

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И.А. БУНИНА»

# **АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**

**Выпуск 1 (№ 27) / Елец, 2023**

**Учредитель и издатель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина» (399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28, 1).

«Агропромышленные технологии Центральной России» является научно-практическим рецензируемым журналом, входит в перечень ВАК при Минобрнауки российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук. Журнал размещается в национальной информационно-аналитической системе РИНЦ (журнал основан в 2016 году, выходит 4 раза в год). Свидетельство о регистрации ISSN: 2541-7835

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

##### **Главный редактор журнала, председатель редакционной коллегии:**

**Гулидова Валентина Андреевна** – Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации, д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

##### **Заместитель главного редактора:**

**Захаров Вячеслав Леонидович** – д-р с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

##### **Ответственный секретарь:**

**Шубкин Сергей Юрьевич** – канд. технич. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

##### **Члены редакционной коллегии:**

##### **Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов**

**Абжанова Шолпан Амангелдыкызы** – канд. технич. наук, профессор Алматинского технологического университета.

**Бакин Игорь Алексеевич** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева».

**Васюкова Анна Тимофеевна** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)».

**Глотова Ирина Анатольевна** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

**Журавлёв Алексей Владимирович** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева».

**Ключников Андрей Иванович** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)».

**Овсянников Виталий Юрьевич** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

**Оспанов Асан Бекешович** – Академик Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан, д-р технич. наук, профессор, председатель правления Казахского НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности.

**Рскелдиев Бердан Абдазимович** – Член-корреспондент Национальной академии естественных наук Республики Казахстан, д-р технич. наук, профессор Алматинского технологического университета, почетный профессор Государственного университета им. Шакарима г. Семей.

**Сокол Наталья Викторовна** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Грубилина».

**Шахов Сергей Васильевич** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий».

**Школьников Марина Николаевна** – д-р технич. наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет».

**Щегольков Николай Фёдорович** – канд. с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник Липецкой лаборатории ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела».

### **Общее земледелие и растениеводство**

**Алиев Таймасхан Гасан-Гусейнович** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

**Виноградов Дмитрий Валерьевич** – д-р биол. наук, профессор ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет».

**Зубкова Татьяна Владимировна** – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

**Ивойлов Александр Васильевич** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

**Кравченко Владимир Александрович** – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

**Кочарли Нателла Кериш кызы** – канд. биол. наук, доцент Бакинского государственного университета.

**Кузин Андрей Иванович** – д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ им. И.В. Мичурина, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

**Наумкин Владимир Петрович** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина».

**Образцов Владимир Николаевич** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

**Онищенко Людмила Михайловна** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

**Сотников Борис Александрович** – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

**Щучка Роман Викторович** – канд. с.-х. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

### **Механизация и кластеризация АПК**

**Гиевский Алексей Михайлович** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I».

**Еднач Валерий Николаевич** – канд. технич. наук, доцент УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

**Поляков Роман Николаевич** – д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

**Радин Сергей Юрьевич** – канд. технич. наук, доцент ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

**Савин Леонид Алексеевич** – Действительный член Российской инженерной академии, д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева».

**Соловьев Сергей Владимирович** – д-р с.-х. наук, профессор ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет».

**Чаткин Михаил Николаевич** – Член-корреспондент Российской академии Естественных наук, ректор ФГБОУ ДПО «Мордовский институт переподготовки кадров агробизнеса», д-р технич. наук, профессор ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

**Чеботарёв Валерий Петрович** – д-р технич. наук, профессор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет».

**The founder and the publisher:** *The Federal State Educational Government-Financed Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University» (399770, Lipetsk region, Yelets, t. Kommunarov, 28, 1).*

*"Agro-Industrial Technologies of Central Russia" is a scientific and practical peer-reviewed journal, is included in the list of the Higher Attestation Commission under the Ministry of Education and Science of Russian peer-reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the degrees of doctor and candidate of sciences should be published. The journal is published in the national information and analytical system of the RSCI (the journal was founded in 2016, it is published 4 times a year). The certificate on registration in National agency ISSN: 2541-7835.*

**EDITORIAL COUNCIL:**

**EDITOR-IN-CHIEF OF THE JOURNAL, CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD:**

**Gulidova Valentina** – Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Bunin Yelets State University.

**DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:**

**Zakharov Vjacheslav** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**EXECUTIVE SECRETARY:**

**Shubkin Sergej** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**MEMBERS OF THE EDITORIAL BOARD:**

**TECHNOLOGY OF STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

**Abzhanova Sholpan** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Almaty Technological University.

**Bakin Igor** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

**Vasyukova Anna** - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian Biotechnological University.

**Glotova Irina** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

**Zhuravlev Alexey** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy.

**Klyuchnikov Andrey** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management.

**Ovsyannikov Vitaly** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

**Ospanov Asan** – Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chairman of the Board of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry.

**Rskeldiev Berdan** – Corresponding Member of the National Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor of Almaty Technological University, Honorary Professor of the State University Shakarima G. Semey.

**Sokol Natalia** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Kuban State Agricultural University.

**Shakhov Sergej** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

**Shkolnikova Marina** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ural State University of Economics

**Shchegolkov Nikolay** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Russian Research Institution of Breeding Case (Lipetsk Laboratory).

**GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION**

**Aliiev Tajmaskhan** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

**Vinogradov Dmitry** - Doctor of Biological Sciences, Professor of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev.

**Zubkova Tatiana** - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**Ivoilov Aleksandr** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Ogaryov Mordovian State University.

**Kravchenko Vladimir** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**Kocharli Natella** – Candidate of Biological Sciences, associate Professor of the Baku State University.

**Kuzin Andrey** – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the I. V. Michurin Federal Research Center, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

**Naumkin Vladimir** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin.

**Obraztsov Vladimir** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

**Onishchenko Lyudmila** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin.

**Sotnikov Boris** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**Shhuchka Roman** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

#### **MECHANIZATION OF AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX**

**Gievsky Alexey** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.

**Ednach Valery** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Belarusian state agrarian technical University.

**Polyakov Roman** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

**Radin Sergey** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Bunin Yelets State University.

**Savin Leonid** – Full Member of the Russian Academy of Engineering, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Oryol State University named after I.S. Turgenev.

**Solovyov Sergey** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Michurinsky State Agrarian University.

**Chatkin Mikhail** – Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Rector of the Mordovian Institute of Agribusiness Personnel Retraining, Doctor of Technical Sciences, Professor of the National Research Mordovian State University named after N.P. Ogarev.

**Chebotaurov Valery** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Belarusian State Agrarian Technical University.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов

<b>Айвазова Р.Э., Джабакова А.Э., Сафонов М.С., Суворов О.А.</b>	Разработка нового напитка с использованием сырья растительного происхождения и технологии его приготовления .....	10
<b>Кузнецов А.Л., Соловьева А.О., Васюкова А.Т., Суворов О.А.</b>	Влияние электрохимически активированных растворов на жирнокислотный профиль пищевых систем .....	20
<b>Васюкова А.Т., Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Алексеев А.Е., Дышекова М.М.</b>	Исследование пенообразующей способности белковой смеси на основе эритритола .....	32
<b>Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Дышекова М.М., Никитенко А.Ю.</b>	Использование натурального сахарозаменителя в производстве зефира .....	39
<b>Мясищева Н.В., Антропов Д.Ю., Ануров А.С., Колмыков Д.М.</b>	Оценка качества термостабильных начинок с использованием яблочного порошка .....	45
<b>Овсянников В.Ю., Дранникова Н.Е.</b>	Состояние и перспективы ультразвукового экстракционного извлечения биологически активных веществ .....	52

### Общее земледелие и растениеводство

<b>Степанцова Л.В., Красин В.Н., Мацнев И.Н., Золотарев М.Г.</b>	Оценка садопригодности дерново-подзолистых почв на кремнистых породах юго-запада Калужской области .....	64
<b>Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Востриков В.В., Летникова Ж.В.</b>	Влияние сортовых особенностей нормы высева на формирование продуктивности овощной фасоли .....	73
<b>Владимирова Е.С.</b>	Вегетационный период сортов мягкой пшеницы в условиях Центральной Якутии .....	81
<b>Захаров В.Л., Ленкшевич А.В.</b>	Взаимосвязь гранулометрического состава почв с их наименьшей влагоёмкостью в яблоневых садах ООО «Тимирязевский» Липецкой области .....	90

<b>Клостер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б., Горбунов В.В., Азаров А.В.</b>	Трансформация агрофизических свойств чернозёма под влиянием элементов агротехнологии .....	97
<b>Тимофеев В.Н.</b>	Эффективность элементов защиты яровой пшеницы от почвенной инфекции в условиях Тюменской области .....	107
<b>Цыкалов А.Н., Кравченко В.А., Сотников Б.А., Кравченко А.Л.</b>	Урожайность подсолнечника в зависимости от применения микроудобрений .....	115
<b>Блохин Ю.И., Соколова О.А., Щербинина П.К., Зейрук В.Н.</b>	Защита картофеля в период его вегетации и хранения .....	122
<b>Механизация и кластеризация АПК</b>		
<b>Радин С.Ю., Бунеев С.С., Шубкин С.Ю., Елецких С.В.</b>	К расширению эксплуатационных характеристик землеройно-транспортных машин .....	129
<b>Березин М.А.</b>	Теоретическое исследование влияния шероховатости поверхности контртела на работоспособность неподвижных уплотнительных соединений .....	137

## CONTENTS

### Technology of storage and processing of agricultural products

<b>R. Ayvazova, A. Dzhabakova, M. Safonov, O. Suvorov</b>	Development of a new drink using raw materials of plant origin and technology of its preparation .....	10
<b>A. Kuznetsov, A. Solovieva, A. Vasyukova, O. Suvorov</b>	Influence of electrochemically activated solutions on the fatty acid profile of food systems .....	20
<b>A. Vasyukova, I. Kusova, Yu. Bondarenko, A. Alekseev, M. Dyshekova</b>	A study of the foaming ability of a protein mixture based on erythritol .....	32
<b>I. Kusova, Yu. Bondarenko, M. Dyshekova, A. Nikitenko</b>	Use of natural sugar substitute in the production of marsh mash .....	39
<b>N. Myasishcheva, D. Antropov, A. Anurov, D. Kolmykov</b>	Assessment of the quality of thermostable fillings Using apple powder .....	45
<b>V. Ovsyannikov, N. Drannikova</b>	Status and prospects of ultrasonic extraction of biologically active substances .....	52

### General agriculture and crop production

<b>L. Stepantsova, V. Krasin, I. Matsnev, M. Zolotarev</b>	Evaluation of garden suitability of soddy-podzolic soils on silicon rocks in the south-west of the Kaluga region .....	64
<b>A. Bukharov, N. Eremina, V. Vostrikov, Zh. Letnikova</b>	Influence of varietal characteristics of the seeding rate on the formation of productivity of vegetable beans .....	73
<b>E. Vladimirova</b>	The growing season of soft wheat varieties in Central Yakutia .....	81
<b>V. Zakharov, A. Lenkshevich</b>	The relationship of the granulometric composition of soils with their lowest moisture capacity in apple orchards of timiryazevsky llc of the Lipetsk region .....	90

<b>N. Kloster, V. Lotkova, V. Azarov, V. Gorbunov, A. Azarov</b>	Transformation of agrophysical properties of chernozem under the influence of elements of agrotechnology .....	97
<b>V. Timofeev</b>	Effectiveness of spring wheat protection elements from soil infection in the conditions of the Tyumen region .....	107
<b>A. Tsykalov, V. Kravchenko, B. Sotnikov, A. Kravchenko</b>	Sunflower yield depending on the application of micronutrients .....	115
<b>Y. Blohin, O. Sokolova, P. Shcherbinina, V. Zeiruk</b>	Protection of potatoes during their growing season and storage .....	122

#### **Mechanization and clusterization of agro-industrial complex**

<b>S. Radin, S. Buneev, S. Shubkin, S. Yeletskikh</b>	To expand the operational characteristics of earthmoving and transport machines .....	129
<b>M. Berezin</b>	Theoretical study of the effect of the surface roughness of the counterbody on the operability of fixed sealing joints .....	137

## **ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

УДК 663.86+664.76

DOI 10.24888/2541-7835-2023-27-10-19

**Айвазова Р.Э., Джабакова А.Э., Сафонов М.С., Суворов О.А.**

### **РАЗРАБОТКА НОВОГО НАПИТКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ЕГО ПРИГОТОВЛЕНИЯ**

**Ключевые слова:** шпинат, безопасность, обеззараживание, свойства и химический состав, применение.

**Аннотация.** Шпинат относится к листовым овощам, он богат разнообразными химическими элементами, обогащен в основном водорастворимыми витаминами, а также жирорастворимыми (Е, К, А), особенно каротиноидами, фенольными соединениями, в частности флавоноидами (кверцетин, кемпферолом), производными патулетина, спинацетина, спинатозида, жасеидина и флавона. Из биофлавоноидов можно отметить отдельно кверцетин и рутин, обладающих антиоксидантными свойствами, способных за счет ортогидроксиллов фенольного кольца С быть донорами водорода. Поэтому шпинат является полезным для организма человека. Также обладает низкой калорийностью и является источником минеральных веществ (калий, магний, железо, марганец и особенно кремний), достаточно стойких при тепловой обработке. Все это оправдывает такой большой спрос на продукт, который постоянно растет. Цель исследований – разработка нового напитка с использованием сырья растительного происхождения. Напиток приготовили на основе яблочного сырья. Составными компонентами являлись ягоды малины и листья мяты. Обогащение осуществлялось путем добавления шпината, обладающего тонизирующим и гелеобразующим свойством. Исследовано четыре формы введения шпината в рецептуру напитка: сухие и свежие листья, экстракты и сок. Наилучший результат получен при использовании листьев, которые для обеззараживания обрабатывали обеззараживающим средством «Анолитом» путем применения бытового электроактиватора воды «Супер-Плюс». Напиток имеет 28% сухих веществ, кислотность среды при рН 5,0. Время осаждения взвешенных частиц составило 2 часа. Технологический процесс производства напитка заключается в обработке листьев шпината и мяты, приготовлении яблочного пюре, соединении и измельчении всех компонентов, порционировании, вакуумировании, хранении, логистике и реализации. Готовый напиток имел свойство жидкости с постоянным осадком изумрудного цвета, со сладким, ягодным ароматом и вкусом, неоднородной консистенции. Содержит 2 г белка, 0,4 г жира, 27 г углеводов, и энергетическая ценность составила 120 ккал. Продукт является низкокалорийным.

### **Введение**

В настоящее время развивается тенденция повышенного интереса к разработке новых технологий продуктов питания с использованием растительного сырья – лекарственных трав, плодов, ягод и пряно-вкусовых растений, являющихся источником витаминов, минеральных солей, макро- и микроэлементов, которые оказывают оздоровительное действие на организм человека. Одним из развивающихся направлений является создание напитков с большим содержанием витаминов, пищевых волокон, минеральных веществ, необходимых организму.

Зеленые овощи содержат большое количество компонентов, таких как флавоноиды, танины и другие фенольные соединения, которые обладают очень важными свойствами, главным образом, в снижении риска возникновения хронических заболеваний человека, таких как сердечно-сосудистые заболевания, рак и дегенеративные заболевания [6, 10].

Шпинат является хорошим источником белка, клетчатки и минералов, поэтому считается функциональным ингредиентом нового продукта с высокой пищевой и биологической ценностью. Он является богатым источником основных микроэлементов, таких как железо, марганец, цинк и магний, а также содержит небольшое количество витаминов Е, А, С, К, фо-

лиевой кислоты, тиамин (В<sub>1</sub>), пиридоксин (В<sub>6</sub>) и рибофлавин (В<sub>2</sub>). Кроме того, шпинат является богатым источником клетчатки и имеет дополнительное преимущество в низкой калорийности. Он присутствует в продуктах питания во многих формах, таких как сырые, консервированные, вареные, протертые, замороженные, обезвоженные, приготовленные и запеченные [8]. Однако шпинат может накапливать опасные для организма вещества в съедобных частях и впоследствии представлять опасность для здоровья человека.

Большой вклад в развитие теоретических и практических аспектов использования, обеззараживания нетрадиционного сырья внесли работы таких российских и зарубежных ученых, как: Алексеенко Е.В. [9], Блинникова О.М. [1], Гусейнова Р.Э. [3], Janssen R. [7] и т.д.

### **Объекты и методы исследований**

Для выявления процентного соотношения в рамках целевой аудитории было проведено анкетирование целевых аудиторий: беременные женщины, спортсмены и люди предпенсионного и пенсионного возраста. Далее проводился анализ и обработка полученных данных.

Способ обеззараживания листьев представлен в руководстве по эксплуатации бытового электроактиватора воды «Супер-Плюс» [5].

В данной работе использовались методы исследования по органолептическим [2] и физико-химическим показателям.

Определение пищевой и энергетической ценности проводилось расчетным способом [4].

### **Результаты исследований**

В качестве основного продукта был выбран шпинат, исходя из его свойств, высокого содержания пищевых волокон, водорастворимых витаминов группы В и витамина С, а также витамина А, каротиноидов, витамина К, микро- и макроэлементов (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика минерального и витаминного состава напитка

Наименование показателя	Количество в напитке, мг	Суточная потребность, мг	% удовлетворения суточной потребности, %
<b>Витамины</b>			
Витамин А	0,4	0,9	44,4
Витамин В1	0,05	1,5	3,33
Витамин В2	0,3	1,8	16,7
Витамин В4	12,1	500	2,42
Витамин В5	0,21	5	4,2
Витамин В6	0,04	2	2
Витамин С	34	90	37,78
Витамин Е	1,2	15	8
Витамин К	0,2	0,12	166,67
Витамин РР	0,75	20	3,75
<b>Макроэлементы</b>			
Калий, К	413,1	2000	20,66
Кальций, Са	58,5	1000	5,85
Кремний, Si	32,2	30	107,3
Магний, Mg	41,6	400	10,4
Натрий, Na	13	1300	1

Сера, S	11,82	1000	1,2
Фосфор, P	48,8	800	6,1
Хлор, Cl	23,7	2300	1,03
Микроэлементы			
Железо, Fe	6	18	33,33
Марганец, Mn	0,44	2	22
Цинк, Zn	0,23	12	1,92
Йод, I	0,008	0,15	5,33

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод, что из витаминов наибольший процент удовлетворения суточной потребности приходится на витамин К, из макроэлементов – на кремний, а из микроэлементов – на железо.

По результатам анализа производителей продукции со шпинатом, были выявлены основные формы применения его в продуктах питания (рис. 1).

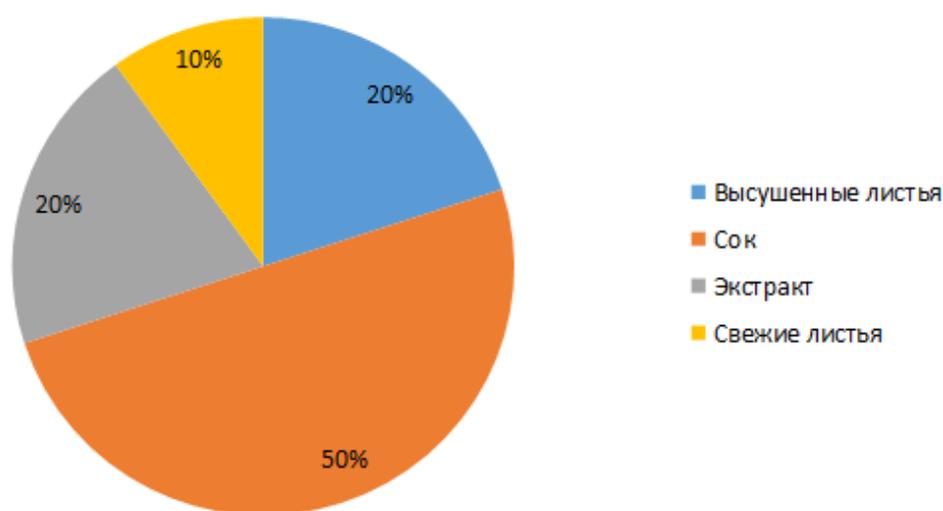


Рисунок 1. Формы применения шпината в продуктах питания

Было выявлено 4 формы: сухие и свежие листья, экстракты и сок. Применение сока, полученного из шпината, преобладает на рынке, что составило 50%. Однако у данной формы есть свои недостатки: образование большого количества отходов, отсутствие пищевых волокон из продукта, большая часть микроэлементов не переходит в жидкую фазу.

Есть данные, что на рынке наиболее употребляемые продукты питания – напитки. Его можно потреблять на ежедневной основе, целевая аудитория может быть без ограничений. Поэтому в качестве разработки продукта была выбрана модель напитка.

В продукте шпинат будет использоваться в качестве источника пищевых волокон – целлюлозы и витамина К. Для сохранения и перехода этих веществ из сырья в продукт будут использоваться свежие листья. Напиток должен получиться с увеличенным содержанием витамина К, что позволит его позиционировать как функциональный.

Для данного напитка была подобрана основная целевая аудитория, которым необходимы продукты с высоким содержанием витамина К. Данные по целевым аудиториям и характеристикам представлены в табл. 2. Был проведен опрос среди основных целевых аудиторий (беременные женщины, спортсмены и люди 50+), на которых ориентируется получение напитка со шпинатом. Было опрошено 273 человека. Из них 60% составили спортсмены, по 20% беременные и люди предпенсионного и пенсионного возраста.

Таблица 2. Характеристика целевых аудиторий

Целевая аудитория	Беременные женщины	Спортсмены	Люди предпенсионного и пенсионного возраста
Описание	Следят за питанием, за здоровьем Необходимы продукты с высоким содержанием витамина К для свертывания крови, связывания кальция в организме		
	Потребление продукта может быть на ежедневной основе, порционно. Будут искать новые способы внести в свой рацион полезные продукты, расширение потребляемых продуктов	Потребление продукта может быть на постоянной основе. Склонны к экспериментам с едой, ищут продукты с высоким содержанием нутриентов.	Потребление продукта несколько раз в неделю, менее склонны к новым продуктам

Для того чтобы можно было использовать свежие листья шпината в напиток необходимо решить вопрос с обеспечением пищевой безопасности продукта. Эта проблема решалась путем введения одного из этапов обработки сырья – обеззараживание листьев.

Для обеззараживания листьев шпината использовался бытовой электроактиватор воды «Супер-Плюс». Это уникальный прибор для приготовления экологически чистых растворов: анолит (кислотная вода) и католит (щелочная). Анолит – мощный антисептик, который снижает микробиологическую обсемененность, но не оказывает вредного воздействия на организм человека. Для обеззараживания растительного сырья необходимо приготовить порцию раствора (анолита). Далее листья шпината положить в глубокую емкость, залить обеззараживающим средством в соотношении 1:5 и оставить на 15 минут. После слить воду, просушить листья и использовать по назначению.

Следующий этап разработки продукта состоял в определении рецептуры продукта. Характеристика сырьевых компонентов представлена в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика сырьевых компонентов

Наименование сырья	Существующий нормативный документ	Показатели качества	Недопустимые дефекты
Листья шпината свежие	ГОСТ 34301–2017	Листья свежие, молодые, зеленые, цельные, здоровые, не вялые, не загрязненные, не пожелтевшие, без повреждений, без излишней внешней влажности, без цветоносов. Растения шпината срезаны на уровне нижних листьев. Массовая доля листьев щавеля или шпината с сухим загрязнением, пожелтевших, растений шпината с неогрубевшими цветочными стеблями 5,0%. Запах и вкус характерный растению.	Наличие сельскохозяйственных вредителей и продуктов их жизнедеятельности. Наличие посторонней примеси (земли, песка, примесей растительного происхождения и пр.).

			Посторонние привкус и запах.
Малина, протертая с сахаром, б/к	ГОСТ 32147–2013	Однородная масса в виде пюре; пюре с равномерно распределенными в нем целыми или нарезанными фруктами; вкус и запах фруктов, не сохранивших форму и цвет.	Посторонние примеси.
Яблоки свежие	ГОСТ 34314–2017	Плоды целые, чистые, без излишней внешней влажности; запах и вкус, свойственные данному сорту без посторонних запаха и привкуса.	Наличие сельскохозяйственных вредителей; наличие загнивших, гнилых, с признаками увядания, перезрелых, с побурением мякоти, испорченных; наличие сорной примеси.
Мята свежая	ГОСТ 23768–94	Кусочки листьев различной формы, размером до 10 мм и более с примесью цветков и бутонов. Край листа пильчатый с неравными острыми зубцами; поверхность голая, лишь снизу по жилкам под лупой заметны редкие, прижатые волоски и по всей пластинке листа – блестящие золотисто-желтые или более темные железки. Цвет от светло-зеленого до темно-зеленого. Запах ароматный. Вкус слегка жгучий.	Массовая доля почерневших листьев более 5,0%.
Вода родниковая негазированная	ГОСТ 32220–2013	Вода должна быть безопасна и безвредна для потребления; должна соответствовать требованиям национального законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.	Присутствие различных видимых включений, поверхностной пленки и осадка.

После определения с составом продукта была предложена технологическая схема получения напитка (рис. 2).

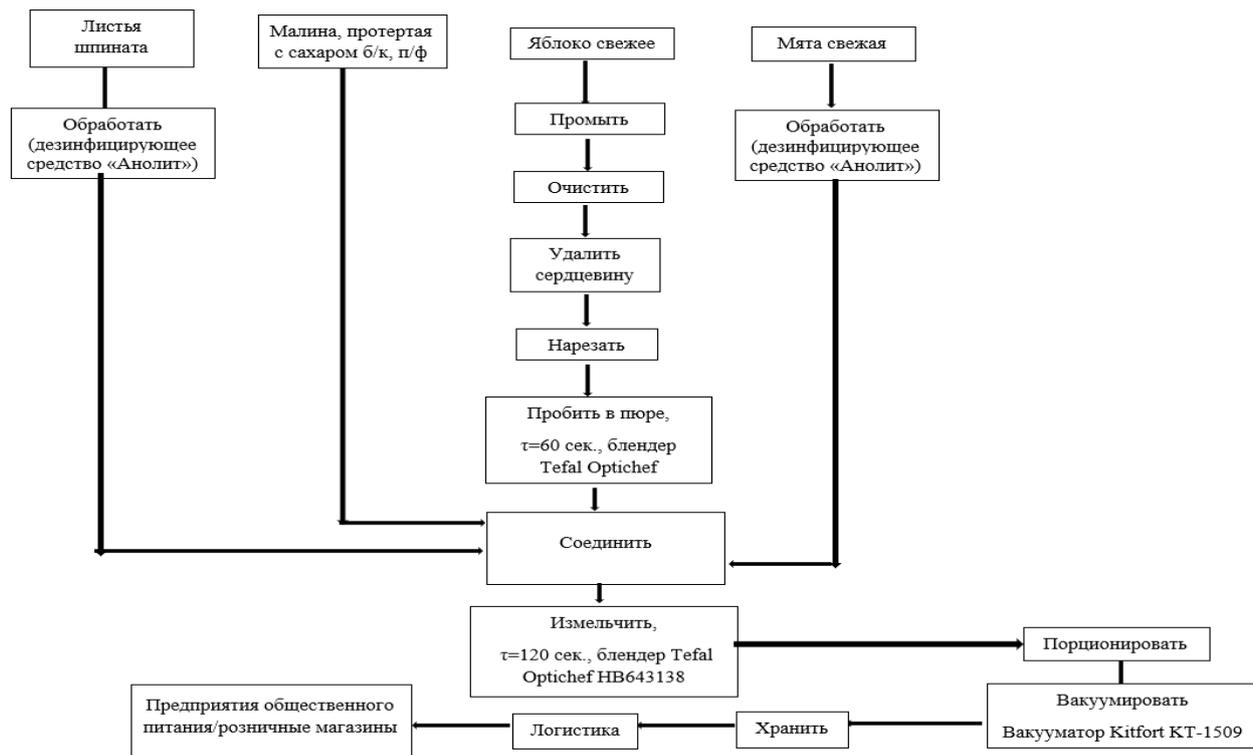


Рисунок 2. Технологическая схема приготовления напитка со шпинатом

На рисунке представлена принципиальная схема получения напитка, которая состоит из следующих этапов: обработка листьев шпината и мяты, приготовление яблочного пюре, соединение и измельчение всех компонентов, порционирование, вакуумирование, хранение, логистика, реализация. После приготовления напитка в лабораторных условиях были определены органолептические и физико-химические показатели (табл. 4).

Таблица 4. Органолептические и физико-химические показатели напитка

№ п/п	Показатели	Значения показателей
Органолептические показатели		
1.	Внешний вид	Жидкость с постоянным осадком
2.	Цвет	Изумрудный
3.	Вкус	Сладкий, ягодный, насыщенный, с мятным привкусом
4.	Аромат	Ягодный, мятный
5.	Консистенция	Неоднородная (осадок)
Физико-химические показатели		
6.	Сухие вещества, %	28
7.	pH	5,0
8.	Время осаждения, ч	2

Органолептический анализ показал, что напиток представляет собой жидкость с постоянным осадком изумрудного цвета, со сладким, ягодным ароматом и вкусом, неоднородной консистенцией. Преобладает легкий мятный привкус. Также были произведены расчеты пищевой и энергетической ценности продукта на порцию в 250 мл (табл. 5).

Таблица 5. Пищевая и энергетическая ценность напитка со шпинатом

Наименование напитка	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Напиток со шпинатом	2	0,4	27	120

Энергетическая ценность напитка достаточно низкая, что позволяет его позиционировать как диетический. Также было рассчитано количество витамина К в продукте порцией 250 мл, что составило 0,2 мг.

### Выводы

1. Из витаминов наибольший процент удовлетворения суточной потребности приходится на витамин К, из макроэлементов – на кремний, а из микроэлементов – на железо.
2. Были выявлены основные формы применения шпината в продуктах питания: основной формой является сок шпината, который составляет 50%. Также проведена характеристика целевых аудиторий, проведено обеззараживание растительного сырья, дана характеристика сырьевых компонентов, составлена технологическая схема приготовления, были определены органолептические и физико-химические показатели. Рассчитывалась пищевая и энергетическая ценность напитка, результаты показали, что в напитке на 250 мл содержится: 120 ккал, 2 г белков, 0,4 г жиров и 27 г углеводов.

### Список литературы

1. Блинникова О.М. Повышение пищевой ценности плодово-ягодных нектаров за счет использования нетрадиционного высококачественного местного сырья: дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2005. – 218 с.
2. ГОСТ 23768–94. Листья мяты перечной обмолоченные. Технические условия: утвержден и введен в действие Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 1 марта 1995 г. № 90: дата введения 1996–01–01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022845> (дата обращения 27.02.2022).
3. ГОСТ 32147–2013. Десерты фруктовые. Общие технические условия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. N 545–ст: дата введения 2015–07–01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105269> (дата обращения 27.02.2022).
4. ГОСТ 32220–2013. Вода питьевая, расфасованная в емкости. Общие технические условия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1606 – ст: дата введения 2015 07 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107341> (дата обращения 27.02.2022).
5. ГОСТ 34301–2017. Щавель и шпинат свежие. Технические условия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2017 г. N 1855–ст: дата введения 2018–07–01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157848> (дата обращения 27.02.2022).
6. ГОСТ 34314–2017. Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2017 г. N 2006 ст: дата введения 2018 07 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556348922> (дата обращения 27.02.2022).
7. ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 сентября 2016 г. N 1147– ст: дата введения 2017–07–01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139405> (дата обращения 27.04.2022).

8. Гусейнова Р.Э., Сергеева Е.А. Правильное питание: сборник. – Пенза: Наука и просвещение, 2020. – С. 232-234.

9. Перспективы и риски использования регионального растительного сырья в производстве кондитерских изделий / Е.В. Алексеенко, Ю.В. Николаева, С.К. Жаббарова, И.Б. Исабаев, М.Т. Курбанов // Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста. 2018. С. 565-573.

10. ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки: утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 881: с изменениями на 14 сентября 2018 года. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения 27.02.2022).

11. Экология. URL: [https://ekologi.ru/images/docs/Pasport\\_activator\\_Super-Plus.pdf](https://ekologi.ru/images/docs/Pasport_activator_Super-Plus.pdf) (дата обращения 23.03.2022).

12. El-Sayed S. M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. Giza: CellPress Publ., 2020. Pp. 1–6.

13. Slavin J.L., Lloyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables // *Advances in Nutrition*. 2012. Pp. 506-516.

14. Suresh L., Kalaivani A.C. Nutritional activity, antioxidant and anti-arthritic activity of selected green leafy vegetables // *International Journal of Home Science*. 2016. Pp. 85–88.

15. Vitamin K metabolism as the potential missing link between lung damage and thromboembolism in Coronavirus disease / R. Janssen, M.P.J. Visser, A.S.M. Dofferhoff, C. Vermeer, W. Janssens, J. Walk. // *British Journal of Nutrition*. 2021. Pp. 191–198.

**Айвазова Регина Эдуардовна** – магистрант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: [tanichka1996@yandex.ru](mailto:tanichka1996@yandex.ru)

**Джабакова Анна Эдуардовна** – старший преподаватель кафедры пищевой безопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: [dzhabakovaae@mgupp.ru](mailto:dzhabakovaae@mgupp.ru)

**Сафонов Максим Сергеевич** – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: [maksim.safonov.msk@mail.ru](mailto:maksim.safonov.msk@mail.ru)

**Суворов Олег Александрович** – доктор технических наук, профессор кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: [79264003948@ya.ru](mailto:79264003948@ya.ru)

---

UDC 663.86+664.76

**R. Ayvazova, A. Dzhabakova, M. Safonov, O. Suvorov**

## **DEVELOPMENT OF A NEW DRINK USING RAW MATERIALS OF PLANT ORIGIN AND TECHNOLOGY OF ITS PREPARATION**

**Keywords:** spinach, safety, disinfection, properties and chemical composition, application.

**Abstract.** Spinach belongs to leafy vegetables, it is rich in a variety of chemical elements, enriched mainly with water-soluble vitamins, as well as fat-soluble (E, K, A), especially carotenoids, phenolic compounds, in particular flavonoids (quercetin, kaempferol), derivatives patuletin, spinacetin, spinatoside, jaseidin and flavone. Of the bioflavonoids, quercetin and rutin can be noted separately, which have antioxidant properties and are capable of being hydrogen donors due to the ortho-hydroxyls of the phenolic ring C. Therefore, spinach is beneficial for the human body. It also has a low-calorie content and is a source of minerals (potassium, magnesium, iron, manganese and especially silicon), which are quite stable during heat treatment. All this justifies such a large demand for a product that is constantly growing. The purpose of the research is to develop a new drink using raw materials of plant origin. The drink was prepared on the basis of

apple raw materials. The constituent components were raspberries and mint leaves. Enrichment was carried out by adding spinach, which has a tonic and gel-forming property. Four forms of introducing spinach into the drink recipe were studied: dry and fresh leaves, extracts and juice. The best result was obtained when using leaves that were treated for disinfection with the Anolyte disinfectant by using a Super-Plus household electric water activator. The drink has 28% solids, acidity at pH 5.0. The sedimentation time of suspended particles was 2 hours. The technological process for the production of the drink consists in the processing of spinach and mint leaves, the preparation of apple puree, the combination and grinding of all components, portioning, vacuuming, storage, logistics and sales. The finished drink had the property of a liquid with a constant emerald-colored sediment, with a sweet, berry aroma and taste, and an inhomogeneous consistency. Contains 2 g of protein, 0.4 g of fat, 27 g of carbohydrates, and an energy value of 120 kcal. The product is low in calories.

### References

1. Blinnikova O.M. Increasing the nutritional value of fruit and berry nectars through the use of non-traditional high-quality local raw materials: dissertation of the Candidate of Technical Sciences. – Saint-Petersburg, 2005. – 218 p.
2. State standard 23768–94. Peppermint leaves, ground. Technical conditions: approved and put into effect by the Resolution of the Committee of the Russian Federation for Standardization, Metrology and Certification of March 1, 1995. No 90: date of introduction 1996. 01. 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200022845> (date of application 27.02.2022).
3. State standard 32147–2013. Fruit desserts. General technical conditions: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated August 28, 2013 N 545–st: date of introduction 2015-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105269> date of application 27.02.2022).
4. State standard 32220–2013. Drinking water, packaged in containers. General technical conditions: approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 22, 2013 No. 1606 – st: date of introduction. 2015 07 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200107341> (date of application 27.02.2022).
5. State standard 34301–2017. Sorrel and spinach are fresh. Technical conditions: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 30, 2017 N 1855–st: date of introduction. 2018. 07. 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200157848> (date of application 27.02.2022).
6. State standard 34314–2017. Fresh apples sold in retail. Technical conditions: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 15, 2017 No 2006 st: date of introduction 2018 07 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556348922> (date of application 27.02.2022).
7. State standard ISO 6658–2016. Organoleptic analysis. Methodology. General Guidance: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated September 16, 2016. No 1147–st: date of introduction 2017. 07. 01. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139405> (date of application 27.04.2022).
8. Gusejnova R.E., Sergeeva E.A. Proper nutrition: a collection. Penza: Nauka i prosveshchenie Publ., 2020. Pp. 232–234.
9. Prospects and risks of using regional vegetable raw materials in confectionery production / E.V. Alekseenko, Yu.V. Nikolaeva, S.K. Zhabbarova, I.B. Isabaev, M.T. Kurbanov // Advanced food technologies: state, trends, growth points. 2018. Pp. 565-573.
10. Technical Regulations of the Customs Union 022/2011. Food products in terms of their labeling: approved by the Decision of the Customs Union Commission of December 9, 2011 No 881: as amended on September 14, 2018. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902320347> (дата обращения 27.02.2022).
11. Экология. URL: [https://ekologi.ru/images/docs/Pasport\\_activator\\_Super-Plus.pdf](https://ekologi.ru/images/docs/Pasport_activator_Super-Plus.pdf) (date of application 23.03.2022).

12. El-Sayed S. M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. Giza: CellPress Publ., 2020. Pp. 1–6.
13. Slavin J.L., Lloyd B. Health Benefits of Fruits and Vegetables // *Advances in Nutrition*. 2012. Pp. 506-516.
14. Suresh L., Kalaivani A.C. Nutritional activity, antioxidant and anti-arthritic activity of selected green leafy vegetables // *International Journal of Home Science*. 2016. Pp. 85–88.
15. Vitamin K metabolism as the potential missing link between lung damage and thromboembolism in Coronavirus disease / R. Janssen, M.P.J. Visser, A.S.M. Dofferhoff, C. Vermeer, W. Janssens, J. Walk. // *British Journal of Nutrition*. 2021. Pp. 191–198.

**Aivazova Regina** – undergraduate student of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: tanichka1996@yandex.ru

**Dzhabakova Anna** – Senior Lecturer, Department of Food Safety, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: dzhabakovae@mgupp.ru

**Safonov Maksim** – post-graduate student of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: maksim.safonov.msk@mail.ru

**Suvorov Oleg** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: 79264003948@ya.ru

Кузнецов А.Л., Соловьева А.О., Васюкова А.Т., Суворов О.А.

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ ПРОФИЛЬ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

**Ключевые слова:** Жирнокислотный профиль, пищевые системы, филе атлантической семги, электрохимически активированный раствор, безопасность, срок годности.

**Аннотация.** Появление новых видов и способов обработки пищевых продуктов требует изучения влияния на компоненты пищевых систем. Рыбные продукты являются важной частью рациона человека, но в результате хранения показатели их качества и безопасности снижаются. Эффективным способом обеспечения биологической безопасности рыбного сырья является использование электрохимически активированных растворов (ЭХАР), полученных посредством высоковольтного диафрагменного электролиза. Целью исследования являлось изучение влияния различных концентраций ЭХАР на жирнокислотный профиль пищевых систем на примере рыбного жира из филе атлантической семги (*Salmo salar*) в период срока хранения. В экспериментах использовался готовый ЭХАР с концентрацией активного хлора (далее Сах) 500 мг/л (0,05%) из которого были приготовлены рабочие ЭХАР с разбавлением 50% и 15%, что соответствует Сах – 250 мг/л (0,025%) и Сах – 75 мг/л (0,0075%). Концентрацию ЭХАР подбирали опытным путем с целью определения оптимальной концентрации, при которой не происходило разрушение жирных кислот (далее ЖК) изучаемых образцов. Определение проводилось методом газовой хроматографии при помощи хроматографа Кристалл-2000М. Сравнение проводили с контрольными образцами. Идентификация пиков метиловых эфиров ЖК испытуемых проб позволила определить рекомендуемую рабочую концентрацию активного хлора ЭХАР, равную 75 мг/л, при которой содержание полиненасыщенных жирных кислот статистически не снижается. Результаты исследований могут быть использованы для обеспечения качества и биологической безопасности рыбного филе с учётом особенностей воздействия ЭХАР на отдельные компоненты пищевых систем.

### Введение

Вопрос сохранения качества пищевых продуктов с течением времени не теряет своей актуальности и приобретает все большую значимость для производителей. Появление новых видов и способов обработки пищевых продуктов требует изучения влияния на компоненты пищевых систем. В этой связи разработка способов, нацеленных на повышение уровня безопасности продукции и ее качества при хранении, является одной из важнейших задач специалистов пищевой отрасли.

Наряду с ростом уровня жизни населения постепенно растет и осознанность потребительских расходов, а минимально обработанные или свежие продукты пользуются популярностью из-за своей высокой питательной ценности [7]. Охлажденная рыба пользуется повышенным спросом, так как обладает высоким содержанием незаменимых макро- и микронутриентов. Для потребителя решающее значение имеет биологическая безопасность пищевой продукции. Лучший способ снизить количество заболеваний пищевого происхождения – это обеспечение безопасности поставок продовольствия [13, 14]. Таким образом, повышение эффективности обеззараживания оборудования и сырья на предприятии для производства высококачественных, биологически безопасных пищевых продуктов перед их поставкой на рынок является критически важным этапом технологии пищевого производства [8].

Электрохимически активированные растворы (далее ЭХАР) имеют высокий потенциал применения в пищевой промышленности [1, 2, 12, 17, 20]. Известна успешная практика применения ЭХАР для инактивации бактерий и паразитов на сырой рыбе без изменения её вкусовых характеристик [6, 21, 23], а также в отношении *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* и *Listeria monocytogenes* [10, 11, 19, 23]. Указанные микроорганизмы могут являться не только причиной скорой порчи продукции, но и впоследствии приводить к пищевым отравлениям [5, 22].

Эффективным свойством ЭХАР является их способность непосредственно на свежих пищевых продуктах снижать количество присутствующих микроорганизмов или патогенов, что может иметь перспективу снижения использования пестицидов [15].

Ключевыми задачами ранее проведенных отечественных и зарубежных научных исследований состава рыбы было выделение и идентификация полезных компонентов с последующей демонстрацией их влияния на здоровье. Большое внимание было уделено полиненасыщенным жирным кислотам (ПНЖК), эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозапентаеновой кислотам (ДГК), в частности [3, 4, 18]. Данные соединения являются основными показателями пользы мяса рыбы для здоровья человека [13].

