: nivazao@mail.ru

**Баймишев Мурат Хамидуллоевич**, канд. биол. наук, доцент кафедры «Анатомия, акушерство и хирургия», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Россия, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Baimichev\_M@mail.ru

**Ключевые слова:** жизнеспособность, критерий, рефлекс, кровь, статус, новорожденный.

*Цель исследований – повышение морфофункционального статуса новорожденных телят. Работа проводилась в АО «Нива» Ставропольского района Самарской области. Из числа нетелей голштинизированной черно-пестрой породы была сформирована группа животных в количестве 40 голов. У новорожденных телят, полученных от животных данной группы после первого, второго и третьего отела, определяли морфофункциональные показатели по следующим критериям: состояние кожного покрова; время реализации позы стояния; количество резцовых зубов; время проявления сосательного рефлекса; количество лейкоцитов и эритроцитов; расстояние от кончика хвоста до пяточного бугра; длина последнего ребра до фронтальной линии плечевого сустава. Установлено, что возраст коров-матерей (отел) влияет на показатели жизнеспособности телят после рождения. Телята, полученные от коров после второго отела, по показателям кожного покрова, проявлению рефлекса сосания, позы стояния, живой массе и крови уступали телятам, полученным от коров после первого и третьего отела. Количество резцовых зубов у телят, полученных от коров после третьего отела, на 0,55 и 1,20 штук больше, чем у телят, полученных от первотелок и от коров после второго отела. Расстояние между последним ребром и фронтальной линией плечевого сустава у телят, полученных от коров после третьего отела, на 2,03 и 0,71 см, соответственно, меньше, чем у их сверстников, полученных от коров после второго и первого отела. Расстояние между кончиком хвоста и вершиной пяточного бугра у телят, полученных от коров после второго отела, на 1,26 см больше, чем у телят, полученных от первотелок, и на 2,02 см больше, чем у телят, полученных от коров после второго отела. Установлено, что телята, полученные от коров после второго отела, менее жизнеспособны из-за жесткой эксплуатации их матерей, выразившейся в удлинённой лактации и слабой адаптированности к условиям интенсивной технологии производства молока.*

## INDICATORS OF MORPHOFUNCTIONAL STATUS OF NEWBORN CALVES DEPENDING ON COW-MOTHERS AGE

**H. B. Baymishev**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the department «Anatomy, obstetrics and surgery», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnay street, 2.

E-mail: Baimischev\_HB@mail.ru

**I. V. Uskova**, Applicant of the department «Anatomy, Obstetrics and Surgery», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnay street, 2.

E-mail: nivazao@mail.ru

**M. H. Baimishev**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the department «Anatomy, obstetrics and surgery», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnay street, 2.

E-mail: Baimichev\_M@mail.ru

**Key words:** vitality, criterion, reflex, blood, status, newborn.

The research aims to increase the morphofunctional status of newborn calves. The work was carried out in JSC «Niva» Stavropol region of the Samara region. From the number of Holstein heifers black-and-white breed was formed a group of animals in the amount of 40 heads. In newborn calves by animals of this group after the first, second and third calving, morphological and functional parameters were determined according to the following criteria: the state of skin; the time of standing posture; number of incisive teeth; sucking reflex and number of leukocytes and erythrocytes; distance from the tip of the tail to the Tuber calcanei; the length of the last rib to the frontal line of the shoulder joint. It was established that the age of cows-mothers (calving) affects the viability of calves. Calves born by cows after the second calving were inferior to calves of cows after the first and third calving in terms of skin cover, sucking reflex, standing posture, live weight and blood. The number of incisive teeth of calves born by cows after the third calving is 0.55 and 1.20 more than calves possess from heifers and cows after the second calving. The distance between the last rib and the frontal line of the shoulder joint shown by calves after the third calving is 2.03 and 0.71 cm, respectively, less than their peers demonstrated born by cows after the second and first calving. The distance between the tail and Tuber of calves born by cows after the second calving was 1.26 cm is greater than calves born by heifers showed, and 2.02 cm greater than calves born by cows after the second calving had. It is established that calves born by cows after the second calving are less viable because of their mothers prolonged lactation had been prior to their birth, and poor adaptation to the conditions of milk intensive production technology.

Развитие организма происходит в онтогенезе по общебиологическим закономерностям, определенным в процессе филогенеза и закрепленным генетически. Доказано, что развивающийся организм на всех этапах онтогенеза, начиная с момента его образования в виде зиготы, является относительно зрелым, совершенным и дефинитивным в той мере, в какой особенности его жизнедеятельности адаптивно соответствуют тем специфическим условиям среды, с которыми он взаимодействует на данных этапах [1, 7].

Морфофункциональная зрелость организма на каждом этапе онтогенеза определяется, прежде всего, соответствием особенностей его жизнедеятельности календарному возрасту. На основании этой причинно-следственной связи организм в разные возрастные периоды следует рассматривать как незавершенный, по сравнению с последующими периодами, и особенно с организмом взрослых половозрелых особей данного вида животных, так как только в период половой зрелости наступает полная генетическая информативность для осуществления видовой миссии передачи генофонда в пространстве и во времени [2, 6]. Как правило, задержка роста и развития органов и структур в предыдущем периоде сказывается на морфофункциональном статусе в последующем. При этом животные рождаются со структурами, которые не свойственны их гестационному возрасту вследствие нарушения гистогенеза и органогенеза на определенном этапе [3, 5]. Однако в настоящее время по ряду многих причин, особенно в связи с научно-техническим прогрессом, отмечается нарушение пренатального развития, возникает ситуация, когда морфофункциональный статус организма не соответствует своему календарному возрасту, что оказывает влияние на интенсивность роста, развития и последующую продуктивность [4]. В связи с чем, изучение

морфофункционального статуса новорожденных телят для увеличения количественных и качественных показателей ремонтного молодняка в молочном скотоводстве актуально.

**Цель исследований** – повышение морфофункционального статуса новорожденных телят.

**Задача исследований** – изучить морфофункциональные показатели новорожденных телят в зависимости от возраста коров-матерей.

**Материал и методы исследований.** Материалом для исследований служили телята голштинизированной черно-пестрой породы АО «Нива» Самарской области. Была сформирована группа нетелей в количестве 40 голов. У телят (телок), полученных от данной группы животных после первого, второго и третьего отела, определяли морфофункциональные показатели. В период исследований рацион кормления коров-матерей был одинаковым, уровень молочной продуктивности после первого отела составлял 7980 кг, после второго отела – 8325 кг, сухостойный период имел продолжительность 60-62 дня.

Определение жизнеспособности телят при рождении проводили по следующим критериям: состояние кожного покрова; время реализации позы стояния; количество резцовых зубов; время проявления сосательного рефлекса; количество лейкоцитов в  $10^9/л$  (до приема молозива), эритроцитов в  $10^{12}/л$ ; расстояние от кончика хвоста до пяточного бугра (см); длина последнего ребра до фронтальной линии плечевого сустава (см). Оценка жизнеспособности телят по морфофункциональному статусу проводилась по методике Б. В. Криштофоровой.

При определении расстояния между кончиком хвоста (без волосяного покрова) и вершиной пяточного бугра скакательный сустав должен находиться в состоянии максимальной экстензии, что соответствует его обычному положению во время статики животного. Расстояние между последним ребром и фронтальной линией плечевого сустава определяли с помощью мерной ленты.

При определении состояния кожного покрова новорожденного обращали внимание на длину, густоту, блеск волосяного покрова, эластичность кожи. Проявление позы стояния и рефлекса сосания определяли методом хронометража в минутах. Количество и состояние резцовых зубов у новорожденных телят определяли визуально и методом пальпации. У новорожденных телят (у 5 голов из каждой группы) брали кровь из яремной вены для определения гематологических показателей. Живую массу новорожденных телят определяли путем взвешивания на весах НПВ модели ЕВ4-300 РА с точностью 0,1 кг.

Полученный цифровой материал экспериментальных данных обработан методом вариационной статистики на достоверность различия сравниваемых показателей с использованием критерия Стьюдента, принятым в биологии и зоотехнии, с применением программного комплекса Microsoft Excel 7. Степень достоверности обработанных данных отражена соответствующими обозначениями –  $P < 0,05^*$ ;  $P < 0,01^{**}$ ;  $P < 0,001^{***}$ .