Определение жирнокислотного профиля позволяет получить информацию о качественном составе исследуемых жиров. Процентное соотношение метиловых эфиров жирных кислот является показателем качества продукции, но при этом не регламентируется нормативной документацией в области безопасности. Известно [4], что существует закономерность между содержанием в рыбном жире Омега-3 ПНЖК и качеством исходного сырья.

Согласно данным предшествующих исследований потребление ПНЖК, имеющих морское происхождение, снижает концентрацию триглицеридов в сыворотке крови на 25-30%, что на 17-19% ниже эффективности других препаратов, способных снизить этот уровень. ПНЖК обладают доказанной эффективностью и небольшим количеством противопоказаний, а также отсутствием серьезных побочных эффектов, поэтому они одобрены в качестве пищевой добавки управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов FDA.

Несмотря на похожие названия и общее происхождение, между рыбьим и рыбным жиром есть существенная разница – сырье, из которого производятся эти добавки, а следовательно, содержание полезных веществ и результат от их применения. Рыбий жир представляет собой вытяжку из печени рыб жирных пород, в то время как рыбный жир получают из самой тушки рыбы – используют мышечное мясо, а также прилегающий к нему подкожный жир. Регулярное потребление рыбы и морепродуктов с большим содержанием ПНЖК положительно влияет на состояние сердечнососудистой системы человека. Кроме того, данные о потреблении пищи населением показали большой дефицит альфа-липовой кислоты (АЛК) и Омега-3 жирных кислот по сравнению с рекомендациями (среднее потребление АЛК и ЭПК + ДГК 1,4 г/сут. и 209 мг/сут., соответственно) [8].

Исследования в Бельгии показали, что обогащение обычно употребляемых продуктов питания ПНЖК дает возможность увеличить их среднее потребление до 6,5 г/сут. и сбалансировать соотношение Омега-6 и Омега-3 жирных кислот в рационе. Свежая рыба является основным природным источником ПНЖК. Поскольку в настоящее время существует дефицит потребления рыбы, многие исследования направлены на оценку возможности получения рекомендуемого уровня Омега-3 ПНЖК из пищи. Оказалось, что при помощи добавок этого уровня достигают только 5% потребителей. Из всех продуктов, обогащенных Омега-3 ПНЖК на рынке, по потреблению лидируют маргарин и кулинарный жир [6, 7, 15].

Результаты изучения статистики показали, что между потреблением и рекомендуемым значением ЭПК и ДГК остается большой разрыв (среднее значение = 276 мг/сут.). Рыба и морепродукты остаются самым важным источником ЭПК и ДГК. Только 11,6% населения достигают уровня потребления 500 мг ЭПК и ДГК в день [8]. Исследования показывают, что для увеличения потребления ЭПК и ДГК в долгосрочной перспективе потребуются пролонгация срока годности свежей рыбы и морепродуктов.

Кроме обеспечения безопасности сырья и пищевой продукции важным является исследование влияния ЭХАР на их качество, в частности, на состав ЖК.

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния различных концентраций ЭХАР на жирнокислотный профиль пищевых систем на примере рыбного жира из филе атлантической семги (*Salmo salar*) в период срока хранения.

### Объекты и методы исследования

Для проведения исследований влияния ЭХАР на жирнокислотный профиль рыбного жира было использовано охлажденное филе семги атлантической (*Salmo salar*). В ходе испытаний были проанализированы три пробы: филе, не прошедшее обработку, и филе, обработанное при различных концентрациях ЭХАР.

В экспериментах использовали готовый ЭХАР с концентрацией активного хлора (далее Сах) 500 мг/л (0,05%), из которого были приготовлены рабочие ЭХАР с разбавлением 50% и 15%, что соответствует Сах – 250 мг/л (0,025%) и Сах – 75 мг/л (0,0075%) ЭХАР, которые подбирали опытным путем для определения оптимальной концентрации, при которой не разрушались ЖК изучаемых образцов. Разбавление осуществлялось очищенной водой питьевого качества. Для определения состава ЖК рыбный жир экстрагировали из анализируемой пробы арбитражным методом с помощью петролейного эфира в экстракционном аппарате Сокслета (Simax, Чехия). Для этого в колбу помещали филе рыбы весом 1 г и к навеске добавляли раствор метилата натрия в метаноле. С помощью обратного холодильника, соединенного с колбой, после снижения температуры стабилизировали смесь. Путем доведения до кипения на водяной бане получали прозрачный раствор, к которому на следующем этапе добавляли метанольный раствор хлористого водорода. Содержимое колбы двукратно экстрагировали гептаном. Экстракты высушивали фильтрованием через слой безводного сульфата натрия. Определение содержания метиловых эфиров жирных кислот проводили методом газовой хроматографии при помощи хроматографа Кристалл-2000М (Россия). Методика проведения исследований была основана на ГОСТ 31663-2012. В работе использовали колонку газохроматографическую насадочную из нержавеющей стали. Пробы объемом 1 мкл вводили в подготовленные виалы. Закол пробы производили при температурах 100°C и 230°C. Газовую смесь гелия и азота подавали под давлением 262 кПа. В качестве стандарта для заколов использовали смесь из 37 метиловых эфиров чистых ЖК (Supelco 37 Component FAME Mix, TraceCERT, США). Анализ стандартной смеси проводили в изотермических условиях, идентичных таковым для определения метиловых эфиров ЖК испытуемых проб. Измеряли объемы удерживания метиловых эфиров ЖК. Исходя из полученных данных, строили график логарифмической зависимости объема удерживания от длины цепи для метиловых эфиров ЖК. Расчет результатов заколов производили методом процентной нормализации по площади пиков. Жирнокислотный состав филе рыбы определяли через 24 часа после обработки, что было обосновано особенностями воздействия ЭХАР.

### Результаты исследований

Результаты хроматографического определения жирнокислотного состава филе семги атлантической без обработки ЭХАР представлено на рисунке 1.

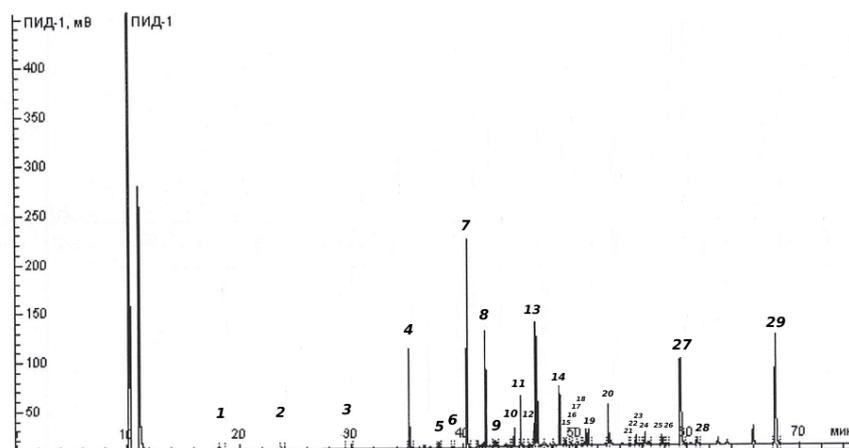


Рисунок 1. Хроматограммы пиков метиловых эфиров жирных кислот филе семги без обработки

Как видно из рисунка 1 исходное сырье характеризуется высоким содержанием Омега-3 ПНЖК и балансом соотношения Омега-3 и Омега-6 жирных кислот, что свидетельствует о высоком качестве и подлинности рыбного жира. Это заключение основывается на содержании гамма-линоленовой (С 18:3), эйкозатриеновой (С 20:3), эйкозапентаеновой (С 20:5) и докозагексаеновой (С 22:6) жирных кислот (ЖК). Их числовые значения по расчетам из площади пиков являются высокими и характерными для рыбного сырья.

Влияние на состав ЖК в испытуемых образцах, подверженных обработке ЭХАР с Сах 250 мг/л представлено на рисунке 2.

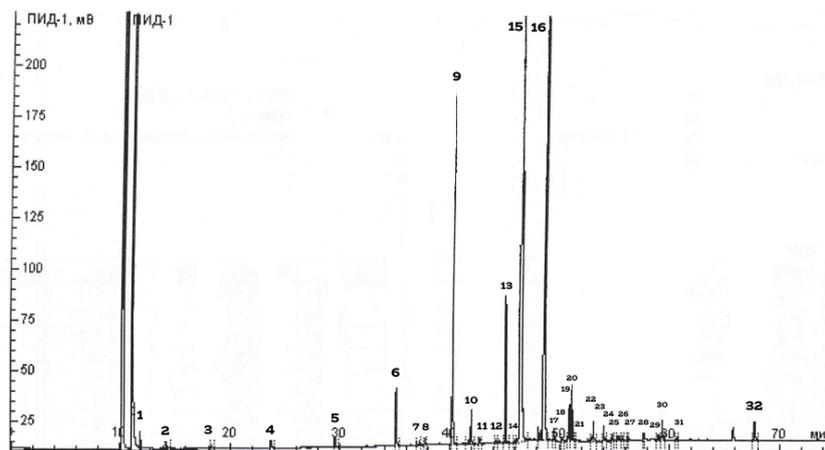


Рисунок 2. Хроматограммы пиков метиловых эфиров жирных кислот филе семги, обработанной ЭХАР с Сах 250 мг/л

Пики хроматограммы свидетельствовали о значительном снижении количества и процентного содержания ЖК. ЭХАР с Сах 250 мг/л оказало разрушающее действие на ЖК экстрагированного рыбного жира. Выявлен почти полный распад таких ЖК, как гамма-линоленовой (С 18:3), эйкозатриеновой (С 20:3), эйкозапентаеновой (С 20:5) и докозагексаеновой (С 22:6). Одновременно в обработанных образцах были идентифицированы ЖК, не обнаруженные в необработанных пробах: метилбутират (С 4:0), этилгексаноат (С 6:0), миристолеат (С 14:01). Результаты свидетельствуют об избыточном воздействии ЭХАР.

В связи с этим опытным путем была подобрана уменьшенная и в дальнейшем рекомендуемая концентрация Сах 75 мг/л, не нарушающая жирнокислотный состав обработанных образцов. Результаты исследования воздействия Сах 75 мг/л приведены на рисунке 3.

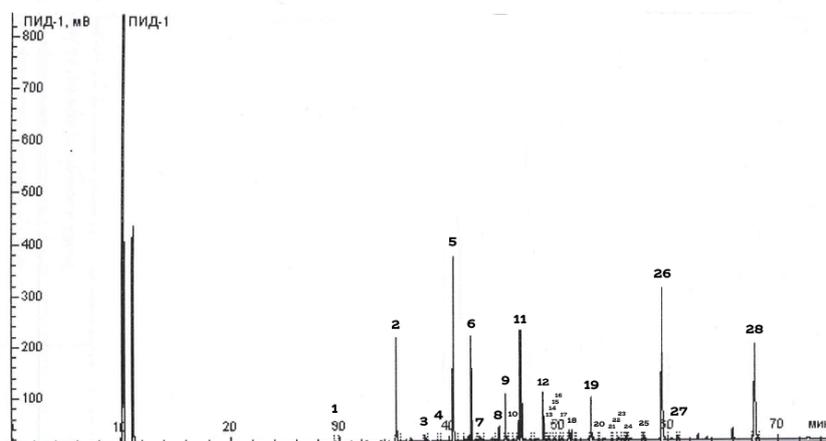


Рисунок 3. Хроматограммы пиков метиловых эфиров жирных кислот филе семги, обработанной ЭХАР с Сах 75 мг/л

Полученные результаты свидетельствуют, что при применении ЭХАР с концентрацией Сах 75 мг/л состав ЖК практически не отличался от такового у необработанных образцов (рисунок 1). В обработанных ЭХАР с Сах 75 мг/л образцах присутствовало высокое содержание Омега-3 ПНЖК, баланс соотношения Омега-3 и Омега-6 ЖК не был нарушен. Содержание некоторых ключевых ЖК было снижено незначительно.

Данные хроматограмм были пересчитаны методом процентной нормализации по площади пиков в процентные соотношения метиловых эфиров ЖК. Был произведен расчет результатов по компонентам для каждого вида проб, результаты приведены в таблицах 1, 2, 3.

Таблица 1. Расчет процентной концентрации метиловых эфиров жирных кислот филе семги без обработки

№	Время, мин.	Компонент	Площадь	Высота	Концентрация (%)
1	18.234	C 8:0 Methyl octanoate	18.711	2.593	0,2801
2	23.685	C 10:0 Methyl decanoate	12.466	1.757	0,1871
3	29.562	C 12:0 Methyl laurate	9.194	1.275	0,1381
4	35.120	C 14:0 Methyl miristate	472.279	102.833	7,0761
5	37.829	C 15:0 Methyl pentadecanoate	29.948	6.113	0,4491
6	39.142	C 15:01 cis-10-Pentadecenoic ame	4.651	0.920	0,0701
7	40.392	C 16:0 Methyl Palmitate	972.562	213.114	14,5721
8	42.047	C 16:01 Methyl Palmitoleate	615.876	118.944	9,2281
9	42.827	C 17:0 Methyl heptadecanoate	58.364	6.638	0,8741
10	44.344	C 17:01 cis-10-Heptadecenoic ame	8.819	2.283	0,1321
11	45.185	C 18:0 Methyl stearate	207.854	51.794	3,1141
12	45.981	C 18:01 trans-9-Elaidic ame	17.943	2.289	0,2691
13	46.563	C 18:1 cis-9-Oleic ame	886.124	127.990	13,2771
14	48.677	C 18:2 Methyl Linoleate	328.688	62.797	4,9251
15	49.188	C 20:0 Methil Arachidate	27.363	5.999	0,4101
16	49.713	C 20:4 Methyl cis-5,8,11,14-Eicosatetraenoic	19.060	3.731	0,2861
17	50.345	C 18:3 gamma-Linolenic ame	18.923	3.748	0,2841
18	51.056	C 20:1 Methyl cis-11-eicosenoate	91.509	17.042	1,3711
19	51.258	C 18:3 Methyl Linolenate	83.709	16.112	1,2541
20	53.019	C 20:2 cis-11,14-Eicosadienoic ame	202.772	41.585	3,0381
21	54.924	C 20:3 cis-8,11,14-Eicosatrienoic ame	8.845	1.884	0,1331
22	55.506	C 22:1 Methyl Erucate	64.696	11.067	0,9691
23	55.918	C 20:3 cis-11,14,17-Eicosatrienoic ame	12.011	1.679	0,1801
24	56.306	C 23:0 Methyl tricosanoate	104.689	14.018	1,5691
25	57.806	C 22:2 cis-13-16-Docosadienoic ame	55.942	10.037	0,8381
26	58.328	C 24:0 Methyl lignocerate	5.165	0.911	0,0771
27	59.487	C 20:5 Methyl cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoate	1313.984	202.172	19,6881
28	60.937	C 24:1 Methyl Nervonate	42.613	6.883	0,6381
29	67.960	C 22:6 cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoate	979.322	114.240	14,6741

Результаты расчетов демонстрируют высокую площадь пиков эйкозапентаеновой (С 20:5) и докозагексаеновой (С 22:6) ЖК, что свидетельствует о высоком качестве филе рыбы. Количество Омега-3 ПНЖК в исходном сырье соответствовало нормальным показателям рыбного жира.

В таблице 2 приведены данные хроматограммы для образца, обработанного ЭХАР с Сах 250 мг/л.

Таблица 2. Расчет процентной концентрации метиловых эфиров жирных кислот филе семги, обработанной ЭХАР с Сах 250 мг/л

№	Время, мин.	Компонент	Площадь	Высота	Концентрация (%)
1	11.823	C 4:0 Methyl butyrate	25.907	7.471	0,3331
2	14.188	C 6:0 Methyl hexanoate	18.198	3.314	0,2341
3	18.239	C 8:0 Methyl octanoate	11.099	1.502	0,1431
4	23.631	C 10:0 Methyl decanoate	25.174	3.733	0,3231
5	29.472	C 12:0 Methyl laurate	31.489	5.138	0,4051
6	35.058	C 14:0 Methyl miristate	145.735	28.626	1,8721
7	37.264	C 14:01 cis-9 Myristoleate ame	14.830	2.132	0,1911
8	37.754	C 15:0 Methyl pentadecanoate	16.069	3.234	0,2061
9	40.283	C 16:0 Methyl Palmitate	800.952	180.530	10,2901
10	41.969	C 16:01 Methyl Palmitoleate	95.015	17.173	1,2211
11	42.738	C 17:0 Methyl heptadecanoate	14.938	2.572	0,1921
12	44.269	C 17:01 cis-10-Heptadecenoic ame	5.520	1.295	0,0711
13	45.108	C 18:0 Methyl stearate	339.294	72.670	4,3591
14	46.080	C 18:01 trans-9-Elaidic ame	9.032	1.534	0,1161
15	46.542	C 18:1 cis-9-Oleic ame	2550.662	393.218	32,7691
16	48.687	C 18:2 Methyl Linoleate	3066.933	486.394	39,4021
17	49.562	C 20:0 Methil Arachidate	20.259	5.046	0,2601
18	50.291	C 18:3 gamma-Linolenic ame	5.825	1.051	0,0751
19	50.934	C 20:1 Methyl cis-11-eicosenoate	107.740	21.534	1,3841
20	51.178	C 18:3 Methyl Linolenate	136.166	27.921	1,7491
21	51.509	C 21:0 methyl heneicosanoate	5.053	1.081	0,0651
22	53.120	C 20:2 cis-11,14-Eicosadienoic ame	65.446	10.026	0,8411
23	54.075	C 22:0 Methyl docosanoate	34.132	7.622	0,4391
24	54.832	C 20:3 cis-8,11,14-Eicosatrienoic ame	15.487	3.079	0,1991
25	55.341	C 22:1 Methyl Erucate	22.578	2.382	0,2901
26	55.774	C 20:3 cis-11,14,17-Eicosatrienoic ame	11.372	2.176	0,1461
27	56.227	C 23:0 Methyl tricosanoate	8.803	1.872	0,1131
28	57.722	C 22:2 cis-13-16-Docosadienoic ame	19.397	3.504	0,2491
29	59.027	C 24:0 Methyl lignocerate	14.422	2.694	0,1851
30	59.365	C 20:5 Methyl cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoate	60.870	9.904	0,7821
31	60.723	C 24:1 Methyl Nervonate	8.674	1.621	0,1111
32	67.768	C 22:6 cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoate	76.712	9.417	0,9861

Полученные результаты указывают на потерю качественного состава липидов рыбы при обработке высокими концентрациями ЭХАР. Содержание эйкозапентаеновой и докозагексаеновой ЖК резко снижались, что является неприемлемым в контексте сохранения качества рыбного жира при его хранении. Результаты расчётов на более щадящую концентрацию 75 мг/л представлены в таблице 3.

Таблица 3. Расчет процентной концентрации метиловых эфиров жирных кислот филе семги, обработанной ЭХАР с Сах 75 мг/л

№	Время, мин.	Компонент	Площадь	Высота	Концентрация (%)
1	29.510	C 12:0 Methyl laurate	14.771	2.794	0,1271
2	35.120	C 14:0 Methyl miristate	880.654	203.567	7,5521
3	37.799	C 15:0 Methyl pentadecanoate	50.611	11.117	0,4341
4	39.119	C 15:01 cis-10-Pentadecenoic ame	10.276	1.728	0,0881
5	40.422	C 16:0 Methyl Palmitate	2059.979	360.451	17,6661
6	42.053	C 16:01 Methyl Palmitoleate	1070.130	205.480	9,1771
7	42.810	C 17:0 Methyl heptadecanoate	80.797	10.571	0,6931
8	44.327	C 17:01 cis-10-Heptadecenoic ame	13.562	3.405	0,1161
9	45.195	C 18:0 Methyl stearate	390.209	92.657	3,3461
10	46.112	C 18:01 trans-9-Eladic ame	14.560	1.863	0,1251
11	46.577	C 18:1 cis-9-Oleic ame	1592.139	218.387	13,6541
12	48.659	C 18:2 Methyl linoleate	494.978	90.806	4,2451
13	49.174	C20:0 Methil Arachidate	39.277	8.866	0,3371
14	49.701	C20:4 Methyl cis-5,,11,14-Eicocatetraenoic	32.435	6.952	0,2781
15	50.332	C 18:3 gamma-Linolenic ame	31.413	6.593	0,2691
16	51.051	C20:1 Methyl cis-11-eicosenoate	107.938	20.756	0,9261
17	51.243	C 18:3 Methyl Linolenate	100.206	18.817	0,8591
18	51.593	C21:0 methyl heneicosanoate	3.004	0.709	0,0261
19	53.006	C20:2 cis-11,14-Eicosadienoic ame	458.601	83.383	3,9331
20	53.732	C22:0 Methyl docosanoate	4.116	0.886	0,0351
21	54.909	C20:3 cis-8,11,14-Eicocatetraenoic ame	13.541	2.580	0,1161
22	55.496	C22:1 Methyl Erucate	36.171	4.958	0,3101
23	55.919	C20:3 cis-11,14,17-Eicocatetraenoic ame	17.574	2.460	0,1511
24	56.289	C23:0 Methyl tricosanoate	80.258	15.172	0,6881
25	57.793	C22:2 cis-13-16-Docosadienoic ame	77.223	13.940	0,6621
26	59.497	C20:5 Methyl cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoate	2122.792	303.293	18,2041
27	60.917	C24:1 Methyl Nervonate	55.828	8.952	0,4791
28	67.982	C22:6 cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoate	1807.816	189.429	15,5031

Все испытания проводились при одинаковых условиях по одной методике. Время воздействия ЭХАР на навески филе семги составило 24 часа при температуре хранения  $4\pm 2^\circ\text{C}$ . Равные условия проведения испытаний, позволяют исключить ухудшение качества рыбы, которое могло бы произойти под воздействием других внешних факторов [16].

В качестве эталона для сравнительной характеристики был взят жирнокислотный профиль филе рыбы, не прошедшей обработку. Основываясь на результатах исследований, можно утверждать, что наименьшего эффекта разрушения ЖК можно достигнуть снижением концентрации ЭХАР до 75 мг/л.

Качество рыбного жира в первую очередь определяется высоким содержанием ПНЖК, относящихся к группе Омега-3 [18]. Основными маркерами качества являются значения содержания эйкозапентаеновой и докозагексаеновой ЖК [3].

В настоящем исследовании определено влияние ЭХАР на профиль ЖК, содержащихся в рыбном жире. Понижение концентрации ЭХАР до  $75\text{ мг/л}$  не оказывало значительного негативного влияния на качественный состав: потеря ЖК составила 3%. Таким образом, основываясь на результатах проведенных исследований, можно сделать вывод, что обработка филе рыбы ЭХАР с концентрацией активного хлора  $75\text{ мг/л}$  после 24-часовой выдержки позволит одновременно сохранить качественный состав рыбного жира, предотвратить развитие микробной порчи [7] и обеспечит срок хранения.

### **Выводы**

1. Полученные результаты позволили установить зависимость изменений жирнокислотного профиля пищевых систем на примере рыбного жира от концентрации активного хлора ЭХАР.
2. Идентификация пиков метиловых эфиров ЖК испытуемых проб позволила определить рекомендуемую рабочую концентрацию активного хлора ЭХАР ( $75\text{ мг/л}$ ), при которой содержание ПНЖК статистически не снижается.
3. Результаты проведенного исследования показывают возможность применения ЭХАР при обеспечении биологической безопасности продуктов с высоким содержанием полезных жиров без потери их качества при кратковременном хранении.

### **Список литературы**

1. Бахир В.М. Электрохимическая активация. Изобретения, техника, технология. – Москва: ВИВА – СТАР, 2014. – С. 511.
2. Бывальцев А.И., Магомедов Г.О., Бывальцев В.А. Свойства активированной воды и ее использование в пищевой промышленности // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2008. – № 7. – С. 49-53.
3. Вытапливание жира в электрохимически активированной водной среде: технологические аспекты, безопасность и качество готового продукта / М.В. Горбачева, В.Е. Тарасов, А.И. Сапожникова, С.А. Калманович // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2020. – Т. 82. – № 1 (83). – С. 169-177.
4. Гаммель И.В., Запорожская Л.И., Магин Г.Ю. Получение и исследование осетрового рыбьего жира – источника омега – 3 и омега – 6 полиненасыщенных жирных кислот // Медицинский альманах. – 2013. – № 5. – С. 182-186.
5. Общая биология и микробиология / А.Ю. Просеков, Л.С. Солдатова, И.С. Разумникова, О.В. Козлова. – СПб: Проспект Науки, 2018. – С. 320.
6. Применение ЭХА – растворов в биотехнологии продуктов из рыбного и растительного сырья / Р.Г. Разумовская, А.И. Кассамединов, Тхи Хуе Као, Ван ХынгНгуен, О.В. Збродова // Вестник АГТУ. – 2011. – № 1. – С. 28-32.
7. Романова А.С. Использование физических методов для увеличения срока годности охлажденной рыбы: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург. 2018. – 20 с.

8. Adley C.C., Ryan M.P. The Nature and Extent of Foodborne Disease // *Antimicrobial Food Packaging*. – 2016. – Pp. 1-10.
9. Antimicrobial resistance in the food chain: a review / C. Verraes, S. Van Boxstael, E. Van Meervenne, E. Van Coillie, P. Butaye, B. Catry, M. DeSchaezen, X. Van Huffel, H. Imberechts, K. Dierick, G. Daube, C. Saegerman, J. De Block, J. Dewulf, L. Herman // *J Environ Res Public Health*. – 2013. – V. 10. – № 7. – P. 2643.
10. Bakhir V.M., Pogorelov A.G. Universal Electrochemical Technology for Environmental Protection // *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. – 2018. – 7(1). – Pp. 41-57.
11. Beeman M.G. Electrochemical Detection of E.coli O157:H7 in Water after Electrocatalytic and Ultraviolet Treatments Using a Polyguanine – Labeled Secondary Bead Sensor // *Sensors*. – 2018. – Pp. 18 – 1497.
12. Beet pulp dietary fiber exposed to an extremely low – frequency electromagnetic field: detoxification properties / M.Y. Tamova, E.V. Barashkina, N.R. Tretyakova, R.A. Zhuravlev, N.D. Penov // *Foods and raw materials*. – V. 9 (1). – P. 2-9.
13. Chemical composition of indigenous raw meats / V.G. Shelepov, V.A. Uglov, E.V. Boroday, V.M. Poznyakovsky // *Foods and Raw Materials*. – 2019. – 7(2). – P. 412-418.
14. Comparative study between the electro – activation technique and conventional extraction method on the extractability, composition and physicochemical properties of canola protein concentrates and isolates / A.A. Gerzhova, M. Benali, M. Mondor, M. Aider // *Food Bioscience*. – 2015. – Pp. 25-29.
15. Daily ingestion of alkaline electrolyzed water containing hydrogen influences human health, including gastrointestinal symptoms / Y. Tanaka [et al.] // *Medical gas research*. – 2018. – V. 8. – P. 160-167.
16. Ding T., Oh D.H., Liu D. Electrolyzed Water in Food: Fundamentals and Applications. – 2019. – Pp. 25-27.
17. Development of Portable Flow – Through Electrochemical Sanitizing Unit to Generate Near Neutral Electrolyzed Water / J. Zhang [et al.] // *Journal of Food Science*. – 2018. – 83(3). – P. 780-790.
18. Electrochemical activation as a fat rendering technology / M.V. Gorbacheva, V.E. Tarasov, S.A. Kalmanovich, A.I. Sapozhnikova // *Foods and raw materials*. – 2021. – V. 9 (1). – P. 32-42.
19. Electrochemically Reduced Water: Modification of the Incubation Medium and Oxidative Activity / A.G. Pogorelov [et al.]. – 2018. – V. 63. – N 1. – P. 21-27.
20. Electrochemical and Electrostatic Decomposition Technologies as A Means of Improving the Efficiency and Safety of Agricultural and Water Technologies / O.A. Suvorov [et al.] // *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*. – 2018. – 7(2). – P. 43-52.
21. Potential of Electrolyzed Water as an Alternative Disinfectant Agent in the Fresh – Cut Industry / M.I. Gil, V.M. Gómez – López, Y. C. Hung, A. Allende // *Food and Bioprocess Technology* – 2015. – 8(6). – P. 1336-1348.
22. Ridwan R.D. The Ability of Electrolyzed Reduced Water to Act as an Antioxidant and Anti – Inflammatory Agent in Chronic Periodontitis Wistar Rats (*Rattus novergicus*) // *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* – 2019. – V. 4. – P. 1-6.
23. Thorn R., Pendred J., Reynolds D.M. Assessing the antimicrobial potential of aerosolised electrochemically activated solutions (ECAS) for reducing the microbial bio – burden on fresh food produce held under cooled or cold storage conditions // *Food Microbiology*. – 2017. – P. 68, 41-50.

**Кузнецов Александр Львович** – кандидат технических наук, ведущий инженер-технолог, Акционерное общество «345 механический завод», 143900, Московская область, Балашиха, Западная промзона, ш. Энтузиастов, 7, e-mail: a.l.kuznetsov@bk.ru

**Соловьева Анастасия Олеговна** – аспирант, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: kytiama@mail.ru

**Васюкова Анна Тимофеевна** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

**Суворов Олег Александрович** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: suvorovOA@ya.ru

UDC 637.56

**A. Kuznetsov, A. Solovieva, A. Vasyukova, O. Suvorov**

## **INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED SOLUTIONS ON THE FATTY ACID PROFILE OF FOOD SYSTEMS**

**Keywords:** Fatty acid profile, food systems, Atlantic salmon fillet, electrochemically activated solution, safety, shelf life.

**Abstract:** The emergence of new types and methods of food processing requires studying the impact on the components of food systems. Fish products are an important part of the human diet, but as a result of storage, their quality and safety indicators are reduced. An effective way to ensure the biological safety of fish raw materials is the use of electrochemically activated solutions (ECAS) obtained by high-voltage diaphragm electrolysis. The aim of the study was to study the effect of various concentrations of ECAS on the fatty acid profile of food systems using the example of fish oil from Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillet during the shelf life. In the experiments, a ready-made ECAS with an active chlorine concentration (hereinafter Cach) of 500 mg/l (0.05%) was used, from which working ECAS were prepared with a dilution of 50% and 15%, which corresponds to Cach – 250 mg/l (0.025%) and Cach – 75 mg / l (0.0075%). The concentration of ECAS was selected experimentally in order to determine the optimal concentration at which the destruction of fatty acids (hereinafter FA) of the studied samples did not occur. The determination was carried out by gas chromatography using a Crystal-2000M chromatograph. Comparison was made with control samples. Identification of the peaks of FA methyl esters of the tested samples made it possible to determine the recommended working concentration of active chlorine ECAS equal to 75 mg/l, at which the content of polyunsaturated fatty acids does not statistically decrease. The research results can be used to ensure the quality and biological safety of fish fillets, taking into account the specific effects of ECAS on individual components of food systems.

### **References**

1. Bakhir V.M. electrochemical activation. Inventions, technique, technology. – Moscow: VIVA – STAR Publ., 2014. – P. 511.
2. Byvaltsev A.I., Magomedov G.O., Byvaltsev V.A. Properties of activated water and its use in the food industry // Storage and processing of agricultural raw materials. – 2008. – No. 7. – Pp. 49-53.
3. Fat melting in an electrochemically activated aqueous medium: technological aspects, safety and quality of the finished product / M.V. Gorbachev, V.E. Tarasov, A.I. Sapozhnikova, S.A. Kalmanovich // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2020. – Vol. 82. – No. 1 (83). – Pp. 169-177.
4. Gammel I.V., Zaporozhskaya L.I., Magin G.Yu. Preparation and study of sturgeon fish oil - a source of omega - 3 and omega - 6 polyunsaturated fatty acids // Medical Almanac. – 2013. – No. 5. – Pp. 182-186.
5. General biology and microbiology / A.Yu. Prosekov, L.S. Soldatova, I.S. Razumnikova, O.V. Kozlov. – St. Petersburg: Prospekt Nauki Publ., 2018. – P. 320.

6. Application of ECA – solutions in the biotechnology of products from fish and vegetable raw materials / R.G. Razumovskaya, A.I. Kassamedinov, Thi Hue Kao, Van Hung Nguyen, O.V. Zbrodova // *Vestnik ASTU*. – 2011. – No 1. – Pp. 28-32.
7. Romanova A.S. Using physical methods to increase the shelf life of chilled fish. Abstract of diss. for the degree of Cand. tech. – Ekaterinburg, 2018. – 20 p.
8. Adley C.C., Ryan M.P. The Nature and Extent of Foodborne Disease // *Antimicrobial Food Packaging*. – 2016. – Pp. 1-10.
9. Antimicrobial resistance in the food chain: a review / C. Verraes, S. Van Boxstael, E. Van Meervenne, E. Van Coillie, P. Butaye, B. Catry, M. DeSchaezen, X. Van Huffel, H. Imberechts, K. Dierick, G. Daube, C. Saegerman, J. De Block, J. Dewulf, L. Herman // *J Environ Res Public Health* – 2013. – V. 10. – № 7. – P. 2643.
10. Bakhir V.M., Pogorelov A.G. Universal Electrochemical Technology for Environmental Protection // *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*. – 2018. – 7(1). – Pp. 41-57.
11. Beeman M.G. Electrochemical Detection of E.coli O157:H7 in Water after Electrocatalytic and Ultraviolet Treatments Using a Polyguanine – Labeled Secondary Bead Sensor // *Sensors*. – 2018. – Pp. 18-1497.
12. Beet pulp dietary fiber exposed to an extremely low – frequency electromagnetic field: detoxification properties / M.Y. Tamova, E.V. Barashkina, N.R. Tretyakova, R.A. Zhuravlev, N.D. Penov // *Foods and raw materials*. – V. 9 (1). – P. 2-9.
13. Chemical composition of indigenous raw meats / V.G. Shelepov, V.A. Uglov, E.V. Boroday, V.M. Poznyakovsky // *Foods and Raw Materials*. – 2019. – 7(2). – P. 412-418.
14. Comparative study between the electro – activation technique and conventional extraction method on the extractability, composition and physicochemical properties of canola protein concentrates and isolates / A.A. Gerzhova, M. Benali, M. Mondor, M. Aider // *Food Bioscience*. 2015. Pp. 25-29.
15. Daily ingestion of alkaline electrolyzed water containing hydrogen influences human health, including gastrointestinal symptoms / Y. Tanaka [et al.] // *Medical gas research*. – 2018. – V. 8. – P. 160-167.
16. Ding T., Oh D.H., Liu D. Electrolyzed Water in Food: Fundamentals and Applications. – 2019. – Pp. 25-27.
17. Development of Portable Flow – Through Electrochemical Sanitizing Unit to Generate Near Neutral Electrolyzed Water / J. Zhang [et al.] // *Journal of Food Science*. – 2018. – 83(3). – P. 780-790.
18. Electrochemical activation as a fat rendering technology / M.V. Gorbacheva, V.E. Tarasov, S.A. Kalmanovich, A.I. Sapozhnikova // *Foods and raw materials*. – 2021. – V. 9 (1). – P. 32-42.
19. Electrochemically Reduced Water: Modification of the Incubation Medium and Oxidative Activity / A.G. Pogorelov [et al.]. – 2018. – V. 63. – N 1. – P. 21-27.
20. Electrochemical and Electrostatic Decomposition Technologies as A Means of Improving the Efficiency and Safety of Agricultural and Water Technologies / O.A. Suvorov [et al.] // *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*. – 2018. – 7(2). – P. 43-52.
21. Potential of Electrolyzed Water as an Alternative Disinfectant Agent in the Fresh – Cut Industry / M.I. Gil, V.M. Gómez – López, Y.C. Hung, A. Allende // *Food and Bioprocess Technology* – 2015. – 8(6). – P. 1336-1348.
22. Ridwan R.D. The Ability of Electrolyzed Reduced Water to Act as an Antioxidant and Anti – Inflammatory Agent in Chronic Periodontitis Wistar Rats (*Rattus novergicus*) // *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* – 2019. – V. 4. – P. 1-6.
23. Thorn R., Pendred J., Reynolds D.M. Assessing the antimicrobial potential of aerosolised electrochemically activated solutions (ECAS) for reducing the microbial bio – burden on fresh

food produce held under cooled or cold storage conditions // Food Microbiology. – 2017. – P. 68, 41-50.

**Kuznetsov Alexander** – Candidate of Technical Sciences, Leading Process Engineer, Joint Stock Company "345 Mechanical Plant", 143900, Moscow Region, Balashikha, Western Industrial Zone, sh. Entuziastov, 7, e-mail: a.l. kuznetsov@bk.ru

**Anastasia Olegovna** – post-graduate student, of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: kytiana@mail.ru

**Vasyukova Anna** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

**Suvorov Oleg** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: suvorovOA@ya.ru

**Васюкова А.Т., Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Алексеев А.Е., Дышекова М.М.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БЕЛКОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ ЭРИТРИТОЛА**

**Ключевые слова:** белковая смесь, пенообразование, сахарозаменитель, эритритол.

**Аннотация.** В статье приведен краткий анализ использования натуральных сахарозаменителей в производстве отделочных полуфабрикатов. Показана возможность снижения как общей калорийности продукта, так и потребления сахара в целом, отрицательно влияющего на организм человека. Рассмотрен процесс пенообразования как важный и определяющий в приготовлении отделочного полуфабриката. Цель работы – повышение качества отделочных полуфабрикатов, обогащенных нетрадиционными растительными добавками – подсластителем эритритолом. Объектами исследования являлась белково-углеводная смесь, приготовленная на основе яичного белка и пектина. Установлена зависимость между интенсивностью взбивания и пенообразующими свойствами сбивного полуфабриката – основой для производства отделочного полуфабриката. При взбивании 100 г рецептурной смеси при 560 об/мин. миксера объем увеличился в 1,5 раза, при дальнейшем увеличении интенсивности взбивания до 1200 об/мин. был отмечен максимальный объем, увеличившийся по сравнению с исходным в 4 раза. При увеличении интенсивности взбивания до 2000 об/мин. происходит разжижение структуры отделочного полуфабриката. Для экспериментального образца отделочного полуфабриката характерно максимальное повышение пенообразующей способности в области рН 5,2–5,4. В изоэлектрической точке, соответствующей рН 5,5–7,0, белковые растворы проявляют максимальную пенообразующую способность при температуре 20°C. Анализ полученных данных показывает, что в начале сбивания раствора система активно насыщается воздухом, образуются пузырьки воздуха, которые разделяются. Это приводит к резкому увеличению количества воздуха в смеси и сильному снижению плотности всей сбиваемой массы. Достигнув максимального значения, объемная концентрация воздуха незначительное время остается постоянной, после чего постепенно уменьшается.

### **Введение**

Пенообразование или способность белков образовывать высококонцентрированные системы жидкость-газ, принято называть пенами. Их образование, способствующее получению пенообразующей структуры различными белками (молока, сливок, яйца) возможно в связи с их способностью понижать поверхностное натяжение на грани раздела жидкость-газ. Рядом исследований установлено, что отличными пенообразующими свойствами обладают белки яиц, казеинаты и некоторые растительные белки. Так, Иванова С.А. [3] отмечает, что молочные белки традиционно добавляют для стабилизации различных пищевых продуктов, в том числе и с пенной структурой. Распределение по методу Эрланга пузырьков белковой пены позволили моделировать структуры, в которых более устойчивыми являлись пены белковых растворов с концентрацией от 12%. Концентраты с самым высоким содержанием белка (16%) имели не только большую вспениваемость, но и большую стабилизирующую характеристику [3]. Плотность белковых образцов также увеличивалась с увеличением концентрации белков [10]. У белковых концентратов риса, гидролизованых с помощью ферментных препаратов (БГК), наблюдалась, как отмечают Колпакова В.В., Чумикина Л.В., Арабова Л.И. [4], более высокая растворимость, водосвязывающая, пенообразующая способности, тогда как жиросвязывающие и жироземальгирующие свойства, наоборот, были более низкими, чем у белковых концентратов (БК), не проявляющих протеолизу. Пенообразующая способность у БГК из белого риса равнялась пенообразующей способности яичного альбумина (300%).

К наиболее БК относятся дисперсные системы (эмульсии, пены, суспензии) [5]. Целью данной работы являлось повышение качества отделочных полуфабрикатов, обогащенных нетрадиционными растительными добавками – подсластителем эритритолом.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась белково-углеводная смесь, приготовленная на основе яичного белка и пектина. Массовую долю белка в продукте оценивают по методу Кьельдаля. Плотность полученных образцов определяли по объему вытесненной жидкости заранее взвешенных изделий согласно методике, приведенной в ГОСТ 5902-80 [2].

### Результаты исследований

Пенообразование как процесс играет важную роль при приготовлении отделочного полуфабриката. Для изучения влияния продолжительности и интенсивности технологического процесса были проведены эксперименты, различающиеся по времени сбивания и используемой мощности миксера. Проводился эксперимент, при котором взбивали рецептурную смесь для приготовления отделочного полуфабриката при температуре 20°C, в различных временных промежутках от 2 до 15 минут. При сбивании 100 г рецептурной смеси в течение 2 минут объем образовавшейся пены составил 140 см<sup>3</sup>. При увеличении продолжительности взбивания до 10-12 минут увеличивался объем смеси, что указывает на повышение ее пенообразующих свойств. При взбивании в течение 12 минут был достигнут максимальный объем пены 420 см<sup>3</sup>. При дальнейшем увеличении времени взбивания до 15 минут пенообразующие свойства смеси снижаются, со значением объема смеси равном 370 см<sup>3</sup>.

При сравнении влияния продолжительности сбивания рецептурной смеси для экспериментального образца и смеси для контрольного образца отделочного полуфабриката было установлено, что значительного расхождения между полученными данными не прослеживается, что говорит о возможности замещения сахара на эритритол с пектином. Стоит заметить, что продолжительность сбивания имеет предел, после которого объем пены и её устойчивость перестают увеличиваться. Это можно объяснить разрушением образовавшихся воздушных пузырьков, увеличением дисперсности пены и снижением ее стойкости. В результате чего, оптимальным временем сбивания рецептурной смеси для производства сбивного полуфабриката является 10-12 минут. На диаграмме 1 показано изменение объема рецептурной смеси в зависимости от времени взбивания.

В ходе проведения эксперимента была установлена зависимость между интенсивностью взбивания и пенообразующими свойствами сбивного полуфабриката – основой для производства отделочного полуфабриката [1]. При взбивании 100 г рецептурной смеси при 560 об/мин. миксера объем увеличился в 1,5 раза, при дальнейшем увеличении интенсивности взбивания до 1200 об/мин. был отмечен максимальный объем, увеличившийся по сравнению с исходным в 4 раза. Однако при увеличении интенсивности взбивания до 2000 об/мин. пенообразование снизилось, за счет разрушения структуры белкового комплекса.