**Результаты исследований.** Исследования жизнеспособности телят согласно тестовой системы показали, что возраст коров-матерей влияет на градиенты жизнеспособности телят. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

У телят, полученных от первотелок, волосяной покров был средней густоты, по времени реализации позы стояния они статистически достоверно уступали (на 2,60 минуты) телятам, полученным от коров после третьего отела, и превосходили показатели телят, полученных от коров после второго отела, на 1,33 минуты.

Сосательный рефлекс телят, полученных после третьего отела, проявлялся на 4,33 и 2,04 минуты, соответственно раньше, чем у сверстниц, полученных после второго и первого отелов, что указывает на повышение адаптационной способности и норму обмена веществ у коров к третьему отелу.

Количество резцовых зубов при рождении у телят, полученных от первотелок, на 0,65 штук больше, чем у телят, полученных от коров после второго отела, и на 0,55 штук меньше, чем у телят, полученных от коров после третьего отела, что свидетельствует о недоразвитости костной системы телят, полученных от коров после второго отела, у которых слизистая оболочка ротовой полости имеет красноватый оттенок, характерный для воспалительного процесса в начальной стадии.

Показатели критериев оценки жизнеспособности телят при рождении (n=20)

Показатель	Характеристика новорожденных телят в зависимости от отела		
	первый отел	второй отел	третий отел
Количество голов	20	15	10
Состояние кожного покрова	Волос короткий, средней густоты, жесткий, эластичность и подвижность кожи понижены	Волосистой покров длинный, густой, кожа эластичная, влажная	Волосистой покров длинный, густой, блестящий, кожа влажная, эластичная
Время реализации поз стояния, мин	24,80±0,35	26,13±0,27*	222,21±0,23*
Время проявления сосательного рефлекса, мин	25,16±0,47	27,45±0,32*	23,12±0,30*
Количество резцовых зубов, шт.	7,45±0,16	6,80±0,08	8,00±0,00
Расстояние между последним ребром и фронтальной линией плечевого сустава, см	5,43±0,38	6,75±0,40*	4,72±0,18*
Расстояние между кончиком хвоста и вершиной пяточного бугра, см	4,60±0,23	5,86±0,13**	3,84±0,10**
Количество лейкоцитов, 10 <sup>9</sup> /л	7,82±0,17	6,14±0,12**	7,23±0,17**
Количество эритроцитов, 10 <sup>12</sup> /л	6,54±0,13	4,45±0,17*	6,72±0,08*
Живая масса, кг	37,81±1,25	36,11±1,04	38,67±0,85

Расстояние между последним ребром и фронтальной линией плечевого сустава у телят, полученных от коров после третьего отела, составило 4,72 см, что на 2,03 и 0,71 см, соответственно меньше, чем у телят, полученных от коров после второго и первого отела. Расстояние между кончиком хвоста и вершиной пяточного бугра у телят, полученных от коров после второго отела, на 1,26 см больше, чем у телят, полученных от первотелок, и на 2,02 см больше, чем у телят, полученных от коров после третьего отела. По данным Б. В. Криштофоровой меньшее расстояние между последним ребром и фронтальной линией плечевого сустава указывает на повышенную жизнеспособность телят за счет нормы развития костной системы плода в эмбриональный период.

Количество лейкоцитов и эритроцитов в крови телят, полученных после третьего отела, достоверно больше, чем у телят, полученных после первого и второго отелов, что косвенно указывает на снижение резистентности и окислительно-восстановительных процессов в организме телят, полученных от коров после первого и второго отела. Снижение морфологических показателей крови у телят, полученных от первотелок, по-видимому, связано с реакцией организма на беременность, а снижение показателей крови у телят, полученных от коров после второго отела, указывает на незавершенность адаптации коров к условиям промышленной технологии.

Живая масса при рождении у телят, полученных от первотелок, составила 37,81 кг, что на 1,70 кг больше, чем у телят, полученных от коров после второго отела, и на 1,86 кг меньше, чем у телят, полученных после третьего отела. В группе телят, полученных от коров после второго отела, отмечен один случай мертворожденности и один теленок пал в течение двух дней после рождения, в группах телят, полученных после первого и третьего отела, падежа телят не было.

**Заклучение.** Проведенные исследования по критериям жизнеспособности телят в зависимости от возраста коров-матерей показали, что телята, полученные после второго отела, маложизнеспособны, что, видимо, является следствием их недоразвитости в эмбриональный период развития из-за жесткой эксплуатации их матерей, выразившейся удлинённой лактацией – 372 дня – и незавершённостью адаптации коров к условиям интенсивной технологии производства молока.

#### Библиографический список

1. Артемьева, С. С. Постнатальная адаптация телят : монография / С. С. Артемьева, М. И. Рецкий. – Saarbrücken, 2010. – 200 с.
2. Качурина, Т. В. К вопросу о биохимических компонентах крови новорожденных телят // О некоторых вопросах и проблемах современной медицины : материалы Международной научно-практической конференции. – Челябинск, 2015. – С. 42-44.

3. Криштофорова, Б. В. Проблемы и перспективы повышения жизнеспособности и продуктивности животных / Б. В. Криштофорова, В. В. Лемещенко, Г. В. Лукашик [и др.] // Творческое наследие Н. Я. Данилевского и его значение для научной мысли России и Крыма : материалы Международной научно-практической конференции. – Симферополь, 2016. – С. 225-230.
4. Петрянкин, Ф. П. Физиологическое состояние новорожденных в зависимости от антенатального развития / Ф. П. Петрянкин, О. Ю. Петрова, Г. П. Тихонова // Современные направления развития зоотехнической науки и ветеринарной медицины : мат. Международной науч.-практ. конференции. – Чебоксары, 2018. – С. 253-257.
5. Сивкин, Н. В. Некоторые вопросы технологии выращивания и сохранности телок / Н. В. Сивкин, Н. И. Стрекозов // Вестник Всероссийского НИИ механизации животноводства. – 2016. – №3(23). – С. 21-24.
6. Brickell, J. S. Effect of management factors and blood metabolites during the rearing period on growth in dairy heifers on UK farms / J. S. Brickell, M. M. Mc Gowan, D. C. Wathes // *Domestic Animal Endocrinology*. – 2009. – №36(2). – P. 67-81.
7. Sartori, R. Effects of dry matter or energy intake on embryo quality in cattle / R. Sartori, M. Guardieiro, R. Surjus // *Cattle Pract.* – 2013. – №21(Part 1). – P. 50-55.

#### References

1. Artemyeva, S. S., & Retzky, M. I. (2010). *Postnatalinaia adaptatsiia teliat [Postnatal adaptation of calves]*. – Saarbrucken [in Russian].
2. Kachurina, T. V. (2015). K voprosu o biohimicheskikh komponentakh krovi novorozhdennykh teliat [On the issue of biochemical blood components of newborn calves]. On some issues and problems of modern medicine '15: *materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. (pp. 42-44). Chelyabinsk [in Russian].
3. Krishtoforova, B. V., Lemeschenko, V. V., Lukashik, G. V., Saenko, N. V., & Sokolov, V. G. (2016). Problemy i perspektivy povysheniia zhiznesposobnosti i produktivnosti zhivotnykh [Problems and prospects of increasing the viability and productivity of animals]. Creative heritage of N. Ya. Danilevsky and its significance for the scientific cape of Russia and Crimea '16: *materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – Materials of the International Scientific and Practical Conference*. (pp. 225-230). Simferopol [in Russian].
4. Petryankin, F. P., Petrova, O. Yu., & Tikhonova, G. P. (2018). Fiziologicheskoe sostoyaniie novorozhdennykh v zavisimosti ot antenatalinogo razvitiia [The physiological state of newborns depending on antenna development]. Modern directions of development of zootechnical science and veterinary medicine '18: *materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – materials of the International Scientific practical conference*. (pp. 253-257). Cheboksary [in Russian].
5. Sivkin, N. V., & Strekozov, N. I. (2016). Nekotorye voprosy tekhnologii vyrashchivaniia i sohrannosti telok [Some issues of the technology of growing and preserving heifers]. *Vestnik Vserossiiskogo NII mekhanizatsii zhivotnovodstva – Journal of VNIIMZH*, 3 (23), 21-24 [in Russian].
6. Brickell, J. S., Mc Gowan, M. M., & Wathes, D. C. (2009). Effect of management factors and blood metabolites during the rearing period on growth in dairy heifers on UK farms. *Domestic Animal Endocrinology*, 36(2), 67-81.
7. Sartori, R., Guardieiro, M., & Surjus, R. (2013). Effects of dry matter or energy intake on embryo quality in cattle. *CattlePract*, 21(Part1), 50-55.