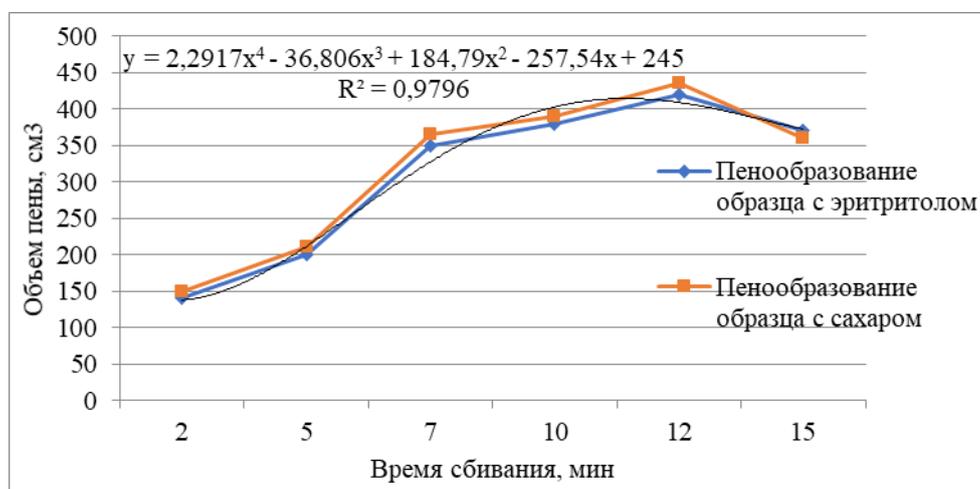


Рисунок 1. Влияние продолжительности взбивания на пенообразующую способность контрольного и экспериментального образцов отделочного полуфабриката

Относительно влияния интенсивности сбивания на процессы пенообразования в контрольном образце с сахаром наблюдаются схожие физико-химические свойства с экспериментальным образцом отделочного полуфабриката, что показано на диаграмме 2.

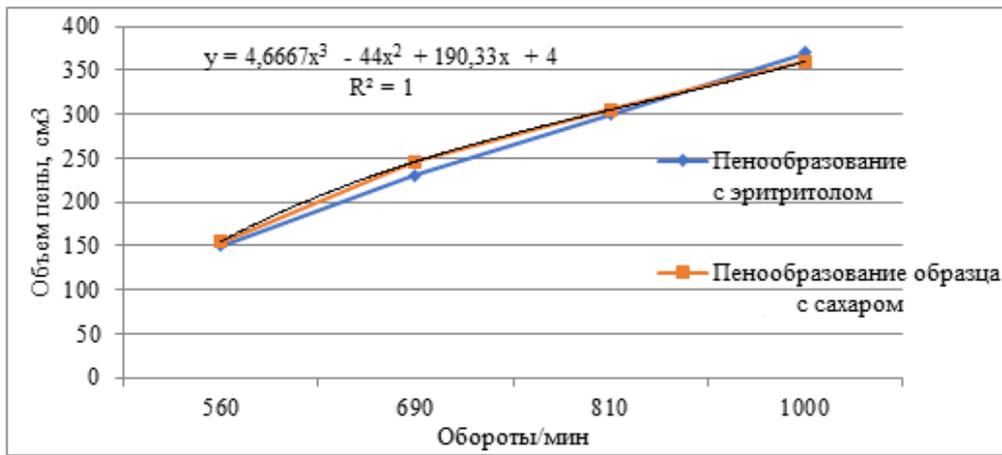


Рисунок 2. Влияние интенсивности взбивания на пенообразующие свойства образцов отделочного полуфабриката

Пенообразующая способность белков увеличивается с увеличением концентрации пенообразователя. В качестве основных пенообразователей при приготовлении отделочного полуфабриката выступает яичный белок и пектин, а также важную роль играет агаро-сахарный сироп. При проведении эксперимента, показывающего влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность, к охлажденному взбитому белку куриного яйца поочередно добавлялись компоненты в соответствии с рецептурой. При добавлении уваренного яблочного пюре объем пены уменьшился на 25%, однако стоит отметить, что при использовании яблочного пюре с пектином объем пены снизился всего на 15%, за счет того, что пектиновые вещества имеют способность к студнеобразованию, в результате чего повышается вязкость жидкости, находящейся между пузырьками.

При взбивании яичного белка с горячим сиропом на основе агара и эритритола, объем пены увеличился на 30% вследствие достижения устойчивости и прочности пены, необходимой при формировании полуфабриката. При интенсивном смешивании температура всей сбиваемой массы значительно повышается, адсорбированный в пленках белок коагулирует, образуя прочные стенки пузырьков. При постепенном застывании сбивной массы происходит охлаждение и желирование агарового раствора, благодаря чему идет формирование студнеобразного каркаса, окружающего пузырьки с воздухом.

Исследование пенообразующих свойств при добавлении сахара к белку куриного яйца показывает уменьшение объема пены, что свидетельствует о снижении пенообразующих свойств смеси. Это связано с тем, что сахар повышает поверхностное натяжение водных растворов смеси и, как следствие, затрудняет их пенообразование. Однако с увеличением содержания сахара в рецептурной смеси увеличивается вязкость раствора, составляющего плёнки пузырьков пены, что затрудняет их разрыв, что способствует увеличению общей стабильности пены. В результате, при взбивании всех компонентов рецептурной смеси в экспериментальном образце отделочного полуфабриката на основе эритритола показатель пенообразования составил на 16,2% меньше, чем при взбивании белка куриного яйца, в сравнении с пенообразованием которого проводилось исследование. Касаясь контрольного образца отделочного полуфабриката с сахаром, пенообразование при взбивании всех рецептурных компонентов составило на 14,8% меньше, чем при взбивании белка куриного яйца. Методика пенообразования заключается в измерении объема пены, образующейся при перемешивании раствора поверхностно-активных веществ в воде. Для проведения эксперимента в мерный

стакан наливают исследуемый раствор в объеме, необходимом для исследования. Раствор перемешивают в течение 30 с. По истечении этого времени замеряют объем образовавшейся пены по делениям на стакане. Через 30 мин проводят повторение измерения объема пены. На рисунке 3 показано влияние различных рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси для отделочного полуфабриката на основе эритритола.

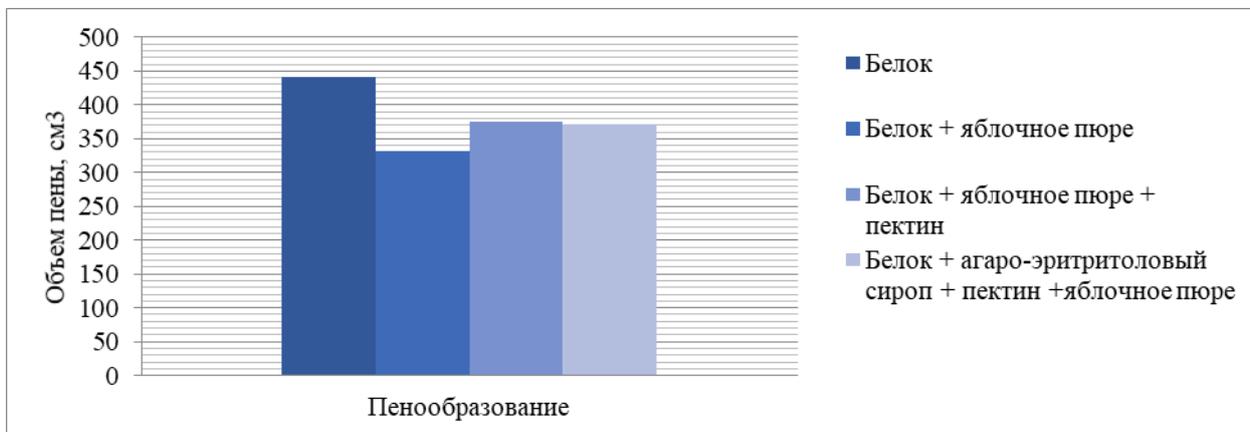


Рисунок 3. Влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси отделочного полуфабриката с эритритолом

На диаграмме 4 показано влияние различных рецептурных компонентов на пенообразующую способность контрольной рецептурной смеси для отделочного полуфабриката на основе сахара.

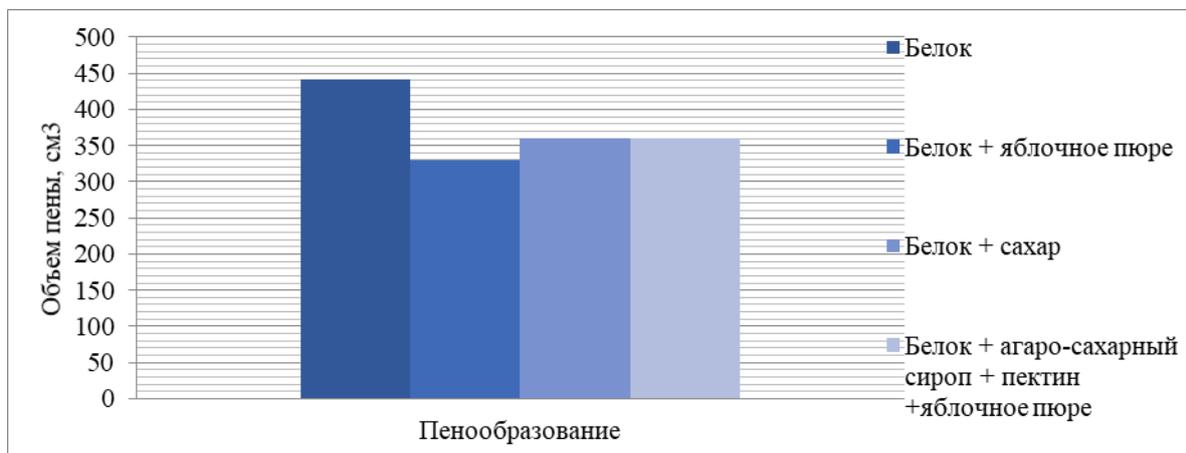


Рисунок 4. Влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность рецептурной смеси для отделочного полуфабриката с сахаром

На пенообразующую способность любых белковых растворов оказывает влияние рН среды. При изменении рН ярко проявляются амфотерные свойства белков. В щелочной среде белки проявляют кислотные свойства, в кислой – щелочные, это значительно влияет на свойства пены. Разумеется, что любой белок при определенном для него значении рН будет иметь суммарный электрический заряд, равный нулю и фактически будет находиться в своей изоэлектрической точке, а величина рН, обуславливающая состояние, изоэлектрической точкой данного белка. В этой точке белок имеет наименьшую растворимость в воде, растворы данного белка обладают минимальной устойчивостью и максимальной способностью к осаждению. Для экспериментального образца отделочного полуфабриката характерно максимальное повышение пенообразующей способности в области рН 5,2–5,4. Это объясняется

тем, что белки в рецептуре смеси в области рН 4,8–5,2 изоэлектрической точки проявляют максимальную пенообразующую способность. Относительно контрольного образца отделочного полуфабриката с сахаром наблюдалось повышение пенообразования в точке рН 5,1–5,2. В изоэлектрической точке, соответствующей рН 5,5–7,0, белковые растворы проявляют максимальную пенообразующую способность. При добавлении электролитов изоэлектрическая точка сдвигается и происходит смещение максимума пенообразования.

Влияние температуры на процесс пенообразования был изучен в ходе эксперимента. При увеличении температуры пенообразующая способность рецептурных смесей и для контрольного и для экспериментального образца увеличивалась, оптимальными температурными режимами для получения пышной и устойчивой пены являлись в диапазоне 20–25°C. При повышении температуры пены пропорционально повышается давление внутри составляющих её пузырьков, увеличивается растворимость поверхностно-активных веществ в растворе, уменьшается поверхностное натяжение раствора. В своей совокупности все эти факторы способствуют некоторому повышению устойчивости пены. Однако при продолжающемся росте температуры усиливаются тепловые колебания молекул пенообразующего раствора, и ослабляется устойчивость поверхностного слоя, образованного этими молекулами, устойчивость пены падает. Вероятно, с повышением температуры системы увеличивалась растворимость белков, и уменьшалось поверхностное натяжение, что способствовало повышению пенообразующей способности. В дополнение к этому вязкость среды снижалась, а это увеличивало скорость вытекания жидкости из массы пены, а также изменяло степень гидратации полярных групп белков, что приводило к общему снижению устойчивости пены.

В самом начале процесса сбивания происходит незначительное уменьшение плотности массы до определенного значения, после чего происходит более значительное ее увеличение. Значение наименьшей плотности и соответственно наибольшего объема достигается в то время, когда массу характеризуют как сбитую, в этот момент масса теряет текучесть и сохраняет придаваемую форму. В общественном питании часто используется описание «устойчивые пики». Превышение необходимого времени сбивания отрицательно сказывается на структуре и устойчивости пены, могут образовываться комки или участки слишком текучие для нормальной сбивной массы. В целом плотность сбиваемой массы может являться критерием, определяющим правильность длительности сбивания.

В начале сбивания раствора система активно насыщается воздухом, образуются пузырьки воздуха, которые разделяются. Это приводит к резкому увеличению количества воздуха в смеси и сильному снижению плотности всей сбиваемой массы. Достигнув максимального значения, объемная концентрация воздуха незначительное время остается постоянной, после чего постепенно уменьшается.

### **Выводы**

1. Чем дольше продолжительность сбивания, тем сильнее увеличивается объем, повышается степень диспергирования и устойчивость пены.
2. Оптимальная продолжительность сбивания 10–12 минут при 1200 об/мин., рН 5,5–7,0 и температуре 20°C.

### **Список литературы**

1. Влияние пищевых добавок на структуру теста / Васюкова А.Т., Кусова И.У., Мошкин А.В. и др. // Вестник ВГУИТ. – 2022. – Т. 84. – № 1 (91). – С. 196–201.
2. ГОСТ 5902-80 Изделия кондитерские. Методы определения степени измельчения и плотности пористых изделий. – М.: Стандартинформ, 2012. – 6 с.
3. Иванова С.А. Пенообразующие свойства концентрата белков обезжиренного молока // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 49. – № 4. – С. 12–18.
4. Колпакова В.В., Чумикина Л.В., Арапова Л.И. Модификация функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса // Вестник ВГУИТ. – 2019. – Т. 81. – № 1. – С. 25–27.

5. Получение и функциональные свойства белков рисовых отрубей из термостабилизированных обезжиренных рисовых отрубей / Х. Дж. Чжан, Х. Чжан, Л. Ван, С.Н. Го // Международная организация пищевых исследований. – 2012. – Т. 47. – С. 359-363.
6. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа / В.А. Тутельян, Х.Х. Шарафетдинов, И.А. Лапик и др. // Вопросы питания. – 2014. – № 6. – С. 41-51.
7. Резниченко И.Ю., Сидорова О.С. Разработка диабетических кондитерских изделий // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 12-15.
8. СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». – М.: Минздрав РФ, 2003. – 249 с.
9. ТР ТС 029/2011. «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». – 428 с.
10. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children /Vasyukova A.T., Krivoshonok K.V. и др. / Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the Inter. Conf. Birmingham, 2022. – Pp. 192-199.

**Васюкова Анна Тимофеевна** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

**Кусова Ирина Урузмаговна** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

**Бондаренко Юрий Викторович** – аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

**Алексеев Александр Евгеньевич** – аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: sas5791@mail.ru

**Дышекова Милана Мухамедовна** – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

---

UDC 664.149:664.162.81

**A. Vasyukova, I. Kusova, Yu. Bondarenko, A. Alekseev, M. Dyshekova**

## **A STUDY OF THE FOAMING ABILITY OF A PROTEIN MIXTURE BASED ON ERYTHRITOL**

**Keywords:** protein mixture, foaming, sweetener, erythritol.

**Abstract.** The article provides a brief analysis of the use of natural sugar substitutes in the production of finishing semi-finished products. The possibility of reducing both the total calorie content of the product and the consumption of sugar in general, which negatively affects the human body, is shown. The process of foaming is considered as important and determining in the preparation of the finishing semi-finished product. The purpose of the work is to improve the quality of finishing semi-finished products enriched with non-traditional herbal additives - the sweetener erythritol. The objects of the study were a protein-carbohydrate mixture prepared on the basis of egg white and pectin. A relationship has been established between the intensity of whipping and the foaming properties of a whipped semi-finished product – the basis for the production of a finishing semi-finished product. When whipping 100 g of the recipe mixture at 560 rpm

of the mixer, the volume increased by 1.5 times, with a further increase in the intensity of whipping to 1200 rpm, the maximum volume was noted, which increased by 4 times compared to the initial one. With a further increase in the whipping intensity up to 2000 rpm, the structure of the finishing semi-finished product liquefies. The experimental sample of the finishing semi-finished product is characterized by the maximum increase in foaming capacity in the pH range of 5.2 – 5.4. At the isoelectric point corresponding to pH 5.5-7.0, protein solutions exhibit maximum foaming capacity at a temperature of 20°C. An analysis of the data obtained shows that at the beginning of the solution churning, the system is actively saturated with air, air bubbles form, and separate. This leads to a sharp increase in the amount of air in the mixture and a strong decrease in the density of the entire churned mass. Having reached the maximum value, the volume concentration of air remains constant for a short time, after which it gradually decreases.

### References

1. The effect of food additives on the structure of the dough / Vasyukova A.T., Kusova I.U., Moshkin A.V. et al. / Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2022. – Vol. 84. – No 1 (91). – Pp. 196-201.
2. State standard 5902-80 Confectionery products. Methods for determining the degree of grinding and density of porous products. – M.: Standartinform Publ., 2012. – 6 p.
3. Ivanova S.A. Foaming properties of skimmed milk protein concentrate // Technique and technology of food production. – 2018. – Vol. 49. – No 4. – Pp. 12-18.
4. Kolpakova V.V., Chumikina L.V., Arabova L.I. Modification of functional properties of protein concentrates from white and brown rice // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2019. – Vol. 81. – No1. – Pp. 25-27.
5. Preparation and functional properties of rice bran proteins from thermally stabilized fat-free rice bran / H. Dzh. Chzhan, H. Chzhan, L. Van, S.N. Go // International Organization for Food Research. – 2012. – Vol. 47. – Pp. 359-363.
6. Priorities in the development of specialized food products of optimized composition for patients with type 2 diabetes mellitus / V.A. Tutel'yan, H.H. Sharafetdinov, I.A. Lapik et al. // Nutrition issues. – 2014. – No 6. – Pp. 41-51.
7. Reznichenko I.Yu., Sidorova O.S. Development of diabetic confectionery products // Food industry. – 2008. – No 7. – Pp. 12-15.
8. Sanitary rules and regulations 2.3.2.1293-03 «Hygienic requirements for the use of food additives». – M.: Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2003. – 249 p.
9. Technical Regulations of the Customs Union 029/2011. «Safety requirements for food additives, flavorings and technological aids». – 428 p.
10. Development of food products enriched with a complex of dietary supplements for children / Vasyukova A.T., Krivosonok K.V. и др. / Process Management and Scientific Developments. Proceedings of the Inter. Conf. Birmingham, 2022. – Pp. 192-199.

**Vasyukova Anna** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Department of the Food Industry, Hotel Business and Service of the BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamskoe highway, 11, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

**Kusova Irina** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

**Bondarenko Yury** – postgraduate student of the Department of Personalized Dietetics, Hotel and Restaurant Business, Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky, 109004, Moscow, st. Zemlyanoy Val, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

**Alekseev Alexander** – postgraduate student of the Department of Personalized Dietology, Hotel and Restaurant Business, Moscow State University of Technology and Management. K.G. Razumovsky, 109004, Moscow, st. Zemlyanoy Val, 73, e-mail: sas5791@mail.ru

**Dyshekova Milana** – post-graduate student of the Department of Food Industry, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

**Кусова И.У., Бондаренко Ю.В., Дышекова М.М., Никитенко А.Ю.**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАТУРАЛЬНОГО САХАРОЗАМЕНИТЕЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕФИРА**

**Ключевые слова:** пастильные изделия, зефир, сахарозаменитель, эритритол.

**Аннотация.** В рамках политики здорового питания, которая является популярной на сегодняшний день, появляется спрос на новые продукты питания, обладающие функциональными и лечебно-профилактическими свойствами, поэтому использование натуральных сахарозаменителей в пастильных кондитерских изделиях дают возможность снизить как общую калорийность продукта, так и потребления сахара в целом, отрицательно влияющего на организм человека. Цель работы – разработка рецептуры и технологии производства зефира с использованием натурального сахарозаменителя. Актуальность заключается в использовании натуральных сахарозаменителей в пастильных кондитерских изделиях для возможности снижения как общей калорийности продукта, так и потребления сахара в целом, отрицательно влияющего на организм человека. Основной отличительной особенностью зефира является его пенообразная, ячеистая структура, использование в рецептуре яичного белка и фруктово-ягодного сырья. Технология выпуска зефира может быть представлена основой для производства продукции функционального лечебно-профилактического назначения с применением нетрадиционного сырья и разрешенных пищевых добавок. Для построения математической модели при разработке рецептуры зефира с сахарозаменителем симплекс-методом воспользовались программой MS Office2019: MS Word, MS Excel, интегрированной в MS Excel сторонней надстройки для анализа симплекс методом SOLVE (Поиск решения). В ходе работы были установлены ограничения по основным компонентам рецептуры и желаемый результат, в виде содержания сухих веществ не менее 85%, при которых будет образовываться необходимая структура зефира. Результатом построения математической модели послужила оптимизированная рецептура зефира. Процесс изготовления зефира – 8 часов при  $t = 20\text{--}25^\circ\text{C}$ .

### **Введение**

Кондитерские изделия – обширная группа продуктов, значительно различающихся по рецептуре, химическому составу, технологиям, применяемым для их производства. Кондитерские изделия разнообразны по потребительским свойствам. Они обладают ярко выраженными вкусовыми качествами, кондитерские изделия имеют сладкий вкус, аппетитный внешний вид, большую энергетическую ценность и высокую усвояемость [1, 2]. Учитывая названные выше преимущества, кондитерским изделиям также свойственен важный недостаток: наличие в них большого количества сахара, потребляемого одновременно в таком количестве и влияющего на организм человека негативно. Одним из современных направлений внутренней политики Российской Федерации является развитие отраслей промышленности, которые производят продукты, повышающие здоровье населения страны. Особенностью подобной политики является разработка новых продуктов питания, обладающих функциональными и лечебно-профилактическими свойствами, которые делают более доступным сохранение здоровья для каждого. Новая продукция изначально разрабатывается с внимательным отношением к состоянию здоровья различных категорий питающихся, путем использования новых полезных ингредиентов в составе продукта [7].

Большинство потребителей меняют свои взгляды в вопросах своего рациона питания в пользу наиболее полезных для здоровья продуктов, которые обогащаются минеральными элементами, нутриентами и витаминами, что вызывает большой интерес у населения нашей страны. Одной из основных задач, стоящей перед предприятиями общественного питания в настоящее время, является целенаправленное создание заведений с уклоном на концепцию здорового питания, а также ассортимента изделий лечебно-диетического, профилактического и детского назначения.

Кондитерские изделия могут дополнять любой прием пищи или являться самостоятельным заказом гостя в заведении, в любом случае они пользуются повышенным спросом.

Именно поэтому важно уделять внимание выпуску здоровых сладких изделий, лишенных в составе ингредиентов, способных отрицательно влиять на организм человека.

Согласно данным о негативном влиянии употребления чрезмерного количества сахаров в развитии сахарного диабета, сердечно-сосудистых заболеваний и ожирения стали актуальны к рассмотрению вопросы использования различных подсластителей, сахарозаменителей и продуктов на их основе. Сахарозаменители и подсластители не обладают лечебными свойствами, однако они могут относиться к средствам «профилактической фармакологии», так как их систематическое употребление вместо сахара улучшает протекание таких заболеваний, как сахарный диабет, дает возможность больным людям соблюдать диетические рекомендации [3, 5]. Актуальность заключается в использовании натуральных сахарозаменителей в пастильных кондитерских изделиях для возможности снижения как общей калорийности продукта, так и потребления сахара в целом, отрицательно влияющего на организм человека. Предприятиям общественного питания необходимо делать упор на поиск новых источников сырья, богатых необходимыми нутриентами, а также на разработку технологии их переработки для обеспечения потребителей полезными продуктами питания, учитывая требования физиологических норм для организма человека, потребности различных возрастных групп, состояние здоровья населения. К таким продуктам относятся изделия с высоким содержанием белка, пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Из кондитерских изделий стоит обратить внимание на пастильные изделия, в состав которых входит яблочное пюре, богатое пектином, витаминами и минералами; белок куриного яйца и структурообразователи: агар-агар, пектин или желатин [4].

Пастильные изделия, такие как зефир, могут выступать как самостоятельные изделия или как отделочные полуфабрикаты, быть использованными для отделки, украшения, прослойки выпеченных полуфабрикатов. В общественном питании зефир успешно используется как самостоятельное изделие и как декоративный элемент. Актуальность данной работы также заключается в расширении ассортимента пастильных изделий, в конкретном случае зефира, за счет применения эритритола в качестве натурального подсластителя, так как все большее количество потребителей сегодня отдают предпочтение продуктам, имеющим натуральный состав, исключая ингредиенты, приносящие вред организму. Таким образом, была поставлена цель разработать пастильное изделие, а именно зефир с полной заменой сахара на натуральный сахарозаменитель – эритритол. Зефир пользуется спросом у населения, поскольку является низкокалорийной заменой большинству кондитерских изделий, благодаря приятному умеренному сладкому вкусу, воздушной структуре и относительно невысокой энергетической ценности. При производстве зефира одним из основных этапов является изготовление сбивного полуфабриката с правильными характеристиками. Сбивные полуфабрикаты представляют собой пенообразную массу, в которой дисперсионной средой является водный раствор рецептурных компонентов: сахара, студнеобразователя, а дисперсной фазой – воздух.

Генерация пены происходит в разделе фаз границы газообразной и жидких сред. Существует прямая связь степени диспергирования пузырьков воздуха, поверхности и большой свободной поверхности энергии. Увеличением степени диспергирования пузырьков воздуха происходит увеличение их поверхности и выход энергии. Но эта система нестабильна и имеет тенденцию останавливать сокращение количества свободной энергии, уменьшая поверхность фазы. Основной отличительной особенностью зефира является его пенообразная, ячеистая структура, использование в рецептуре яичного белка и фруктово-ягодного сырья. Образующийся при приготовлении зефира сбивной полуфабрикат, представляет собой пенообразную массу, в которой дисперсионная среда – агаро-фруктово-белковый, агаро-сахаро-белковый или пектино-сахаро-белковый золь, который способен при определенных условиях войти в гель и/или желе; дисперсная фаза – недоформированные пузырьки воздуха. Технология зефира – основа для продукции функционального и профилактического назначения с применением нетрадиционного сырья и разрешенных пищевых добавок.

Подсластители зачастую не обладают никакими выраженными лечебными или лечебно-профилактическими свойствами, однако их всё-таки можно отнести к профилактическим

средствам от некоторых видов заболеваний связанных с питанием, поскольку их систематическое употребление взамен сахара облегчает протекание сахарного диабета, упрощает соблюдение диетических рекомендаций, сохраняя привычный рацион.

Эритрит (Эритритол) – натуральный сахарозаменитель, применяемый также как стабилизатор и влагоудерживающий агент. Калорийность 20 ккал/100г продукта. Представляет собой кристаллы порошка белого цвета, хорошо растворим в воде, а также стабилен при воздействии высоких температур. Вкус эритритола практически не отличается от вкуса сахара. Сладость эритрита примерно составляет 0,6-0,8 от сладости сахарозы. Эритритол признан безопасным сахарным спиртом, редко вызывает проблемы ЖКТ. Всасывается в тонких отделах кишечника. Нормой считает 0,8 г/кг для женщин и 0,7 г/кг для мужчин.

Подсластители и сахарозаменители, относящиеся к пищевым добавкам, допускаются к применению в промышленности согласно требованиям технического регламента ТР ТС 029/2012 пункт 11, часть 17, статья 7 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств», что указано в [3, 8].

В СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок» в разделе II «Гигиенические требования» регламентируется использование сахарозаменителей в продуктах питания с пониженной энергетической ценностью и в диетических продуктах, предназначенных для лиц, которым необходимо снизить потребление сахара по медицинским показаниям. В детских продуктах запрещено использование сахарозаменителей, что отмечается в разделе II СанПиН 2.3.2.1293-03. Однако отмечается исключение для специализированных продуктов, предназначенных для детей, больных сахарным диабетом. Какое возможно использование сахарозаменителей и подсластителей в продукции общественного питания, то СанПиН разрешает их реализацию с указанием на этикетках состава подсластителей, их массовой доли и рекомендации по их применению.

При этом необходимо отметить популярность эритрита (эритритола), сладость которого незначительно ниже сахарозы, однако калорийность на 100 г продукта намного ниже по сравнению с ней, 390 ккал/100 г для сахарозы и 20 ккал/100 г для эритрита. Важно учитывать и содержание сухих веществ при добавлении сахарозаменителей в такие продукты питания, как мучные и кондитерские изделия, где они играют важную роль при формировании реологических свойств продукта. В отличие от других популярных сахарозаменителей, эритритол добавляется в такие изделия в количестве практически равным сахару, поэтому такой продукт не изменит своих структурных свойств, а только калорийность.

Необходимо обратить внимание, что технологическая схема производства нового вида зефира не будет незначительно отличаться от традиционной: сироп на основе агара-агара будет включать в себя сахарозаменитель в виде эритритола и пектин, для придания конечному изделию необходимой структуры. Важным является изучение соотношения сахарозаменителя и пектина, а также количества сахарозаменителя в рецептуре зефира для анализа органолептических показателей. Цель работы – получение зефира с использованием натурального сахарозаменителя.

### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являлась белково-углеводная смесь, приготовленная на основе яичного белка и пектина, а также использован сахарозаменитель в виде эритритола.

Для построения математической модели при разработке рецептуры зефира с сахарозаменителем симплекс-методом воспользовались программой MS Office2019: MS Word, MS Excel, интегрированной в MS Excel сторонней надстройки для анализа симплекс методом SOLVE (Поиск решения).

### **Результаты исследований**

В ходе работы были установлены ограничения по основным компонентам рецептуры и желаемый результат в виде содержания сухих веществ не менее 85%, при которых будет образовываться необходимая структура зефира. Результатом построения математической модели послужила оптимизированная рецептура, приведенная в таблице 1.

Таблица 1. Рецепт на экспериментальный образец зефира с эритритолом

Наименование сырья	Сухие вещества, %	Масса сырья в натуре, г	Масса сухих веществ, г	Масса влаги, г
Пюре яблочное	10	151	15,05	135,49
Белок яичный	12	31	3,73	27,36
Эритритол	99,85	55	54,44	0,08
Агар	85	5	4,51	0,80
Пектин	99,3	5	5,12	0,04
Лимонная кислота	99,2	2	2,14	0,02
Вода питьевая	0	51	0,00	51,22
Итого	-	300	85,00	215,00
Выход	-	100	-	-

Для сравнительного анализа физико-химических и органолептических показателей экспериментального образца зефира с эритритолом была составлена рецептура на контрольный образец с сахаром, приготовленный по традиционной рецептуре. В таблице 2 указан расход рецептурных компонентов при изготовлении зефира на основе сахара.

Таблица 2. Рецепт на контрольный образец зефира с сахаром

Наименование сырья	Сухие вещества, %	Масса сырья в натуре, г	Масса сухих веществ, г	Масса влаги, г
Пюре яблочное	10	150	15,05	135,49
Белок яичный	12	30	3,73	27,36
Сахар	99,7	45	65,10	0,20
Агар	85	5	4,51	0,80
Лимонная кислота	99,2	3	2,14	0,02
Вода питьевая	0	50	0,00	51,22
Итого	-	283	90,50	215,1
Выход	-	100	-	-

Сравнивая рецептуры контрольного и экспериментального образцов зефира, можно сделать вывод, что кардинальных различий не наблюдается, за исключением внесения в рецептуру экспериментального образца с эритритолом пектина для увеличения содержания сухих веществ, так как расход сахара в контрольном образце выше, соответственно сухих веществ в нем было больше. Подготовка сырья производится в соответствии с рекомендациями сборника технологических нормативов для предприятий общественного питания и технологическими рекомендациями для импортного сырья. Яблоки промывают, очищают от кожуры и сердцевины, запекают в пароконвектомате в течение 30-40 минут. Из запечённых яблок готовят пюре с помощью блендера, затем перетирают через сито, для получения однородной пюреобразной массы. Яблочное пюре, приготовленное указанным способом, должно содержать не менее 10% сухих веществ для возможности использования при изготовлении зефира. В протертое пюре вносят яблочный пектин, тщательно перемешивают и уваривают полученную смесь в течение 30 минут при температуре 60-70°C при постоянном перемешивании. Куриное яйцо обрабатывают в соответствии с требованиями СанПиН, отделяют белок от желтка. Белок с эритритолом взбивают в течение 10-12 минут до получения устойчивых пиков. Во взбитые белки вносят уваренное яблочное пюре с пектином и продолжают взбивание. В это время готовят сироп на основе агар-агара, эритритола и воды. Сироп изготавливают методом уваривания при температуре 110°C таким образом, что концентрация в нём сухих веществ должна достигать отметки в 85% для возможности придания необходимой структуры изделию. Готовый сироп тонкой струйкой вливают в рецептурную смесь яблочно-

го пюре и белков и продолжают взбивание в течение 10-15 минут для получения однородной пышной смеси. Рецептурную смесь с помощью кондитерского мешка формируют на противни, предварительно накрытые пищевым пергаментом и обсыпанные крахмалом во избежание существенных потерь при снятии изделий. Отформованные изделия оставляют до окончания процесса структурообразования на 8 часов при температуре 20-25°C или в течение 5-6 часов высушивают в сушильном шкафу при температуре 40-45°C.

### **Выводы**

Разработанный зефир с использованием сахарозаменителя может быть рекомендован для лечебно-профилактического питания. Содержание сухих веществ в нем не менее 85%.

### **Список литературы**

1. Матюхина З.П. Товароведение пищевых продуктов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Академия, 2017. – 336 с.
2. Николаева М.А. Теоретические основы товароведения: учеб. для вузов. – М.: Норма, 2022. – 424 с.
3. Приоритеты в разработке специализированных пищевых продуктов оптимизированного состава для больных сахарным диабетом 2 типа / В.А. Тутельян, Х.Х. Шарафетдинов, И.А. Лапик и др. // Вопросы питания. – 2014. – № 6. – С. 41-51.
4. Разработка новых кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья / Е.Ю. Егорова, И.Ю. Резниченко, М.С. Бочкарев, Г.А. Дорн. – Москва: Академия, 2014. – 38 с.
5. Резниченко И.Ю., Сидорова О.С. Разработка диабетических кондитерских изделий // Пищевая промышленность. – 2008. – № 7. – С. 25-27.
6. СанПиН 2.3.2.1293-03 «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». – М.: Минздрав РФ, 2003. – 249 с.
7. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р5.
8. ТР ТС 029/2011. «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств». – 428 с.

**Кусова Ирина Урузмаговна** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «Росбиотех». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

**Бондаренко Юрий Викторович** – аспирант кафедры персонализированной диетологии, гостиничного и ресторанного бизнеса ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ), 109004, г. Москва, ул. Земляной Вал, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

**Дышекова Милана Мухамедовна** – аспирант кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «Росбиотех». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

**Никитенко Антон Юрьевич** – старший преподаватель кафедры индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса ФГБОУ ВО «Росбиотех». 125080 г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

---

UDC 664.145

**I. Kusova, Yu. Bondarenko, M. Dysheкова, A. Nikitenko**

## **USE OF NATURAL SUGAR SUBSTITUTE IN THE PRODUCTION OF MARSH MASH**

**Keywords:** pastilles, marshmallow, sweetener, erythritol.

**Abstract.** As part of the healthy nutrition policy, which is popular today, there is a demand for new food products with functional and therapeutic properties, so the use of natural sweeteners in pastille confec-

tionery products makes it possible to reduce both the total calorie content of the product and consumption of sugar in general, negatively affecting the human body. The purpose of the work is to develop a recipe and technology for the production of marshmallows using a natural sweetener. The relevance lies in the use of natural sweeteners in pastille confectionery products to reduce both the total calorie content of the product and the consumption of sugar in general, which negatively affects the human body. The main distinguishing feature of marshmallow is its foamy, cellular structure, the use of egg white and fruit and berry raw materials in the recipe. The technology of marshmallow production can be represented as the basis for the production of functional therapeutic and prophylactic products using non-traditional raw materials and approved food additives. To build a mathematical model when developing a marshmallow recipe with a sweetener using the simplex method, we used the MS Office2019 program: MS Word, MS Excel, a third-party add-in integrated into MS Excel for simplex analysis by the SOLVE method (Search for a solution). In the course of the work, restrictions were established on the main components of the recipe and the desired result, in the form of a dry matter content of at least 85%, at which the necessary marshmallow structure would be formed. The result of building a mathematical model was an optimized marshmallow recipe. Marshmallow manufacturing process - 8 hours at  $t = 20-25^{\circ}\text{C}$ .

### References

1. Matyuhina Z.P. Commodity science of food products: a textbook for students. institutions sred. Prof. education. – M.: Akademiya Publ., 2017. – 336 p.
2. Nikolaeva M.A. Theoretical foundations of commodity science: textbooks for universities. – M.: Norma Publ., 2022. – 424 p.
3. Priorities in the development of specialized food products of optimized composition for patients with type 2 diabetes mellitus / V.A. Tutel'yan, H.H. SHarafetdinov, I.A. Lapik et al. // Nutrition issues. – 2014. – No 6. – Pp. 41-51.
4. Development of new confectionery products using non-traditional raw materials / E.Y. Egorova, I.Y. Reznichenko, M.S. Bochkarev, G.A. Dorn. – Moscow: Akademiya Publ., 2014. – 38 p.
5. Reznichenko I.Yu., Sidorova O.S. Development of diabetic confectionery products // Food industry. – 2008. – No 7. – Pp. 25-27.
6. Sanitary rules and regulations 2.3.2.1293-03 «Hygienic requirements for the use of food additives». – M.: Ministry of Health of the Russian Federation Publ., 2003. – 249 p.
7. Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: Decree of the Government of the Russian Federation No. 1364-p5 of June 29, 2016.
8. Technical Regulations of the Customs Union 029/2011. «Safety requirements for food additives, flavorings and technological aids». – 428 p.

**Kusova Irina** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Rosbiotech. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

**Bondarenko Yury** – postgraduate student of the Department of Personalized Dietetics, Hotel and Restaurant Business, MSUTM. K.G. Razumovsky, 109004, Moscow, st. Zemlyanoy Val, 73, e-mail: bondarakys@yandex.ru

**Dyshekova Milana** – post-graduate student of the Department of Food Industry, BIOTECH University. 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

**Nikiterenko Anton** – Senior Lecturer of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Rosbiotech". 125080 Moscow, Volokolamsk highway, 11

**Мясищева Н.В., Антропов Д.Ю., Ануров А.С., Колмыков Д.М.**

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ НАЧИНОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯБЛОЧНОГО ПОРОШКА**

**Ключевые слова:** термостабильные начинки, яблочный порошок, пищевые волокна, пектин.

**Аннотация.** В настоящее время особое внимание уделяют развитию технологий термостабильных начинок, характеризующихся высокими потребительскими свойствами, функциональной направленностью, способностью сохранять форму и консистенцию после воздействия высоких температур, отсутствием синерезиса в процессе хранения. Целью данных исследований являлась оценка качества термостабильных свойств начинки из яблок с использованием в технологии продуктов их вторичной переработки. Объектами исследования являлись порошок из кожицы яблок и опытные образцы термостабильных начинок с его использованием в технологии. Разработана технология получения порошка из кожицы яблок, как дополнительного источника биологически активных веществ, пектинов и пищевых волокон, с последующим его применением в рецептуре термостабильной начинки. В качестве опытных вариантов были получены образцы начинки с заменой сахара порошком из кожицы яблок в количестве 5%, 10%, 15% от рецептурного количества сахара. Контролем являлся образец яблочного повидла с добавлением сахара, сваренный по традиционной унифицированной технологии. Добавление порошка в количестве 5 и 10 (%) от количества вводимого в рецептуру сахара делает консистенцию более пластичной, 15% – уплотняет массу начинки, придает ей затяжистость. Образец с 10%-ой заменой сахара порошком отличался наилучшей удельной стабильностью формы и термостабильностью, наихудшее свойство – контроль на всех температурных режимах, который характеризовался растекаемостью. Установлена возможность использования яблочного порошка в технологии термостабильной начинки. Образец с внесением порошка в количестве 10% от рецептурного содержания сахара характеризовался наилучшим качеством.

### **Введение**

Государственная политика в области здорового питания направлена на импортозамещение, расширение ассортимента пищевой продукции с заданными свойствами на основе местного сырья, создание современных ресурсосберегающих высокотехнологичных производств продуктов функционального и специализированного назначения [4, 5, 6, 7, 12]. Особое внимание уделяют развитию технологий термостабильных начинок, характеризующихся высокими потребительскими свойствами, пищевой значимостью, способностью сохранять форму и консистенцию после воздействия высоких температур, отсутствием синерезиса в процессе хранения [3, 11]. Круглогодичное обеспечение населения продуктами питания функционального назначения может быть достигнуто за счет совершенствования технологий и расширения ассортимента продукции переработки плодово-ягодного сырья, характеризующегося высокой биологической значимостью [5, 8]. В настоящее время наиболее распространенным, традиционным и доступным видом растительного сырья на территории Российской Федерации являются яблоки различных помолологических сортов. Ценный химический состав и технологические свойства яблок широко используются пищевой промышленностью при получении фруктовых начинок, обладающих антиоксидантными свойствами, содержащими в своем составе органические кислоты, легкоусвояемые сахара, витамин С, полифенолы, пектины, клетчатку, микро- и макроэлементы. Среди значимых функциональных компонентов химического состава яблок следует выделить кверцетин, целлюлозу, основные запасы которых содержатся в кожице [4, 9, 13]. Для большинства технологий производства плодово-овощной продукции на долю отходов приходится до 50% от общего ее объема. При этом только 20% вторичных ресурсов подвергаются дальнейшей комплексной переработке. Это ведет к потере значительных количеств ценных пищевых веществ и обуславливает необходимость развития технологий вторичного использования сырьевых отходов [3, 6, 10, 12].

Целью данных исследований являлась оценка качества термостабильных свойств начинки из яблок с использованием в технологии продуктов их вторичной переработки.

### Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись порошок из кожицы яблок, как продукт их вторичной переработки, и опытные образцы термостабильных начинок с его использованием в технологии. Определение органолептических показателей начинок проводили по ГОСТ 32741 [1]; титруемых кислот – титрованием по ГОСТ ISO 750 [2]; измерение термостабильности и синерезиса – методом моделирования температурного воздействия в течение определенного периода времени на технологические характеристики исследуемого продукта. Микроструктурные исследования проводили на электронном сканирующем микроскопе JEOL 15M 6390.

### Результаты исследований

В ходе эксперимента были разработаны технологии получения порошка из кожицы яблок как дополнительного источника биологически активных веществ, пектинов и пищевых волокон, с последующим его применением в рецептуре начинки. В качестве опытных вариантов были получены образцы начинки с заменой сахара порошком из кожицы яблок в количестве 5% (Образец 1), 10% (Образец 2), 15% (Образец 3) от рецептурного количества сахара. Контролем являлся образец яблочного повидла с добавлением сахара, сваренный по традиционной унифицированной технологии. Качество порошка из кожицы яблок и опытных образцов начинок оценивали органолептически (рис. 1).

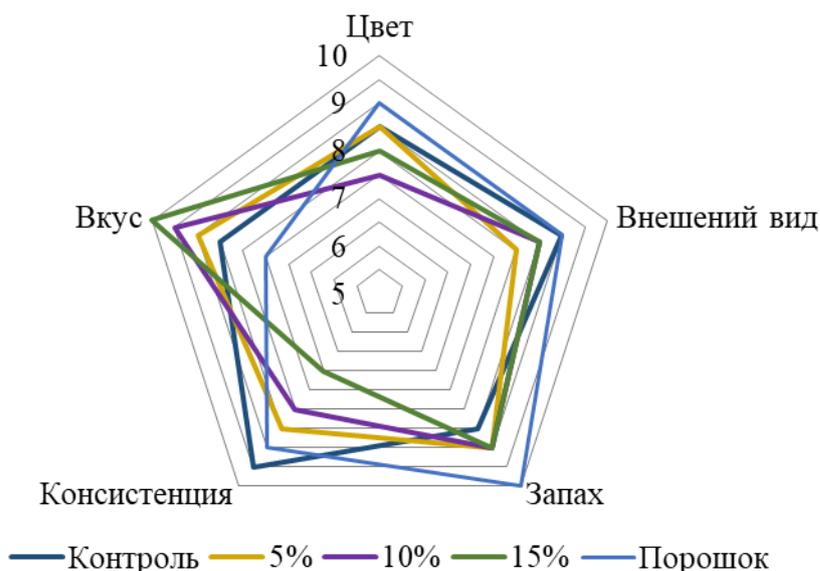


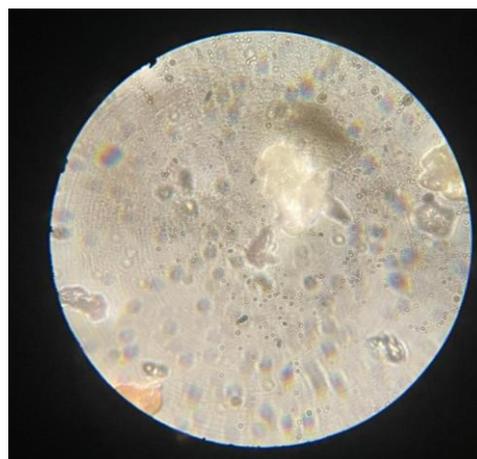
Рисунок 1. Органолептическая оценка объектов исследования

Исследуемые образцы повидла имели высокие органолептические показатели. Образцы 2 и 3 выгодно отличались от контроля выраженным натуральным ароматом. Добавление порошка в количестве 5 и 10 (%) от количества вводимого в рецептуру сахара делает консистенцию более пластичной, 15% – уплотняет массу начинки, придает ей затяжистость.

Порошок из кожицы яблок характеризовался привлекательным внешним видом, натуральным светло-коричневым цветом с приятным кремовым оттенком, гармоничными вкусом и запахом, свойственными перерабатываемому сырью (рис. 2).



внешний вид



при увеличении в 160 раз

Рисунок 2. Порошок из кожицы яблок

При оценке термостабильных свойств начинки из яблок с использованием продуктов их вторичной переработки исследовали удельную стабильность формы и удельную термостабильность в процессе выпечки при 180°C, 200°C, 220°C. Для этого начинку отформовывали в виде усеченного цилиндра с помощью металлического кольца на пергаментную бумагу для выпечки с последующим его удалением, выпекали в течение 20 минут, оценивали площадь зоны растекаемости (рис. 3).

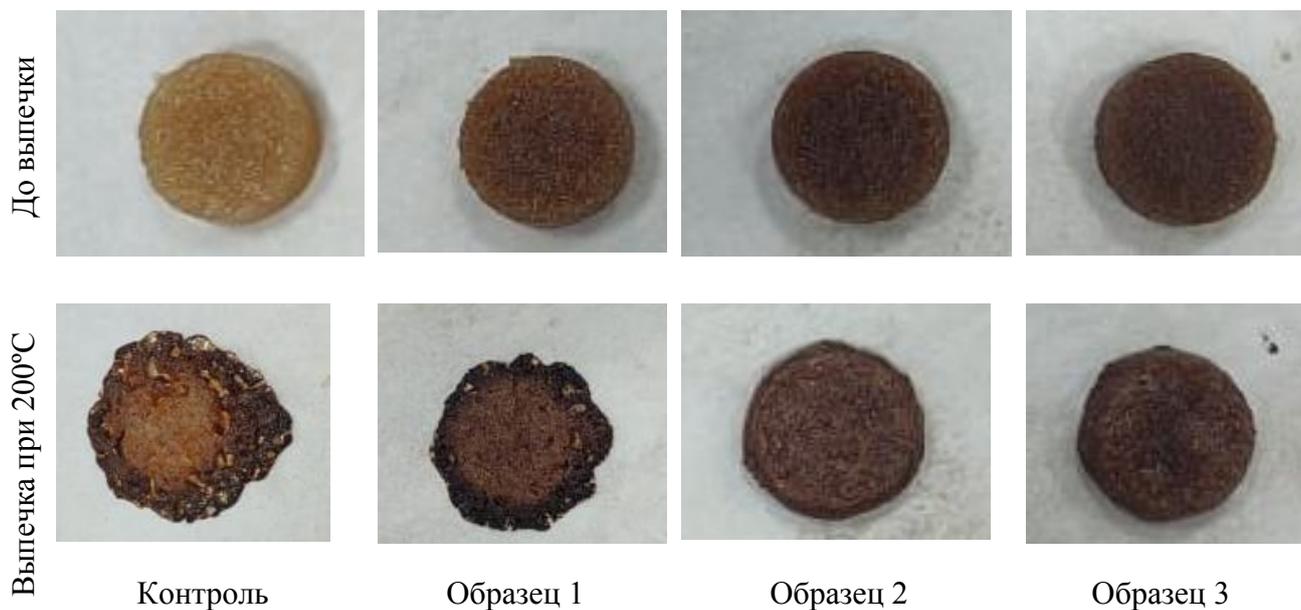


Рисунок 3. Оценка растекаемости термостабильных начинок

Результаты исследований термостабильных показателей образцов начинок, представленные в виде графических зависимостей на рисунках 4, 5, указывают, что опытные образцы превышали контроль по изучаемым показателям.

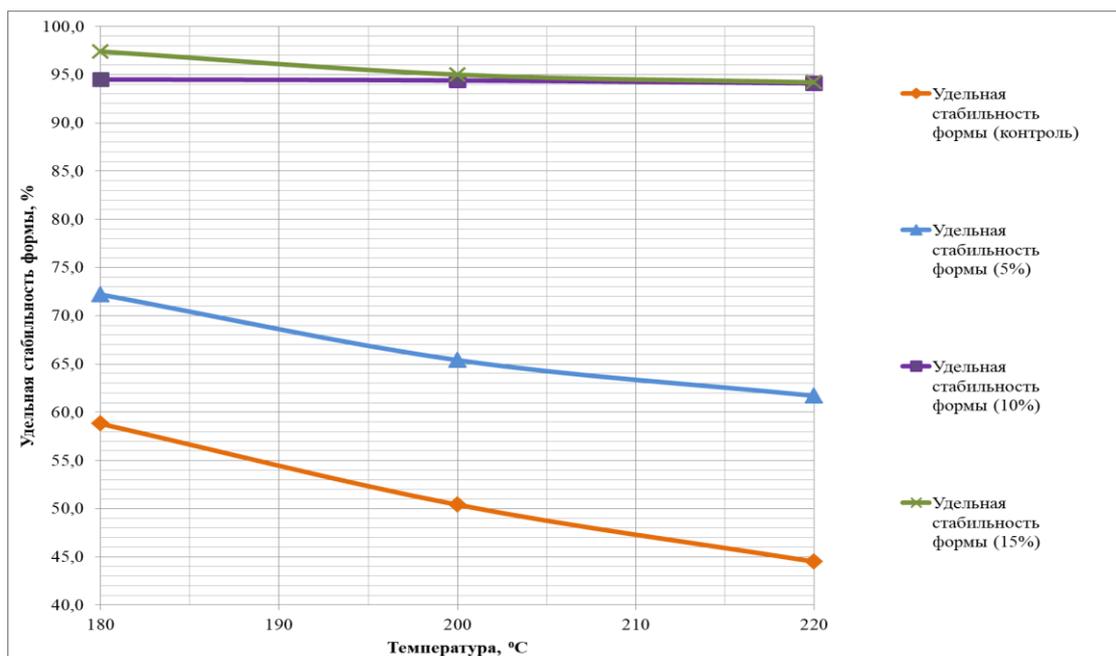


Рисунок 4. Удельная стабильность формы

Отмечено их снижение при повышении температуры. При этом стоит выделить образец начинки с 10%-ой заменой сахара порошком, в котором показатели термостабильности практически не изменялись от 180°C до 220°C. Он также отличался наилучшей удельной стабильностью формы и термостабильностью, наихудшие свойства – контроль на всех температурных режимах, который характеризовался растекаемостью.

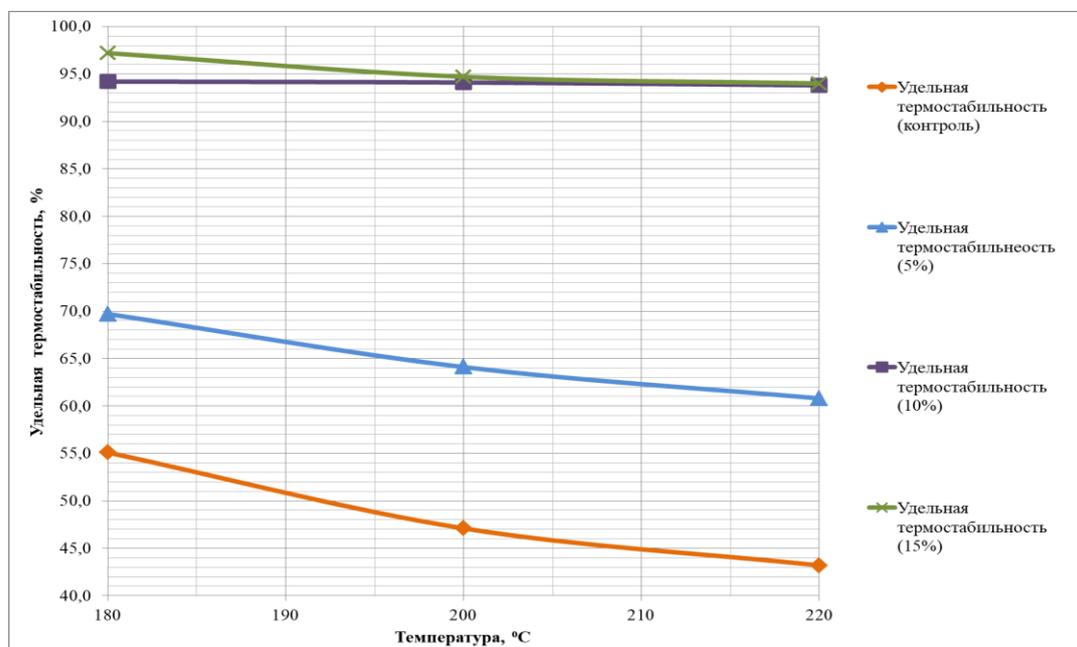


Рисунок 5. Удельная термостабильность

### Выводы

1. Установлена возможность использования порошка из кожицы яблок в технологии термостабильной начинки в качестве дополнительного источника пищевых волокон, в том числе пектинов, для формирования цвета, запаха, структуры целевого продукта.

2. Образец начинки с внесением яблочного порошка в количестве 10% от рецептурного содержания сахара характеризовался наилучшим качеством.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ ISO 750-2013. Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 6 с.
2. ГОСТ 32741-2014. Полуфабрикаты. Начинки и подварки фруктовые и овощные. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2019. – 10 с.
3. Использование свекловичного порошка в производстве термостабильных начинок / Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова, М.Г. Магомедов, В.В. Трощенко // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2018. – № 3-4(175). – С. 14-16.
4. Котвицкая Д.В., Анискина М.В. Обоснование использования яблок в производстве функциональных продуктов питания на основе анализа их химического состава // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2020. – № 8-1. – С. 508-512.
5. Левгерова Н.С., Салина Е.С., Макаркина М.А. Сравнительный анализ содержания катехинов в плодах новых сортов яблони селекции ВНИИСПК и продуктах их переработки // Химия растительного сырья. – 2021. – № 2. – С. 227-236.
6. Магомедов М.Г. Производство плодоовощных консервов и продуктов здорового питания: учебник. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – С. 198.
7. Никитин А.Л., Макаркина М.А. Хранение яблок: прошлое, настоящее, будущее: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. – Орел: ВНИИ селекции плодовых культур, 2020. – 314 с.
8. Причко Т.Г., Мачнева И.А. Использование вторичного сырья при производстве повидла яблочного // Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли, Краснодар, 03-04 февраля 2003 года. – Краснодар, 2003. – С. 338-340.
9. Румянцева В.В., Ковач Н.М., Смирнова Е.М. Использование продуктов переработки овса и ячменя при производстве фруктовых термостабильных начинок // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития: Материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции, Екатеринбург, 18 ноября 2016 года / Ответственные за выпуск: Ю.С. Рыбаков, С.В. Шихалев. – Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2016. – С. 147-151.
10. Сидоренко Т.А. Использование вторичного сырья при производстве повидла яблочного (Отходы сокового производства и отходы при выработке цукатов) // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2005. – № 2. – С. 649.
11. Хоконов А.Б., Хоконова М.Б. Изменения химического состава сока яблок при созревании и хранении // Биология в сельском хозяйстве. – 2022. – № 3(36). – С. 32-34.

**Мясищева Нина Викторовна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе 11, e-mail: myasishevanv@mgupp.ru

**Антропов Данила Юрьевич** – магистр кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе 11, e-mail: myasishevanv@mgupp.ru

**Ануров Артём Сергеевич** – магистр кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе 11, e-mail: myasishevanv@mgupp.ru

**Колмыков Денис Максимович** – магистр кафедры зерна, хлебопекарных и кондитерских технологий, ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ», 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе 11, e-mail: myasishevanv@mgupp.ru

UDC 664.859

**N. Myasishcheva, D. Antropov, A. Anurov, D. Kolmykov**

## **ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THERMOSTABLE FILLINGS USING APPLE POWDER**

**Keywords:** thermostable fillings, apple powder, dietary fiber, pectin.

**Abstract.** Currently, special attention is paid to the development of technologies for thermostable fillings, characterized by high consumer properties, functional orientation, the ability to retain shape and consistency after exposure to high temperatures, and the absence of syneresis during storage. The purpose of these studies was to assess the quality of the thermostable properties of the filling from apples using their recycled products in technology. The objects of the study were apple peel powder and prototypes of thermostable fillings with its use in technology. A technology has been developed for obtaining powder from apple peel as an additional source of biologically active substances, pectins and dietary fibers, with its subsequent use in the formulation of a thermostable filling. As experimental variants, samples of filling with sugar replacement with apple peel powder in the amount of 5%, 10%, 15% of the prescription amount of sugar were obtained. The control was a sample of apple jam with added sugar, brewed according to the traditional unified technology. The addition of powder in the amount of 5 and 10 (%) of the amount of sugar introduced into the formulation makes the consistency more plastic, 15% - compacts the mass of the filling, gives it a tightening. The sample with 10% sugar powder replacement was characterized by the best specific shape stability and thermal stability, the worst - control at all temperature conditions, which was characterized by spreadability. The possibility of using apple powder in the technology of thermostable filling has been established. The sample with the addition of powder in an amount of 10% of the prescription sugar content was characterized by the best quality.

### **References**

1. State Standard ISO 750-2013. Fruit and vegetable processing products. Determination of titratable acidity. – M.: Standartinform Publ., 2019. – 6 p.
2. State Standard 32741-2014. Semi-finished products. Fillings and podvarki fruit and vegetable. General specifications. – M.: Standartinform Publ., 2019. – 10 p.
3. The use of sugar beet powder in the production of thermostable fillings / G.O. Magomedov, I.V. Plotnikova, M.G. Magomedov, V.V. Troshchenko // Confectionery and bakery production. – 2018. – No. 3-4 (175). – Pp. 14-16.
4. Kotvitskaya D.V., Aniskina M.V. Substantiation of the use of apples in the production of functional food products based on the analysis of their chemical composition // Scientific Bulletin of the State Educational Institution of the Luhansk People's Republic "Lugansk National Agrarian University". – 2020. – No. 8-1. – Pp. 508-512.
5. Levgerova N.S., Salina E S., Makarkina M.A. Comparative analysis of the content of catechins in the fruits of new apple cultivars bred by All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding and their processing products. – 2021. – No. 2. – Pp. 227-236.
6. Magomedov M.G. Production of canned fruits and vegetables and healthy food products: textbook. – St. Petersburg: Lan Publ., 2015. – Pp. 198.
7. Nikitin A.L. Storage of apples: past, present, future / A. L. Nikitin, M. A. Makarkina: All-Russian Scientific Research Institute of Fruit Crop Breeding. Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding Publ., 2020. – 314 p.
8. Prichko T.G., Machneva I.A. The use of secondary raw materials in the production of apple jam // Organizational and economic mechanism of the innovation process and priority problems of scientific support for the development of the industry, Krasnodar, February 03–04, 2003 of the year. – Krasnodar, 2003. – Pp. 338-340.
9. Rumyantseva V.V., Kovach N.M., Smirnova E.M. The use of oat and barley processing products in the production of thermostable fruit fillings // Modern bakery production: development

prospects: Proceedings of the XVII All-Russian Correspondence scientific and practical conference, Yekaterinburg, November 18, 2016 / Responsible for the release: Yu.S. Rybakov, S.V. Shikhalev. – Yekaterinburg: Ural State University of Economics, 2016. – P. 147-151.

10. Sidorenko T.A. The use of secondary raw materials in the production of apple jam (Waste of juice production and waste in the production of candied fruits) // Food and processing industry. Abstract journal. – 2005. – No. 2. – P. 649.

11. Khokonov A.B., Khokonova M.B. Changes in the chemical composition of apple juice during ripening and storage // Biology in agriculture. – 2022. – No. 3(36). – Pp. 32-34.

**Myasishcheva Nina** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, BIOTECH University, 125080, Moscow, Volokolamsk Highway 11, e-mail: myasischevanv@mgupp.ru

**Antropov Danila** – student of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, BIOTECH University, 125080, Moscow, Volokolamsk Highway 11, e-mail: myasischevanv@mgupp.ru

**Anurov Artem** – student of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, BIOTECH University, 125080, Moscow, Volokolamsk Highway 11, e-mail: myasischevanv@mgupp.ru

**Kolmykov Denis** – student of the Department of Grain, Bakery and Confectionery Technologies, BIOTECH University, 125080, Moscow, Volokolamsk Highway 11, e-mail: myasischevanv@mgupp.ru

**Овсянников В.Ю., Дранникова Н.Е.**

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЭКСТРАКЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

**Ключевые слова:** экстрагирование, ультразвук, биологически активные вещества.

**Аннотация.** Рассмотрены особенности ультразвукового воздействия на биотехнологическое сырье растительного и животного происхождения при экстрагировании полезных компонентов. Описан механизм энергетического воздействия на сырье, растворитель звукового поля, а также влияние режимных параметров на основные характеристики процесса. Показана положительная динамика комплексного волнового и диффузионного воздействия на характер и выход биологических веществ из растительного сырья. Выполненные исследования по экстрагированию сычужного фермента из измельченных сычугов телят показало увеличение температуры озвучиваемой среды на 13°C и изменения рН за счет образования радикалов  $H^+$  и  $OH^-$  вследствие кавитации. Установлено, что во время первых 4-х минут озвучивания смеси измельчённых сычугов телят и растворителя величина рН раствора снижается незначительно, а впоследствии меняется на противоположную после 5-й минуты. Затем следует повторное снижение, после 20 минут, и озвучивание. Данное явление объяснили образованием значительного количества свободных радикалов  $HCl$  в пределах микросекундного интервала озвучивания, после чего отмечали изменение реакции на обратную. Показаны перспективы исследований в данной области с точки зрения дальнейшего совершенствования и развития.

### **Введение**

Извлечение биологически активных веществ и соединений из растительного и животного сырья экстрагированием – классический процесс, достаточно широко применяемый в пищевой, фармацевтической, косметической и ряде других отраслей промышленности.

Традиционно используемые методы, такие как экстракция растворителем, дистилляция в среде водяного пара, эффект высокого гидростатического давления и противотока характеризуется использованием значительного количества растворителя, длительностью протекания самого процесса, относительно низкими выходами растворенного вещества, достаточно высоким потреблением энергии, а также отрицательным влиянием на экологическую обстановку окружающей среды [8]. Кроме того, применяемые режимы высокого давления и температуры зачастую влияют на качество экстрактов, а иногда разрушают активный компонент. Последние годы приобретают особую популярность технологии, основанные на высокоэффективных экстракционных методах, позволяющих эффективно выделять биологически активные компоненты из растительной и животной ткани практически без потерь биологической активности, а в некоторых случаях даже позволяющих её повысить. К ним следует отнести экстрагирование с помощью ультразвуковых воздействий, экстракцию сверхкритическими веществами, а также в поле микроволнового излучения.

Из вышеперечисленных методов экстрагирования извлечение веществ с помощью ультразвука является наиболее экономичной с энергетической точки зрения, а также требует значительно меньшего количества специальных инструментов и приспособлений. Её применение целесообразно в тех случаях, когда биологическая стабильность исходного сырья или активного компонента, который извлекается в процессе экстрагирования, чувствительна к высоким температурам, характерным для традиционных методов экстрагирования.

Методом ультразвукового экстрагирования получены, в частности, такие соединения, как эфирные масла, ароматические композиции, изофлавоноиды, полифенолы, пигменты сапонины, адреналин, инсулин, лидаза, пантокрин, а также ряд гормональных, витаминных и ферментных препаратов. Цель данного исследования заключается в оценке текущего состояния, механизма, режимных параметров, определяющих характер и особенности экстрагиро-

вания различных биологических соединений, а также перспектив исследований в данной области с точки зрения совершенствования и развития. Ультразвуковое воздействие основано на явлении кавитации, обусловленной образованием, ростом и резким схлопыванием пузырьков газа или водяного пара, возникающего в результате действия ультразвукового поля внутри жидкости. Продолжительность существования указанных пузырьков составляет, как правило, порядка микросекунд, резкое схлопывание вызывает локальное и кратковременное повышение температуры внутри самого пузырька, давление почти до 100 МПа и образование радикальных соединений, а групп  $\text{OH}^\cdot$  и  $\text{OON}^\cdot$ , а также перекиси водорода  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Частицы твердой и жидкой фазы в среде колеблются и ускоряются за счёт энергетического потенциала ультразвукового поля, в результате чего растворимое вещество интенсивно переходит из твердой фазы в растворитель. Кроме того, повышение эффективности экстрагирования растворённых веществ напрямую связано с распространением ультразвуковой волны давления внутри самого растворителя, кавитацией, а также сопровождающимися тепловыми и механическими эффектами. Резкое схлопывание кавитационных пузырьков газа и пара инициирует микротурбулентность, высокоскоростные столкновения частиц внутри среды и возмущение в микроскопических порах биомассы, что в результате ускоряет эффекты внутренней диффузии. Из-за ограниченного пространства большая часть пузырьков газа и пара при расширении схлопывается симметрично, а это приводит к интенсивной турбулентности усиления циркуляции потока жидкости. Кавитация также вызывает разрушение поверхности клеточных стенок, разрыв частиц на эродированных новообразованиях.

На основании анализа электронной микроскопии было установлено, что механические воздействия, создаваемые ультразвуком, изменяют морфологию материала, формируя так называемую губчатую или пористую структуру. Совокупность всех этих физических эффектов обуславливает разрыв стенок растительных и животных клеток, уменьшение размера частиц, увеличение количества вещества, переносимого через клеточную мембрану. Кроме того, ультразвуковое излучение способствует многократной регидратации озвучиваемой ткани и расширению пор клеток, благодаря чему вещества, находящиеся во внутренних и наружных капиллярах и кавернах, извлекаются интенсивнее. За счёт диспергирования частиц сырья повышается площадь контакта между твердой фазой и растворителем, что способствует более интенсивному массопереносу растворимых веществ за счёт протекания диффузионных и осмотических процессов. Разрыв клеточных стенок, вызванный ультразвуковой кавитацией, значительно повышает проницаемость озвучиваемой ткани и облегчает поступление растворителя в труднодоступные зоны обрабатываемого материала, значительно повышает выход экстракта с последующим увеличением выхода активного начала. Это требует значительно меньшего времени по сравнению с традиционным экстрагированием. В настоящее время исследований по извлечению активных соединений ультразвуковым воздействием в промышленных масштабах представлено не так много. Хотя существует большой спрос на его использование в качестве более дешёвого альтернативного традиционного способа экстрагирования. С этой целью разрабатываются более крупные установки и проводятся теоретические исследования по моделированию основных параметров определяющих максимальную эффективность экстрагирования биологически активных соединений, а также соотношение растворителя и твердой фазы, характерное для достижения максимального эффекта в каждом конкретном случае [4].

### **Объекты и методы исследований**

В результате анализа процесса экстрагирования с наложением ультразвукового излучения следует оценить группы параметров, оказывающих наибольшее влияние на интенсивность извлечения биоактивных растворимых соединений.

Выявим и сгруппируем наиболее значимые параметры процесса ультразвукового экстрагирования на основании технических и технологических признаков (табл. 1).

Таблица 1. Наиболее значимые параметры процесса ультразвукового экстрагирования

Технические параметры	Технологические параметры
Конфигурация озвучиваемого пространства	Температура технологической среды
Частота и интенсивность звукового поля	Характер растворителя
Продолжительность ультразвуковой обработки	Гидромодуль (соотношение твердой и жидкой фаз)

В лабораторной практике для изучения процессов экстрагирования под воздействием ультразвукового излучения приобрели наибольшую популярность ультразвуковые установки с направленными источниками излучения и ультразвуковые ванны (рис. 1).



Рисунок 1. Типы ультразвуковых установок

а) – ультразвуковая ванна; б) – установка с направленным источником излучения

В большинстве случаев также требуется использование специальных механических мешалок и термостатов, обеспечивающих поддержание постоянной температуры экстрагирования, которая повышается под воздействием энергии ультразвука. Данные технологии получили наибольшее распространение, хотя исследования привлечения активных веществ ультразвуком в промышленных масштабах до настоящего времени не получили должного распространения. Реакторы с направленными источниками излучения работают преимущественно с ультразвуковыми преобразователями зондовой конструкции, обеспечивающими передачу значительного количества энергии непосредственно в обрабатываемую смесь или плоские излучатели, располагаемые на дне реактора. Они могут находиться или не находиться в непосредственном контакте с обрабатываемой смесью. Преобразователи с направленными источниками излучения имеют некоторые недостатки, основной из которых – ослабление интенсивности излучения по мере удаления от самого источника. Интенсивность ультразвукового воздействия по мере удаления от источника излучения уменьшается экспоненциально и зависит также от мощности излучения и частоты ультразвука.

Другой недостаток данных установок заключается в том, что продукты разрушения самого передающего источника могут загрязнять сам обрабатываемый продукт. Ультразвуковые ванны, используемые преимущественно для очистки поверхности от загрязнений, также нашли широкое применение в изучении воздействия ультразвука ввиду их невысокой стоимости, простоты конструкции и доступности. Данный тип реакторов, как правило, оснащён одним или несколькими преобразователями в нижней части, а иногда оснащается водяной рубашкой, которую можно использовать в качестве теплообменника, но для этого следует предусмотреть циркуляцию воды в ней. В ультразвуковых ваннах при отсутствии непосредственного контакта между преобразователями и обрабатываемой средой (непрямая обработка ультразвуком) мощность ультразвука достигает смеси ниже по сравнению с другими ультразвуковыми системами.

Кроме того, воспроизводимость результатов исследований в установках данного типа достаточно низкая, поскольку энергия, воспринимаемая обрабатываемой смесью, в значительной степени зависит от того места внутри ванны, где располагается сам излучатель. С другой стороны, важно всегда использовать один и тот же конструктивный вариант ультразвуковой ванны, поскольку геометрия её сосуда влияет на звуковую картину, возникающую при обработке смеси. Другим важным недостатком является некоторая сложность поддержания постоянной температуры обрабатываемой смеси, поскольку растворитель подвергается температурному нагреву во время работы ванны. Исходя из вышеперечисленных аргументов, следует сделать вывод, что в установках, оснащенных направленными источниками ультразвукового излучения, извлекается значительно большее количество растворенного вещества по сравнению с ультразвуковыми ваннами, где, собственно, ультразвуковая обработка ведётся косвенно. Тем не менее интенсивная прямая обработка ультразвуком на высоких частотах может разрушить извлекаемые активные вещества или повлиять на качество термолабильных компонентов ввиду того, что значительное количество энергии резко выбрасывается непосредственно в обрабатываемой смеси. По этим причинам и более низкой стоимости обработка технологических сред в ультразвуковых ваннах получила наиболее широкое применение.

Таким образом, конфигурация, озвучиваемая в объёме, будет зависеть, во-первых, от характеристики используемого сырья и растворителя, а во-вторых, от характера проводимого исследования. Для повышения общего количества извлеченного вещества в процессе ультразвукового экстрагирования из растительного или животного сырья требуется использовать достаточное количество энергии. Поэтому частота и интенсивность ультразвукового излучения также являются важнейшими параметрами, которые следует оценивать в результате каждого конкретного исследования. Наиболее часто применяемые частоты лежат в диапазоне от 20 до 100 кГц и в интервале мощностей от 100 до 800 Вт. Выбор интенсивности излучения также имеет большое значение, поскольку более высокая величина способствует наиболее полному экстрагированию целевых компонентов из клеточной структуры сырья. Рассеивание интенсивности звуковой волны происходит в виде теплоты и зависит, как было отмечено ранее, от конфигурации реакционного объема и размера частиц обрабатываемого сырья.

Также следует учитывать, что повышение интенсивности ультразвуковой обработки эффективно до определённой величины, после которой невозможно изменить экстракционное равновесие. При увеличении частоты мощности может происходить ультразвуковая дегидратация активного начала, поскольку химическая реакция вещества со свободными радикалами групп водорода Н<sup>+</sup> и ОН начинает превалировать над физическим перемещением вещества. Указанная особенность весьма важна при оценке экономической целесообразности ультразвукового экстрагирования. Кинетика экстрагирования должна всегда базироваться на определении оптимального времени обработки среды ультразвуком. Расчётное время экстрагирования зависит от типа и строения клеточной стенки, используемого сырья, степени проникновения растворителя в клеточную структуру и устойчивости комплекса растворимых соединений к переносу за счет молекулярной и конвективной диффузии из внутриклеточной

структуры в раствор. Обычно диапазон времени обработки ультразвуком пищевого растительного и животного сырья составляет от 120 до 3600 с, что значительно меньше времени, необходимого для реализации традиционных методов экстрагирования.

В целом при экстрагировании активных веществ с помощью ультразвука требуются более низкие температуры. Примером является экстракционное извлечение флавоноидов и фенольных соединений из растительного сырья при температурах 35-45°C. Это позволяет обеспечить значительное преимущество использования ультразвука, учитывая возможности извлечения при низких температурах крайне чувствительных соединений или термолабильных веществ. Выбор растворителя является основным этапом любого процесса экстрагирования. Необходимо использовать малотоксичные легко испаряющиеся растворители, обладающие избирательной селективностью по отношению к извлекаемому компоненту. Химические свойства растворителя, его концентрация и соотношение растворённого вещества и растворителя также являются важнейшими элементами достижения требуемого эффекта экстрагирования. При этом способность растворителя поглощать и передавать энергию ультразвуковой волны определяет эффективность самого процесса. Физические свойства растворителя напрямую влияют на характер гравитационного процесса. Интенсивность кавитации увеличивается при использовании растворителей с малой величиной поверхностного натяжения, давлением паров и вязкостью.

Другим фактором, который следует учитывать при выборе растворителя для экстрагирования с воздействием ультразвукового поля, является структура и прочность клеточной стенки обрабатываемого сырья. Полярность растворителя также влияет на эффективность экстрагирования. Вода широко используется в пищевом производстве в качестве растворителя, полярных соединений, таких как углеводы, гликозиды и аминокислоты. Полярные органические растворители, такие как спирты (этанол, метанол, н-бутанол, изопропанол) и ацетон, позволяют извлекать большинство растительных биоактивных соединений. Из них наиболее широко используется этанол, поскольку он считается самым безопасным органическим растворителем, это также относится и к водным растворам этанола. Диэтиловый эфир позволяет выделять соединения с низкой полярностью, такие как ароматические соединения. Иногда в качестве растворителя используются растворы неорганических щелочей, такие как гидроксид натрия и калия.

### **Результаты исследований**

Исследование по применению ультразвука для экстрагирования биологически активных соединений, представляющих интерес для фармацевтической пищевой и косметической промышленности, таких как антиоксиданты, эфирные масла, сапонины и лекарственные соединения из различных видов сырья, наглядно показывает преимущества использования указанного метода по отношению к существующей технологии извлечения активных веществ (табл. 2).

Таблица 2. Преимущества использования УЗ для выделения биоактивных соединений

Биологически активное вещество	Исходное сырье	Режимные параметры УЗ обработки	Результаты
Флавоноиды	Плоды боярышника	Излучателем являлся цилиндрический волновод. Масса сухого образца 3 г, экстрагент – смесь вода дистиллированная: спирт этиловый 96% (1:1), мощность 0,5 Вт, время выдержки 2 часа.	Повышение выхода на 23,3% по сравнению с перколяцией [14]

Экстрактивные вещества	Семена томата	Частота излучателя 17-44 кГц, продолжительность экстрагирования 60 минут. Образец: измельченные семена томатов, экстрагент – вода дистиллированная, нагретая до 30-35°C, гидромодуль (1 : 3).	Продолжительность экстрагирования сократилась более чем в 8-9 раз, температура снижается с 90 до 25-30°C. При продолжительности обработки более 60 мин. наблюдается снижение массы биоактивных соединений [4]
Жирные кислоты, фенольные соединения	Семена восковой тыквы	Погружной титановый излучатель. Мощность ультразвукового озвучивания 125, 150, 370 Вт, частота 20 кГц; время озвучивания 30 мин.; температура экстрагирования 45-55°C. Образец: высушенные, измельченные до размера частиц 1,5-2 мм семена восковой тыквы, экстрагент – спирт этиловый; гидромодуль (1:10).	Наилучшие результаты получены при использовании ультразвука мощностью 65% от максимальной в течении 36 мин. при 52°C. Ультразвук не увеличил общий выход экстракта, но повысил выход фенолов, жирных кислот и антиоксидантную активность [9]
Гинсенозиды	Корень женьшеня	Излучатель цилиндрический волновод. Масса сухого образца 0,1 г, экстрагент смесь спирт метиловый: вода (1:4), время ультразвуковой обработки 30 мин.	Выход гинсенозидов составил от 80 до 110%. Показано отсутствие разрушения структуры данных веществ при проведении экстрагирования [2]
Флавоноиды	Трава гречихи	Масса навески 1 г, размер частиц 1-2 мм, экстрагент спирт этиловый, время экстракции 120-150 с, частота ультразвука 22 кГц	Выход флавоноидов повышается в 1,5-3 раза [3]
Капсаицин	Плоды острого перца	Измельчение 1-2 мм, экстрагент спирт этиловый 94%, частота ультразвука 35 кГц, мощность 128 Вт, гидромодуль (1:20–1:50), время экстрагирования 30 мин.	Сокращение времени экстракции в 2 раза, выход капсаицина более 99 % [6]
Флавоноиды	Цветки ромашки аптечной	Частота ультразвука 35 кГц, мощность 180 Вт, измельчение сырья до размера частиц 0,25-2,0 мм, изменение гидромодуля от 1:4 до 1:30	Повышение выхода суммы флавоноидов до 97% (на 35-45%), эфирного масла – до 81% [5]
Дубильные вещества, флавоноиды	Трава василька синего	Погружной излучатель «грибкового» типа, частота ультразвука 22-23 кГц с термостатированием. Высушенное измельченное сырье с размером частиц 1-5 мм, гидромодуль 1:100	Повышение экстракции дубильных веществ и флавоноидов в среднем в 1,5 раза по сравнению с контрольным опытом [7]

Фенольные соединения, в т.ч. галловая кислота	Листья филлантуса горького	Погружной излучатель (13 мм диаметр), мощность 500 Вт. Масса сухого образца – 5 г (размер частиц 0,25 и 2,0 мм) и экстрагент – вода объемом 200 мл. Время экстрагирования 7 мин., интенсивность – 301 Вт/см <sup>2</sup> , температура 25°C.	Повышение экстракции фенольных соединений при 226 Вт/см <sup>2</sup> в течение 5 мин, в том числе галловой кислоты в течение 3 мин. [13]
Полифенольные соединения	Цветки пижмы девичьей	Ультразвуковая ванна (для сравнения экстракция в присутствии ацетилхолин эстеразы) Масса образца 1 г, температура 30°C, экстрагент – спирт этиловый.	Получены экстракты с повышенной антиоксидантной активностью и высоким содержанием суммы фенолов в пересчете на галловую кислоту и флавоноидов в пересчете на рутин; значительная ингибирующая УЗ экстрактов на активность альфа-глюкозидазы и умеренную ингибирующую активность против $\alpha$ -амилазы 0,51-0,56 ммоль САЕ/г экстракта [15].
Сесквитерпен $\alpha$ -бисаболол	Кора кандеи	Погружной титановый излучатель, 13 мм, ячейка 250 мл в термостатируемой ванне. Мощность ультразвука 500 Вт, амплитуда 30, 60 и 90%, частота 20 кГц, температура 40, 50 и 60°C, гидромодуль – 1:10, 1:15 и 1:20, экстрагент – н-гексан, время экстрагирования 7 мин.	Сокращение времени экстрагирования в 2,5 раза и увеличение выхода $\alpha$ – бисаболола по сравнению с использованием аппарата Сокслета [12].
Сапонины	Листья квиллайи мыльной	Образец: высушенные, измельченные до размера частиц 0,2; 0,32; 6; 10 мм листья квиллайи мыльной, экстрагент – спирт этиловый; гидромодуль (1:6; 1:10; 1:15). Ультразвук: мощность 3-75 Вт, частота 20 кГц; полное сопротивление 80, 800 Ом; время озвучивания 10-30 мин.; температура экстрагирования 45-55°C	Ультразвук улучшил экстрагирование сапонинов. Статистически значимыми переменными, влияющими на процесс являются: измельченность (оптимум 0,2 мм), гидромодуль (оптимум 1:15) и время обработки (оптимум 30 мин.) [10].

Во всех указанных случаях при наложении ультразвукового воздействия экстрагирование происходило при более низкой температуре или при меньшем времени извлечения активных соединений по сравнению с традиционными методами, а качество извлекаемых экстрактов и их выход превосходил величины, характерные для существующих технологий экс-

трагирования. На кафедре машин и аппаратов пищевых производств в аудитории 103а Воронежского государственного университета инженерных технологий в октябре 2022 г. выполнено исследование, направленное на изучение изменения рН и температуры при экстракционном получении сычужного фермента из измельчённых сычугов телят. Обработка сырья проводилась в ультразвуковой ванне, оснащённой излучателем РХ8 частотой 22 кГц со звуковым давлением в жидкой среде не менее 80 дБ. Полученные данные обрабатывали в форме графической зависимости. Отмечено повышение температуры, изменение рН среды, вызванные явлением кавитации. По мере увеличения времени озвучивания наблюдалось увеличение температуры среды на 13 градусов Цельсия за 35 мин. Это повышение температуры является следствием прохождения ультразвуковых волн в жидкой среде с добавлением хлорида натрия, так как часть звуковой энергии в жидкой среде превращается в теплоту, способствует образованию радикалов  $H^+$  и  $OH^-$  вследствие кавитации [11]. В течение первых 4 минут озвучивания смеси измельчённых сычугов телят и растворителя снижение значения величины рН незначительное, впоследствии оно меняется на противоположное, после 5-й минуты, а позже снова уменьшается после 20 минут и озвучивания. Вероятно, образование радикала  $HCl$  в большом количестве в пределах микросекундного интервала озвучивания, затем химическая реакция меняется на обратную. Стадию с 4-ой по 20-ю минуту можно объяснить тем, что реакция, будучи обратимой, ищет своё наиболее устойчивое состояние, стремясь вернуться к положению равновесия. Со временем происходит больше образование продукта  $OH$ , что объясняет увеличение рН в этот период.

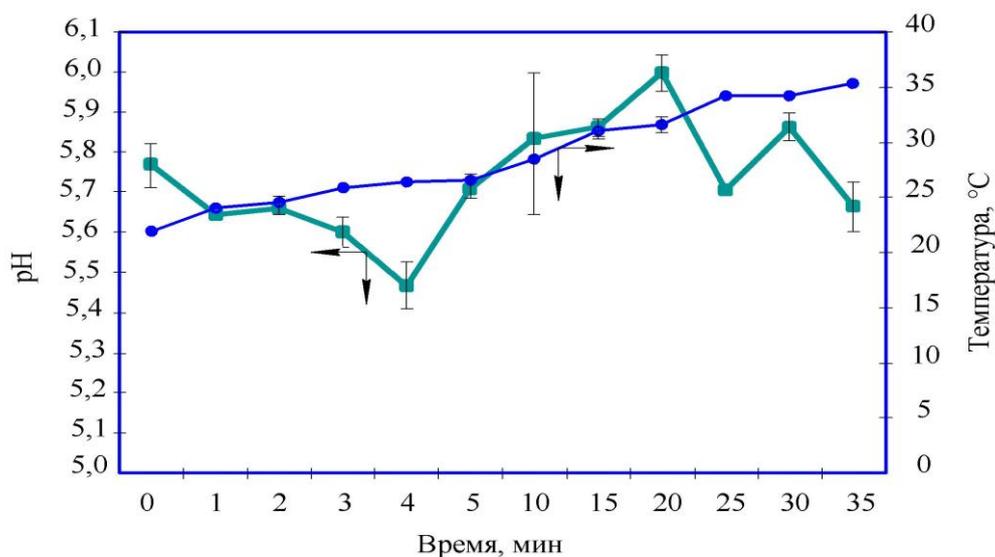


Рисунок 2. Влияние ультразвука на рН и температуру смеси измельчённых сычугов телят и раствора  $NaCl$  концентрацией 6% при ультразвуковом облучении на частоте 22 кГц за время от 0 до 30 мин.