DOI 10.12737/article\_5cde37815507c1.77338365

УДК 636.053

## ПРОДУКТИВНЫЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА МОЛОДНЯКА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ГЕНОТИПОВ

**Бактыгалиева Асемгул Темирхановна**, канд. биол. наук, ст. преподаватель кафедры «Сельское хозяйство и экология», Актюбинский университет им. С. Баишева.

030000, г. Актобе, ул. Бр. Жубановых, 302 а.

E-mail: asemok10@mail.ru

**Джуламанов Киниспай Мурзагулович**, д-р с.-х. наук, зав. лабораторией селекции мясного скота, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: kinispai.d@yandex.ru

**Ухтверов Андрей Михайлович**, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Зоотехния», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: andrei\_uhtverov@mail.ru

**Герасимов Николай Павлович**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отдела разведения скота мясных пород, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук».

460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29.

E-mail: nick.gerasimov@rambler.ru

**Ключевые слова:** молодняк, герефорд, помесь, генотип, продуктивность.

*Цель исследований – повышение потенциала мясной продуктивности молодняк скота шагатайского заводского типа на основе гетерогенного подбора шагатайских коров с быками внутривидового типа уральского герефорда. Опыт проведен на племенной ферме «Сабит» Западно-Казакстанской области по схеме: 1 группа – бычки, 2 группа – кастраты, 3 группа – телки шагатайского заводского типа казахского белоголового скота и помеси от скрещивания шагатайских коров с быками уральского герефорда: 4 группа – бычки, 5 группа – кастраты, 6 группа – телки. Группы были сформированы по принципу аналогов по 12 животных. К 15-месячному возрасту бычки уральского герефорда достигли наибольшей массы тела и превосходили по этому селекционному признаку шагатайских сверстников по полу на 20,4 кг. У кастратов в 18-месячном возрасте эта разница в пользу молодняк 5 группы составила 23,0 кг. Гетерогенный подбор оказал положительное влияние на проявление телками важных продуктивных качеств. Молодняк 6 группы, полученный с участием быков-производителей уральского герефорда, имел превосходство по величине живой массы во все анализируемые периоды. Содержание лизоцима как зимой, так и летом больше было у животных – помесей уральского герефорда и скота шагатайского типа, преимущество зимой составляло 0,45-0,94 мкг/мл, летом – 0,06-1,97 мкг/мл. Заметно меньшая бактерицидная активность сыворотки крови и несколько повышенное количество лизоцима проявлялась у помесей от уральского герефорда в зимний период. Независимо от половой принадлежности наибольшим потреблением как протеина (на 8-41 г), так и энергии (на 0,48-2,54 МДж) на единицу прироста живой массы тела характеризовались потомки от родителей шагатайского типа казахской белоголовой породы. Помеси – потомки уральского герефорда – более рационально использовали сырой протеин корма на синтез пищевого белка тела.*

## **PRODUCTIVE AND BIOLOGICAL TRAITS OF YOUNGS DIFFERENT GENOTYPES OF KAZAKH WHITE-HEADED BREED**

**A. T. Baktygalieva**, Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department «Agriculture and ecology», Aktobe University After S. Baishev.

030000, Aktobe, Br. Zhubanovyh street, 302 a.

E-mail: asemok10@mail.ru

**K. M. Dzhuslanov**, Doctor of Agricultural Sciences, Head of Laboratory of Beef Cattle Breeding, Federal Research Center of Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences.

460000, Orenburg, 9 January street, 29.

E-mail: kinispai.d@yandex.ru

**A. M. Ukhtverov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department «Animal Husbandry», FSBEI HE Samara SAU.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: andrei\_uhtverov@mail.ru

**N. P. Gerasimov**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Beef Cattle Breeding, Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences».

460000, Orenburg, 9 January street, 29.

E-mail: nick.gerasimov@rambler.ru

**Key words:** young, hereford, crossbreed, genotype, productivity.

The research aim is increasing the potential of meat productivity of young Shagatay Zavod'ska type of livestock based on a heterogeneous selection of Shagatay cows with bulls – Ural type of hereford. The experience carried out on the breeding farm «Sabit» in West Kazakhstan region according to the scheme: group 1 – bull, group 2 – castrated males, group 3 – heifers of Shagatay breed of Kazakh white cattle and hybrids from crossing Shagatay cows with

bulls of Ural Hereford, group 4 – bulls, 5 group – castrated males, 6 group – heifers. Groups were formed on the principle of analogues of 12 animals. Bulls by the age of 15 months of the Ural hereford reached the highest body weight and surpassed shagatai peers taking into account this selection feature in regard to sex by 20.4 kg. In castrates at the age of 18 months, this difference was in favor of the youngsters of group 5 and was 23.0 kg. Heterogeneous selection had a positive impact on the important productive qualities by heifers. Youngsters of group 6, born due to servicing bulls of the Ural Hereford, dominated in weight in regard to all analyzed periods. The contents of lizo the meyerhold centre in both winter and summer was greater at animal – hybrids of the Ural hereford and Shagatay animals, winter amount was 0,45-0,94 µg/ml in the summer – from 0.06 to 1.97 µg/ml. Significantly lower bactericidal activity of blood serum and slightly increased amount of lysozyme was shown by hybrids from the Ural hereford in the winter. Regardless of gender, the greatest consumption of both protein (8-41 g) and energy (0.48-2.54 MJ) per unit of body weight gained was characterized by descendants from parents of the Shagatai type of Kazakh white-headed breed. Hybrids the offspring of the Ural hereford – used crude protein in feeding more often for the synthesis of dietary protein.

Успешное решение задачи повышения производства говядины во многом связано с рациональным использованием хозяйственно-биологических особенностей разводимых пород. Особое внимание должно уделяться племенным ресурсам казахской белоголовой и герефордской пород и их взаимодействию в формировании новых популяций животных, соответствующих требованиям интенсификации выращивания при откорме и улучшения продуктивности создаваемых стад [1-4]. В связи с этим комплексное изучение особенностей роста, развития и мясной продуктивности молодняка разных генотипов при различных технологических условиях выращивания является актуальным и имеет большое народнохозяйственное значение [5-7].

**Цель исследований** – повышение потенциала мясной продуктивности молодняка скота шагатайского заводского типа на основе гетерогенного подбора шагатайских коров с быками внутривидного типа уральского герефорда.

**Задачи исследований** – изучить рост, развитие бычков, кастратов, телок разных генотипов в зависимости от условий выращивания; исследовать факторы естественной резистентности и выявить особенности формирования качества мяса с учетом эффективности конверсии питательных веществ корма в питательные вещества съедобной части туши.

**Материалы и методы исследований.** На племенной ферме «Сабит» Западно-Казахстанской области проведен научно-хозяйственный опыт по сравнительному изучению продуктивно-биологических качеств животных шагатайского заводского типа казахского белоголового скота (1 группа – бычки, 2 группа – кастраты, 3 группа – телки) и его помесей от скрещивания шагатайских коров с быками уральского герефорда (4 группа – бычки, 5 группа – кастраты, 6 группа – телки). Подопытные группы были сформированы по принципу аналогов по 12 животных в каждой.