В последнее время приобретает популярность процесс экстрагирования, в котором ультразвуковое воздействие сочетается с другими технологическими приёмами извлечения веществ, такими как сверхкритические вещества и микроволновое излучение, обеспечивающие интенсификацию процессов за счёт синергетического эффекта комбинированных методов. Известно, что сверхкритические вещества — это соединения, которые при температуре и давлении, превышающем их термодинамическую критическую точку, не являются нежидкими и газообразными, но обладают свойствами обоих. За счёт этого проявляется их уникальная способность диффундировать через твёрдые тела в виде газа и растворять соединение в виде жидкости. Указанные свойства позволяют достичь значительных преимуществ, по-

скольку они полностью смешиваются с газами, тем самым образуя растворители с низкой вязкостью, не имеют поверхностного натяжения, инертны и экологически безопасны [11].

Использование сверхкритических веществ для избирательного экстрагирования различных соединений представляет значительный интерес, поскольку в клеточной структуре обрабатываемого сырья достигаются высокие скорости диффузии и лучше массоперенос при различных давлениях. В процессах разделения чаще всего применяется углекислый газ и вода, ввиду их относительной дешевизны. Примером этого является использование в пищевой и фармацевтической промышленности углекислого газа для полного выделения масел из растительных субстратов без изменения его химического состава [1]. Процессы конструкционного извлечения, при которых используется ультразвук высокой интенсивности и сверхкритической жидкости, представляют собой комплексную процедуру, при которой достигаются большие значения коэффициентов массопереноса растворённого вещества, увеличение скорости экстракции, обусловленной комбинацией процессов компрессии и декомпрессии совместно с ультразвуковым воздействием. Комбинация ультразвукового и микроволнового подвода энергии в процессах экстракции является ещё одним вариантом, используемым в последнее время для получения целевых компонентов из клеточной структуры обрабатываемого сырья. Большое количество энергии, высвобождающейся в результате внутреннего трения подвижных молекул и диполей воды, а также волновое воздействие ультразвука позволяют создать условия для улучшенного проникновения энергии в толщу сырья, разрушения стенок клеток, что позволяет быстрее элюировать извлекаемые соединения. А в результате процесс экстрагирования происходит за меньшее время, снижаются энергетические затраты на реализацию процесса, улучшается качество и выход целевого компонента в жидкую фазу [1].

Таким образом, совместное применение указанных способов энергетического воздействия в процессах экстрагирования способствует дальнейшему совершенствованию процесса выделения активных соединений с меньшим потреблением энергии.

### **Выводы**

1. Указанные тенденции исследований, прежде всего, направлены на разработку ультразвуковых экстракторов большей мощности, в которых предлагается использовать несколько преобразователей с возможностью работы на разных частотах и которые можно использовать как в пилотных, так и в промышленных масштабах для извлечения широкого класса биологически активных соединений. Эти установки должны обеспечивать равномерное распределение кавитации внутри реакционного объема для достижения наибольшего эффекта экстрагирования. С этой целью предлагается размещать преобразователи на разных положениях рабочего объёма таким образом, чтобы отдельные волновые картины, генерируемые каждым из них, перекрывались. Это позволит равномерно увеличить эффект кавитации, обеспечить более высокую производительность, эффективность и более совершенную систему управления.

2. Ведутся работы в рамках теоретических исследований, позволяющих моделировать новые аппараты с различной геометрией и параметрами, обеспечивающими требуемое распределение температуры внутри рабочего объёма для достижения максимальных коэффициентов массопереноса, перемешивания и циркуляции технологической среды, необходимые для оптимизации равномерного максимального кавитационного воздействия ультразвуковой волны. Кроме того, исследования по оптимизации также продолжают в лабораторных исследованиях методами планирования эксперимента, позволяющими оценить такие параметры, как продолжительность обработки ультразвуком, мощность и частота ультразвуковой обработки.

3. Исследования последнего десятилетия наглядно продемонстрировали достоинства, которыми обладает ультразвук в качестве фактора интенсификации процесса экстрагирования, независимо от того, используется ли он отдельно или в сочетании с другими идентифицирующими факторами и технологическими приёмами по сравнению с традиционными методами выделения биологически активных соединений из растительного или животного сы-

рья. Наибольший эффект проявляется в сокращении времени экстрагирования и увеличении выхода и частоты экстрагируемого вещества.

4. Кроме того, процесс реализуется при более низких температурах и количестве растворителя, меньшей нагрузки на окружающую среду.

5. В настоящее время исследований по извлечению активных соединений ультразвуковым воздействием в промышленных масштабах в представленном виде не так много, хотя существует большой спрос на его использование, в качестве более дешёвой альтернативой традиционным способам экстрагирования. С этой целью разрабатываются более крупные установки и проводятся теоретические исследования по моделированию основных параметров, определяющих максимальную эффективность экстрагирования биологически активных соединений.

### Список литературы

1. Анализ факторов, влияющих на эффективность извлечения биологически активных веществ из сельскохозяйственного сырья путем СВЧ экстрагирования / В.Ю. Овсянников, В.В. Торопцев, С.А. Трунов, Т.Е. Шинкарева, М.А. Лобачева // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: сборник научных статей и докладов по материалам VII Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 166-169.

2. Быстрый способ ультразвуковой экстракции Гинсенозидов из растительного сырья и продуктов на основе женьшеня для ВЭЖХ-МС/МС анализа / А.Н. Ставрианиди, И.А. Родин, А.В. Браун, О.А. Шпигун // Аналитика и контроль. – 2013. – № 17(4). – С. 459-464.

3. Влияние ультразвукового облучения на извлечение флавоноидов из зеленой массы гречихи / А.В. Апаева, Э.Т. Ямансарова, О.С. Куковинец, О.Б. Зворыгина // Вестник Башкирского университета. – 2016. – № 21(1). – С. 69-72.

4. Думитраш П.Г., Болога М.К., Шемякова Т.Д. Ультразвуковая экстракция биологически ктивных соединений из семян томатов // Электронная обработка материалов. – 2016. № 52(3). – С. 47-52.

5. Загорулько Е.Ю., Теслев А.А., Ожигова М.Г. Разработка и оптимизация технологии ультразвукового экстрагирования ромашки аптечной цветков (*Chamomillae Recutita flores*) // Фармация и фармакология. – 2018. – № 6(2). – С. 151-166.

6. Рудометова Н.В., Ким И.С. Исследование экстракции капсаицина из плодов острого перца рода  *Capsicum* // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2019. – № 1. – С. 62-73.

7. Ультразвуковая экстракция и УФ-спектрофотометрическое определение суммы флавоноидов и дубильных веществ в надземной части василька синего / Е.А. Подолина, М.А. Ханина, О.Б. Рудаков, А.Е. Небольсин // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 2. – С. 28-35.

8. Шинкарева Т.Е., Овсянников В.Ю. Микроволновое СВЧ излучение как фактор интенсификации процесса экстрагирования // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: сборник статей по материалам IX Международной научно-технической конференции. – Воронеж, 2021. – С. 505-508.

9. Vimakr M., Rahman R.A., Taip F.S., Adzahan N.M., Sarker Md.Z.I., Ganjloo A. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Crude Oil from Winter Melon (*Benincasa hispida*) Seed Using Response Surface Methodology and Evaluation of Its Antioxidant Activity, Total Phenolic Content and Fatty Acid Composition // *Molecules*. 2012; 17(10):11748–11762.

10. Cares M.G., Vargas Y., Gaete L., Sainz J., Alarcon J. Ultrasonically assisted Extraction of bioactive principles from *Quillaja Saponaria* Molina // *Physics Procedia*. – 2010. – No 3(1). – P. 169-178.

11. Ovsyannikov V.Yu., Drannikova N.E., Makeeva E.O. Features of ultrasonic action on protein media // *Problems of scientific thought*. – 2022. – Vol. 10. – No 2. Pp. 18-21.

12. Santos K.A., Gonçalves J.E., Cardozo-Filho L., da Silva E.A. Pressurized liquid and ultrasound-assisted extraction of  $\alpha$ -bisabolol from candeia (*Eremanthus erythropappus*) wood // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – No 130. – P. 428-435.
13. Segovia F.J., Corral-Pérez J.J., Almajano M.P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds // *Industrial Crops and Products*. – 2016. – No 85. – P. 213-220.
14. Valeeva A.R., Makarova N.V., Valiulina D.F. Optimisation of conditions for extracting bioactive compounds exhibiting antioxidant properties from hawthorn fruit (*Crataegus*) // *Proceedings of Universities Applied Chemistry and Biotechnology*. – 2019. No 9(2). – P. 239-249.
15. Zengin G., Cvetanović A., Gašić U., Stupar A., Bulut G., Şenkardes I., Dogan A., Sinan K. I., Uysal S., Aumeeruddy-Elalfi Z., Aktumsek A., Mahomoodally M. F. Modern and traditional extraction techniques affect chemical composition and bioactivity of *Tanacetum parthenium* (L.) Sch.Bip // *Industrial Crops and Products*. – 2020. - 146: 112202.

**Овсянников Виталий Юрьевич** – доктор технических наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Воронежская обл., г. Воронеж, пр-т Революции, 19, e-mail: ows2003@mail.ru

**Дранникова Надежда Евгеньевна** – экстерн кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Воронежская обл., г. Воронеж, пр-т Революции, 19, e-mail: nadezhdastebunova@mail.ru

---

UDC 664+663.814

**V. Ovsyannikov, N. Drannikova**

## **STATUS AND PROSPECTS OF ULTRASONIC EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES**

**Keywords:** extraction, ultrasound, biologically active substances.

**Abstract.** The features of ultrasonic action on biotechnological raw materials of plant and animal origin during the extraction of useful components are considered. The mechanism of the energy impact on the raw material, the sound field solvent, as well as the influence of regime parameters on the main characteristics of the process, is described. The positive dynamics of the complex wave and diffusion effects on the nature and yield of biological substances from plant materials is shown. The performed studies on the extraction of rennet from crushed calf abomasum's showed an increase in the temperature of the sonicated medium by 13°C and a change in pH due to the formation of H<sup>+</sup> and OH<sup>-</sup> radicals due to cavitation. It has been established that during the first 4 minutes of sonicating a mixture of crushed calf abomasum's and a solvent, the pH value of the solution decreases slightly, and subsequently changes to the opposite after the 5th minute. This is followed by a second decline after 20 minutes and scoring. This phenomenon was explained by the formation of a significant amount of HCl free radicals within a microsecond sonication interval, after which a change in the reaction to the reverse was noted. The prospects for research in this area from the point of view of further improvement and development are shown.

### **References**

1. Analysis of the factors affecting the efficiency of extraction of biologically active substances from agricultural raw materials by microwave extraction / V.Yu. Ovsyannikov, V.V. Toroptsev, S.A. Trunov, T.E. Shinkareva, M.A. Lobacheva // *Food security: scientific, personnel and information support: collection of scientific articles and reports based on materials of the VII International scientific and practical conference*. – Voronezh, 2021. – Pp. 166-169.
2. Fast method of ultrasonic extraction of Ginsenosides from vegetable raw materials and products based on ginseng for HPLC-MS/MS analysis / A.N. Stavrianidi, I.A. Rodin, A.V. Braun, O.A. Shpigun // *Analytics and control*. – 2013. – No. 17(4). – Pp. 459-464.

3. Influence of ultrasonic irradiation on the extraction of flavonoids from buckwheat green mass / A.V. Apaeva, E.T. Yamansarova, O.S. Kukovinets, O.B. Zvorygina // Bulletin of the Bashkir University. – 2016. – No. 21(1). – Pp. 69-72.
4. Dumitrash P.G., Bologa M.K., Shemyakova T.D. Ultrasonic extraction of biologically active compounds from tomato seeds // Electronic processing of materials. – 2016. – No. 52(3). – Pp. 47-52.
5. Zagorulko E.Yu., Teslev A.A., Ozhigova M.G. Development and optimization of technology for ultrasonic extraction of chamomile flowers (*Chamomillae Recutita flores*) // Pharmacy and Pharmacology. – 2018. – No. 6(2). – Pp. 151-166.
6. Rudometova N.V., Kim I.S. Study of the extraction of capsaicin from the fruits of hot peppers of the genus *Capsicum* // Scientific Journal of the ITMO Research University. Series "Processes and apparatuses of food production". – 2019. – No. 1. – Pp. 62-73.
7. Ultrasonic extraction and UV spectrophotometric determination of the amount of flavonoids and tannins in the aerial part of the blue cornflower / E.A. Podolina, M.A. Khanina, O.B. Rudakov, A.E. Nebolsin // Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. – 2018. – No. 2. – Pp. 28-35.
8. Shinkareva T.E., Ovsyannikov V.Yu. Microwave radiation as a factor in the intensification of the extraction process // New in technology and technology of functional foods based on medical and biological views: a collection of articles based on the materials of the IX International Scientific and Technical Conference. – Voronezh, 2021. – Pp. 505-508.
9. Bimakr M., Rahman R.A., Taip F.S., Adzahan N.M., Sarker Md.Z.I., Ganjloo A. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Crude Oil from Winter Melon (*Benincasa hispida*) Seed Using Response Surface Methodology and Evaluation of Its Antioxidant Activity, Total Phenolic Content and Fatty Acid Composition // *Molecules*. 2012; 17(10):11748–11762. DOI: 10.3390/molecules171011748.
10. Cares M.G., Vargas Y., Gaete L., Sainz J., Alarcon J. Ultrasonically assisted Extraction of bioactive principles from *Quillaja Saponaria Molina* // *Physics Procedia*. – 2010. – No 3(1). – Pp. 169-178. DOI: 10.1016/j.phpro.2010.01.024.
11. Ovsyannikov V.Yu., Drannikova N.E., Makeeva E.O. Features of ultrasonic action on protein media // *Problems of scientific thought*. – 2022. – Vol. 10. – No. 2. – Pp. 18-21.
12. Santos K.A., Gonçalves J.E., Cardozo-Filho L., da Silva E.A. Pressurized liquid and ultrasound-assisted extraction of  $\alpha$ -bisabolol from candeia (*Eremanthus erythropappus*) wood // *Industrial Crops and Products*. – 2019. – No 130. – Pp. 428-435.
13. Segovia F.J., Corral-Pérez J.J., Almajano M.P. Avocado seed: Modeling extraction of bioactive compounds // *Industrial Crops and Products*. – 2016. – No 85. – Pp. 213-220.
14. Valeeva A.R., Makarova N.V., Valiulina D.F. Optimization of conditions for extracting bioactive compounds exhibiting antioxidant properties from hawthorn fruit (*Crataegus*) // *Proceedings of Universities Applied Chemistry and Biotechnology*. – 2019. – No 9(2). – Pp. 239-249.
15. Zengin G., Cvetanović A., Gašić U., Stupar A., Bulut G., Şenkardes I., Dogan A., Sinan K.I., Uysal S., Aumeeruddy-Elalfi Z., Aktumsek A., Mahomoodally M.F. Modern and traditional extraction techniques affect chemical composition and bioactivity of *Tanacetum parthenium* (L.) Sch.Bip // *Industrial Crops and Products*. – 2020. - 146: 112202.

**Ovsyannikov Vitaliy** – doctor of technical sciences, professor of the department of machines and apparatuses for food production, Voronezh State University of Engineering Technologies, 394036, Voronezh region, Voronezh, Revolution Avenue, 19, e-mail: ows2003@mail.ru

**Drannikova Nadezhda** – external student of the department of machines and apparatuses for food production, Voronezh State University of Engineering Technologies, 394036, Voronezh region, Voronezh, Revolution Avenue, 19, e-mail: nadezhdastebunova@mail.ru

## **ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО**

УДК 631.4

DOI 10.24888/2541-7835-2023-27-64-72

**Степанцова Л.В., Красин В.Н., Мацнев И.Н., Золотарев М.Г.**

### **ОЦЕНКА САДОПРИГОДНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА КРЕМНИСТЫХ ПОРОДАХ ЮГО-ЗАПАДА КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ключевые слова:** дерново-подзолистые почвы, опоки и трепела, садопригодность, физические и водно-физические свойства, гранулометрический состав, морфология.

**Аннотация.** Приведены данные обследования дерново-подзолистых почв под промышленными садами на коре выветривания трепелов и опок и на водно-ледниковых отложениях, подстилаемых кремнистыми породами. Основная причина угнетения и гибели деревьев – резко кислая реакция глубже 50 см ( $\text{pH}_{\text{сол}} < 3,9$ ), содержание обменного Al выше порога токсичности ( $>0,9$  ммоль/100г почвы). Почвы на однородных отложениях характеризуются плотностью 0,6-0,8г/см<sup>3</sup>, диапазоном активной влаги 25-30%, средним содержанием обменных Ca и Mg, почвы на двучленных отложениях – плотностью – 0,9-1,3 г/см<sup>3</sup>, диапазоном активной влаги 5-15%, низким содержанием обменных Ca и Mg. Перед закладкой многолетних насаждений необходимо внесение доломитовой муки с высоким содержанием Mg в посадочные ямы, ориентировочная доза – 15-25 т/га. В садах на однородных породах возможны влагозарядковые поливы, на двучленных отложениях – лучше капельный полив или фертигация. Дерново-подзолистые почвы на однородных отложениях диагностируются по мощному 50-70 см горизонту A2. В профиле почв на двучленных отложениях под горизонтом A2 мощностью 25-30 см формируется горизонт Vf охристой окраски.

#### **Введение**

Ошибки при выборе и оценке земельных участков под многолетние насаждения приводят к значительному экономическому ущербу в результате снижения устойчивости насаждений и даже их полной гибели [5]. Существующие публикации по мониторингу и оценке почв [5-7, 11] в основном ориентированы на почвы, сформировавшиеся на супесчаных или суглинистых породах ледникового или водно-ледникового происхождения, как наиболее распространенные на Русской равнине. Но на практике иногда многолетние насаждения, заложенные согласно имеющимся рекомендациям, но без глубокого почвенного обследования, не оправдывают прогнозные ожидания. Чаще всего это обусловлено уникальностью почвообразующей породы, в результате чего многие характеристики почв отличаются и требуют корректировки [5, 11]. Настоящая работа посвящена агроэкологической оценке свойств дерново-подзолистых почв на кремнистых породах (трепел, опока) и на кремнистых породах, перекрытых маломощным чехлом водно-ледниковых супесей в действующих промышленных садах. Актуальность работы обусловлена тем, что сведения о почвах на кремнистых породах крайне ограничены [3]. Ранее мы отмечали, что залежные дерново-подзолистые почвы на опоках характеризуются хорошей дренированностью, высокой потенциальной кислотностью и содержанием обменного алюминия [5, 11]. Существует ряд исследований о положительном влиянии внесения кремнистых пород на водно-физические свойства почв [2].

#### **Объект и методы исследований**

Исследования проводились в Людиновском районе Калужской области. На юго-западе области выделяют Жиздринско-Овсорокский природно-географический район, где под прерывистым покровом водно-ледниковых песков и морены вскрываются и выходят на дневную поверхность трепелы и опоки мелового возраста [4]. Необходимость обследования была вызвана низкой продуктивностью садов, многочисленными выпадами деревьев. Исследования проводились на 2-х участках: 1 – молодой сад на дерново-глубокоподзолистых легкосуглинистых почвах на коре выветривания кремнистых пород (разрез 1 – выровненный

участок, разрез 2- склон); 2 – зрелый сад на дерново-среднеподзолистых супесчаных почвах на двучленных отложениях – водно-ледниковые супеси разной мощности, подстилаемые трепелами и опоками (разрез 3 – мощность супесей менее 20 см, разрез 4 – мощность супесей 30-40 см, разрез 5 – мощность супесей более 60 см).

Комплекс исследований включал закладку разрезов и морфологическое описание почв, определение плотности почвы по Качинскому, плотность твердой фазы – пикнометрически, гранулометрический состав – по Долгову и Личмановой, гидрологические константы – по Николаеву, обменная кислотность – ионометрически, гидролитическая – по Каппену, обменный алюминий – по Соколову, обменный Са и Mg вытесняли 1н KCl с последующим определением Са – трилонометрически, Mg – фотометрически, гумус – по Тюрину в модификации Симакова [1, 8, 9].

### **Результаты исследований**

Трепел и опока, образованные из раковин диатомовых водорослей, характеризуются высокой пористостью, при выходе на дневную поверхность быстро разрушаются до песчаной и пылевой фракций. В заложенных нами разрезах доля скелетного материала составляет 5-25%. Светлый белесый цвет почвообразующей породы определяет белесость профиля. В дерново-глубокоподзолистых почвах, сформировавшихся непосредственно на выветрелых трепелах и опоках, подзолистый горизонт находится на глубине 30-80 см, в дерново-среднеподзолистых почвах на двучленных отложениях мощность горизонта A2 составляет 25-50 см (табл. 1). Более высокое содержание железа в водно-ледниковых отложениях способствует формированию в дерново-среднеподзолистых почвах на двучленных отложениях самостоятельного горизонта Vf, в котором ржавая окраска на белесо-палевом фоне составляет не менее 40%. В дерново-глубокоподзолистых почвах на коре выветривания кремнистых пород, бедных железом, в нижней части подзолистого горизонта охристые пятна составляют не более 5-15% от поверхности горизонта.

Гумусовый горизонт обеднен илом, имеет пылеватую структуру, подвержен эрозии, поэтому на выровненных участках его мощность 25-30 см, а на транзитных элементах рельефа-10-15 см. Более ясное представление об элювиально-иллювиальной дифференциации профиля изучаемых дерново-подзолистых почв дает не морфология, а гранулометрический состав. Гумусовый и подзолистый горизонты почв обоих участков обеднены илом, содержание которого возрастает глубже 80 см. Кора выветривания трепелов и опок имеет более высокое содержание мелкой и средней пыли, чем водно-ледниковые песка. Поэтому в почвах, сформировавшихся на кремнистых породах, наблюдается обеднение физической глиной только гумусового горизонта, а с 30 см – профиль – по гранулометрическому составу – глина, а в дерново-подзолистых почвах на двучленных отложениях – до глубины 50 см – почва супесь, а в нижних горизонтах – средний тяжелый суглинок.

Несмотря на тяжелый гранулометрический состав, в почвах на автоморфных и транзитных элементах рельефа нами не было обнаружено морфологических признаков застоя влаги в профиле, что говорит о хорошей водопроницаемости изучаемых дерново-подзолистых почв. Агрофизические свойства дерново-подзолистых почв на однородных кремнистых породах и двучленных отложениях несколько различаются. На коре выветривания трепелов и опок плотность всего профиля около 0,7-0,8 г/см<sup>3</sup>, общая пористость 60-70%, широкий диапазон активной влаги (ДАВ) 25-30% (табл. 1). Негативными явлениями могут служить излишняя рыхлость почвы, в результате чего при засухах возможно самопроизвольное падение деревьев, а также низкие значения пористости аэрации в нижних горизонтах, что при обильных осадках может привести к гниению корней.

В почвах на двучленных отложениях агрофизические показатели зависят от мощности верхних наносов. Если она менее 40 см, то плотность верхних горизонтов около 1,0-1,1 г/см<sup>3</sup>, нижних как у опок 0,7-0,8 г/см<sup>3</sup>, пористость всего профиля более 50%. При мощности водно-ледниковых отложений более 60 см плотность всего профиля приближается к плотности

песков 1,3-1,5 г/см<sup>3</sup>, пористость снижается до 35-40%. Низкая водоудерживающая способность песков определяет узкий диапазон активной влаги 6-15% верхних горизонтов дерново-подзолистых почв на двучленных отложениях, что определяет меньшую устойчивость садов к засухам. Вместе с тем опасность падения деревьев и недостатка аэрации отсутствует.

Таблица 1. Морфологические особенности и гранулометрический состав дерново-подзолистых почв на кремнистых породах

Мезорельеф	Состояние сада	Горизонт, глубина	Цвет, индексы цветов по шкале Манселла	Содержание фракции, %			
				физ.глина	Ил	Пыль	Песок
				< 0,01	< 0,001	0,05-0,001	<0,05
Дерново-глубокоподзолистые легкосуглинистые почвы на коре выветривания трепелов и опок							
	Нормальный	A1 0-30	Буровато светло-серый - 10YR 5/4	17,4	1,0	44,8	54,2
		A2 30-50	Белесо-палевый 10YR 7/6	38,6	9,0	54,6	36,4
		A2f 50-80	Белесо-палевый 10YR 6/6	69,6	23,2	59,8	17,0
Склон	Угнетен	A1 0-15	Буровато-палевый-2,5Y 5/4	29,6	3,2	47,4	49,4
		A2 15-50	Белесо-палевый 2,5Y 7/6	51,4	10,6	59,0	30,4
		A2f 50-80	Белесо-палевый 2,5Y 8/6	65,2	12,2	71,2	16,6
Дерново-среднеподзолистые супесчаные почвы на водно-ледниковых песках, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок							
Выровненный участок	Нормальный	A1 0-25	Буровато светло-серый - 10YR 4/4	16,6	1,2	54,2	44,6
		A2 25-50	Белесо-палевый 7,5YR 5/6	25,4	6,2	51,0	42,8
		Bf 50-80	Ржаво-рыжий 7,5YR 4/6	57,2	19,8	51,2	29,0
Выровненный участок	Слабоугнетен	A1 0-25	Буровато светло-серый-10YR 4/4	15,2	0,4	46,4	53,2
		A2 25-50	Белесо-палевый 7,5YR 4/6	19,4	3,2	40,8	56,0
		Bf 50-80	Ржаво-рыжий 7,5YR 4/6	68,8	23,8	60,4	15,8

Ложбина	Выпады	A1 0-25	Буровато светло-серый -10YR 4/4	13,0	0,6	43,4	56,0
		A2 25-60	Белесо- палевый 10YR 8/4	20,0	11,2	22,8	66,0
		Bf 60-80	Ржаво-рыжий 7,5YR 5/10	23,0	14,4	18,8	66,8

Физико-химические свойства дерново-подзолистых почв на кремнистых породах создают определенные трудности при их вовлечении в сельскохозяйственное использование, особенно при закладке многолетних насаждений, и высокую потребность в корректировке. Высокая водопроницаемость трепелов и опок в условиях промывного водного режима определяет обеднение верхних горизонтов основаниями, что влечет за собой высокую актуальную и потенциальную кислотности.

Таблица 2. Физические и водно-физические свойства дерново-подзолистых почв на кремнистых породах

Мезорельеф	Состояние сада	Горизонт, глубина, см	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Пористость аэрации, %	ДАВ, %
Дерново-глубокоподзолистые легкосуглинистые почвы на коре выветривания трепелов и опок						
Выровненный участок	Нормальный	A1 0-30	0,918	61,24	36,34	15,71
		A2 30-50	0,745	70,20	22,20	28,32
		A2f 50-80	0,722	59,91	8,38	27,94
Склон	Угнетен	A1 0-15	0,769	67,96	24,42	25,13
		A2 15-50	0,692	68,03	4,15	29,16
		A2f 50-80	0,673	70,35	13,65	22,44
Дерново-среднеподзолистые супесчаные почвы на водно-ледниковых песках, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок						
Выровненный участок	Нормальный	A1 0-25	0,930	62,90	40,18	18,35
		A2 25-50	1,014	58,44	39,16	7,14
		Bf 50-80	0,743	68,79	17,75	27,48
Выровненный участок	слабоугнетен	A1 0-25	1,001	60,37	48,49	7,02
		A2 25-50	1,095	55,82	35,96	13,07
		Bf 50-80	0,769	68,09	4,02	30,70
Ложбина	Выпады	A1 0-25	1,362	48,53	38,66	6,87
		A2 25-60	1,593	37,96	26,66	5,37
		Bf 60-80	1,657	36,85	22,17	5,13

ДАВ – диапазон активной влаги (НВ-ВЗ), пористость аэрации (пористость – НВ)

При закладке многолетних насаждений для корректировки кислотности требуются внесение высоких доз извести в посадочные ямы или траншеи. С учетом высоких значений гидролитической кислотности (10-15 ммоль/100 г почвы) полная доза извести составит не менее 15-25 т/га. На обследуемых нами садах данное мелиоративное мероприятие не было проведено. Высокая кислотность определяет появление обменного алюминия в почве. При его содержании 0,3-0,9 ммоль/100 г почвы – наблюдается угнетение растений, выше 0,9-1,0 ммоль/100 г почвы – их гибель. В нашем случае состояние сада напрямую зависит от глубины, где содержание обменного алюминия превышает порог токсичности. Деревья раз-

виваются нормально, если до глубины 50 см – содержание алюминия менее 0,3 ммоль/100 г, угнетены – если с 30 см – его содержание 0,3-0,9 ммоль/100г почвы, выпады – где с 25 см содержание алюминия выше 2 ммоль/100 г почвы.

Катионно-обменные свойства дерново-подзолистых почв на однородных отложениях несколько лучше, чем на двучленных. В почве на коре выветривания трепелов и опок в верхних 50 см профиля содержание обменного кальция и магния выше, чем на двучленных отложениях, соответственно выше сумма и емкость обменных оснований. На двучленных отложениях многолетние насаждения испытывают постоянный дефицит кальция и особенно магния. Без их внесения невозможно получение высокого и качественного урожая.

Таким образом, дерново-подзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях, подстилаемые корой выветривания кремнистых пород, характеризуются низкой водоудерживающей способностью почвы, высокой кислотностью, низкой обеспеченностью всеми основными макро- и мезоэлементами. Использовать их под сады можно только в том случае, если поблизости нет серых лесных почв или хотя бы более богатых дерново-подзолистых суглинистых почв. Необходимыми мероприятиями при закладке сада на таких почвах являются известкование почвы (лучше всего не только пахотного горизонта, но в траншеи или посадочные ямы на глубину корнеобитаемого слоя), систематическое внесение не только NPK, но и всего набора мезоэлементов, точное и дробное внесение удобрений (из-за опасности вымывания или передозировки), обеспечение водой в засушливые периоды (из всех видов полива подходит только капельное орошение). Оптимальным вариантом может стать фертигация.

Таблица 3. Физико-химические и химические свойства дерново-подзолистых почв на кремнистых породах

Мезорельеф	Состояние сада	Горизонт, глубина, см	pH <sub>сол</sub>	Hг	Обменные катионы			S	V, %	Гумус, %
					Al	Ca	Mg			
					Ммоль/100 г почвы					
Дерново-глубокоподзолистые легкосуглинистые почвы на коре выветривания трепелов и опок										
Выровненный участок	Нормальный	A1 0-30	5,22	2,6	0,00	7,20	1,01	8,21	75,8	1,37
		A2 30-50	4,65	4,2	0,31	7,90	0,85	8,75	67,6	0,39
		A2f 50-80	3,84	8,2	1,77	14,7	2,37	17,07	67,5	0,35
Склон	Угнетен	A1 0-15	5,22	2,5	0,00	10,5	2,22	12,72	83,9	1,70
		A2 15-50	4,61	4,6	0,56	14,0	2,06	16,06	77,9	0,91
		A2f 50-80	4,19	6,8	1,06	14,2	1,98	16,18	70,3	0,46
Дерново-среднеподзолистые супесчаные почвы на водно-ледниковых песках, подстилаемых корой выветривания трепелов и опок										
Выровненный участок	Нормальный	A1 0-25	4,90	5,4	0,08	5,20	0,55	5,75	51,5	2,11
		A2 25-50	4,48	5,1	0,73	6,70	0,79	7,49	59,6	0,56
		Bf 50-80	3,80	16,6	4,69	13,0	1,91	14,91	47,3	0,46
Выровненный участок	Слабоугнетен	A1 0-25	4,84	4,4	0,06	6,50	0,48	6,98	61,5	1,28
		A2 25-50	4,22	4,0	0,89	5,80	0,28	6,08	60,2	0,56
		Bf 50-80	3,72	10,7	5,75	16,4	2,17	18,57	63,5	0,37
Ложбина	Выпады	A1 0-25	4,76	4,0	0,14	5,80	0,20	6,00	59,8	1,39
		A2 25-60	4,25	5,4	2,01	6,10	0,17	6,27	53,6	0,35
		Bf 60-80	3,74	14,0	6,63	5,30	0,46	5,76	29,2	0,29

pH<sub>сол</sub> – обменная кислотность, Hг – гидролитическая кислотность, S – сумма обменных оснований, V – степень насыщенности основаниями

Дерново-подзолистые почвы на коре выветривания опок и трепелов без предварительной мелиорации не подходят для закладки многолетних плодовых отложений из-за высокой кислотности и высокого содержания алюминия. В отличие от почв на двучленных отложениях они характеризуются высокой водоудерживающей способностью, хорошей водопроницаемостью (в отличие от глинистых почв, на них практически не бывает внутрпочвенного застоя влаги). Кроме того, эти почвы богаче элементами питания, чем почвы на водно-ледниковых отложениях.

### **Выводы**

1. Дерново-глубокоподзолистые почвы на коре выветривания трепелов и опок и дерново-среднеподзолистые почвы на водно-ледниковых отложениях – достаточно сложный объект для закладки многолетних плодовых насаждений, так как их свойства существенно отличаются от свойств дерново-подзолистых почв на суглинистых отложениях.

2. Кремнистые породы, с одной стороны, определяют хорошую водопроницаемость, отсутствие застоя влаги в профиле дерново-подзолистых почв, с другой – высокую обменную и гидролитическую кислотности, значения которых вниз по профилю возрастают. Наличие обменного алюминия в количестве, превышающем значения токсичности с глубины 50-60 см, ведет к тому, что заложенные на этих почвах без мелиорации сады будут постепенно усыхать по мере того, как корни будут достигать слоев с высоким содержанием алюминия.

3. Закладка садов на дерново-подзолистых почвах на кремнистых породах требует не только поверхностного известкования, но и закладки извести в посадочные ямы. Ориентировочная доза извести не менее 15-25 т/га.

4. Дерново-глубокоподзолистые почвы на коре выветривания опок характеризуются резкой дифференциацией профиля, верхний 30 см – легкий суглинок, нижние – глина с низкой плотностью ( $0,7-0,8 \text{ г/см}^3$ ) всего профиля, с пористостью всего профиля выше 60%, с широким 25-30%-ным диапазоном активной влаги, со средним и повышенным содержанием обменного кальция – 5-15 ммоль/100 г почвы, с низким и средним содержанием обменного магния – 0,5-1,2 ммоль/100 г почвы. Низкая плотность создает опасность самопроизвольных вывалов деревьев при засухах, широкий диапазон активной влаги обеспечивает возможность влагозарядковых поливов.

5. Дерново-среднеподзолистые почвы на водно-ледниковых песках, подстилаемых кремнистыми породами, характеризуются супесчаным гумусовым горизонтом, нижние слои – это легкий или тяжелый суглинок. Плотность почвы изменяется в верхних горизонтах от  $0,9 \text{ г/см}^3$  до  $1,3 \text{ г/см}^3$  по мере возрастания мощности верхних наносов от 20 до 60 см. Пористость соответственно изменяется от 60 до 45%. Диапазон активной влаги верхних горизонтов низкий – 6-15%, содержание обменного кальция низкое – (5-7 ммоль/100 г), обменного магния – низкое и очень низкое (0,2-0,7 ммоль/100 г). Опасность вывалов деревьев существенно ниже; помимо известкования требуется внесение магниевых удобрений; возможно только капельное орошение; оптимальный вариант – фертигация.

6. Низкое содержание ила в пахотном горизонте дерново-подзолистых почв на кремнистых породах определяет обеструктуренность пахотного горизонта и низкую устойчивость к эрозии. Возможен только задернованный тип содержаний междурядий.

7. Диагностическими признаками дерново-подзолистых почв на коре выветривания трепелов и опок при полевом обследовании является белесость всего профиля, доля охристых пятен глубже 60 см составляет не более 20%, наличие сверхмощного (30-80 см) подзолистого горизонта, наличие в профиле до 10-15% обломков кремнистых пород. Диагностическими признаками дерново-подзолистых почв на водно-ледниковых отложениях, подстилаемых кремнистыми породами, является наличие на глубине 60-80 см иллювиально-железистого горизонта Vf, доля охристых пятен составляет более 40%, мощный 30-60 см подзолистый горизонт, наличие в профиле до 5-15% обломков кремнистых пород.

### Список литературы

1. Александрова Л.И., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Колос. Ленинградское отделение, 1976. – 280 с.
2. Богатырева Н.Н., Сырчина Н.В., Фетисова Е.А. Влияние кремнистой опоки на водно-физические свойства почв // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. мат. Всероссийской науч-прак. конф. – Киров, 2016. – Т. 1. – С. 115-118.
3. Глотов А.Е. Пугачев А.А. Кремниевые породы в кайнозойских осадочных бассейнах как почвообразующий субстрат (северо-восток России) // Вестник северо-восточного научного центра ДВО РАН. – 2008. – № 2. – С. 90-95.
4. Ефремов А.Н. Кандауров П.М. Природно-ресурсный потенциал Калужской области. – Калуга: ВИЭМС, 2000. – 259 с.
6. Методика выбора и оценки земельных участков под закладку интенсивных промышленных садов: рекомендации / Под ред. Ю.В. Трунова. – Мичуринск: Изд. Мич ГАУ, 2007. – 48 с.
7. Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
8. Оценка состояния сада на лугово-черноземных почвах ООО «Сады Мичурина» Мичуринского района Тамбовской области / А.С. Печенкин, А.С. Печуркин, Л.В. Степанцова, И.А. Баева, М.С. Бубнов, А.Д. Дьячкова // Приоритетные направления развития садоводства (I Потаповские чтения): Материалы науч.-практ. конф., посвященной 85-й годовщине со дня рождения профессора, премии Потапова Виктора Александровича. – Мичуринск, 2019. – С. 234-236.
9. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд. МГУ, 2001. – 688 с.
10. Ревут И.Б. Физика почв. – Ленинград: Колос, 1964. – 318 с.
11. Темно-серые почвы на двучленных отложениях севера Тамбовской равнины: агроэкология, свойства и диагностика / Ф.Р. Зайдельман, А.С. Никифорова, Л.В. Степанцова, В.П. Волохина // Почвоведение. – 2012. – № 5. – С. 515-529.
12. Физико-химические свойства и агрохимические особенности дерново-подзолистых почв на коре выветривания опок Людиновского района Калужской области / Л.В. Степанцова, И.Н. Мацнев, В.Н. Красин, М.В. Воробьев // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 332.
13. Физико-химические и мелиоративные свойства дерново-подзолистых супесчаных глееватых иллювиально-железистых почв на аллювиально-флювиогляциальных отложениях Людиновского района Калужской области / Л.В. Степанцова, И.Н. Мацнев, В.Н. Красин, М.В. Воробьев // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3. – № 3. – С. 333.

**Степанцова Людмила Валентиновна** – доктор биологических наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, [Stepanzowa@mail.ru](mailto:Stepanzowa@mail.ru)

**Красин Вячеслав Николаевич** – кандидат биологических наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, [krasin84@yandex.ru](mailto:krasin84@yandex.ru)

**Мацнев Игорь Николаевич** – кандидат с.х. наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101, [min74@mail.ru](mailto:min74@mail.ru)

**Золотарев Михаил Геннадиевич** – студент, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная, 101.

UDC 631.4

**L. Stepan'tsova, V. Krasin, I. Matsnev, M. Zolotarev**

## **EVALUATION OF GARDEN SUITABILITY OF SODDY-PODZOLIC SOILS ON SILICON ROCKS IN THE SOUTH-WEST OF THE KALUGA REGION**

**Keywords:** sod-podzolic soils, flakes and trepels, horticultural suitability, physical and water-physical properties, granulometric composition, morphology.

**Abstract.** The data of the survey of sod-podzolic soils under industrial gardens on the weathering crust of trepels and flanks and on water-glacial deposits underlain by siliceous rocks are presented. The main reason for the oppression and death of trees is a sharply acidic reaction deeper than 50 cm ( $\text{pH}_{\text{KCl}} < 3.9$ ), the exchange Al content is above the toxicity threshold ( $>0.9$  mmol /100g of soil). Soils on homogeneous sediments are characterized by a density of 0.6-0.8 g / cm<sup>3</sup>, an active moisture range of 25-30%, an average content of exchangeable Ca and Mg, soils on binomial deposits – a density of 0.9-1.3 g / cm<sup>3</sup>, an active moisture range of 5-15%, a low content of exchangeable Ca and Mg. Before laying perennial plantings, it is necessary to introduce dolomite flour with a high Mg content into planting pits, the approximate dose is 15-25 t / ha. In gardens on homogeneous rocks, moisture-charging irrigation is possible, on binomial deposits, drip irrigation or fertigation is better. Sod-podzolic soils on homogeneous sediments are diagnosed by a powerful 50-70 cm A2 horizon. In the profile of soils on binomial deposits under the A2 horizon with a thickness of 25-30 cm, the Bf horizon of ochre color is formed.

### **References**

1. Aleksandrova L.I., Najdenova O.A. Laboratory and practical classes in soil science. – Л.: Kolos. Leningrad Branch Publ., 1976. – 280 p.
2. Bogatyreva N.N., Syrchina N.V., Fetisova E.A. The effect of siliceous flask on the water-physical properties of soils // Ecology of the native land: problems and solutions: SAT. mat. All-Russian Scientific and Practical Conference.conf. – Kirovo, 2016. – Vol. 1. – Pp. 115-118.
3. Glotov A.E. Pugachev A.A. Silicon rocks in Cenozoic sedimentary basins as a soil-forming substrate (North-East of Russia) // Bulletin of the North-Eastern Scientific Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. – 2008. – No 2. – Pp. 90-95.
4. Efremov A.N. Kandaurov P.M. Natural resource potential of the Kaluga region. – Kaluga: VIEMS Publ., 2000. – 259 p.
6. Methodology for the selection and evaluation of land plots for the laying of intensive industrial gardens: recommendations / edited by Yu.V. Trunov. – Michurinsk: Michurinsk State Agrarian University Publ., 2007. – 48 p.
7. Methodological guidelines for conducting comprehensive monitoring of soil fertility of agricultural lands. – М.: Posinformagrotekh Publ., 2003. – 240 p.
8. Assessment of the condition of the garden on meadow-chernozem soils of LLC "Gardens of Michurin" of the Michurinsky district of the Tambov region / A.S. Pechenkin, A.S. Pechurkin, L.V. Stepancova, I.A. Baeva, M.S. Bubnov, A.D. D'yachkova // Priority directions of horticulture development (I Potapov readings): Materials of the scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of the birth of the professor, the Potapov Victor Alexandrovich Prize. – Michurinsk. 2019. – Pp. 234-236.
9. Workshop on agrochemistry / edited by V.G. Mineev. – М.: Moscow State University Publ., 2001. – 688 p.
10. Revut I.B. Soil physics. – Leningrad: Kolos Publ., 1964. – 318 p.
11. Dark gray soils on binomial deposits of the north of the Tambov Plain: agroecology, properties and diagnostics / F.R. Zajdel'man, A.S. Nikiforova, L.V. Stepancova, V.P. Volohina // Soil science. – 2012. – No 5. – P. 515-529.

12. Physico-chemical properties and agrochemical features of sod-podzolic soils on the weathering crust of the opok of the Ludinovsky district of the Kaluga region / L.V. Stepancova, I.N. Macnev, V.N. Krasin, M.V. Vorob'ev // Science and Education. – 2020. – Vol. 3. – No 3. – P. 332.

13. Physico-chemical and reclamation properties of sod-podzolic sandy loam gleevate illuvial-ferruginous soils on alluvial-fluvioglacial deposits of the Ludinovsky district of the Kaluga region / L.V. Stepancova, I.N. Macnev, V.N. Krasin, M.V. Vorob'ev // Science and Education. – 2020. – Vol. 3. – No 3. – Pp. 333.

**Stepantsova Lyudmila** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Michurinsk State Agrarian University, 393760, Tambov region, Michurinsk, ul. Internatsionalnaya, 101, Stepanzowa@mail.ru

**Krasin Vyacheslav** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Michurinsk State Agrarian University, 393760, Tambov region, Michurinsk, ul. Internatsionalnaya, 101, krasin84@yandex.ru

**Matsnev Igor** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Agroecology, Michurinsk State Agrarian University, 393760, Tambov region, Michurinsk, ul. Internatsionalnaya, 101, min74@mail.ru

**Zolotarev Mikhail** – student, Michurinsk State Agrarian University, 393760, Tambov region, Michurinsk, ul. Internationalnaya, 101.

Бухаров А.Ф., Еремина Н.А., Востриков В.В., Летникова Ж.В.

## ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ НОРМЫ ВЫСЕВА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОВОЩНОЙ ФАСОЛИ

**Ключевые слова:** фасоль, урожайность, элементы продуктивности.

**Аннотация.** Фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.) – это один из источников белка (20-26%), дефицит которого в питании человечества уже явно ощущается. Густота стояния и связанная с ней схема посева – важнейшие элементы технологии. Правильно выбранная норма высева, в значительной степени, зависит от почвенно-климатических условий местности и биологических особенностей сортов. Оптимизация нормы высева является первоочередной задачей. Целью работы является изучение изменчивости семенной продуктивности, морфометрических параметров и посевных качеств семян в зависимости от видовой и сортовой специфики и условий выращивания. Объектами исследований служили семенные растения, репродуктивная сфера и семена четырех сортов фасоли. Полевой опыт выполнен в 2021-2022 годах на аллювиальных луговых почвах, опытного участка ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО расположенного в Раменском районе МО в пойме реки Москвы. Получены экспериментальные данные о влиянии нормы высева и соответственно густоты стояния растений на урожайность и качество семян и бобов. Выявлен вклад сортовых особенностей и агротехнического фактора в развитие показателей продуктивности. Получены новые экспериментальные данные по оптимизации нормы высева семян для новых для этого региона сортов фасоли. Это позволило увеличить урожайность семян фасоли 3,21 т/га и 26,71 т/га бобов в зависимости от сорта и густоты стояния растений. Результаты исследования являются основой для подбора сортов, совершенствования технологий семеноводства, разработки агроприемов, способствующих повышению урожайности овощной фасоли в условиях Московской области.

### Введение

Фасоль (*Phaseolus vulgaris* L.) – культура, обладающая многими достоинствами. Прежде всего, это один из источников белка (20-26%), дефицит которого в питании человечества уже явно ощущается. Это культура, преимущественно используемая на продовольственные цели, однако известно ее применение в качестве декоративной, лекарственной, гораздо реже кормовой (силосной) [3, 7]. Наибольшую ценность представляют сорта овощной фасоли, у которых в пищу употребляют недозрелые бобы (лопатку) отваренные, обжаренные в качестве гарнира, предварительно консервированные или замороженные [7, 9]. Фасоль, как и другие культуры семейства Бобовые, (*Fabaceae*) обладает способностью симбиоза с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями. Это повышает уровень плодородия почвы и делает фасоль прекрасным предшественником для многих сельскохозяйственных культур [4]. Фасоль традиционная культура для южных регионов, но постепенно и неуклонно она продвигается на север – в Центрально-Черноземную Зону, Сибирь, Дальний Восток, Нечерноземье. Густота стояния и связанная с ней схема посева – важнейшие элементы технологии. Правильно выбранная норма высева в значительной степени зависит от почвенно-климатических условий местности и биологических особенностей сортов. Оптимизация нормы высева является первоочередной задачей при выращивании новых сортов в новой местности [6, 8, 10]. Поэтому целью настоящей работы было выявление оптимальных норм высева в условиях Московской области для группы новых сортов (для этого региона) овощной фасоли. В задачи входило изучение основных элементов продуктивности, из которых складывается урожайность.

### Объекты и методы исследований

Исследования выполнены в ОПХ Быково ВНИИ овощеводства – филиала ФГБНУ ФНЦО. Опытный участок расположен в Раменском районе МО в пойме реки Москвы. Отно-

сится к южной лесной зоне европейской провинции в центральной части русской равнины. Входит во влажную зону. Почвы опытного участка ВНИИО – филиала ФГБНУ ФНЦО относятся к типу аллювиальных луговых насыщенных почв. Почва среднесуглинистая, окультуренная, влагоемкая, глубина пахотного слоя ~ 27 см, глубина залегания грунтовых вод более 2 м. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя почвы 29,5-30,3%, слоя почвы 40-60 см – 30,0-31,3%. Объемная масса верхнего слоя – 1,18-1,22 т/м<sup>3</sup>, нижележащих слоёв – 1,22-1,24 т/м<sup>3</sup>. Почва хорошо окультуренная, имеет высокий уровень естественного плодородия. Содержание гумуса в пахотном слое 315-3,22%, общего азота 0,23-0,28%, нитратного азота 1,4-4,1 мг/100 г, подвижного фосфора 25,0-27,0 мг/100 г, калия – 10,0-15,0 мг/100 г. Гидролитическая кислотность 0,7–1,2 мг-экв/100 г, сумма обменных оснований 28-30 мг-экв/100 г, степень насыщенности основаниями 96-98%. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 136 дней, минимальная – 98, максимальная – 182. Среднегодовая температура воздуха равна 3,8°C. Весной переход температуры через 0°C наступает 3 апреля. Сумма температур выше 0°C составляет 2470, сумма эффективных температур (выше 5°C) – 2365, сумма активных температур (выше 10°C) – 2055. Период с температурой воздуха более 0°C составляет 214 дней, более 5°C – 175 дней, более 10°C – 135 дней. Сумма часов солнечного сияния за год составляет 1574.

Погодные условия 2021 года в целом складывались благоприятно для роста и развития овощных культур. В III декаде апреля и мае осадков выпало на 42% больше среднеголетних значений, а среднесуточная температура воздуха не превышала 14,5°C, что несколько замедлило прорастание семян. С июня по август среднесуточная температура воздуха была выше среднеголетних значений и держалась на уровне 20°C, что способствовало благоприятному росту и развитию растений. Август и первая половина сентября были теплыми, осадков выпало на 15-20% больше среднеголетних значений, однако это не помешало своевременному и в полном объеме убрать урожай. Погодные условия в 2022 году характеризовались повышенным температурным фоном и явным недостатком влаги, который компенсировали поливами. Среднесуточная температура в течение вегетационного периода превышала средние многолетние данные на 3,3°C – 6,5°C. Осадков за три летних месяца выпало только 54% от средней многолетней нормы.

В качестве объектов исследования использованы четыре сорта овощной фасоли (Журавушка, Масляный король, Татьяна, Эксалто). Эксперимент организован с четырьмя повторениями. Площадь делянки 2,5 м<sup>2</sup>. Фенологические наблюдения и учет продуктивности и элементов ее составляющих оценивали в соответствии с методиками [1, 2]. Статическую обработку экспериментальных данных осуществляли по Б.А. Доспехову [3].

### **Результаты исследований**

Все сорта обеспечили максимальную продуктивность при норме высева 350 тыс. семян на гектар. В этом варианте для сортов Масляный король и Эксалто более благоприятным был 2021 год, а для сортов Татьяна и Журавушка 2022 год (рис. 1). Различные нормы высева не оказали существенного влияния на сроки наступления основных фенофаз и продолжительность межфазных периодов. Отмечено, что увеличение нормы высева уменьшало число цветков на растениях на 8-10% у сорта Журавушка и на 25-28% у сорта Масляный король. У сорта Эксалто было отмечено самое высокое число цветков 56,7 шт. при норме высева 350 тыс. шт/га, а наименьшее наблюдали у Сорта Татьяна (36,1 шт.) при норме высева 500 тыс. шт/га.

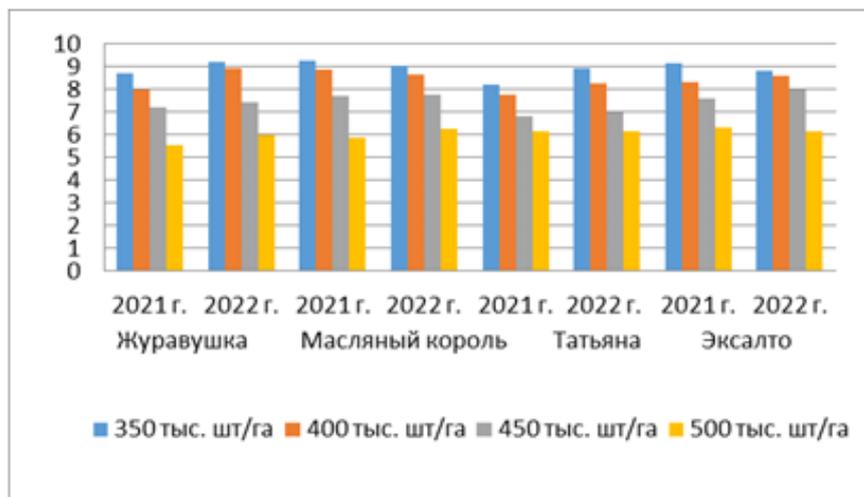


Рисунок 1. Влияние нормы высева и сортовой специфики на семенную продуктивность фасоли, г/раст. (2021-2022 гг.)

Загущенное расположение растений в посевах приводило к снижению завязываемости плодов на 17,5-41,1% (рис. 2). При увеличении густоты стояния число плодов на растении также снижалось на 13,7-27,6% (рис. 2). Аналогичным образом загущение посевов повлияло на массу 1000 семян. В зависимости от года и нормы высева наиболее крупные семена были у сорта Татьяна (от 291 до 319 г). Несколько меньшей массой отличались семена сортов Журавушка (231-255 г) и Масляный король (215-231 г). Самые мелкие (170-203 г) семена были у сорта Эскалто (рис. 3, 4).

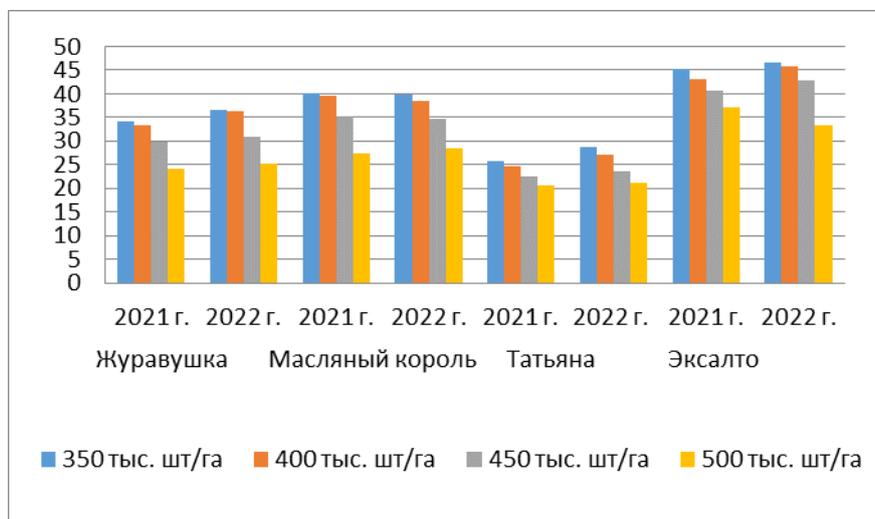


Рисунок 2. Изменчивость семинафикации растений фасоли под влиянием нормы высева и сортовой специфики, шт./раст. (2021-2022 гг.)

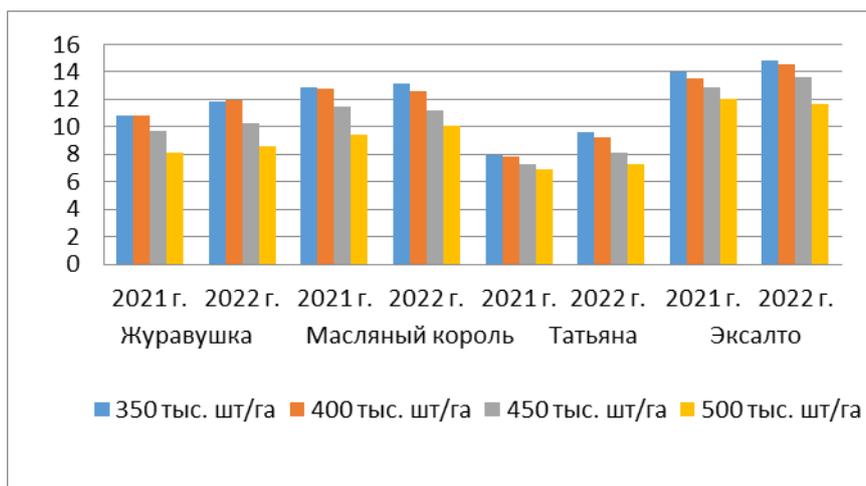


Рисунок 3. Изменение числа плодов на растении под влиянием нормы высева и сортовой специфики, шт./раст. (2021-2022 гг.)

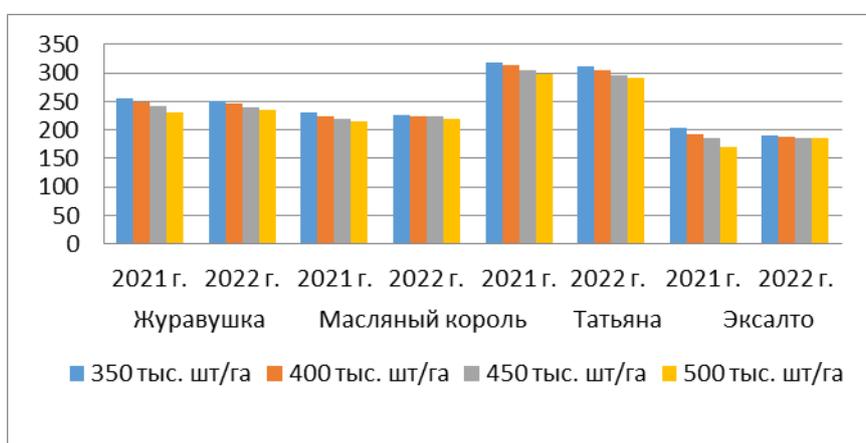


Рисунок 4. Изменение массы 1000 семян под влиянием нормы высева, сортовой специфики и условий года (2021-2022 гг.)

В целом по всем вариантам и у всех изученных сортов в течение двух лет отмечены аналогичные тенденции изменения показателя семенной продуктивности и основных компонентов ее составляющих.

Изученные сорта по-разному реагировали на изменение нормы высева. Сорт Эскалто стабильно в течение двух лет показывал максимальную урожайность бобов (24,76-26,71 т/га) и семян (3,16-3,21 т/га) при оптимальной для него норме высева 450 тыс. шт./га (табл. 1).

Для сорта Татьяна оптимальной оказалась норма высева 450 тыс. шт./га, обеспечившая 19,54-26,71 т/га лопатки и 2,89-2,91 т/га семян. Сорт Журавушка показал максимальную урожайность бобов (21,76-25,11 т/га) и семян (3,04-3,21 т/га) при норме высева 400 тыс. шт./га. Для сорта Масляный король оптимальная норма высева изменялась в более широких пределах (400-450 тыс. шт./га).

Сорта фасоли Масляный король и Эскалто показали себя как невосприимчивые к вирусу зеленой мозаики. А на растениях сортов Журавушка и Татьяна первые признаки заболевания проявились уже в фазу бутонизации. У растений сорта Татьяна норма высева никак не повлияла на поражение растений вирусом.

Таблица 1. Влияние сортовой специфики и нормы высева на урожайность фасоли в технической и биологической спелости, т/га (2021-2022 гг.)

Сорт	Норма высева, тыс. шт./га	Урожайность бобов, т/га		Урожайность семян, т/га	
		2021	2022	2021	2022
Журавушка	350	22,32	18,20	2,79	2,98
	400	25,11	21,76	3,04	3,21
	450	24,64	20,90	3,03	2,93
	500	22,57	18,94	2,51	2,68
Масляный король	350	20,96	15,57	2,76	2,70
	400	24,35	17,89	2,97	2,89
	450	24,51	17,22	2,96	2,81
	500	23,14	16,05	2,49	2,51
Татьяна	350	18,54	18,21	2,61	2,78
	400	21,76	19,54	2,91	2,89
	450	20,62	19,07	2,79	2,72
	500	19,81	18,67	2,71	2,68
Эксалто	350	20,69	19,94	2,93	2,81
	400	24,32	23,12	2,95	3,02
	450	26,71	24,76	3,16	3,21
	500	25,28	21,44	2,85	2,74
НСР <sub>05</sub>		0,31	0,24	0,053	0,042

В фазе бутонизации балл поражения был 0,5 балла, однако в фазу цветения отмечено увеличение поражения растений. В период плодоношения средний балл поражения составил уже 2,5 балла, что позволяет отнести сорт Татьяна к восприимчивой к вирусу зеленой мозаики.

Таблица 2. Дисперсионный анализ показателя урожайности фасоли в системе многофакторного опыта, т/га (2021-2022 гг.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F <sub>факт</sub>	F <sub>05(01)</sub>
Урожайность в биологической спелости, т/га					
Сорт (А)	4746,3	3	1582,1	171,2	2,70 (3,98)
Норма высева (В)	3728,7	3	1242,9	134,5	2,70 (3,98)
Год выращивания (С)	898,2	1	898,2	97,2	3,94 (6,90)
Взаимодействие А:В	2886,0	9	320,7	34,7	1,97 (2,59)
Взаимодействие А:С	654,3	3	218,1	23,6	2,70 (3,98)
Взаимодействие В:С	458,3	3	152,8	16,53	2,70(3,98)
Взаимодействие А:В:С	201,2	9	22,4	2,42	1,97 (2,59)
Остаток	859,4	93	9,24	-	-
Урожайность в технической спелости, т/га					
Сорт (А)	9684,8	3	3228,3	262,7	2,70 (3,98)
Норма высева (В)	12453,7	3	4151,2	337,8	2,70 (3,98)
Год выращивания (С)	2353,9	1	2353,9	191,5	3,94 (6,90)
Взаимодействие А:В	5763,5	9	640,4	52,1	1,97 (2,59)
Взаимодействие А:С	1234,6	3	411,5	33,5	2,70 (3,98)
Взаимодействие В:С	1172,3	3	390,8	31,8	2,70(3,98)
Взаимодействие А:В:С	954,7	9	106,1	8,6	1,97 (2,59)
Остаток	1143,3	93	12,29	-	-

Сорт Журавушка показал себя более устойчивым (0,3-0,5 балла) к вирусу зеленой мозаики во все фазы развития. Различная степень поражения растений вирусом, по-видимому, также отразилась на урожайности. Исследования, выполненные в системе многофакторного опыта (4x4x2), показали, что фактор сорта (А), фактор нормы высева (В), фактор года и их взаимодействие, в том числе и взаимодействие второго порядка оказывали существенное влияние на урожайность семян при 0,05% и 0,01% уровнях значимости (табл. 2). Вклад фактора сорта в изменчивость показателя урожайности семян составил 35,6%. Эффект агротехнического фактора (норма высева) достигал 28,0% (рис. 5).

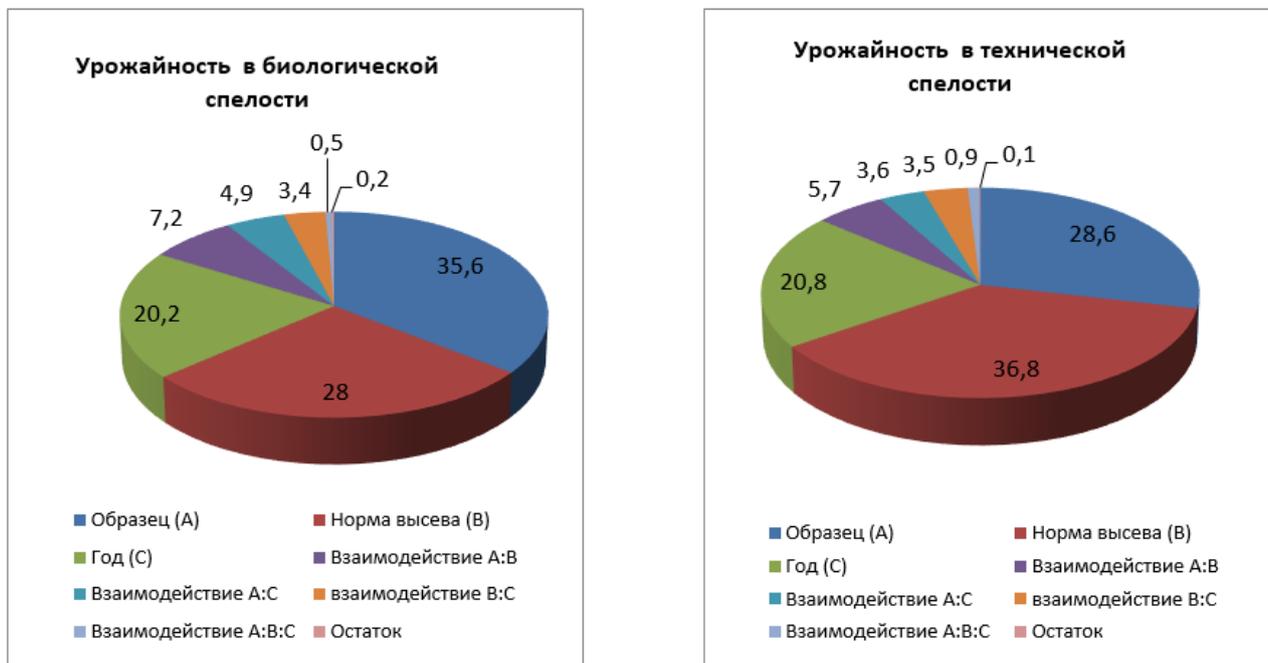


Рисунок 5. Вклад факторов в формирование урожайности фасоли в биологической (слева) и технической (справа) спелости (2021-2022 гг.)

Фактор года обеспечивал 20,2% изменчивости показателя урожайности. Парные взаимодействия факторов сорта и нормы высева обеспечивали 7,2% вариабельности, сорта и года – 4,9%, а нормы высева и года – 3,4%. Эффект взаимодействия всех трех факторов составил не более 0,5%. На долю случайного фактора приходилось 0,2% вариабельности.

Вклад фактора сорта в изменчивость показателя урожайности бобов снижался на 7,0%, а фактора норма высева увеличивалась на 8,8%. Роль фактора года оставалась практически неизменной, а эффекты взаимодействия факторов имели тенденцию к снижению.

### Выводы

1. Результаты исследований свидетельствуют, что четыре изученных сорта фасоли по-разному реагировали на изменение нормы высева от 350 до 500 тыс. шт./га. Поэтому при внедрении новых для региона сортов фасоли овощной целесообразно проводить предварительные опыты по оптимизации нормы высева.

2. В условиях Московской области максимальную урожайность семян (3,04-3,21 т/га) и бобов (21,76-26,71 т/га) обеспечили сорта Эксалто при норме высева 450 тыс. семян/га и Журавушка при норме высева 400 тыс. семян/га.

### Список литературы

1. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Анализ, прогноз и моделирование семенной продуктивности овощных культур: учебно-методическое пособие. – М.: Изд-во РГАЗУ. 2013. – С. 54.

2. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 5-19.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар, Ф. Эллмер, А. Постников, Г. Тарануха и др. – Минск: «ФУАинформ», 2000. – С. 264.
5. Иванов Н.Р. Фасоль. – Л. - М.: Сельхозгиз, 1961. – 280 с.
6. Касторнова М.Г. Сроки посева и норма высева фасоли обыкновенной в условиях Тюменской области // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 3. – С. 32-33.
7. Селекция и семеноводство фасоли овощной / В.В. Скорина, Ф.Б. Мусаев, В.В. Скорина, Р.М. Пугачев. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 197.
8. Синягин И.И. Площадь питания растений. – М.: Россельхозиздат, 1975. – 384 с.
9. Стаканов Ф.С. Фасоль. – Кишинев: «Штиинца», 1986. – 195 с.
10. Формирование урожайности сои сорта Китросса в зависимости от густоты посева / А.Е. Гретченко, Ю.О. Мезенцева, М.П. Михайлова, С.В. Рафальский // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 7. – С. 50-58.

**Бухаров Александр Федорович** – доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Верея, Островецкое шоссе, стр. 500, e-mail: afb56@mail.ru

**Еремина Надежда Александровна** – младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Верея, Островецкое шоссе, стр. 500, e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

**Востриков Владимир Вячеславович** – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела селекции бобовых культур Воронежская овощная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Воронежская область, Верхнехавский район, п. НИИОХ, ул. Запрудная, дом 12, квартира 1, e-mail: vvv.26021979@mail.ru

**Летникова Жанна Васильевна** – младший научный сотрудник отдела селекции бобовых культур Воронежская овощная опытная станция – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Воронежская область, Верхнехавский район, с. Грушино, ул. Олимпийская. 10, кв. 2, e-mail: vniivoos3112@rambler.ru

---

UDC 635.631.559

**A. Bukharov, N. Eremina, V. Vostrikov**

## **INFLUENCE OF VARIETAL CHARACTERISTICS OF THE SEEDING RATE ON THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF VEGETABLE BEANS**

**Keywords:** beans, yield, productivity elements.

**Abstract.** Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are one of the sources of protein (20-26%), the deficiency of which in the nutrition of mankind is already clearly felt. Standing density and the associated sowing pattern are the most important elements of the technology. The correctly chosen seeding rate, to a large extent, depends on the soil and climatic conditions of the area and the biological characteristics of the varieties. Seeding rate optimization is a top priority. The work purpose. To study the variability of seed productivity, morphometric parameters and seed qualities depending on the species and varietal, specifics and growing

conditions. The objects of research were seed plants, the reproductive sphere and seeds of four varieties of beans. The field experiment was carried out in 2021-2022 on alluvial meadow soils, the experimental site of All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing branch of the Federal state budgetary institution located in the Ramenskoye district of the Moscow Region in the floodplain of the Moscow River. Experimental data have been obtained on the effect of the seeding rate and, accordingly, the density of standing plants on the yield and quality of seeds and beans. The contribution of varietal characteristics and agrotechnical factor to the development of productivity indicators is revealed. New experimental data on optimizing the seeding rate for new bean varieties for this region have been obtained. This made it possible to increase the yield of bean seeds of 3.21 t/ha and 26.71 t/ha of beans, depending on the variety and the density of standing plants. The results of the study are the basis for the selection of varieties, the improvement of seed production technologies, the development of agricultural practices that contribute to increasing the yield of vegetable beans in the conditions of the Moscow region.

### References

1. Bukharov A.F., Baleev D.N., Bukharova A.R. Analysis, forecast and modeling of seed productivity of vegetable crops: educational and methodical manual. – M.: Russian State Agrarian Correspondence University Publ., 2013. – С. 54.
2. Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R. Kinetics of seed germination. Research methods and parameters // News of the Timiryazev Agricultural Academy. – 2017. – No. – Pp. 5-19.
3. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. – M.: Kolos Publ., 1979. – 416 p.
4. Leguminous crops / D. SHpaar, F. Ellmer, A. Postnikov, G. Taranuho et al. – Minsk: «FUAinform», 2000. – P. 264.
5. Ivanov N.R. Beans. – L. - M.: Sel'hozgiz Publ., 1961. – 280 p.
6. Kastornova M.G. Sowing dates and seeding rate of common beans in the conditions of the Tyumen region // Agrarian Bulletin of the Urals. – 2007. – No 3. – Pp. 32-33.
7. Selection and seed production of vegetable beans / V.V. Skorina, F.B. Musaev, V.V. Skorina, R.M. Pugachev. – Gorki: Bryansk state agricultural academy Publ., 2015. – Pp. 197.
8. Sinyagin I.I. The area of plant nutrition. – M.: Rossel'hozizdat, 1975. – 384 p.
9. Stakanov F.S. Beans. – Kishinev: «SHTiincea», 1986. – 195 p.
10. Formation of the yield of soybeans of the Kitross variety depending on the density of sowing / A.E. Gretchenko, YU.O. Mezenceva, M.P. Mihajlova, S.V. Rafal'skij // Bulletin of the Krasnoyarsk State University. – 2021. – No 7. – Pp. 50-58.

**Bukharov Alexander** – Doctor of Agricultural Sciences Sci., Chief Researcher, Department of Breeding and Seed Growing, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Scientific Center for Vegetable Growing”, Moscow Region, Ramensky District, village Vereya, Ostrovetskoe shosse, bldg. 500, e-mail: afb56@mail.ru

**Eremina Nadezhda** – Junior Researcher, Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Research Institute of Vegetable Growing, branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Moscow Region, Ramensky District, Vereya village, Ostrovetskoye shosse, building 500, e-mail: galanova.nadejda@yandex.ru

**Vostrikov Vladimir** – Ph.D. Sci., Senior Researcher, Department of Legume Breeding Voronezh Vegetable Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Voronezh Region, Verkhnekhavskiy District, SRIVE settlement, st. Zaprudnaya. e-mail: vvv.26021979@mail.ru

**Letnikova Zhanna** – Junior Researcher, Department of Legume Breeding, Voronezh Vegetable Experimental Station – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing", Voronezh Region, Verkhnekhavskiy District, v. Grushino, Olimpiyskaya st. 10, kv.2, e-mail: vniiovoos3112@rambler.ru

**Владимирова Е.С.**

## **ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ**

**Ключевые слова:** мягкая яровая пшеница, сорт, вегетационный период, созревание.

**Аннотация.** В статье представлены данные оценки коллекционных образцов мягкой пшеницы по продолжительности вегетационного периода в условиях Центральной Якутии. Важной характеристикой сорта пшеницы является продолжительность вегетационного и межфазных периодов, которые в конечном итоге определяют ее продуктивность в конкретной экологической зоне. Длительность вегетационного периода одна из важнейших характеристик сорта. Общая продолжительность вегетационного периода – важный показатель для сортов яровой пшеницы, особенно в резко засушливых регионах. Исследования проводились с 2016 по 2019 гг. в полевом стационаре Якутского НИИСХ им. М.Г. Сафронова по общепринятой методике Госсортокомиссии и по методическим указаниям ВИР. В результате исследований были отобраны раннеспелые сорта с большим количеством дней от всходов до колошения: Eminent (к-65989, Германия), Remus (к-66025, Германия); Амурская 1495 (к-66003, Амурская обл.), Надежда Кузбасса (к-66007, Кемеровская обл.), Evros (к-66028, Греция), Manu (к-66029, Финляндия), Lona (к-66030, Швейцария), Quagna (к-66035, Швейцария); раннеспелые сорта с меньшим количеством дней от колошения до восковой спелости: Artur Nick (к-66091, Испания), Mane Nick (к-66092, Испания), Сигма 2 (к-65999, Омская обл.), Лютесценс 540 (66000, Самарская обл.), Лютесценс 575 (к-66001, Самарская обл.), Зауралочка (к-66009, Курганская обл.), Алтайская 75 (к-66012, Алтайский кр.), Сибирская 17 (к-66017, Новосибирская обл.).

### **Введение**

Выращивание зерновых культур в условиях Якутии осложнено наличием ряда негативных природных факторов: короткий вегетационный период, в июне-июле высокая температура воздуха достигает до 35-40<sup>0</sup>С, почвенная засуха, мерзлотные почвы с низким содержанием азота. Зерновые в Якутии выращиваются в основном на кормовые цели, хотя уже в XVII веке в Ленском, Олекминском районах возделывались как хлебная культура [2]. Площадь посева под зерновыми культурами в среднем за последние годы, в том числе под пшеницу, составляет 10,6 тыс. га, это 22% от общей посевной площади. Хотя до полного обеспечения кормовой базы республики необходимо 49 тыс. га.

При этом продолжительность вегетационного периода должна обеспечивать прохождение фаз роста и развития с наименьшим ущербом урожая и его качества [8, 9, 10].

Для получения высокой и стабильной урожайности в конкретной зоне сорта пшеницы наряду с хорошими технологическими качествами должны соответствовать по продолжительности вегетационного периода местным природным условиям [14]. В соответствии с этим, период вегетации в значимой степени считается признаком, обусловленным на генном уровне. Вместе с тем реакция сортов в разные годы при различных температурах и водных режимах может быть различной [12, 13, 5, 1]. К примеру, скороспелые формы в одних условиях могут быть поздними, в других – ранними. По мнению многих селекционеров, в условиях резко континентального климата, с типичной для зоны раннелетней засухой и выпадением основной доли осадков во второй половине лета, сорта с затянутым развитием в начальной стадии вегетации переходят в критический период роста при более благоприятных условиях и формируют большое число зерен [11]. Важно, что увеличение продолжительности периода всходы – колошение должно происходить вместе с сокращением фаз колошение – восковая спелость, чтобы не затягивать вегетационный период в целом [3]. В Якутии, как нигде, наиболее важной задачей селекции становится сокращение вегетационного периода. Специфические условия летнего периода Якутии (низкие температуры воздуха и почвы в начале вегетации, широкая амплитуда дневных и ночных температур в течение вегетационного периода, засушливость первой, а нередко второй части лета, весенние и особенно осенние заморозки и

др.) ограничивают широкое возделывание зерновых культур [6]. В целом, можно выделить наиболее важные периоды вегетации – это периоды от всходов до колошения, от колошения до восковой спелости.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проводились по общепринятой методике Госсортокомиссии [4] и по методическим указаниям ВИР [7], по схеме селекционного процесса. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по методике полевого опыта [15]. Обработка экспериментальных данных выполнена с помощью пакета программ прикладной статистики MS Excel и SNEDECOR [15]. Повторность – однократная, способ посева – ручной сеялкой «Хлопушка». Уборка проводилась вручную, серпом. Сноповой и колосовой анализы образцов проводились по методике ВИР [7]. Лабораторные и полевые исследования проводились на базе существующих при институте лабораторий селекции и семеноводства зерновых культур полевых стационаров № 10, № 36, расположенных в пригороде г. Покровска Хангаласского района, в условиях Центральной Якутии, на второй надпойменной террасе среднего течения р. Лены с 2016 по 2019 гг. Севооборот двухпольный: пар-зерновые. Почвы на опытных участках – мерзлотные, таежно-палевые, в разной степени осолоделые (49,1%) и обладают высоким потенциалом плодородия. По результатам агрохимического анализа выявили следующие данные: реакция рН среды щелочная, состав гумуса – 5,97% (среднее), состав NPK (2,5-50,1-40,3). Краткий анализ природно-климатических условий Центральной Якутии показывает, что земледелие в данной зоне развивается в исключительно своеобразных условиях. Здесь растения испытывают комплексное воздействие длинного солнечного дня, высоких среднесуточных температур, общего недостатка влаги в почве и в воздухе, резких перепадов ночных и дневных температур, весенних, летних и осенних заморозков на фоне многолетней мерзлоты. Технология возделывания – общепринятая для культуры в зоне. Для характеристики погодных условий в годы проведения опытов (2016-2019 гг.) использованы данные Покровской метеостанции.

Погодные условия в период вегетации мягкой яровой пшеницы в годы проведения исследований с 2016 по 2019 были контрастные. Для более детальной характеристики погодных условий в межфазные периоды развития растений использовали гидротермический коэффициент (ГТК), выражающий соотношение суммы осадков к сумме активных температур выше 10<sup>0</sup>С, который предложен советским климатологом Г.Т. Селяниновым. ГТК показывает отношение количества осадков к количеству испаряемой влаги. В (2016 г.) – 1,4; (2017 г.) – 1,0; (2018 г.) – 0,8; (2019 г.) – 1,3. Сумма эффективных температур в среднем по годам – 1235,6<sup>0</sup>С, что является ниже требуемой для роста и развития мягкой яровой пшеницы (норма суммы активных температур за период от всходов до созревания – 1450<sup>0</sup>С). В суровых условиях Якутии пшеница попадает под засуху во время этапа колошения, налива зерна. Поэтому селекционерам необходимо подобрать родительские формы так, чтобы фазы колошения и налива не совпадали с периодами засухи. При этом существенное значение имеют особенности роста и развития растений наряду с агротехническими приемами возделывания пшеницы в конкретной зоне. В соответствии с вышеизложенным, нами изучены отобранные сортообразцы из мировой коллекции ВИГГР. Стандартом служит сорт Туймаада, районированный в 2009 г.

### **Результаты исследований**

В условиях Центральной Якутии 2016-2019 гг. средняя продолжительность вегетационного периода у образцов варьировала от 62,7 до 75,0 суток. Амплитуда изменчивости вегетационного периода у раннеспелых, позднеспелых сортов – 3 суток, у среднеспелых – 5 суток. Как показывает таблица 1, продолжительность вегетационного периода по типу спелости распределена на 3 группы (раннеспелые, среднеспелые, позднеспелые). Если рассмотреть по годам, раннеспелые образцы преобладают в 2016 г. – 75,6%, в 2019 г. – 100,0%, среднеспелые

образцы в 2017 г. – 48,1%, в 2018 г. – 62,9%. Из общего объема изученных образцов за 2016-2019 гг. преобладают среднеспелые, раннеспелые. В 2016 г. у всех изучаемых образцов всходы появились 4 июня, период от посева до всходов составил 10 суток, в 2017 г. – 10-11 суток. Колебание длительности прохождения периода посев – всходы в 2018 г. составил от 6 до 12 суток: 6 суток у сортообразцов Уральская кукушка, Тюменочка, Лиза; 12 суток – Bastian, в 2019 г. всходы у сортов были равномерными и отмечены 3 июня (11 суток). Продолжительность периода всходы – колошение за годы изучения у исследуемых образцов в среднем варьировала от 25 до 37 суток (табл. 1).

Таблица 1. Продолжительность межфазных периодов в коллекционном питомнике, 2016-2019 гг.

Года	Количество образцов, шт.	Доля, %	Продолжительность основных фаз вегетационного периода, сутки		
			Всходы – колошение	Колошение – воск. спелость	Вегетационный период
<b>Раннеспелые</b>					
2016	31	75,6	26-34	27-36	60-64
2017	14	17,4	29-32	31-37	61-64
2018	-	-	-	-	-
2019	51	100,0	31-36	27-36	61-72
<b>Среднеспелые</b>					
2016	10	24,4	28-34	33-37	65-67
2017	38	48,1	25-31	35-49	65-72
2018	51	62,9	27-32	38-44	67-72
2019	-	-	-	-	-
<b>Позднеспелые</b>					
2016	-	-	-	-	-
2017	27	34,2	26-31	41-49	73-77
2018	30	37,0	30-34	39-44	73-75
2019	-	-	-	-	-

Раннеспелые образцы имели продолжительность периода всходы – колошение 26-34 сутки, среднеспелые 28-34 сутки. Межфазный период колошение – восковая спелость варьировал у раннеспелых от 27-36 суток, у среднеспелых образцов от 33-37 суток.

В 2016 г. первые образцы, которые вступили в фазу колошения среди раннеспелых, были CaoYuan 1 – 26 суток, Рико, Фори 1 – 27 суток, на одни сутки позже отмечены Вавада 3, LongFu 12. Самый продолжительный межфазный период «всходы – колошение» был: 35 суток (Manu, Lona), 34 сутки (Ssl-56-57, Remus). У среднеспелых короткий период отмечен у образцов ЛТ3, ЛТ6 (28 суток), длинный – 35 суток (Сигма 2), 34 сутки (Лютесценс 540, Алтайская 75). Межфазный период «колошение – восковая спелость» в 2016 г. продолжался от 27 до 37 суток. Самый короткий период отмечен у раннеспелых – Ssl-56-57 (27 суток), Evros (28 суток), среднеспелых Сигма 2, Лютесценс 540, Алтайская 75 (32 сутки). Самым длительным периодом «колошение – восковая спелость» характеризовались раннеспелые образцы – Babaga 3, LongFu 12 (36 суток), среднеспелые – ЛТ3, ЛТ 6 (37 суток) (рис. 1).

В 2017 г. межфазный период «всходы – колошение» проходил у раннеспелых образцов от 29 суток (ЛТ 3, SuMai 2, LongFu 12, Ghurab 2, Кворум) до 34 суток (Ssl 56-57) (рис. 2).

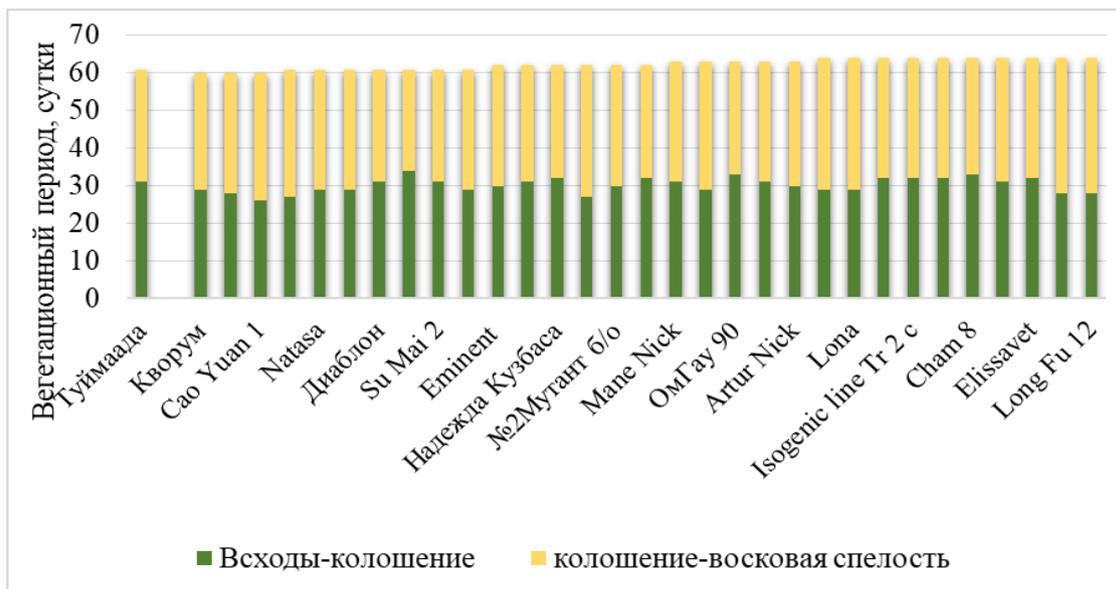


Рисунок 1. Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых, среднеспелых сортов в 2016 г.