Основные этапы выполнения эксперимента полностью соответствовали биотехнологическим возрастным периодам выращивания животных по распространенной традиционной технологии, принятой в мясном скотоводстве. Молодняк от рождения до 7-месячного возраста выращивался подсосным методом под коровами-матерями по технологии, принятой в специализированном мясном скотоводстве. После отъема, в возрасте 7 мес., бычки и кастраты всех групп были переведены для дорастивания на откормочную площадку, где содержались до 12-месячного возраста при аналогичных условиях кормления. В дальнейшем, до конца опыта, животных 1 и 4 групп содержали здесь же. В это время кастраты, аналоги по происхождению бычкам (2 и 5 группы), нагуливались на естественных пастбищах, а последние 3 месяца (с 15 мес.) перед реализацией на мясо откармливались на откормочной площадке.

Телки обеих генетических групп содержались согласно технологиям мясного скотоводства. В зимний стойловый период (7-12 мес.) – свободно-выгульно в помещении облегченного типа с кормлением и поением на выгульном дворе. Позднее, летом (до 18-месячного возраста), телки всех групп выпасались на естественных пастбищах в одном гурту.

Изучение мясной продуктивности проводили по результатам контрольных убоев бычков и кастратов (по 3 гол. из группы) в 15- и 18-месячном возрасте, проведенных в условиях мясокомбината «Актеп» Алгинского района Актюбинской области в соответствии с методикой ВАСХНИЛ, ВИЖ,

ВНИИМП (1977). Биоконверсию белка и энергии корма в питательные вещества мясной продукции рассчитывали по методике ВАСХНИЛ (1983).

**Результаты исследований.** Более высокая живая масса помесного молодняка от быков-производителей уральского герефорда сохранялась с возрастом, это преимущество независимо от половозрастной принадлежности увеличивалось (табл. 1).

Таблица 1

Изменения весового роста молодняка ( $X \pm Sx$ )

Возрастной период, мес.	Генотип					
	шагатайский тип			уральский герефорд × шагатайский тип		
	Группа					
	1	2	3	4	5	6
<b>Живая масса, кг</b>						
При рождении	25,8±0,50	26,4±0,63	24,8±0,44	28,8±0,96*	29,0±1,00*	26,3±0,71
3	102,3±2,66	101,5±2,88	98,4±2,03	103,0±3,29	103,3±3,22	98,8±2,42
7	191,8±4,14	185,9±3,20	180,4±3,23	193,5±5,27	186,3±3,64	180,2±3,26
12	318,5±5,38	306,0±4,78	292,9±4,98	328,6±6,20	312,5±5,43	312,3±7,20*
15	417,4±5,75	384,5±4,86	339,5±5,04	437,8±6,90*	391,8±5,64	361,9±7,26*
18	482,8±6,85	446,6±5,18	381,5±5,53	510,6±9,16*	473,6±5,96**	401,7±7,22*
<b>Среднесуточный прирост, г</b>						
Новорожденные – 7-месячные	810±18,1	778±13,5	734±15,3	803±22,2	767±14,9	726±14,2
7-12	792±14,0	751±8,6	703±21,7	845±14,4*	789±15,9*	826±29,6**
12-15	1087±21,4	862±11,3	512±30,1	1200±24,1**	871±37,4	545±29,8
15-18	719±27,3	682±40,2	462±34,4	800±23,6	899±56,3	437±35,8
Новорожденные – 18-месячные	835±11,7	768±8,6	652±10,1	881±15,2*	813±9,5**	686±12,8*

Примечание. Разница между аналогами по полу: \* –  $P > 0,95$ , \*\* –  $P > 0,99$ .

К 15-месячному возрасту более высокой живой массой характеризовались бычки обеих эколого-генетических групп. Превосходство их по изучаемому показателю над своими аналогами по происхождению составило 32,9-50,0 кг или 8,5-12,9% ( $P > 0,999$ ). Вероятно, правильно выбранная схема кормления бычков и благоприятные условия содержания после стойлового зимнего периода способствовали проявлению лучшего весового роста, нежели технология пастбищного выращивания кастратов. В это же время бычки уральского герефорда достигли наибольшей массы тела и превосходили по этому селекционному признаку шагатайских сверстников по полу на 20,4 кг (4,9%;  $P > 0,95$ ).

В то же время между кастратами разных генотипов по живой массе существенных различий не установлено. Тем не менее, вполне вероятно, что на величину этого селекционного признака могли оказать влияние породные особенности. Известно, что высококровный казахский белоголовый скот более пластичен и приспособлен к пастбищным условиям сухостепной зоны Казахстана, чем герефордский. Помеси уральский герефорд × шагатайский тип во все летние дни пастбищного содержания чувствовали себя относительно комфортно.

В дальнейшем отмечено доминирующее влияние генотипа. При этом вследствие более низкого биоресурсного потенциала бычки-кастраты скота шагатайского типа уступали сверстникам от быков-производителей уральского герефорда по живой массе при заключительном откорме после нагула.

Так в 18-месячном возрасте эта разница по величине изучаемого показателя в пользу молодняка 5 группы составила 23,0 кг (5,1%;  $P > 0,95$ ). Величина живой массы, как известно, не отражает особенности роста и развития, она дает только представление об изменении на определенную дату. Показателем, более полно отражающим прижизненный уровень мясной продуктивности животного, является среднесуточный прирост живой массы.

В целом за подсосный период (от рождения до отъёма) заметных различий по энергии роста между животными разных генотипов не установлено. После годовалого возраста интенсивность роста бычков обеих генотипов весьма существенно повысилась. Благоприятные условия содержания

на откормочной площадке и кормление более энергонасыщенными кормами способствовали проявлению высокой энергии роста, нежели пастбищное выращивание бычков-кастратов.

Заметно высокий среднесуточный прирост живой массы в период 12-15 мес. показали помесные бычки. Так, их превосходство по величине изучаемого селекционного признака над однополыми сверстниками скота заводского шагатайского типа составило 113 г (10,4%;  $P>0,99$ ). В то же время среди кастратов разного происхождения проявления различий по интенсивности роста были несущественными. Наметившаяся тенденция была обусловлена лучшей приспособленностью чистопородных животных скота шагатайского типа к местным кормовым условиям при пастбищном содержании. По сравнению с кастратами – помесами от быков уральского герефорда – они не так болезненно реагировали на снижение общего уровня кормообеспеченности в летний период.

Поскольку большая вариабельность среднесуточного прироста в этот период установлена у герефорд-шагатайских кастратов, необходимо улучшить их кормление, что представляет собой базу для повышения продуктивности мясного стада и значительного увеличения производства говядины.

Существенное уменьшение энергии роста в последний заключительный период откорма, несмотря на высокий уровень и полноценность кормления, надо полагать, обусловлено значительной интенсификацией процесса жиорообразования в организме животных скота шагатайского типа. Достаточно отметить, что преимущество помесей по среднесуточному приросту в группе бычков составило 81 г (113%;  $P>0,95$ ), а среди кастратов – 217 г (31,8%;  $P>0,99$ ).

Заслуживает внимания тот факт, что гетерогенный подбор оказал положительное влияние на проявление телками важных продуктивных качеств. Молодняк 6 группы, полученный с участием быков-производителей уральского герефорда, имел превосходства по величине живой массы во все анализируемые периоды.

В совершенствовании существующих и создании новых типов скота, хорошо приспособленных к условиям окружающей среды, важное значение имеет изучение естественной резистентности и устойчивости животных к неблагоприятным факторам внешней среды.

Содержание бета-лизинов в крови в зимний период по сравнению с летним было больше у всех изучаемых генотипов (табл. 2). Заметных различий между группами в этот сезон года не установлено. Несколько высокая активность бета-лизинов у животных породного сочетания шагатайский тип×уральский герефорд, по всей вероятности, свидетельствует о снижении защитных сил организма у животных данного генотипа.

Таблица 2

Показатели естественной резистентности ( $\bar{X}\pm S_x$ )

Показатель	Группа					
	1	2	3	4	5	6
Зима, 10 мес.						
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	76,00±0,97	75,60±0,95	69,70±1,72	75,20±0,60	72,80±0,95	68,20±0,67
Лизоцим, мкг/мл	12,64±0,28	12,99±0,38	12,67±0,17	13,09±0,59	13,93±0,44	13,13±0,19
Бета-лизины, %	15,04±0,34	15,18±0,59	13,97±0,53	15,94±0,48	15,54±0,28	16,37±0,48*
Лето, 15 мес.						
Бактерицидная активность сыворотки крови, %	85,50±1,12	83,96±1,06	67,00±0,96	85,11±1,18	80,45±0,96	66,26±0,85
Лизоцим, мкг/мл	4,71±0,12	5,86±0,54	4,50±0,12	5,40±0,33	7,83±0,43*	4,56±0,08
Бета-лизины, %	13,91±0,36	13,48±0,20	11,83±0,37	13,63±0,44	13,74±0,40	11,66±1,03

Примечание: разница между аналогами по полу: \* –  $P>0,95$ , \*\* –  $P>0,99$ .

В летний период в условиях откормочной площадки между бычками обоих генотипов определенных тенденций в титре комплемента в породном аспекте не установлено. Среди кастратов – аналогов по происхождению бычкам – при пастбищном выращивании высокая бета-лизиновая активность наблюдалась у помесей от быков-производителей уральского герефорда. У подопытных бычков, кастратов и телок в более общем плане при высокой бактерицидной активности сыворотки крови, наблюдали пониженную лизоцимную активность.

Бактерицидная активность сыворотки крови зимой в возрасте 10 мес. у бычков, кастратов и телок всех генотипов при одинаковых условиях содержания и кормления характеризовалась

относительным постоянством, а имеющиеся межпородные различия по изучаемому признаку оказались недостоверными. Вместе с тем заметно меньшая бактерицидная активность сыворотки крови проявлялась у помесей от уральского герефорда в зимний период, также у них было несколько повышено количество лизоцима.

Содержание лизоцима как зимой, так и летом больше было у животных – помесей уральского герефорда и скота шагатайского типа. Вместе с тем, летом в условиях откормочной площадки различия по этому показателю между сравниваемыми бычками разных генотипов были минимальными. Среди кастратов и телок шагатайского скота по материнской линии и его сверстников от быков-производителей уральского герефорда в условиях пастбищного содержания более заметное преимущество лизоцима было на стороне помесей. Так к 15-месячному возрасту межгрупповое различие по кастратам составило 1,97 мкг/мл и имело низкую степень достоверности ( $P > 0,95$ ), по телкам – 0,06 мкг/мл ( $P < 0,95$ ).

Различия в интенсивности весового роста и приспособленности к условиям выращивания оказали заметное влияние как на уровень мясной продуктивности, так и на её качественные показатели. Мясные качества подопытных животных в большой мере характеризовались морфологическим составом туш. Установлены некоторые особенности содержания мышечной ткани в организме бычков и кастратов, а также их зависимость от генотипа.

Лучшее использование питательных веществ и энергии рациона при полноценном кормлении, а также доминирующее влияние генотипа уральского герефорда обусловили бычкам-помесям к 15-месячному возрасту превосходство по абсолютному количеству мышечной ткани над сверстниками по материнской основе на 4,4 кг (5,0%;  $P > 0,95$ ). Различие по убойному показателю между группами кастратов при пастбищном выращивании было минимальным и недостоверным.

Представляет большой интерес интенсивность наращивания мышечной ткани с возрастом животных. Установлено, что у особей 1 группы в период с 15 до 18 месяцев её количество возросло на 14,9 кг (19,0%), соответственно у особей 2 группы – на 16,2 кг (22,9%), 4 группы – 16,9 кг (20,4%) и у особей 5 группы – на 18,5 кг (25,6%). Следовательно, наибольший изучаемый показатель как среди бычков, так и между кастратами оказался у помесных животных как в абсолютных, так и относительных величинах.

Сопоставляя полученные данные разных генотипов при убое в том и другом возрасте, следует отметить заметно большее содержание мускульной ткани в тушах помесей от быков-производителей уральского герефорда и коров заводского шагатайского типа казахского белоголового скота. К завершению откорма в возрасте 18 месяцев бычки 4 группы дали мышечной ткани на 6,4 кг (6,9%;  $P > 0,95$ ) больше, чем сверстники 1 группы. Подобное сравнение среди кастратов составило 3,9 кг (4,5%). Причём разница в показателях мышечной ткани становится статистически достоверной. Интенсивность жиронакопления у шагатайских бычков имела существенно высокий, чем у сверстников от уральского герефорда, темп, особенно на начальных стадиях выращивания на откормочной площадке. Так, уже к 15-месячному возрасту их туша набрала значительное количество жировой ткани, больше на 1,3 кг (14,9%;  $P > 0,95$ ), чем у помесей. Схожая картина наблюдалась и среди кастратов – аналогов бычкам по происхождению, что обусловлено породными биологическими особенностями, но эти различия в условиях пастбищного содержания были менее выражены. С возрастом, в последний заключительный период выращивания, скорость роста жировой ткани у молодняка всех групп, независимо от породности, увеличивается.

Важно отметить, что сравнительно с показателями предыдущего убоя, к 18-месячному возрасту масса жира-сырца полутуши у животных 1 группы увеличилась на 4,3 кг (143,0%), 2 – на 8,4 (202,4%), 4 – на 5,5 (163,2%) и 5 – на 8,6 кг (213,2%). Наибольшие величины жиронакопления у кастратов обоих генотипов в заключительный период выращивания на откормочной площадке, по всей вероятности, обусловлены благоприятным влиянием высокого уровня и полноценного кормления на компенсаторный рост отставших по развитию жировой ткани туши в предыдущий период выращивания молодняка при пастбищном содержании.

Характерно, что интенсивность процесса депонирования жира-сырца в полутушах с возрастом, особенно в конце заключительного откорма, была заметно выше, чем накопление мышечной ткани у подопытного молодняка всех групп. С возрастом у животных разных генотипов

и физиологического состояния наблюдалось увеличение абсолютной массы костей и уменьшение их относительного выхода.

Анализ оценки качества мяса по соотношению съедобных и несъедобных частей полутуши свидетельствует, что у молодняка всех наблюдаемых групп с возрастом происходило улучшение. Характерно, что существенных различий по изучаемому технологическому показателю качества туши как в 15, так в 18 месяцев между животными различных генотипов и физиологического состояния не выявлено.

Наиболее желательные параметры индекса мясности в конце заключительного откорма принадлежит кастратам обеих генетических групп. Причем у скота шагатайского заводского типа они проявлялись уже в предыдущем периоде.

Проблема белкового и энергетического питания человека остается во всем мире одной из самых актуальных. Поэтому задача увеличения производства продуктов питания является первоочередной. Комплексная оценка качественных показателей мясной продуктивности и анализ свидетельствуют о межгрупповых различиях в накоплении основных питательных веществ в изучаемые возрастные периоды (табл. 3).

Таблица 3

Качественные показатели мясной продуктивности

Показатель	Возраст, мес.							
	15				18			
	группа							
	1	2	4	5	1	2	4	5
Потреблено сырого протеина на 1 кг прироста живой массы, г	889	912	859	904	983	1042	949	1001
Потреблено энергии корма на 1 кг прироста живой массы, МДж	60,93	59,27	58,98	558,79	69,63	71,26	67,38	68,72
Содержалось в мякоти туши:								
белка, кг	33,30	29,07	34,70	29,55	37,83	35,40	40,63	36,75
жира, кг	19,32	14,83	16,42	14,12	33,10	33,44	26,89	28,99
Выход на 1 кг предубойной живой массы:								
белка, г	80,83	77,25	80,94	77,70	79,48	76,96	80,46	77,09
жира, г	46,89	39,41	38,30	37,13	69,49	72,70	53,25	60,81
энергии, МДж	3,76	3,38	3,42	3,30	4,62	4,68	4,00	4,22
Коэффициент биоконверсии:								
протеина корма в пищевой белок мякоти туши, %	9,09	8,47	9,42	8,53	8,09	7,39	8,48	8,10
энергии корма в энергию мякоти туши, %	5,34	5,70	5,24	5,61	5,56	6,26	5,37	6,04

С ростом и развитием как у бычков, так и у кастратов разных генетических групп увеличивались затраты питательных веществ корма на основной обмен, что приводило к повышению расхода протеина и энергии на 1 кг прироста живой массы. Так, у бычков скота заводского шагатайского типа потребление сырого протеина корма на единицу живой массы в период с 15 до 18 мес. увеличилось на 94 г (10,6%), у кастратов этого же происхождения – на 130 г (14,2%). Среди помесных животных генетического сочетания уральский герефорд×шагатайский скот эта разница составляла 90 г (10,5%) и 97 г (10,7%) соответственно. При этом, независимо от принадлежности по полу наибольшим потреблением как протеина, так и энергии на единицу прироста живой массы тела характеризовались потомки от родителей шагатайского типа казахской белоголовой породы. В то же время помеси – потомки уральского герефорда – более рационально использовали сырой протеин корма на синтез пищевого белка тела.