К среднеспелым всего отнесено 38 сортов, из них самый короткий период «всходы – колошение» имели сорта Рико, Фори 1, CaoYuan 1 – 25 суток, длинный период – сорт Ману (47 суток). Среди позднеспелых имели короткий межфазный период «всходы – колошение» сорта Ken Da 3 (26 суток), M-83-1551 (27 суток). Среди позднеспелых длинный период от всходов до колошения принадлежит образцам Амурская 1945, Evgos 45 суток. Продолжительность периода «колошение – восковая спелость» у исследуемых образцов в среднем варьировала от: у раннеспелых – 31, среднеспелых – 29, позднеспелых – 41 сут., до: у раннеспелых – 34, среднеспелых – 47, позднеспелых – 46 суток. В среднем за год продолжительность данного периода составила 40,8 суток. Минимум отмечен у среднеспелых, позднеспелых: Ману – 25 суток, Quarna, Remus, Амурская 1495 – 29 суток, Надежда Кузбаса, ManeNick – 30 суток. Максимум отмечен у раннеспелых сортообразцов (Ghurab 2) – 37 суток, среднеспелых, позднеспелых сортообразцов Рико, Фори 1, Cao Yuan 1, Ken Da 3 – 49 суток.

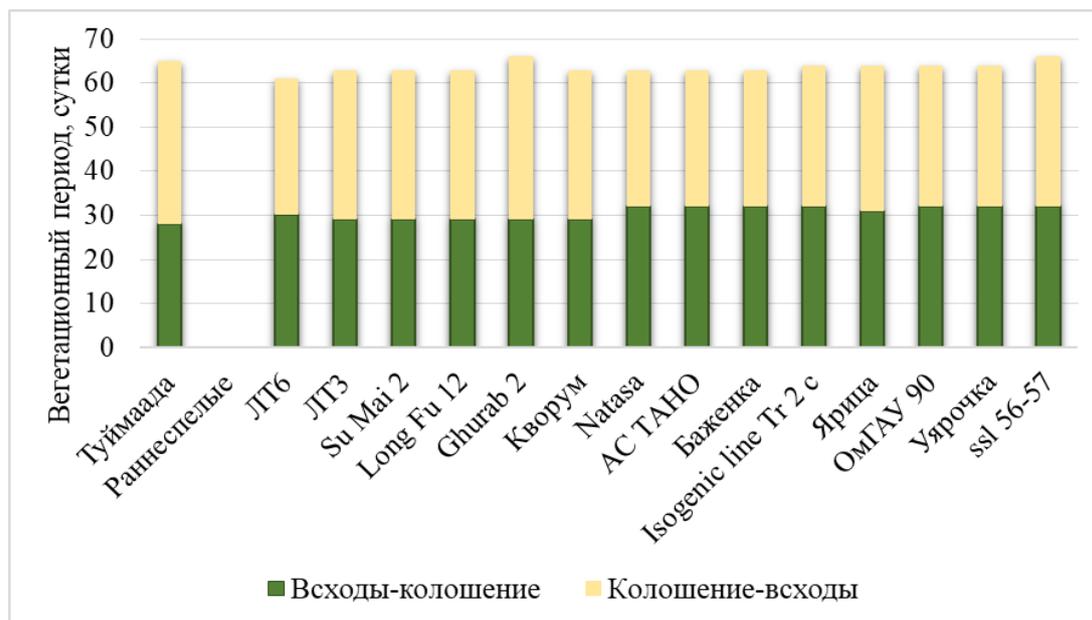


Рисунок 2. Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых, сортообразцов пшеницы в 2017 г.

В 2018 г. среди изучаемых коллекционных образцов, в основном, преобладали (63,0%) среднеспелые формы. В среднем в 2018 г. межфазный период «всходы – колошение» колебался в пределах от 27 (Ом ГАУ 100, Столыпинская 2, ChiMai 1, Сибирская 24, Kelse, ManeNick, Manu, Evros) до 44 суток (Сигма 2). Продолжительность периода «колошение – восковая спелость» у среднеспелых образцов ManeNick, Manu, Evros самая короткая – 27 суток (рис.3).

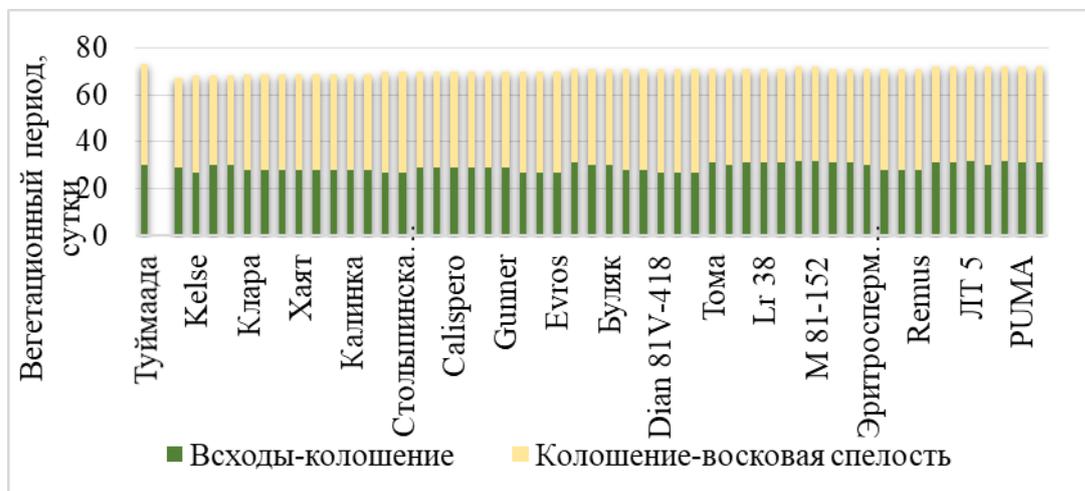


Рисунок 3. Продолжительность межфазных периодов у среднеспелых сортообразцов пшеницы в 2018 г.

Данный период затянулся у сортообразцов Dian 81, V 418, ChiMai 1, Сибирская 24 – 44 сутки (рис. 6). При подборе ценных образцов по продолжительности вегетационного периода учитывали соотношение межфазных периодов. Как говорилось ранее, огромную ценность имеют образцы, у которых межфазный период «всходы – колошение» длиннее, чем «колошение – восковая спелость». В связи с этим отобраны раннеспелые, среднеспелые сорта, отвечающие этим показателям (табл. 2). В 2019 г. все изучаемые образцы созрели рано, вегетационный период колебался от 61 до 72 суток. Межфазный период «всходы – колошение» колебался от 27 (Manu, ManeNick) до 37 суток (Сибирская 24, Kelse, ChiMai 1, Dian 81 v-418) (рис. 4).

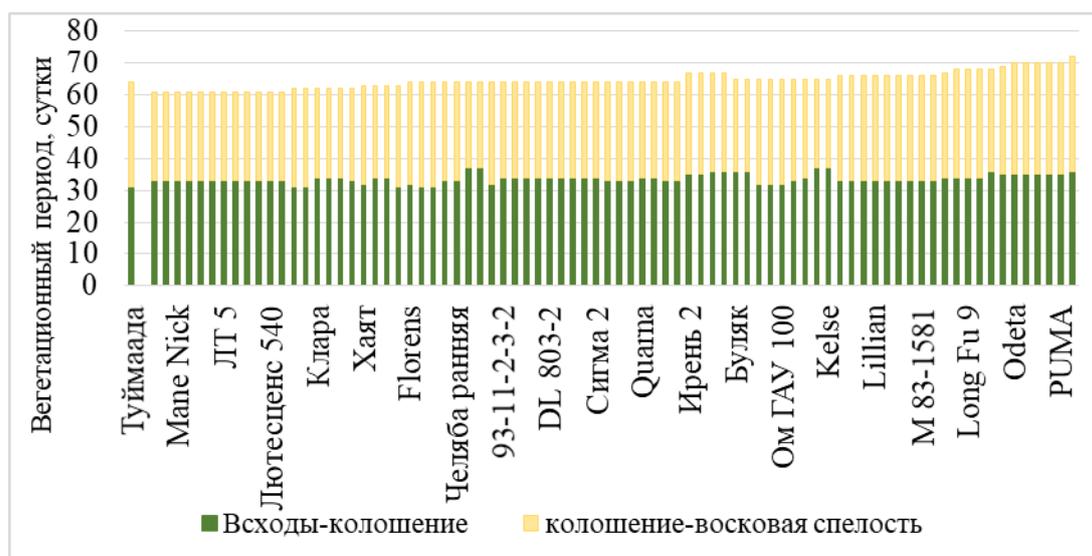


Рисунок 4. Продолжительность межфазных периодов у раннеспелых сортообразцов пшеницы в 2019 г.

Межфазный период «колошение – восковая спелость» продолжался от 28 до 36 суток. Самый короткий период отмечен у образцов ЛТ 5, Сибирская 17, 93-11-14-4-5, продолжительный – у сортообразцов Буляг, Лиза LongFu 7.

Изменчивость межфазного периода «всходы – колошение» за годы опытов среди образцов была: раннеспелых –  $V=14,7-19,4\%$ , среднеспелых –  $V=9,7-14,9\%$ . Варьирование межфазного периода «колошение – восковая спелость» составило: раннеспелые  $V=3,6-12,9\%$ , среднеспелые  $V=2,7-7,4\%$  (табл. 2).

Таблица 2. Образцы пшеницы, представляющие интерес для селекции по соотношению межфазных периодов

Образцы	Всходы – колошение		Колошение – восковая спелость	
	Сутки	V,%	Сутки	V,%
Туймаада-стандарт	29,5	3,8	36,3	12,8
Раннеспелая группа				
Eminent	37,5	15,3	31,3	5,2
Амурская 1495	38,3	17,4	30,3	6,6
Надежда Кузбаса	37,0	16,7	31,0	3,6
Remus	38,3	17,2	28,5	7,0
Evros	38,3	19,4	28,8	7,8
Manu	39,5	19,2	26,8	12,9
Lona	38,5	14,7	26,8	12,9
Quarna	38,0	18,2	30,5	5,7
НСР <sub>05</sub>	5,4		4,4	
Среднеспелая группа				
Artur Nick	38,5	14,4	29,5	4,8
Mane Nick	38,0	14,5	29,0	7,4
Сигма 2	39,3	12,1	31,0	3,8
Лютесценс 540	38,3	14,9	30,8	3,1
Лютесценс 575	37,8	13,4	30,3	2,7
Зауралочка	36,5	9,7	31,0	7,3
Алтайская 75	36,5	11,0	31,5	7,3
Сибирская 17	38,3	13,7	31,0	6,0
НСР <sub>05</sub>	3,9		3,1	

### Выводы

1. Наибольшую ценность из изученных образцов для селекции имеют раннеспелые сорта с большим количеством дней от всходов до колошения: Eminent (к-65989, Германия), Remus (к-66025, Германия); Амурская 1495 (к-66003, Амурская обл.), Надежда Кузбаса (к-66007, Кемеровская обл.), Evros (к-66028, Греция), Manu (к-66029, Финляндия), Lona (к-66030, Швейцария), Quarna (к-66035, Швейцария).

2. Раннеспелые с меньшим количеством дней от колошения до восковой спелости имеют ценность сорта: Artur Nick (к-66091, Испания), Mane Nick (к-66092, Испания), Сигма 2 (к-65999, Омская обл.), Лютесценс 540 (к-66000, Самарская обл.), Лютесценс 575 (к-66001, Самарская обл.), Зауралочка (к-66009, Курганская обл.), Алтайская 75 (к-66012, Алтайский кр.), Сибирская 17 (к-66017, Новосибирская обл.).

### Список литературы

1. Алтыбаева А.К. Вегетационный период сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от предшественника и зоны возделывания / А.К. Алтыбаева, С.В. Жаркова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 11(193). – С. 5-10.
2. Башарин Г.П. История аграрных отношений в Якутии: XV-XVII – середина XIX вв. – Москва: Арт-Флекс, 2003. – Т. 2. – С. 185-192.
3. Ведров Н.Г. Особенности селекции и семеноводства яровой пшеницы в Восточной Сибири // Актуальные задачи селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений на современном этапе. Доклады и сообщения IX генетико-селекционной школы (5-9 апреля 2004 г.). – Новосибирск, 2005. – С. 71-77.
4. Головачев В.И., Кириловская Е.В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. – Москва, 1989. – 194 с.
5. Дворникова Е.И., Жаркова С.В., Нечаева А.В. Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от агрометеорологических условий возделывания // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 6 (176). – С. 5-10.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Книга по требованию, 2012. – 352 с.
7. Изучение коллекции пшеницы: Методические указания / О.Д. Градчанинова, А.А. Филатенко [и др.]. – Ленинград: Всероссийский институт растениеводства, 1985. – 27 с.
8. Кошеляев В.В., Кошеляева И.П., Кудин С.М. Сортовой потенциал яровой мягкой пшеницы и ячменя в условиях Пензенской области // Нива Поволжья. – 2012. – № 1 (22). – С. 17-21.
9. Кривобочек В.Г. Исходный материал в селекции яровой мягкой пшеницы на адаптивность // Научное обеспечение устойчивого развития АПК в современных условиях: Матер. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию Нижегородского НИИСХ. Нижний Новгород. 28-29 июня 2016 г. – Нижний Новгород, 2016. – С. 24-28.
10. Кривобочек В.Г. Новые сорта яровой пшеницы для инновационных технологий // Нива Поволжья. – 2014. – № 3 (32). – С. 20-23.
11. Лепехов С.Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае: монография. – Барнаул: ФГБНУ Алтайский НИИСХ, 2015. – 149 с.
12. Мелехина Т.С., Пинчук Л.Г. Урожайность и адаптивность сортов озимой пшеницы в условиях юго-востока Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6 (128). – С. 5-8.
13. Мищенко Л.Н., Терехин М.В., Терехин Н.М. Влияние продолжительности вегетационного периода на урожайность и крупность зерна яровой пшеницы в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. – 2019. – № 4 (52). – С. 31-37.
14. Никитина В.И. Зависимость продолжительности вегетационного периода сортов яровой мягкой пшеницы от пункта возделывания // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2019. – № 5 (146). – С. 43-49.
15. Снедекор Дж.У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. – Москва: Издательство сельскохозяйственной литературы, 1961. – 503 с.
16. Чичигинов В.В. Создание селекционного материала яровой мягкой пшеницы в условиях Центральной Якутии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2009. – 17 с.

**Владимирова Елена Семеновна** – научный сотрудник, руководитель группы селекции и семеноводства зерновых культур, Якутского научно исследовательского института

сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова, 677001, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского д. 23 корп. 1, e-mail: bagrynova.elena@mail.ru

UDC 633.111.1

**E. Vladimirova**

## **THE GROWING SEASON OF SOFT WHEAT VARIETIES IN CENTRAL YAKUTIA**

**Keywords:** soft spring wheat, variety, growing season, maturation.

**Abstract.** The article presents data on the evaluation of collection samples of soft wheat by the duration of the growing season in Central Yakutia. An important characteristic of the wheat variety is the duration of the growing season and interphase periods, which ultimately determine its productivity in a specific ecological zone. The duration of the growing season is one of the most important characteristics of the variety. The total duration of the growing season is an important indicator for spring wheat varieties, especially in sharply arid regions. The studies were conducted from 2016 to 2019 in the field hospital of the Yakut Research Institute named after M.G. Safronov according to the generally accepted methodology of the State Transport Commission and according to the methodological guidelines of the All-Russian Institute of Plant Growing. As a result of the research, early-ripening varieties with a large number of days from germination to earing were selected: Eminent (k-65989, Germany), Remus (k-66025, Germany); Amur 1495 (k-66003, Amur region), Nadezhda Kuzbass (k-66007, Kemerovo region), Evros (k-66028, Greece), Manu (k-66029, Finland), Lona (k-66030, Switzerland), Quarna (k-66035, Switzerland); early-ripening varieties with fewer days from earing to waxy ripeness: Artur Nick (k-66091, Spain), Mane Nick (k-66092, Spain), Sigma 2 (k-65999, Omsk region), Lutescens 540 (66000, Samara region), Lutescens 575 (k-66001, Samara region region), Zauralochka (k-66009, Kurgan region), Altai 75 (k-66012, Altai Kr.), Siberian 17 (k-66017, Novosibirsk region).

### **References**

1. Altybaeva A.K., Zharkova S.V. Vegetation period of soft spring wheat varieties depending on the predecessor and cultivation zone // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2020. – No. 11 (193). – Pp. 5-10.
2. Basharin G.P. History of agrarian relations in Yakutia: XV-XVII – mid XIX centuries. – Moscow: Art-Flex Publ., 2003. – Vol. 2. – Pp. 185-192.
3. Vedrov N.G. Peculiarities of selection and seed production of spring wheat in Eastern Siberia // Actual tasks of selection and seed production of agricultural plants at the present stage. Reports and messages of the IX genetic breeding school (April 5-9, 2004). – Novosibirsk, 2005. – Pp. 71-77.
4. Golovachev V.I., Kirilovskaya E.V. Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2. Cereals, cereals, legumes, corn and fodder crops. – Moscow, 1989. – 194 p.
5. Dvornikova E.I., Zharkova S.V., Nechaeva A.V. Productivity of varieties of spring soft wheat depending on the agrometeorological conditions of cultivation // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2019. – No. 6 (176). – Pp. 5-10.
6. Armor B.A. Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – M.: Book on demand Publ., 2012. – 352 p.
7. Study of the wheat collection: Guidelines / O.D. Gradchaninova, A.A. Filatenko [et al.]. – Leningrad: All-Russian Institute of Plant Industry Publ., 1985. – 27 p.
8. Koshelyaev V.V., Koshelyaeva I.P., Kudin S.M. Varietal potential of spring soft wheat and barley in the conditions of the Penza region // Niva of the Volga region. – 2012. – No. 1 (22). – Pp. 17-21.
9. Krivobochechek V.G. Source material in the selection of spring soft wheat for adaptability // Scientific support for the sustainable development of the agro-industrial complex in modern conditions: Proceedings of the scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the

Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture (Nizhny Novgorod, June 28–29, 2016). Nizhny Novgorod. 2016. – Pp. 24-28.

10. Krivobochechek V.G. New varieties of spring wheat for innovative technologies // Niva of the Volga region. – 2014. – No. 3 (32). – Pp. 20-23.

11. Lepekhov S. B. Some principles of spring soft wheat breeding for drought resistance and productivity in the Altai Territory: monograph. – Barnaul: Altai Research Institute of Agriculture Publ., 2015. – 149 p.

12. Melekhina T.S., Pinchuk L.G. Productivity and adaptability of winter wheat varieties in the conditions of the southeast of Western Siberia // Bulletin of the Altai State Agrarian University. – 2015. – No. 6 (128). – Pp. 5-8.

13. Mishchenko L.N., Terekhin M.V., Terekhin N.M. Influence of the duration of the growing season on the yield and grain size of spring wheat in the conditions of the Amur Region // Far Eastern Agrarian Bulletin. – 2019. – No. 4 (52). – Pp. 31-37.

14. Nikitina V.I. Dependence of the duration of the growing season of spring soft wheat varieties on the point of cultivation // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. – Krasnoyarsk, 2019. – No. 5 (146). – Pp. 43-49.

15. Snedecor J.U. Statistical methods in application to research in agriculture and biology. – Moscow: Publishing house of agricultural literature, 1961. – 503 p.

16. Chichiginarov V.V. Creation of breeding material of spring soft wheat in the conditions of Central Yakutia: abstract of the dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences. – Novosibirsk, 2009. – 17 p.

**Vladimirova Elena** – researcher, head of the group of breeding and seed production of grain crops, Yakut Scientific Research Institute of Agriculture named after M.G. Safronov, 677001, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Bestuzhev-Marlinskogo str., 23 building 1, e-mail: bagrynova.elena@mail.ru

Захаров В.Л., Ленкшевич А.В.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ С ИХ НАИМЕНЬШЕЙ ВЛАГОЁМКОСТЬЮ В ЯБЛОНЕВЫХ САДАХ ООО «ТИМИРЯЗЕВСКИЙ» ЛИПЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** влагоёмкость почв, тип почвы, содержание песка и глины, яблоневые сады.

**Аннотация.** Исследования проводились в 2018-2021 гг. в старых отплодоносивших, но ещё нераскорчёванных яблоневых садах ООО «Тимирязево» Липецкой области. Наименьшую влагоёмкость определяли методом гипсовых слепков, гранулометрический состав – пирофосфатным методом. Наиболее влагоёмкими генетическими горизонтами почв являлись следующие: у чернозёма выщелоченного –  $A_1+A_1B$  (0-170 см), у чернозёма оподзоленного –  $A_1$  (0-42 см),  $B$  (140-167 см) и  $B+C$  (178-230 см), у чернозёмно-луговой оподзоленной почвы –  $B$  (110-160 см). Все типы почв в яблоневых садах существенно различались по наименьшей влагоёмкости всех генетических горизонтов, расположенных глубже гумусового. Влагоёмкость гумусовых горизонтов ( $A$ ) всех четырёх почв одинакова. В профиле чернозёма выщелоченного преобладающей фракцией является ил и крупная пыль, в профиле чернозёма оподзоленного – мелкий песок, крупная пыль и ил, в профиле чернозёма оподзоленного слабооглеенного – средняя и мелкая пыль и ил, в профиле чернозёмно-луговой оподзоленной почвы – мелкий песок, крупная пыль и ил. Наибольшее содержание физической глины отмечено в гумусовом горизонте и материнской породе чернозёма оподзоленного слабооглеенного, а также в материнской породе чернозёма выщелоченного и иллювиальном горизонте чернозёма оподзоленного. Наименьшая влагоёмкость почв увеличивается по мере увеличения в почве содержания ила ( $r=0,61-0,9$ ), по мере уменьшения в них процента мелкой пыли ( $r=-0,59\dots-0,97$ ), средней пыли ( $r=-0,67$ ), мелкого песка ( $r=-0,61$ ), среднего песка ( $r=-0,75\dots-0,8$ ) и крупного песка ( $r=-0,67\dots-0,92$ ). Сравнительно низкая влагоёмкость переходных горизонтов ( $A_1B$ ) у чернозёмов оподзоленных обусловлена наличием в этих слоях большого количества пыли и песка, но малого количества ила.

### Введение

Воздействие механического состава почв на произрастание яблони не является непосредственным, а имеет двойное преломление. Во-первых, механический состав определяет такие важные для растений свойства почвы, как порозность (общий размер и форму пор), а также часть водных свойств почвы, не зависящих от порозности, такие как соотношение категорий почвенной влаги. Во-вторых, на фоне определенного климата или искусственного орошения связанные с механическим составом свойства определяют водно-воздушный режим, от которого зависит снабжение корней растения водой и кислородом. Если механический состав тяжелосуглинистых почв до глубины 1 м изменяется на более легкий, то они непригодны под яблоню. Однако в Самарской области на плотной темно-серой слабооподзоленной глинистой почве отмечено противоположное явление: лучшее состояние деревьев было при залегании в слое 100-175 см супеси, а при более тяжёлом гранулометрическом составе почвы глубже 170 см наблюдалась гибель сада [9]. По Г.В. Бульботко [3], для яблони оптимальное содержание физической глины составляет 30-50%. Другие авторы считали, что оптимальное содержание физической глины для яблони колеблется в более широких пределах (30-65%) [6]. З. Бедрна [1] считал оптимальной для яблони почву среднесуглинистого механического состава.

На глинистых почвах хорошо произрастают Ренет Орлеанский, Борсдорфское луковичное, Пепин Рибстона и др., на песчаных – Ренет Симиренко, Ренет Баумана, Осеннее полосатое, Антоновка обыкновенная. Для Серинки лучше подходят глинистые почвы, чем супесчаные. Папировка, Боровинка, Осеннее полосатое, Пепин литовский, Путивка лучше растут на лёгких супесчаных и суглинистых почвах. Наиболее требовательными к почвам здесь являются сорта: Спартан, Лобо, Заря Алатау, Рубиновое Дуки, Зимнее Плисецкого, Айдаред, Голден делишес и др. [8]. В чернозёмной степи для яблони лучшими почвами считаются

суглинистые и легкосуглинистые темно-серые и остепненные лесные почвы, слабо- и средневыщелоченные черноземы, сформированные на лессовидных отложениях того же гранулометрического состава. Из черноземов типичных и обыкновенных наиболее пригодны разности с более глубоким залеганием карбонатов (50 см и глубже) и меньшим содержанием извести. Пригодны для яблони суглинистые и легкосуглинистые обыкновенные карбонатные черноземы с содержанием извести до 1,5-2,0% в верхнем слое и до 5-7% в нижнем слое [2].

По А.А. Штефырцэ, более благоприятный водный режим складывается у яблони, произрастающей при постоянной влажности почвы 70% от наименьшей влагоёмкости почвы [10]. По мнению ряда ученых, влажность почвы в пределах 70-80% НВ наиболее благоприятна для роста и развития яблони. Согласно данным Р.П. Кудрявец, оптимальная влажность тяжелых почв для яблони равна 75-80% НВ, почв среднего механического состава – 70-75 и лёгких – 60-65% НВ [5]. Для оптимального фотосинтеза яблони в условиях почв, подстилаемых лёссом, влажность почвы должна быть 60-86% от наименьшей влагоёмкости [12], на других почвах – при 60-90% от полевой влагоёмкости в слое 0-60 см [13].

Целью исследований было изучить гранулометрический состав и наименьшую влагоёмкость почв, находящихся в садовом обороте ООО «Тимирязево» Липецкой области.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проводили в 2018-2021 гг. в ООО «Тимирязево» Долгоруковского района Липецкой области в старых отплодоносивших, но ещё не раскорчёванных яблоневых садах, заложенных в 1973-1976 гг. по схемам 6x8 и 8x10 м на семечковом подвое. Сорта: Штрейфлинг, Китайка, Северный синап, Антоновка обыкновенная, Пепин шафранный и Жигулёвское. Система содержания междуядий – чёрный пар. После закладки опорных профилей почвы были диагностированы. Лабораторные анализы были проведены на базе лаборатории кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. Гранулометрический состав определяли пирофосфатным методом в модификации С.И. Долгова и А.И. Личмановой [7], наименьшую влагоёмкость – методом гипсовых слепков по методу А.В. Николаева [11]. Математическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа [4], корреляционный анализ – с помощью программы Microsoft Excel.

### **Результаты исследований**

Проведённый нами гранулометрический анализ почв показывает, что гумусовый ( $A_1$ ) и переходный (AB) горизонты чернозёма выщелоченного содержат больше всего ила (частицы диаметром менее 0,001 мм) и согласно содержанию физической глины являются тяжёлым суглинком. В иллювиальном горизонте ( $A_1B$ ) чернозёма выщелоченного преобладает фракция крупной пыли (0,01-0,05 мм), и горизонт является тяжелосуглинистым. В почвообразующей породе (C) этой почвы преобладает ил, и горизонт является лёгкой глиной.

В гумусовом горизонте чернозёма оподзоленного преобладает крупная пыль, и горизонт является лёгким суглинком. В переходном горизонте этой почвы преобладает ил, и горизонт является тяжёлым суглинком. В иллювиальном горизонте чернозёма оподзоленного преобладает ил, и горизонт является лёгкой глиной. В почвообразующей породе этой почвы преобладает мелкий песок (0,05-0,25), и горизонт является тяжёлым суглинком. В гумусовом горизонте чернозёма оподзоленного слабооглененного преобладает средняя (0,005-0,01 мм) и мелкая пыль (0,001-0,005 мм), и горизонт является лёгкой глиной. В переходном и иллювиальном горизонтах этой почвы преобладает ил, и горизонты являются тяжёлым суглинком. В материнской породе этой почвы также преобладает ил, и горизонт является лёгкой глиной. В гумусовом и переходном горизонтах чернозёмно-луговой оподзоленной почвы преобладает мелкий песок, и горизонты являются тяжёлым суглинком (табл. 1).

Таблица 1. Гранулометрический состав почв в яблоневых садах ООО «Тимирязево» (2019-2021)

Генетический горизонт и глубина, см	Содержание фракций, %							
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	до 0,001	песок (более 0,01)	глина (до 0,01)
Чернозём выщелоченный								
A <sub>1</sub> 0-80	4,81	25,6	18,4	2,0	15,19	34,0	48,81	51,19
A <sub>1</sub> B 80-170	8,36	23,2	10,0	17,2	16,84	24,4	41,56	58,44
B 170-210	11,92	11,6	27,2	6,8	26,88	15,6	50,72	49,28
C 210-220	11,68	10,8	14,4	4,8	27,92	30,4	36,88	63,12
Чернозём оподзоленный								
A <sub>1</sub> 0-60	4,89	22,8	42,8	16,0	1,91	11,6	70,49	29,51
A <sub>1</sub> B 60-178	9,69	21,2	14,4	3,2	18,71	32,8	45,29	54,71
B 178-220	5,72	20,8	8,4	11,6	21,48	32,0	34,92	65,08
C 220-230	6,06	32,4	16,4	9,2	21,54	14,4	54,86	45,14
Чернозём оподзоленный слабооглеенный								
A <sub>1</sub> 0-42	2,11	20,0	10,0	23,6	23,89	20,4	32,11	67,89
A <sub>1</sub> B 42-140	4,55	24,0	20,8	5,6	13,05	32,0	49,35	50,65
B 140-167	8,24	20,0	21,2	4,8	10,96	34,8	49,44	50,56
C 167-220	8,75	23,2	5,8	5,8	26,05	30,4	37,75	62,25
Чернозёмно-луговая оподзоленная								
A <sub>1</sub> 0-30	4,96	32,0	9,2	8,0	20,64	25,2	46,16	53,84
A <sub>1</sub> B 30-110	6,71	29,2	16,4	4,8	15,29	27,6	52,31	47,69
B 110-160	5,68	5,6	39,6	1,2	9,92	38,0	50,88	49,12
C 160-220	4,52	8,4	12,4	11,6	28,68	34,4	25,32	52,68

В иллювиальном горизонте этой почвы преобладает крупная пыль, и горизонт является тяжёлым суглинком. В материнской породе этой почвы преобладает ил, и горизонт является тяжёлым суглинком. Из всех типов почв только у этой почвы вниз по профилю не меняется гранулометрический состав.

По содержанию физической глины горизонтами-лидерами являлись: материнская порода чернозёма выщелоченного (210-220 см) и чернозёма оподзоленного слабооглеенного (167-220 см), иллювиальный горизонт чернозёма оподзоленного (178-220 см) и гумусовый горизонт чернозёма оподзоленного слабооглеенного (0-42 см).

Наименьшая влагоёмкость чернозёма выщелоченного в гумусовом и переходном горизонте (слой 0-170 см) существенно выше, чем в ниже лежащих горизонтах (B+C) (табл. 2). Различия в влагоёмкости чернозёма выщелоченного между гумусовым и переходным горизонтом незначительны. Незначительны они и между иллювиальным горизонтом (B) и материнской породой (C).

В профиле чернозёма оподзоленного, имеющего 60-сантиметровый гумусовый горизонт, наименьшая влагоёмкость переходного горизонта (A<sub>1</sub>B) существенно ниже, чем у всех ниже лежащих горизонтов. Однако в профиле чернозёма оподзоленного с более тонким гумусовым горизонтом (42 см) наименьшая влагоёмкость почвообразующей породы (горизонт C) существенно ниже, чем во всех выше лежащих горизонтах.

В профиле чернозёмно-луговой оподзоленной почвы по мере углубления вниз по профилю наименьшая влагоёмкость генетических горизонтов существенно возрастает до глубины 160 см. Также установлены существенные различия по этому показателю между самым верхним (A<sub>1</sub>) и самым нижним горизонтами (С). Несущественны различия по наименьшей влагоёмкости у этой почвы только между переходным горизонтом (A<sub>1</sub>B) и материнской породой (С).

Таблица 2. Наименьшая влагоёмкость почв в яблоневых садах ООО «Тимирязевский» Липецкой области (2018-2021 гг.)

Тип почвы	Генетический горизонт	Глубина, см	Наименьшая влагоёмкость, % от массы абсолютно сухой почвы
чернозём выщелоченный	A <sub>1</sub>	0-80	33,57
	A <sub>1</sub> B	80-170	32,56
	B	170-210	22,45
	C	210-220	24,96
чернозём оподзоленный	A <sub>1</sub>	0-60	29,2
	A <sub>1</sub> B	60-178	27,62
	B	178-220	31,26
	C	220-230	31,68
чернозём оподзоленный слабооглееный	A <sub>1</sub>	0-42	31,31
	A <sub>1</sub> B	42-140	27,5
	B	140-167	31,33
	C	167-220	21,1
чернозёмно- луговая оподзоленная	A <sub>1</sub>	0-30	30,15
	A <sub>1</sub> B	30-110	33,9
	B	110-160	40,8
	C	160-220	34,4
НСР <sub>05</sub>			3,33
НСР %			10,9

Различия в влагоёмкости чернозёма выщелоченного между гумусовым и переходным горизонтом несущественны. Несущественны они и между иллювиальным горизонтом (В) и материнской породой (С).

В профиле чернозёма оподзоленного, имеющего 60-сантиметровый гумусовый горизонт, наименьшая влагоёмкость переходного горизонта (A<sub>1</sub>B) существенно ниже, чем у всех ниже лежащих горизонтов. Однако в профиле чернозёма оподзоленного с более тонким гумусовым горизонтом (42 см) наименьшая влагоёмкость почвообразующей породы (горизонт С) существенно ниже, чем во всех выше лежащих горизонтах.

В профиле чернозёмно-луговой оподзоленной почвы по мере углубления вниз по профилю наименьшая влагоёмкость генетических горизонтов существенно возрастает до глубины 160 см. Также установлены существенные различия по этому показателю между самым верхним (A<sub>1</sub>) и самым нижним горизонтами (С). Несущественны различия по наименьшей влагоёмкости у этой почвы только между переходным горизонтом (A<sub>1</sub>B) и материнской породой (С).

Если сравнить гумусовые горизонты (A<sub>1</sub>) почв между собой, то по наименьшей влагоёмкости существенных различий нет (НСР<sub>05</sub> = 4,16%). По наименьшей влагоёмкости переходного горизонта (A<sub>1</sub>B) между чернозёмом выщелоченным и чернозёмно-луговой оподзоленной почвой различия несущественны (НСР<sub>05</sub> = 4,0%). Однако существенно ниже оказалась влагоёмкость этого горизонта у чернозёмов оподзоленных по сравнению с остальными двумя типами почвы. Влагоёмкость иллювиального горизонта (В) существенно различается в

зависимости от типа почвы. Самый низкий показатель отмечен у чернозёма выщелоченного, существенно выше у чернозёмов оподзоленных и ещё выше у чернозёмно-луговой почвы ( $HCp_{05} = 2,95\%$ ). Существенны различия в влагоёмкости также по почвообразующей породе (С). Наивысший показатель отмечен у чернозёмно-луговой почвы, существенно ниже у чернозёма выщелоченного и ещё ниже у чернозёма оподзоленного с малой мощностью (42 см) гумусового горизонта ( $HCp_{05} = 3,56\%$ ). Точность опыта при сравнительном определении одноимённых генетических горизонтов колебалась от 9,38 до 13,8 и в среднем составляла 12,0%.

Установлено, что с увеличением содержания ила в профиле чернозёма выщелоченного увеличивается его наименьшая влагоёмкость ( $r = 0,61$ ). В этой почве наименьшая влагоёмкость увеличивается по мере снижения содержания мелкой пыли ( $r = -0,97$ ), мелкого песка ( $r = -0,61$ ) и крупного песка ( $r = -0,92$ ). В профиле чернозёма оподзоленного по мере уменьшения крупного песка увеличивается наименьшая влагоёмкость ( $r = -0,67$ ). В профиле чернозёма оподзоленного слабооглеенного наименьшая влагоёмкость увеличивалась с уменьшением среднего песка ( $r = -0,75$ ) и крупного песка ( $r = -0,52$ ).

Больше всего корреляционных зависимостей влагоёмкости от гранулометрического состава обнаружено в профиле чернозёмно-луговой оподзоленной почвы. Здесь наименьшая влагоёмкость увеличивается по мере увеличения процента ила ( $r = 0,9$ ), снижения доли мелкой пыли ( $r = -0,59$ ), средней пыли ( $r = -0,67$ ) и среднего песка ( $r = -0,8$ ).

Таким образом, сравнительно низкую влагоёмкость переходных горизонтов ( $A_1B$ ) у чернозёмов оподзоленных можно объяснить наличием в этих слоях большого количества пыли и песка, но малого количества ила.

### **Выводы**

1. Наиболее влагоёмкими генетическими горизонтами почв в яблоневых садах ООО «Тимирязево» Липецкой области являются следующие: у чернозёма выщелоченного –  $A_1+A_1B$  (0-170 см), у чернозёма оподзоленного –  $A_1$  (0-42 см),  $B$  (140-167 см) и  $B+C$  (178-230 см), у чернозёмно-луговой оподзоленной почвы –  $B$  (110-160 см).

2. Все типы почв в яблоневых садах ООО «Тимирязево» существенно различаются по наименьшей влагоёмкости всех генетических горизонтов, расположенных глубже гумусового. Влагоёмкость гумусовых горизонтов ( $A$ ) всех четырёх почв одинакова.

3. Согласно содержанию физической глины в гумусовом горизонте почвы ООО «Тимирязево» имеют следующий гранулометрический состав: чернозём выщелоченный и чернозёмно-луговая оподзоленная почва – тяжелосуглинистые, чернозём оподзоленный – легкосуглинистый, чернозём оподзоленный слабооглеенный – легкоглинистый. Все генетические горизонты чернозёмно-луговой оподзоленной почвы имеют одинаковый гранулометрический состав (тяжёлый суглинок).

4. В профиле чернозёма выщелоченного преобладающей фракцией является ил и крупная пыль, в профиле чернозёма оподзоленного – мелкий песок, крупная пыль и ил, в профиле чернозёма оподзоленного слабооглеенного – средняя и мелкая пыль и ил, в профиле чернозёмно-луговой оподзоленной почвы – мелкий песок, крупная пыль и ил.

5. Наибольшее содержание физической глины отмечено в гумусовом горизонте и материнской породе чернозёма оподзоленного слабооглеенного, а также в материнской породе чернозёма выщелоченного и иллювиальном горизонте чернозёма оподзоленного.

6. Наименьшая влагоёмкость почв увеличивается по мере увеличения в почве содержания ила ( $r = 0,61-0,9$ ), по мере уменьшения в них процента мелкой пыли ( $r = -0,59 \dots -0,97$ ), средней пыли ( $r = -0,67$ ), мелкого песка ( $r = -0,61$ ), среднего песка ( $r = -0,75 \dots -0,8$ ) и крупного песка ( $r = -0,67 \dots -0,92$ ).

7. Сравнительно низкая влагоёмкость переходных горизонтов ( $A_1B$ ) у чернозёмов оподзоленных обусловлена наличием в этих слоях большого количества пыли и песка, но малого количества ила.

### Список литературы

1. Бедрна З. О почве для садоводов-любителей. – Минск: Ураджай, 1988. – 160 с.
2. Бисти Е.Г. Исследование садопригодности почв в степной зоне Центрально-Черноземной полосы и вопросы системы их содержания и обработки: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1969. – 44 с.
3. Бульботко Г.В. Влияние физических свойств почв на развитие корневой системы яблони // Почвоведение. – 1973. – № 4. – С. 65-70.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Кудрявец Р.П. Продуктивность яблони. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
6. Неговелов С.Ф., Вальков В.Ф. Выбор почвы и организация территории садов и виноградников. – Краснодар, 1958. – 92 с.
7. Ревут И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1964. – 318 с.
8. Рылов Г.П. Яблоня в вашем саду. – Минск: Ураджай, 1998. – 399 с.
9. Семенович Г.И., Баданин П.А., Салмина Т.А. Влияние почвенных условий на рост и развитие яблони в Куйбышевской области // Селекция, агротехника и экономика плодовых культур в Среднем Поволжье. Вып. 2. – Куйбышев: Куйбышевск. кн. изд-во, 1970. – С. 127-152.
10. Штефырцэ А.А. Водный обмен деревьев яблони в условиях переменной влажности почвы // В кн.: Физиология водообмена, засухо- и зимостойкости с.-х. растений. – Кишинев, 1985. – С. 33-45.
11. Файловый архив студентов. 1212 вуза, 4105 предмета. StudFiles [Электронный ресурс]: website - <https://studfile.net/preview/7644412/page:7/>
12. Critical responses of photosynthetic efficiency of Goldspur apple tree to soil water variation in semiarid loess hilly area / S.Y. Zhang, G.C. Zhang, S.Y. Gu, J.B. Xia, J.K. Zhao // Photosynthetica. – 2010. – V. 48. Issue: 4. – P. 589-595.
13. Effects of pit depth and soil moisture on the photosynthetic characteristics of young apple trees under water storage pit irrigation / X.H. Guo, T. Lei, X.H. Sun, J.J. Ma, L.J. Zheng // Fresenius environmental bulletin. – 2019. – V. 28. Issue: 11. – P. 8031-8040.

**Захаров Вячеслав Леонидович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: [zakharov7979@mail.ru](mailto:zakharov7979@mail.ru)

**Ленкшевич Анна Владимировна** – аспирант, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: [Witchanna@bk.ru](mailto:Witchanna@bk.ru)

---

UDC 631.435: 631.432.23

**V. Zakharov, A. Lenkshevich**

### **THE RELATIONSHIP OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SOILS WITH THEIR LOWEST MOISTURE CAPACITY IN APPLE ORCHARDS OF TIMIRYAZEVSKY LLC OF THE LIPETSK REGION**

**Keywords:** soil moisture capacity, soil type, sand and clay content, apple orchards.

**Abstract.** The research was carried out in 2018-2021 in the old fruit-bearing, but not yet uprooted apple orchards of Timiryazev LLC in the Lipetsk region. The lowest moisture capacity was determined by the method of gypsum casts, the granulometric composition was determined by the pyrophosphate method. The most moisture - intensive genetic horizons of soils were the following: in leached chernozem – A1+A1B (0-170 cm), in podzolized chernozem – A1 (0-42 cm), B (140-167 cm) and B +C (178-230 cm), in chernozem-meadow podzolized soil – B (110-160 cm). All types of soils in apple orchards differed significantly in

the lowest moisture capacity of all genetic horizons located deeper than humus. The moisture capacity of humus horizons (A) of all four soils is the same. In the profile of leached chernozem, the predominant fraction is silt and coarse dust, in the profile of podzolized chernozem – fine sand, coarse dust and silt, in the profile of podzolized slightly glued chernozem – medium and fine dust and silt, in the profile of chernozem meadow podzolized soil - fine sand, coarse dust and silt. The highest content of physical clay was observed in the humus horizon and the parent rock of the slightly frozen podzolized chernozem, as well as in the leached chernozem parent rock and the illuvial horizon of the podzolized chernozem. The lowest moisture capacity of soils increases as the silt content in the soil increases ( $r= 0.61-0.9$ ), as the percentage of fine dust in them decreases ( $r= -0.59...-0.97$ ), medium dust ( $r= -0.67$ ), fine sand ( $r= -0.61$ ), medium sand ( $r= -0.75...-0.8$ ) and coarse sand ( $r= -0.67...-0.92$ ). The relatively low moisture capacity of transitional horizons (A1B) in podzolized chernozems is due to the presence in these layers of a large amount of dust and sand, but a small amount of silt.