Бычки шагатайского скота казахской белоголовой породы потребляли на 1 кг прироста живой массы сырого протеина больше, чем помеси-аналоги в 15-месячном возрасте на 30 г (3,5%), в 18 мес. – на 34 г (3,6%). По группе кастратов подобная разница равнялась 8 г (0,9 %) и 41 г (4,1 %), соответственно. Что касается выхода белка на 1 кг предубойной живой массы, то прослеживается превосходство полукровного молодняка над чистопородными сверстниками. Это является наиболее ценным селекционным качеством удачного сочетания племенного подбора

внутрипородных типов уральский герефорд и шагатайский скот, которое необходимо использовать для наращивания производства пищевого белка с оптимальным содержанием жира.

**Заключение.** Рациональное использование генотипических факторов, а также их взаимодействие дают реальную возможность совершенствовать продуктивные качества животных скота шагатайского типа применением разнородного подбора с использованием высокорослых быков-производителей внутрипородного типа уральский герефорд. Целесообразно объединять наследственность казахской белоголовой и герефордской пород для создания конкурентоспособных высокоинтенсивных стад мясного скота в сухостепной зоне Республики Казахстан.

#### Библиографический список

1. Мирошников, С. А. Отечественное мясное скотоводство: проблемы и решения // Вестник мясного скотоводства. – 2011. – Т. 3, № 64. – С. 7-12.
2. Харламов, А. В. Эффективность производства высококачественной, экологически чистой говядины / А. В. Харламов, В. А. Харламов, О. А. Завьялов, В. В. Ильин // Вестник мясного скотоводства. – 2013. – № 3 (81). – С. 60-65.
3. Бельков, Г. И. Повышение генетического потенциала продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам крупного рогатого скота в условиях Южного Урала / Г. И. Бельков, В. А. Панин // Вестник мясного скотоводства. – 2015. – № 2 (90). – С. 134-142.
4. Мироненко, С. Качество мяса молодняка казахской белоголовой породы и ее помесей / С. Мироненко, В. Крылов, С. Жаймышева [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 5. – С. 13-18.
5. Хакимов, И. Н. Совершенствование продуктивных и племенных качеств коров герефордской породы в Самарской области / И. Н. Хакимов, Р. М. Мударисов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (29). – С. 56-59.
6. Матару, Х. С. Рост и развитие молодняка мандолонгской породы крупного рогатого скота / Х. С. Матару, С. В. Карамаяев // Известия Самарской ГСХА. – 2015. – № 1. – С. 78-81.
7. Хакимов, И. Н. Живая масса и абсолютные приросты молодняка герефордской породы разных генотипов / И. Н. Хакимов, А. А. Живалбаева // Известия Самарской ГСХА. – 2017. – № 1. – С. 72-77.

#### References

1. Miroshnikov, S. A. (2011). Otechestvennoe miasnoie skotovodstvo: problemy i resheniia [Domestic beef cattle: problems and solutions]. *Vestnik miasnogo skotovodstva – The Herald of Beef Cattle Breeding*, Vol. 3, 64, 7-12 [in Russian].
2. Kharlamov, A. V., Kharlamov, V. A., Zav'yalov, O. A., Il'in, V. V. (2013). Ehfektivnost proizvodstva vysokokachestvennoi, ehkologicheski chistoi goviadiny [Efficiency of high-quality, ecologically pure beef production]. *Vestnik miasnogo skotovodstva – The Herald of Beef Cattle Breeding*, 3(81), 60-65 [in Russian].
3. Belkov, G. I., Panin, V. A. (2015). Povysheniie geneticheskogo potentsiala produktivnosti i ustoichivosti k bioticheskim i abioticheskim faktoram krupnogo rogatogo skota v usloviiakh Yuzhnogo Urala [Improving genetic potential of productivity and resistance to biotic and abiotic factors of cattle in conditions of the Southern Urals]. *Vestnik miasnogo skotovodstva – The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2(90), 134-142 [in Russian].
4. Mironenko, S., Krylov, V., Zhaimysheva, S., Nikonova, E., Kosilov, V. (2010). Kachestvo miasa molodniaka kazahskoi belogolovoi porody i yeie pomesei [Food and biological beef value of Kazakh white-head saplings and their crosses with Blonde d'Aquitaine breed]. *Molochnoe i miasnoe skotovodstvo – Dairy and Beef Cattle Farming*, 5, 13-18 [in Russian].
5. Khakimov, I. N., Mudarisov, R. M. (2014). Sovershenstvovaniie produktivnykh i plemennykh kachestv korov gerefordskoi porody v Samarskoi oblasti [Improvement of productive and pedigree qualities of the hereford species of cows in Samara region]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta – Vestnik Bashkir State Agrarian University*, 1 (29), 56-59 [in Russian].
6. Mataru, H. S., Karamayev, S. V. (2015). Rost i razvitie molodniaka mandolongskoi porody krupnogo rogatogo skota [Growth and development of Mandolong breed young cattle]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 1, 78-81 [in Russian].
7. Khakimov, I. N., Zhivalbaeva, A. A. (2017). Zhivaia massa i absoliotnyie prirosty molodniaka gerefordskoi porody raznykh genotipov [Live weight and absolute growth of Hereford breed calves of different genotypes]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 1, 72-77 [in Russian].

## Содержание

### СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Марковская Г. К., Чугунова О. А. Влияние способа основной обработки на микробиоту почвы и урожайность ячменя в условиях Среднего Поволжья.....	3
Бесалиев И. Н. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»), Панфилов А. Л. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук») Созревание зерна яровой твёрдой пшеницы в связи с погодными факторами и приёмами агротехники в Оренбургском Приуралье.....	8
Мушинский А. А. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»), Аминова Е. В. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»), Саудабаева А. Ж. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук») Основные результаты изучения сортов картофеля столового назначения в Оренбуржье.....	15
Бесалиев И. Н. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»), Панфилов А. Л. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук») Продуктивная влага в связи с приёмами агротехники и урожайность яровой твёрдой пшеницы в Оренбургском Приуралье.....	21
Марковская Г. К., Гусева С. А. Влияние одновидовых и смешанных посевов многолетних трав на ферментативную активность почвы в условиях лесостепи Среднего Поволжья.....	27
Володина И. А. (ФГБНУ «Поволжский НИИСС им. П. Н. Константинова») Результаты изучения продуктивности образцов люцерны изменчивой ( <i>Medicago varia</i> Martyn) в условиях Среднего Поволжья.....	34
Федотова Л. С. (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха»), Аканова Н. И. (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова»), Косодуров К. С. (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова») Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистой почве в севообороте с картофелем.....	41

### ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Володько О. С., Быченин А. П., Черников О. Н. Определение рационального способа подогрева смесевых минерально-растительных топлив для автотракторных дизелей.....	50
Уханова Ю. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Перова Н. А. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ), Уханов А. П. (ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ) Ультразвук: эффективность применения и технические средства.....	57
Иншаков А. П. (ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»), Байков Д. В. (ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»), Курбаков И. И. (ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»), Гольшев М. Е. (ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва») Экспериментальное определение характеристик обкаточно-тормозного стенда для двигателей малогабаритной сельскохозяйственной техники в скоростных режимах холодной обкатки.....	63
Садов А. А. (ФГБОУ ВО Уральский ГАУ), Денежко Л. В. (ФГБОУ ВО Уральский ГАУ), Новопашин Л. А. (ФГБОУ ВО Уральский ГАУ) Теоретическое исследование показателей работы тракторного дизеля при применении дизельного смесевого топлива на основе рицинового масла.....	71
Кравцов А. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ), Коновалов В. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ), Зайцев В. Ю. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ), Донцова М. В. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ) Моделирование скоростного режима движения аэропродуктового потока с параллельно-последовательными участками.....	75
Курочкин А. А. (ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ) Совершенствование рабочего процесса экструдера с термовакuumным эффектом.....	84

### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

Баймишев Х. Б., Ускова И. В., Баймишев М. Х. Показатели морфофункционального статуса новорожденных телят в зависимости от возраста коров-матерей.....	90
Бактыгалиева А. Т. (Актюбинский университет им. С. Баишева), Джуламанов К. М. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»), Ухтверов А. М. (ФГБОУ ВО Самарский ГАУ), Герасимов Н. П. (ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук») Продуктивные и биологические качества молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов.....	94

## Contents

### AGRICULTURE

<i>Markovskaya G. K., Chugunova O. A.</i> Influence of main soil treatment on microbiota and barley productivity in the conditions of Central Volga area.....	3
<i>Besaliev I. N. (FSBI «Federal scientific center of biological systems and agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»), Panfilov A. L. (FSBI «Federal scientific center of biological systems and agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»)</i> Effects of weather and agricultural techniques on ripening of spring durum wheat in the Orenburg Priuraliye.....	8
<i>Mushinsky A. A. (Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences»), Aminova E. V. (Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences»), Saudabayeva A. Zh. (Federal state budgetary scientific institution «Federal scientific center for biological systems and agrotechnologies the Russian Academy of Sciences»)</i> Main results study of table potato varieties grown in Orenburg region.....	15
<i>Besaliev I. N. (FSBI «Federal scientific center of biological systems and agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»), Panfilov A. L. (FSBI «Federal scientific center of biological systems and agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»)</i> Productive moisture in connection with the agronomic practices and yield of spring durum wheat in the Orenburg Priuralye.....	21
<i>Markovskaya G. K., Guseva S. A.</i> Influence of single and mixed crops of permanent grass on soil enzymic activity in the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region.....	27
<i>Volodina I. A. (FSBSI «Volga scientific research institute breeding and seed production named after P. N. Konstantinov»)</i> The results of productivity study of different samples of alfalfa changeable ( <i>Medicago varia</i> Martyn) in the conditions of the Middle Volga region.....	34
<i>Fedotova L. S. (Federal state budgetary scientific institution «All-Russian Scientific Research Institute for potato farms name of A. G. Lorkh»), Akanova N. I. (Federal state budgetary scientific institution «All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry name of D. N. Pryanishnikov»), Kosodurov K. S. (Federal state budgetary scientific institution «All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry name of D. N. Pryanishnikov»)</i> Efficiency of phosphogypsum application on sod-podzolic soil in crop rotation with potatoes.....	41

### TECHNOLOGY, MEANS OF MECHANIZATION AND POWER EQUIPMENT IN AGRICULTURE

<i>Volod'ko O. S., Bychenin A. P., Chernikov O. N.</i> Determination of rational method of heating of mixed mineral and vegetable fuels for automotive diesel engines.....	50
<i>Ukhanova Yu. V. (FSBEI HE Penza SAU), Perova N. A. (FSBEI HE Penza SAU), Ukhanov A. P. (FSBEI HE Penza SAU)</i> Ultrasound: advantage for application and technical means.....	57
<i>Inshakov A. P. (FSBEI HE «Mordovia state University named after N. P. Ogarev»), Baikov D. V. (FSBEI HE «Mordovia state University named after N. P. Ogarev»), Kurbakov I. I. (FSBEI HE «Mordovia state University named after N. P. Ogarev»), Golyshev M. Ye. (FSBEI HE «Mordovia state University named after N. P. Ogarev»)</i> Experimental determination of the characteristics of the roller brake tester for running of small-based engines of agricultural equipment in cold regimes.....	63
<i>Sadov A. A. (FSBEI HE Ural SAU), Denezhko L. V. (FSBEI HE Ural SAU), Novopashin L. A. (FSBEI HE Ural SAU)</i> Theoretical study of the work of the tractor diesel in applying diesel mixture fuel based on ricinic oil.....	71
<i>Kravtsov A. V. (FSBEI HE Penza State Technological University), Konovalov V. V. (FSBEI HE Penza State Technological University), Zaytsev V. Yu. (FSBEI HE Penza State Technological University), Dontsova M. V. (FSBEI HE Penza State Technological University)</i> The speed mode of aeroproduct flow with parallel-sequential sections.....	75
<i>Kurochkin A. A. (FSBEI HE Penza State Technological University)</i> Improvement of extruder working process with termovacual effect.....	84

### VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

<i>Baymishev H. B., Uskova I. V., Baymishev M. H.</i> Indicators of morphofunctional status of newborn calves depending on cow-mothers age.....	90
<i>Baktygalieva A. T. (Aktobe University After S. Baishev), Dzhulamanov K. M. (Federal research center of biological systems and agricultural technologies of the Russian Academy of Sciences), Ukhtverov A. M. (FSBEI HE Samara SAU), Gerasimov N. P. (Federal state budgetary institution «Federal scientific center of biological systems and agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»)</i> Productive and biological traits of young different genotypes of kazakh white-headed breed.....	94

# Информация для авторов

Самарская государственная сельскохозяйственная академия предлагает всем желающим аспирантам, преподавателям, научным работникам опубликовать результаты исследований в научном журнале

«Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии», который включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

**К публикации в журнале принимаются собственные новые, не опубликованные ранее основные научные результаты** по следующим научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, по которым присуждаются ученые степени:

- 05.20.01 – технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки),
- 05.20.03 – технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки),
- 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство (сельскохозяйственные науки),
- 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки),
- 06.01.05 – селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.01.07 – защита растений (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.01 – диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных (ветеринарные, биологические науки),
- 06.02.06 – ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных (ветеринарные, биологические, сельскохозяйственные науки),
- 06.02.07 – разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.08 – кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов (сельскохозяйственные, биологические науки),
- 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства (сельскохозяйственные, биологические науки).

Индекс по каталогу «Почта России» – 72654.

Подписку можно оформить онлайн, воспользовавшись услугами ресурса [www.vipishi.ru](http://www.vipishi.ru).

Периодичность выхода – 4 раза в год.

Адрес редакции: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

Тел.: 8 939 754 04 86 (доб. 608), E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)

## Требования к оформлению статей

**Статьи представляются в редакционно-издательский отдел на русском языке** в электронном виде (E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)). Статья набирается в редакторе Microsoft WORD со следующими параметрами страницы. Поля: верхнее – 2 см, левое – 3 см, нижнее – 2,22 см, правое –

– 1,5 см. Размер бумаги А4. Стиль обычный. Шрифт – Arial Narrow. Размер – 13, межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту (1,27 см). Слева без абзаца УДК или ББК, пропущенная строка – название статьи (жирным 14 размер), пропущенная строка – ФИО, место работы, ученая степень, ученое звание, должность, контактные телефоны с указанием кода, почтового и электронного адресов, затем пропущенная строка – ключевые слова (3-5 слов), пропущенная строка – реферат на статью, средний объем 2000 символов (200-250 слов), 12 размер, интервал одинарный (**не следует начинать реферат с повторения названия статьи; необходимо осветить цель, методы, результаты, желательно с приведением количественных данных, чётко сформулировать выводы; не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и предложений**). Пропущенная строка, затем текст статьи (размер шрифта – 13). Текст публикуемого материала должен быть изложен лаконичным, ясным языком. **В начале статьи следует кратко сформулировать проблематику исследования (актуальность), затем изложить цель исследования, задачи данной работы, в конце статьи – полученные научные результаты с указанием их прикладного характера.**

В конце статьи на **АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ** указывают ФИО, место работы, ученую степень, ученое звание, должность, контактные телефоны с кодом, почтовый и электронный адрес, название статьи, ключевые слова, реферат и библиографический список.

В тексте могут быть таблицы и рисунки, таблицы создавать в WORD. Иллюстративный материал должен быть четким, ясным, качественным. Формулы набирать без пропусков по

центру. Рисунки и графики только штриховые без полутонов и заливки цветом, подрисовочные надписи выравнивать по центру. Статья не должна заканчиваться формулой, таблицей, рисунком.

**Объем рукописи 7-10 стандартных страниц текста**, включая таблицы и рисунки (не более трех), таблицы должны иметь тематический заголовок, рисунки должны быть сгруппированы. Заголовок статьи не должен содержать более 70 знаков.

Библиографический список оформлять по ГОСТ 7.1-2003 (**7-10 источников не старше 10 лет**), по тексту статьи должны быть ссылки на используемую литературу (в квадратных скобках), **НЕ ДОПУСКАЮТСЯ ССЫЛКИ НА УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ**.

**В конце статьи необходимо указать, какой научной специальности и отрасли науки соответствуют представленные в ней научные результаты.**

Статья подписывается автором и научным руководителем (для аспирантов), прикладываются **две внешние рецензии специалистов по данной тематике (доктора наук или профессора), гарантийное письмо и ксерокопия абонемента на полугодовую подписку журнала в соответствии с количеством заявленных авторов. Представляется в РИО в установленные сроки. За содержание статьи (точность приводимых в рукописи цитат, фактов, статистических данных) ответственность несет автор (авторы)**. Материалы, оформление которых не соответствует изложенным выше требованиям, редколлегией не рассматриваются.

*Текст статьи проверяется на дублирование, заимствование, уникальность должна быть не ниже 90%.*

Поступившие в редакцию материалы проходят экспертную оценку. В случае отрицательной рецензии статья с рецензией возвращается автору. Отклоненная статья может быть повторно представлена в редакцию после доработки по замечаниям рецензентов. Принятые к публикации или отклоненные редакцией рукописи авторам не возвращаются.

## Образец оформления статьи

УДК 633.152.47

### КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ ВЫСЕВА И ОБРАБОТКИ ГЕРБИЦИДАМИ

**Куконкова Анастасия Александровна**, аспирант кафедры «Технология хранения и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». 603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Терехов Михаил Борисович**, д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Технология хранения и переработка сельскохозяйственной продукции», ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия». 603107 г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Ключевые слова:** тритикале, натура, стекловидность, белок, гербициды.

*Цель исследований – улучшить качество зерна ярового тритикале. Опыт закладывался по двухфакторной схеме в 4-кратной повторности. Изучено качество зерна ярового тритикале в зависимости от норм высева и обработки гербицидами (Магнум + Дикамерон Гранд). Посевной материал – яровой тритикале сорта Ульяна. Качество зерна зерновых культур оценивали рядом показателей, которые в совокупности характеризуют его физико-химические, пищевые и технологические свойства. Основные физические показатели качества зерна натура*

*и стекловидность. Максимальными значениями натуры характеризовалось зерно, полученное в 2007 г. Натура зерна в условиях данного года варьировала от 715 до 716 г/л на вариантах без обработки и от 714 до 716 г/л – на вариантах с обработкой гербицидами. Во все годы исследований стекловидность зерна ярового тритикале в вариантах, обработанных гербицидом, была выше, относительно таковых, необработанных гербицидом. Содержание белка в зерне варьировало от 13,1 до 13,9% на вариантах, необработанных гербицидом, и от 13,7 до 14,7% – на вариантах, обработанных гербицидом. В среднем за 3 года величина валового сбора на вариантах без гербицидов составляла 372,3-437,9 кг/га, а на вариантах с обработкой посевов гербицидами – 505,1-553,5 кг/га. Максимальный валовый сбор белка с гектара был получен в 2008 г. Самым низким валовым сбором белка характеризовался 2007 г. Установлено, что качество зерна ярового тритикале зависело от нормы высева и обработки посевов гербицидами.*

Эффективность любого агротехнического приема получения высоких урожаев тритикале подтверждает необходимость применения оптимальных норм высева, обработки гербицидами, и действия на качество получаемой продукции [2].

**Цель исследований** – улучшить качество зерна ярового тритикале.

**Задача исследований** – определить оптимальные нормы посева и изучить зависимость от обработки гербицидами.

**Материалы и методы исследований.** Продолжение текста статьи....

**Результаты исследований.** Продолжение текста статьи....

**Заключение.** Продолжение текста статьи....

#### Библиографический список

1. Алещенко, А. М. Оценка исходного материала для селекции яровых форм тритикале в условиях ЦЧР // Достижения аграрной науки в начале XXI века. – Волгоград ; Воронеж, 2010. – С. 227-231.
2. Булавина, Т. М. О влиянии агробиологических факторов на содержание белка в зерне ярового тритикале // Почвенные исследования и применение удобрений : сб. науч. тр. – Минск : Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2007. – Вып. 27. – С. 183-189.
3. Булавина, Т. М. Основные факторы, определяющие содержание белка в зерне озимого тритикале // Наука – сельскохозяйственному производству и образованию. – Смоленск, 2010. – С. 45-47.
- ...
7. Пшеничко, Н. М. Влияние нормы посева на урожайность и качество зерна ярового тритикале / Н. М. Пшеничко, В. С. Тоцев // Совершенствование технологий производства и повышение качества продуктивности растениеводства. – Нижний Новгород, 2010. – С. 28-30.

UDK 633.152.47

### THE QUALITY OF SPRING TRITICALE GRAIN DEPENDING ON SOWING NORM AND PROCESSING BY HERBICIDES

**Kukonkova A. A.**, graduate student of the department «Technology of storage and processing of agricultural products», State educational institution of higher education «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy».

603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Avenue, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Terehov M. B.**, dr. agricultural sciences, prof., head of the department «Technology of storage and processing of agricultural products», «State educational institution of higher education «Nizhny Novgorod State Agricultural Academy».

603107, Nizhny Novgorod, Gagarin Avenue, 97.

E-mail: ngsha-kancel-1@bk.ru

**Keywords:** triticale, nature, vitreous, protein, herbicides.

The purpose of the study – to improve the quality of grain of spring Triticale. The Experience was conducted within two-factor scheme in 4 replicates. The quality of grain of spring Triticale has been studied depending on seeding rates and herbicide treatment (Magnum + Dikameron Grand). Seed material – spring Triticale variety – Ulyana. The quality of grain crops was estimated by a number of indicators that jointly characterize its physical-chemical, nutritional and technological properties. The basic physical parameters of grain quality – nature and glassy. Grain obtained in 2007 has been characterized by Maximum values of nature. Grain nature of the current year ranged from 715 to 716 g/l for versions without herbicide treatment and from 714 to 716 g/l – for versions with herbicide treatment. In every experiment year herbicide treated spring Triticale grain glassiness was higher relative to that of untreated herbicide. The protein content in grain (average for 3 years) ranged from 13.1 to 13.9% for trials untreated herbicide and from 13.7 to 14.7% – by trials with herbicide treatment. The average 3-year value of total yield for treatments without herbicides was 372.3-437.9 kg/ha, and on the options to the processing of crops with herbicides – 505.1-553.5 kg/ha. The maximum total yield of protein per hectare was obtained in 2008 The lowest gross protein was characterized in 2007 found that the quality of grain of spring Triticale has been dependent on a seeding rate and herbicides application on seeded crops.

#### Bibliography

1. Aleshchenko, A. M. Evaluation of starting material for selection of spring triticale forms in the Central chernozemic area // Achievements of agricultural science in the beginning of the XXI century. – Volgograd ; Voronezh, 2010. – P. 227-231.
2. Bulavina, T. M. Agro-biological factors impact on spring triticale grain protein content // Soil research and fertilizers application : collection of scientific papers. – Minsk : Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry of the Belarus NAS. – 2007. – Vol. 27. – P. 183-189.
3. Bulavina, T. M. Key factors determining protein content in the winter triticale grain // Science to agricultural production and education. – Smolensk, 2009. – P. 45-47.
- ...
7. Pshenichko, N. M. Seeding rate effect on spring triticale yield and grain quality / N. M. Pshenichko, V. S. Toshev // Production technologies and crop productivity improvement. – Nizhny Novgorod, 2008. – P. 28-30.

**Убедительно просим проверять текст на наличие орфографических и синтаксических ошибок.**