### References

1. Bedrna Z. About the soil for amateur gardeners. – Minsk: Uradzhaj Publ., 1988. – 160 p.
2. Bisti E.G. Study of soil horticulturalness in the steppe zone of the Central Chernozem strip and issues of their maintenance and treatment system: abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences. – Voronezh, 1969. – 44 p.
3. Bul'botko G.V. The influence of physical properties of soils on the development of the root system of apple trees // Soil science. – 1973. – No 4. – Pp. 65-70.
4. Dospikhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – Fifth edition expanded and revised. – M.: Agropromizdat Publ. 1985. – 351 p.
5. Kudryavec R.P. Productivity of apple trees. – M.: Agropromizdat Publ., 1987. – 303 p.
6. Negovetov S.F., Val'kov V.F. Soil selection and organization of the territory of orchards and vineyards. – Krasnodar, 1958. – 92 p.
7. Revut I.B. Soil physics. – Л.: Kolos Publ., 1964. – 318 p.
8. Rylov G.P. An apple tree in your garden. – Minsk: Uradzhaj Publ., 1998. – 399 p.
9. Semenov G.I., Badanin P.A., Salmina T.A. The influence of soil conditions on the growth and development of apple trees in the Kuibyshev region // Breeding, agrotechnics and economics of fruit crops in the Middle Volga region. Issue 2. Kuibyshev: Kuibyshev Publishing House, 1970. – Pp. 127-152.
10. Shtefyrce A.A. Water exchange of apple trees in conditions of variable soil moisture. In the book: Physiology of water exchange, drought and winter hardiness of agricultural plants. – Chisinau. – 1985. – Pp. 33-45.
11. Students' file archive. 1212 universities, 4105 items. StudFiles [Electronic resource]: website - <https://studfile.net/preview/7644412/page:7/>
12. Critical responses of photosynthetic efficiency of Goldspur apple tree to soil water variation in semiarid loess hilly area / S.Y. Zhang, G.C. Zhang, S.Y. Gu, J.B. Xia, J.K. Zhao // Photosynthetica. – 2010. – V. 48. Issue: 4. – P. 589-595.
13. Effects of pit depth and soil moisture on the photosynthetic characteristics of young apple trees under water storage pit irrigation / X.H. Guo, T. Lei, X.H. Sun, J.J. Ma, L.J. Zheng // Fresenius environmental bulletin. – 2019. – V. 28. Issue: 11. – P. 8031-8040.

**Zakharov Vyacheslav** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agricultural Technologies, Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University (YelSU), 399770, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28. e-mail: zakharov7979@mail.ru

**Lenkshevich Anna** – graduate student, Bunin Yelets State University (YelSU), 399770, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28, e-mail: Witchanna@bk.ru

**Кластер Н.И., Лоткова В.В., Азаров В.Б., Горбунов В.В., Азаров А.В.**

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЁМА ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ**

**Ключевые слова:** плотность почвы, структура, водопотребление, плодородие.

**Аннотация.** В многофакторном стационарном опыте по разработке научных основ расширенного воспроизводства плодородия почвы проводились исследования по изменению показателей плотности почвы, коэффициента структурности и водопотребления растениями сахарной свёклы в зависимости от способа обработки почвы и различных доз органических и минеральных удобрений. Материалами исследований доказана положительная роль полуперепревшего навоза КРС как при самостоятельном применении, так и совместно с минеральными удобрениями в разуплотнении пахотного горизонта почвы. В этом случае плотность почвы не превышала значений  $1,15 \text{ г/см}^3$ . При введении в технологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений также улучшается структура почвы. Значение коэффициента структурности почвы по сравнению с контролем без применения удобрений возрастает на 50-70 %. Насыщение органическими и минеральными удобрениями способствует более рациональному использованию влаги. Суммарное водопотребление в этом случае значительно сокращается. Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является совместное внесение органических и минеральных удобрений. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного неудобренного варианта. Органо-минеральная система удобрения сахарной свёклы показала наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления  $67-79 \text{ м}^3/\text{т}$ . В данном случае зафиксированные значения находятся на уровне чисто минеральной системы удобрения со снижением анализируемого значения на  $7-14 \text{ м}^3/\text{т}$  в зависимости от изучаемых факторов.

### **Введение**

При возделывании сельскохозяйственных, а особенно, пропашных культур, необходимо регулировать агрофизические свойства эксплуатируемых почв посредством элементов агротехнологии, призванных удерживать данный показатель в пределах оптимально возможных величин [4].

Для сахарной свёклы на этапе созревания корнеплодов и увеличения их объема фактор разуплотнения корнеплодообитаемого слоя почвы носит принципиальный характер [1, 5]. При излишней слитизации почвы возможно сдавливание, искривление корнеплода и его удлинение в нижние слои почвы, что крайне нежелательно при механической уборке ввиду возможных потерь урожая.

Одной из основных характеристик любой почвы, вовлеченной в сельскохозяйственный оборот, является её способность сохранять в процессе вегетации культурных растений оптимальное структурное состояние, выражающееся в отношении агрономически ценных почвенных агрегатов к глыбистой и пылевой фракциям [3,9]. Данный показатель определяется коэффициентом структурности и показывает степень устойчивости почвенного профиля к воздействиям антропогенного характера при возделывании культур в экспериментальных севооборотах. Мы в своих исследованиях проанализировали данный показатель в период вегетации сахарной свёклы при различных условиях её возделывания.

Главным поставщиком жизненно необходимой как сельскохозяйственным культурам, так и микроорганизмам и другим представителям живого мира, влаги является почва [2, 6]. Трудно переоценить роль воды в жизни всего живого на Земле. Её роль огромна и многогранна. Насыщенные влагой почвы обеспечивают растениям беспрепятственное поступление растворенных питательных веществ, при участии воды происходят все биохимические процессы, осуществляется дыхание растений, развитие микроорганизмов, происходит фотосинтез. Таким образом, для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур непре-

менным условием является оптимальное обеспечение почвы влагой, особенно в критический период потребления питательных веществ. Сахарная свёкла предъявляет высокие требования к наличию влаги в почве, особенно в первые фазы вегетации. Вместе с тем за счёт развитой, глубоко проникающей корневой системы эта культура отличается хорошей засухоустойчивостью [7, 8]. Отличительной особенностью сахарной свёклы вместе с тем является её способность эффективно использовать влагу выпадающих во второй половине лета осадков для формирования массы корнеплода.

#### Объекты и методы исследований

Многофакторный стационарный полевой опыт, расположенный на опытном поле в ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН». Почва опытного участка чернозем типичный, среднетяжелый, малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, с содержанием гумуса в пахотном слое 5,1-5,6 %, подвижного фосфора 48-57 мг и обменного калия 92-121 мг/кг почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,8-6,4.

В опыте изучали два севооборота со следующим чередованием культур: зернопропашной – горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза на силос и зерноотравапропашной – многолетние травы 1-го года пользования (эспарцет), многолетние травы 2-го года пользования, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень + многолетние травы (фактор А).

Таблица 1. Схема применения удобрений

Насыщенность 1 га севооборотной площади		Удобрения сахарной свеклы	
Зерноотравапропашной севооборот			
Навоз т	НPK	Навоз т/га	НPK
-	-	-	-
-	N <sub>84</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
16	-	80	-
16	N <sub>84</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
Зернопропашной севооборот			
-	-	-	-
-	N <sub>124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	-	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>
16	-	80	-
16	N <sub>124</sub> P <sub>124</sub> K <sub>124</sub>	80	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>

Изучали два способа основной обработки почвы (фактор Б): вспашка на глубину 30-32 см плугом ПЛН-5-35; минимальная на глубину 12-14 см дискатором.

Изучали уровни удобрённости: навозом 0 и 16 т на 1 га севооборотной площади и минеральные удобрения: контроль (без удобрения), N<sub>84</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub> в зерноотравапропашном севообороте и N<sub>124</sub>P<sub>124</sub>K<sub>124</sub> в зернопропашном севообороте.

Схема опыта с сахарной свеклой включает варианты с минеральными и органическими удобрениями (фактор В): контроль (без удобрений), N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub>, навоз 80 т/га, N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> + навоз 80 т/га.

Таблица 2. План размещения полевого многофакторного опыта

Севообороты			
Зернотравянопропашной		Зернопропашной	
Способы обработки почвы			
минимальная	вспашка	минимальная	Вспашка
Удобрения			
без удобрений	без удобрений	без удобрений	без удобрений
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>			
Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га	Навоз 80 т/га
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га	N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub> + навоз 80 т/га

### Результаты исследований

Как показали результаты исследования показателей плотности почвы под посевами сахарной свёклы на опыте, выполненные в третьей декаде июня, данная величина прямо зависит от типа севооборота, способа обработки почвы и уровня удобренности. На контроле без использования удобрений лимитирующим фактором для создания благоприятных агрофизических свойств почвы выступает глубина и способ основной обработки почвы под культуру. Если при глубокой отвальной обработке по слоям пахотного горизонта почвы происходит четкая дифференциация с лучшими показателями в нижних слоях, то при мелкой обработке происходит обратная зависимость – наблюдается статистически доказанное уплотнение слоя почвы 20-30 см с величинами, выходящими за пределы оптимальных значений – 1,22-1,23 г/см<sup>3</sup> (табл. 3).

Вид используемых в агротехнологии возделывания сахарной свёклы удобрений является также важным фактором влияния на изменение показателей плотности почвы.

При использовании минеральных удобрений отмечаются аналогичные закономерности, как при неудобренных вариантах с некоторым изменением абсолютных величин. Так, в зернопропашном севообороте в нижнем слое зафиксированы показатели плотности на уровне 1,24-1,26 г/см<sup>3</sup>, что служит тормозящим фактором для получения потенциальной продуктивности культуры.

Таблица 3. Плотность почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования (г/см<sup>3</sup>). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравянопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	1,21	1,17	1,19	1,12
	10-20	1,17	1,18	1,20	1,16
	20-30	1,28	1,23	1,31	1,22
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	1,22	1,16	1,19	1,19
	10-20	1,20	1,18	1,15	1,16
	20-30	1,26	1,24	1,25	1,26

40 т/га навоза  40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	1,13	1,15	1,12	1,16
	10-20	1,12	1,14	1,13	1,13
	20-30	1,17	1,16	1,14	1,15
	0-10	1,15	1,14	1,12	1,15
	10-20	1,16	1,15	1,15	1,14
	20-30	1,13	1,19	1,12	1,20
НСП <sub>05</sub> (обработка А)		0,12	0,17	0,12	0,17
НСП <sub>05</sub> (удобрения Б)		0,22		0,19	

Иная картина складывается при применении в качестве удобрительного продукта полуперепревшего навоза крупного рогатого скота. В этом случае даже в нижних слоях почвы величина плотности пахотной почвы не превышает градации оптимальных величин – 1,14-1,17 г/см<sup>3</sup>, что отвечает биологическим потребностям сахарной свёклы.

На наш взгляд, оптимальным вариантом по созданию благоприятных величин плотности почвы может служить совместное внесение органических и минеральных удобрений. Изучаемые дозы на уровне 40 т/га навоза и по 180 кг/га действующего вещества макроэлементов органических удобрений используются многими агрохолдингами и самостоятельными финансово независимыми хозяйствами в качестве основы при возделывании сахарной свеклы с колебаниями по количеству промышленных туков и вида органических удобрений. В нашем опыте значение плотности почвы на органо-минеральном фоне удобрённости несколько колеблется по способам обработки почвы, сохраняя зафиксированные выше закономерности.

Коэффициент структурности по слоям почвы на контрольном варианте без внесения удобрений при глубокой отвальной обработке почвы имел более высокие значения в середине пахотного горизонта в слое 10-20 см и составил 3,6 единицы. С углублением профиля данная величина имеет тенденцию к снижению, хотя и не на критическую величину. В этих условиях зафиксированное значение коэффициента структурности составило 3,4. В верхнем слое до 10 см отмечается снижение структурированности почвы до величин 2,5-2,8 с лучшими значениями в севообороте с многолетними травами. Данное обстоятельство возможно объяснить созданием так называемой «плужной подошвы», т.е. уплотнения почвы на нижней кромке глубины отвальной обработки, что косвенно подтверждают данные предыдущей таблицы (табл. 4).

Таблица 4. Коэффициент структурности почвы под посевами сахарной свёклы в зависимости от интенсивности её использования (ед.). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Слои почвы	Зернотравнопропашной севооборот		Зернопропашной севооборот	
		Вспашка	Минимальная	Вспашка	Минимальная
Без удобрений	0-10	2,8	2,6	2,5	2,5
	10-20	3,6	3,5	3,4	3,3
	20-30	3,4	3,1	2,9	2,7
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	2,9	2,8	2,6	2,7
	10-20	3,3	3,5	3,4	3,4
	20-30	3,5	3,2	2,9	3,1

40 т/га навоза	0-10	4,2	3,8	4,0	3,8
	10-20	5,2	5,6	5,1	4,9
	20-30	5,4	4,8	5,5	5,1
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	0-10	4,4	4,0	4,2	4,0
	10-20	5,2	5,5	5,0	4,6
	20-30	4,9	4,7	5,2	5,0
НСР <sub>05</sub> (обработка А)		0,15	0,17	0,13	0,12
НСР <sub>05</sub> (удобрения Б)		0,22		0,19	

При условии использования в агротехнологии сахарной свеклы минеральной системы удобрения значения величины коэффициента структурности не претерпевают существенных изменений по сравнению с вариантом абсолютного контроля вне зависимости от типа севооборота и способа основной обработки почвы. Иная картина складывается при введении в технологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений в виде полуперепревшего навоза крупного рогатого скота. 40 т/га этого удобрительного продукта позволили значительно улучшить такой агрофизический показатель, как коэффициент структурности почвы. В этом случае наблюдается значительное улучшение структурности даже в верхнем слое пахотного горизонта почвы до величин 3,8-4,2 с преимуществом глубокой отвальной обработки почвы и почти при равной эффективности типов севооборотов. С увеличением глубины коэффициент структурности заметно улучшается, достигая значений 5,2-5,6 в зерно-травянопропашном севообороте и 4,9-5,1 в зернопропашном севообороте. В нижнем слое почвы 20-30 см данная тенденция сохраняется при некотором выравнивании значений по изучаемым севооборотам. По-видимому, данное обстоятельство можно объяснить разрыхляющей ролью навоза при интенсивном перемешивании почвы с большой массой органики, имеющей в своём составе солоmistую фракцию с плотностью, не превышающей 1 г/см<sup>3</sup>.

Такой агрохимический приём, как совместное внесение органических и минеральных удобрений, позволил добиться некоторой стабилизации структурного состояния чернозёма. Значения коэффициента структурности несколько уступали варианту с внесением одной органики, однако оставались на достаточно высоком уровне 4,0-5,5 единиц с сохранением тенденции лучшей структурированности в средней части пахотного горизонта возделываемой почвы. Обобщая анализ изменений структурного состояния чернозёма под влиянием дифференциации системы удобрения сахарной свёклы, возделываемой в различных севооборотах, можно сделать вывод об общем благоприятном положении пахотных почв по этому показателю. При анализе структурных отдельностей обращает на себя внимание факт незначительного количества глыбистой фракции. Почти вся часть почвы, не входящая в агрономически ценный агрегатный ассортимент, представлена пылеватой фракцией, которая, хотя и не учитывается при расчёте коэффициента структурности, однако служит весомым обстоятельством в повышении роли почвенных коллоидов, увеличении поглотительной способности почвы за счёт значительного увеличения площади поверхности почвенных агрегатов.

Мы в своих исследованиях определяли запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в два срока в течение вегетации сахарной свёклы - сразу после посева и перед уборкой для более эффективного анализа влияния изучаемых факторов на этот важный агрофизический показатель. Обобщив полученный экспериментальный материал, мы можем констатировать, что запасы продуктивной влаги в почве весной находились на уровне 135-148 мм на варианте без внесения удобрений и от 145 до 170 мм на удобренных вариантах (табл. 5).

Между обработками почвы мы можем констатировать отсутствие различия при абсолютном контроле даже в пределах одного севооборота. С ростом удобренности ситуация не-

сколько меняется. При внесении минеральных удобрений в дозе 180 кг/га действующего вещества азота, фосфора и калия запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы значительно повышаются до величин 155-156 мм при вспашке и 137-145 мм при минимальной обработке почвы.

Таблица 5. Запасы продуктивной влаги в почве под посевами сахарной свёклы в зависимости от элементов агротехнологии (мм). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Зернотравянопропашной севооборот				Зернопропашной севооборот			
	Вспашка		Минимальная		Вспашка		Минимальная	
	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка	посев	уборка
Без удобрений	143	35	145	39	140	37	139	36
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	156	43	145	49	155	40	137	48
40 т/га навоза	170	49	156	56	166	42	160	51
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	168	55	160	59	162	47	159	54
НСР <sub>05</sub> (А)	5,2	4,9	4,6	4,6				
НСР <sub>05</sub> (Б)	9,9		8,7					

Почва, удобренная с осени минеральными туками, задерживала большее количество влаги по сравнению с контролем, а глубокая отвальная обработка способствовала лучшему проникновению влаги в нижние слои почвы, учитываемые при анализе. Данная тенденция сохраняется и при введении в агротехнологию возделывания сахарной свёклы органических удобрений как в чистом виде, так и при совместном применении с минеральными. На этих делянках начальное количество влаги в почве составило 160-170 мм, что, безусловно, создаёт предпосылки для полноценного развития растений сахарной свёклы на ранних этапах вегетации. По типам севооборота не обнаружено существенного различия в начальных запасах влаги по причине, вероятнее всего, одинакового предшественника для сахарной свёклы в обоих севооборотах, коим являлась озимая пшеница. Этот факт создал примерно равные условия влагонакопления при видимом отсутствии ярко выраженной дифференциации абсолютных значений по данному показателю. Показатель влагообеспеченности почвы на завершающем этапе онтогенеза служит фактором интенсивности усвоения воды растениями, а также степенью удержания влаги в почвенном слое в зависимости от изучаемых в опыте факторов.

Результаты исследования данного показателя выявили характерные закономерности по запасам продуктивной влаги в метровом слое почвы перед уборкой в зависимости от уровня удобренности и, особенно, от способа основной обработки почвы. Так, при отсутствии фактора удобренности, запасы влаги в почве осенью составили примерно равную величину вне зависимости от факторов опыта – 35-39 мм. При внесении одних минеральных удобрений всё более отчётливее проявляется положительная роль во влагоудержании минимализации обработки почвы. Различия по севооборотам между минимальной обработкой почвы и вспашкой составили 6-8 мм, что превышает наименьшую существенную разницу по фактору, а стало быть, достоверны. При органо-минеральной и, особенно, при органической системе удобрения сахарной свёклы данная тенденция сохраняется при увеличении значений в абсолютном выражении.

Данное обстоятельство, на наш взгляд, необходимо объяснить меньшей порозностью почвы в верхних горизонтах почвенного слоя при минимальной обработке и, соответственно, ограниченной возможностью интенсивного испарения почвенной влаги в атмосферу. При глубокой вспашке, напротив, рыхлый верхний слой слабо удерживает влагу, лучше прогревается на большую глубину и провоцирует непродуктивное расходование почвенной влаги.

В таблице 5 нами представлены данные по влиянию типа севооборота, способа основной обработки почвы и степени насыщенности органическими и минеральными удобрениями на суммарное водопотребление за период вегетации и на коэффициент водопотребления сахарной свёклы, показывающий количество воды на формирование единицы товарной продукции, в нашем случае корнеплодов. Общие значения суммарного водопотребления растениями сахарной свёклы показывают, что эта величина находится в пределах 3900-4700 м<sup>3</sup>/га, что говорит об интенсивном метаболизме этой культуры, расходующей в процессе жизнедеятельности значительное количество влаги на формирование вегетативных и генеративных органов (табл. 6).

Таблица 6. Водопотребление сахарной свёклы в зависимости от элементов агротехнологии (мм). Средние данные за 2019-2021 гг.

Вариант	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га				Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /т			
	ЗТП* севооборот		ЗП севооборот		ЗТП* севооборот		ЗП севооборот	
	В**	М	В**	М	В**	М	В**	М
Без удобрений	3980	3865	4058	3896	157	195	183	220
N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4292	3904	4470	4117	87	76	93	83
40 т/га навоза	4512	4255	4722	4399	116	101	119	107
40 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>180</sub> K <sub>180</sub>	4006	3811	4117	4045	75	67	79	76
НСП <sub>05</sub> (А)	156	149	162	153				
НСП <sub>05</sub> (Б)	182		201					

\*- ЗТП – зернотравянопропашной севооборот; ЗП – зернопропашной севооборот.

\*\*.- В – вспашка; М – минимальная обработка почвы

Данный показатель по данным наших исследований во многом зависит как от типа севооборота, так и от способа обработки почвы и уровня удобрения.

Минимальное количество влаги на гектар посевной площади расходуется на контроле без использования удобрений и выражается величиной 3865-4058 м<sup>3</sup>/га, что объясняется невысокими показателями урожайности корнеплодов на этих вариантах. Большие значения водопотребления на неудобренных делянках отмечены при вспашке. При условии внесения минеральных удобрений суммарное водопотребление на единицу площади значительно возрастает, доходя до 4470 м<sup>3</sup>/га при глубоком отвальном способе обработки почвы. Уменьшение глубины воздействия на почву способствовало более экономному расходованию почвенной влаги. Следует отметить, что по всем вариантам удобрения и способам обработки почвы суммарное водопотребление больше на 200-300 м<sup>3</sup>/га на полях зернопропашного севооборота по сравнению с зернотравянопропашным.

Органические удобрения способствовали дополнительному расходованию влаги на формирование урожая сахарной свёклы до значительных величин на уровне 4500-4700 м<sup>3</sup>/га при отвальной обработке.

Оптимальным вариантам с точки зрения влагосбережения является совместное внесение органических и минеральных удобрений. В этом случае даже при значительно возросшей продуктивности сахарной свёклы суммарное водопотребление оставалось на уровне контрольного неудобренного варианта. Анализируя полученные данные по коэффициенту водопотребления, можно сделать вывод о том, что на формирование одной тонны корнеплодов сахарной свёклы расходуется различное количество влаги. Так, наибольших значений этот индекс достигает на контрольных вариантах. При технологиях возделывания сахарной свёклы без применения удобрений коэффициент водопотребления составляет от 157 до 183 м<sup>3</sup>/т при вспашке и 195-220 при минимальном способе обработки почвы. Эти цифры свидетельствуют о крайне нерациональном использовании влаги при экстенсивном способе хозяйствования. Минеральные удобрения в дозе N<sub>180</sub>P<sub>180</sub>K<sub>180</sub> снизили коэффициент водопотребления по вспашке в 2 раза, а по минимальной обработке более, чем в 2,5 раза, доведя его до величин 76-93 м<sup>3</sup>/т. Внесение 40 т/га навоза потребовало дополнительного обеспечения влагой почвы при коэффициенте водопотребления более 100 м<sup>3</sup>/т с сохранением вышеописанных тенденций. Органо-минеральная система удобрения сахарной свёклы представила наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления 67-79 м<sup>3</sup>/т. В данном случае зафиксированные значения находятся на уровне чисто минеральной системы удобрения со снижением анализируемого значения на 7-14 м<sup>3</sup>/т в зависимости от изучаемых факторов.

### **Выводы**

1. Черноземы региона при грамотной эксплуатации показывают приемлемые значения плотности на уровне 1,15 г/см<sup>3</sup> при оптимальных показателях структурности почвы на фоне органо-минеральной системы удобрения сахарной свёклы в пределах 4,0-5,5 единиц коэффициента структурности, что при условии высокой культуры земледелия и выполнения всех агротехнологических приемов в оптимальные сроки служит значимым фактором получения стабильных высоких урожаев такой ценной для региона технической культуры, как сахарная свекла.

2. Полученный экспериментальный материал убедительно доказывает существенную зависимость рационального водопотребления от таких элементов агротехнологии, как насыщение севооборота минеральными и органическими удобрениями и применение на их фоне энергосберегающих поверхностных способов обработки почвы. В этом случае зафиксировано наиболее рациональное использование влаги на формирование урожая, показав величины коэффициента водопотребления 67-79 м<sup>3</sup>/т.

### **Список литературы**

1. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Лоткова В.В. Органические удобрения: монография. – Белгород: «Отчий край», 2022. – 216 с.
2. Клостер Н.И. Повышение продуктивности сахарной свёклы при органической системе удобрения в Центрально-Чернозёмной зоне // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2 (30). – С. 190-195.
3. Клостер Н.И., Азаров В.Б., Соловиченко В.Д. Технологические качества свеклосахарного сырья в зависимости от условий возделывания в ЦЧР // Сахарная свёкла. – 2012. – № 4. – С. 14-17.
4. Косов А.В., Клостер Н.И., Азаров В.Б. Экологическое состояние чернозёмов при биологизации земледелия // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского ГАУ. – 2020. – № 164. – С. 70-85.
5. Родионов В.Я., Клостер Н.И. Удобрения в современной земледелии. Белгород, 2013. 213 с.
6. Сурков Н.А. Свеклопроизводство / Н.А. Сурков, А.В. Турьянский и др. – Белгород: Крестьянское дело, 2002. – 160 с.

7. Смуров С.И., Чурсин А.С. Питательный фон и продуктивность сахарной свеклы // Сахарная свекла. – 2006. – № 5. – С. 14-20.

8. Черный А.Г., Смуров С.И. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от степени биологизации земледелия и способов основной обработки почвы // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: матер. науч.-практ. конф. – Белгород, 2005. – С. 41-42.

9. Kloster N.I. Azarov V.B. Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

**Клостер Наталья Ивановна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

**Лоткова Виктория Викторовна** – студентка агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: lotkova2001@mail.ru

**Азаров Владимир Борисович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры земледелия ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: azarov.v.@mail.ru

**Горбунов Василий Васильевич** – аспирант агрономического факультета ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 308503, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, 1, e-mail: gorbunovVV@mail.ru

**Азаров Алексей Владимирович** – младший научный сотрудник ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ», 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58, e-mail: alexey06@mail.ru

---

UDC 631.8

**N. Kloster, V. Lotkova, V. Azarov, V. Gorbunov, A. Azarov**

## **TRANSFORMATION OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM UNDER THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF AGROTECHNOLOGY**

**Keywords:** soil density, structure, water consumption, fertility.

**Abstract.** In a multifactorial stationary experiment on the development of scientific foundations for extended reproduction of soil fertility, studies were conducted on changes in soil density, structural coefficient and water consumption by sugar beet plants depending on the method of tillage and various doses of organic and mineral fertilizers. Research materials have proved the positive role of semi-ripened cattle manure both when used independently and in conjunction with mineral fertilizers in the decompression of the arable soil horizon. In this case, the soil density did not exceed 1.15 g/cm<sup>3</sup>. When organic fertilizers are introduced into the technology of sugar beet cultivation, the soil structure also improves. The value of the structure coefficient. The best option from the point of view of moisture conservation is the joint application of organic and mineral fertilizers. In this case, even with a significantly increased productivity of sugar beet, the total water consumption remained at the level of the control non-maneuverable variant. The organo-mineral system of sugar beet fertilization showed the most rational use of moisture for the formation of the crop, showing the values of the water consumption coefficient of 67-79 m<sup>3</sup>/t. In this case, the recorded values are at the level of a purely mineral fertilizer system with a decrease in the analyzed value by 7-14 m<sup>3</sup>/t, depending on the factors studied.

### References

1. Kloster N.I., Azarov V.B., Lotkova V.V. Organic fertilizers: Monograph. – Belgorod: Fatherland Publ., 2022. – 216 p.
2. Kloster N.I. Increasing the productivity of sugar beet with an organic fertilizer system in the Central Chernozem zone // Innovations in agriculture: problems. Beet production. – Belgorod, 2002. – 160 p.
3. Kloster N.I., Azarov V.B., Solovichenko V.D. Technological qualities of sugar beet raw materials depending on the conditions of cultivation in the CDR // Sugar beet. – 2012. – No. 4. – Pp. 14-17.
4. Kosov A.V., Kloster N.I., Azarov V.B. Ecological state of chernozems during biologization of agriculture // Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. – 2020. – No. 164. – Pp. 70-85.
5. Rodionov V.Ya., Kloster N.I. Fertilizers in modern agriculture / V.Ya. Rodionov. – Belgorod, 2013. – 213 p.
6. Surkov N.A. Beet production / Surkov N.A., Turyansky A.V. and others // Publishing house. – Belgorod: Peasant business Publ., 2002. – 160 p.
7. Smurov S.I., Chursin A.S. Nutritional background and productivity of sugar beet // Sugar beet. – 2006. – No 5. – Pp. 14-20.
8. Cherny A.G. Smurov S.I. Productivity of sugar beet depending on the degree of biologization of agriculture and methods of basic tillage // Materials of the scientific and practical conference "Problems of agricultural production at the present stage and ways to solve them. – Belgorod, 2005. – Pp. 41-42.
9. Kloster N.I. Azarov V.B. Biologization technologies in agriculture of the Belgorod region International Scientific and Practical Conference “Fundamental Scientific Research and Their Applied Aspects in Biotechnology and Agriculture” (FSRAABA 2021) BIO Web of Conferences 36, 03010 (2021) Volume 36, 2021.

**Kloster Natalia** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, e-mail: klonata-1978@rambler.ru

**Lotkova Victoria** – student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: lotkova2001@mail.ru

**Azarov Vladimir** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agriculture, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: azarov.v.@mail.ru

**Gorbunov Vasily** – postgraduate student of the Faculty of Agronomy, Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 308503, Belgorod region, Maysky village, Vavilova str., 1, e-mail: gorbunovVV@mail.ru

**Azarov Alexey** – Junior Researcher of the Belgorod FANC, 308001, Belgorod, Oktyabrskaya str., 58, e-mail: alexey06@mail.ru

Тимофеев В.Н.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ПОЧВЕННОЙ ИНФЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Ключевые слова:** яровая пшеница, основная обработка почвы, болезни семян и корней, химические протравители семян, фон минерального питания, урожайность.

**Аннотация.** Корневые гнили один из факторов, влияющих на продуктивность и качество продукции при возделывании яровой пшеницы в условиях региона. Основным фактором, ограничивающим негативное влияние на рост культуры, является применение протравливания семян и вспомогательные приемы – это складывающиеся благоприятные погодные условия, сроки проведения операций, сортовая устойчивость, способы основной обработки почвы, агрохимикаты и другое. Протравливание семян наибольшее влияние оказывало на растения, посеянные по безотвальной и комбинированной основным обработкам почвы, на сортах Рикс и Икар, против корневых гнилей и с прибавкой урожайности 0,3 т/га, против инфекции семян с большим наличием ее на семенах. Внесение удобрений повышало устойчивость растений пшеницы против корневых гнилей, но снижало свой эффект при удалении от пара, роль предшественника была незначительной. Безотвальная и дифференцированная обработки в большей степени влияли на снижение поражения растений корневыми гнилями.

### Введение

В современном мире наблюдается значительный рывок в технологическом плане и постоянного редактирования и изменения требуют технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Возделывание яровой пшеницы занимает один из основных клинов продовольственных и фуражных культур в сельскохозяйственном производстве Тюменской области. При благоприятных климатических условиях и выполнении технологических приемов продуктивность культуры может достигать 6 т/га, однако реальная средняя урожайность культуры по области колеблется в пределах 1,8-2,6 т/га [14].

Одной из причин сравнительно низкой урожайности яровой пшеницы в регионе являются потери от болезней, достигающие в годы эпифитотий 30,0-60,0% [4, 21]. В условиях Тюменской области на яровой пшенице наиболее распространенные болезни: корневые гнили гельминтоспориозной и фузариозной этиологии, бурая и стеблевая ржавчины, септориоз, против которых в первую очередь проводятся защитные мероприятия [14]. Снижение или регулирование развития болезней подземных органов возможно за счет агротехнических, химических и биологических приемов, но эффективность каждого из них повышается применением их в комплексе. Результаты некоторых авторов показывают снижение распространенности корневых гнилей яровой пшеницы при посеве по пропашной культуре и с обработкой почвы дискованием, что способствовало снижению количества патогенных грибов и увеличению численности грибов-антагонистов в ризосфере культуры, но при этом наибольшей урожайности при возделывании по пару с отвальной вспашкой и внесением удобрений [1, 11]. Корневые гнили зависят от сочетания обработки почвы и культуры с последующей формирующейся плотностью и увлажнением почвы, ранних сроков посева, температурного режима в первые фазы онтогенеза, пониженной восприимчивости сорта [8, 17]. Исследователи подчеркивают, что большинство сортов поражаются выше биологического порога вредности при доминировании грибов рода *Fusarium*, и отмечается влияние сорта на численность конидий *Bipolaris sorokiniana* в ризосфере почвы [18].

Способы обработки почвы за счет изменения физических, агрохимических и биологических свойств существенно влияют на развитие болезней растений различной эпифитотиологии, особенно корневых гнилей и листостеблевых инфекций. Предпосевная обработка семян – один из вариантов, в который можно заложить многофункциональные решения, такие как защита от болезней, регулирование роста и продуктивность культуры [10, 15]. Для раз-

работки систем защиты растений яровой пшеницы против болезней, применительно к местным условиям выращивания необходимо изучение особенностей их распространения и развития, определение вредоносности в зависимости от степени заражения семян, влияния агротехнических приемов, изучения местных сортов на устойчивость к основным заболеваниям, а также подбора наиболее эффективных средств защиты растений.

Цель исследований определить влияние элементов возделывания на поражение растений яровой пшеницы корневыми гнилями и ее продуктивность.

### **Объекты и методы исследований**

Исследования проведены на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН, влияние основной обработки почвы на заболеваемость яровой пшеницы корневыми гнилями наблюдали в условиях 2000-2015 гг. с разными погодными условиями в период вегетации. Почва опытного участка относится к подтипу темно-серая лесная, по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая. Гумусовый горизонт обладает небольшой плотностью (1,22 г/см<sup>3</sup>). Содержание гумуса составляет 4,3%. Содержание нитратного азота в почве исследований низкое (1,36-2,38 мг/100 г почвы), фосфора среднее (8,25-14,1 мг/100 г почвы), калия выше среднего (6,65-8,9 мг/100 г почвы), реакция почвенного раствора слабокислая (5,1-6,0). Поражение корневыми гнилями яровой пшеницы изучали в зависимости от основной обработки почвы, сорта, применения протравливания семян. Изучение влияния сорта и средств защиты растений проводили в мелкоделяночном опыте, площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup> в 4х повторениях, все технологические операции стандартные и исследования влияния обработки почвы на поражение яровой пшеницы корневыми гнилями проводили в комплексном стационаре по следующим системам основной обработки почвы 1. Отвальная обработка, ПН-4-35 на 20-22 см; 2. Систематически безотвальная, стойки СиБИМЭ, 20-22 см; 3. Комбинированная, ПН-4-35, стойки СиБИМЭ; глубина 20-22 см; 4. Минимальная, БДТ-2,5 на 10-12 см; 5. Дифференцированная – 2 года КПЭ-3,8 (12-14 см), ПН-4-35, 2 года БДТ-2,5. Используемые сорта яровой пшеницы местной селекции: Авиада, Икар, Тюменская 25, Рикс, Тюменская 29. Протравители семян с различным содержанием действующих определены как фактор химической защиты. Учеты и наблюдения выполнялись по стандартным методическим указаниям, принятым в Госсортсети, растениеводстве и защите растений [8, 12, 13]. Фитоэкспертизу семян проводили методом рулонов [19]. Урожайность учитывали методом сплошного обмолота комбайном Сампо 130, приводили к стандартной влажности и чистоте согласно ГОСТ 1386.5-93 и 30483-97 [6, 7].

### **Результаты исследований**

За период лет наблюдается разница по распространению и развитию болезни в зависимости от условий вегетации, где варьирование болезни наблюдалось в пределах 10-30%. Фон применения удобрений снижал процент распространения корневых гнилей в 2 раза на 3й культуре после пара, где пораженность на вариантах без удобрений составляла 27,2% и при внесении удобрений количество пораженных растений уменьшалось до 14,4%, при развитии болезни 4,4-7,2%. С удаленностью культуры от пара количество заболевших растений в начале вегетации также увеличивается, но разница между фонами удобрений снижается, так на 4-й культуре после пара без внесения удобрений распространение болезни – 28%, с внесением удобрений – 22% при развитии болезни соответственно 3,4-6,3%.

Изучение распространения и развития корневых гнилей на яровой пшенице в агрохимическом стационаре подтверждает влияние внесения удобрений на снижение проявления болезни, роль предшественника имеет значение, но влияние менее значительное. На фоне применения удобрений количество пораженных растений выше по клеверу и по пару на 30% с отвальной обработкой почвы, и тяготеет к снижению безотвальная обработка почвы по всем предшественникам (табл. 1).

Таблица 1. Корневые гнили в зависимости от обработки, удобрения и севооборота, %

Вариант	Пшеница по клеверу		Пшеница по пшенице		Пшеница по пару	
	Без внесе- ния NPK	С внесе- нием NPK	Без внесе- ния NPK	С внесе- нием NPK	Без внесе- ния NPK	С внесе- нием NPK
Отвальная	29	15,75	24	11	25,5	16
Безотвальная	-	-	22	10	16	6
НСР <sub>05</sub>		6,2	2,2	1,4	3,3	4,4

По данным Курганского НИИСХ, пшеница в бессменных посевах поражалась корневыми гнилями в 2 раза ниже, чем по пару независимо от обработки почвы [22].

На фоне отсутствия применения удобрений соответственно снижается эффективность влияния обработки почвы на распространение и развитие корневых гнилей на зерновых культурах. Применение разных обработок в разные периоды лет показывали различную эффективность, но в целом за ряд лет к снижению поражения растений пшеницы корневыми гнилями тяготели варианты глубокого безотвального рыхления и дифференцированной обработки почвы (табл. 2).

Таблица 2. Влияние способов основной обработки почвы на поражение корневыми гнилями яровой пшеницы, %, фаза кущения

Вариант	Распространение корневых гнилей			Развитие корневых гнилей		
	2001- 2005 гг.	2005- 2010 гг.	2010- 2015 гг.	2001- 2005 гг.	2005- 2010 гг.	2010- 2015 гг.
1. Отвальная	5	19,4	13,5	1,5	5,35	4
2. Безотвальная	3,2	14,4	13,25	1,3	3,85	3,62
3. Комбинированная	4,6	16,8	13,5	1,4	4,75	3,37
4. Минимальная	4,2	19,2	14,75	1,4	5,3	3,93
5. Дифференцированная	3,6	16,6	8,25	1,3	4,7	2,56
НСР <sub>05</sub>	0,7	2,8	3,2	0,12	0,5	0,6

В большинстве лет снижение распространения и развития корневых гнилей наблюдалось по дифференцированной обработке почвы, включающей в определенные годы (КПЭ-3,8, ПН-4-35, БДТ-2,5) и глубокой безотвальной обработке на 1,5-5,0%. Глубокая отвальная, дискование и комбинированная по поражению растений корневыми гнилями были на одном уровне, что определяет использование разноглубинных обработок в системе севооборота с преимущественным безотвальным рыхлением.

Сочетание предпосевной обработки семян химическими протравителями и системы основной обработки почвы определяет эффективность приема защиты семян при выращивании культуры, которая повышается по систематически безотвальной и комбинированной обработкам почвы и снижается по дифференцированной обработке почвы.

Обработка семян фунгицидами и их смесями с агрохимикатами – важный прием интегрированной защиты растений, направленный на ограничение развития патогенной микрофлоры, эффективность приема зависит от уровня влагообеспеченности растений, глубины посева, фитосанитарного состояния семян и почвы [2, 16, 20].

Результаты фитоэкспертизы семян за 3х летний период показывают различие зараженности в зависимости от года, т.е. в период созревания – полной спелости при количестве осадков выше нормы увеличивается количество зараженных семян возбудителями корневых гнилей. Влияние фактора сорт на степень поражения семян в большей степени возможно за счет раннеспелости и дружного созревания, когда созревание и уборка проходят в более бла-

гоприятные сроки. Затягивание уборки в наших условиях на 10-15 дней способствует увеличению зараженности семян болезнями на 30-40%. Так анализ семян убранных с разницей в 15 дней показал зараженность грибами р. *Alternaria* – 18% при уборке в оптимальные сроки и увеличение до 42% при запаздывании с уборкой, аналогично р. *Fusarium* 0 > 3%, *Bipolaris sorokiniana* 2 > 8%. Фитоэкспертиза семян яровой пшеницы сортов Авиада, Икар, Тюменская 25, Рикс, Тюменская 29 показала наличие на них грибов р. *Fusarium* – 0-9%, *Bipolaris sorokiniana* – 0-12% и р. *Alternaria* – 0-47%. В среднем за три года отмечается более низкое поражение семян у сорта Тюменская 25, что обосновывается отношением его к раннеспелой группе спелости. Грибы рода *Alternaria* занимают большую нишу и доминируют на семенах пшеницы над другими видами грибов, зараженность семян может составлять до 80%. Количество сапротрофного гриба в основном зависит от содержания влаги на растениях, а также от жаркой температуры воздуха [5]. Фузариозная инфекция в большей степени наблюдалась на среднеспелых и среднепоздних сортах Рикс, Авиада, Тюменская 29 – 2-8% и значительно зависит от обилия осадков и влажности воздуха. Содержание *Bipolaris sorokiniana* варьировало в пределах 2-10% и зависело от условий года в период созревания культуры.

Оценку эффективности действия препаратов проводили, применяя в опытах до 10 протравителей с разным количественным и качественным составом действующих веществ. Эффективность препаратов, направленная на обеззараживание семян против патогенной и сапрофитной микрофлоры, зависела от действующего вещества или комбинаторики действующих веществ, в двух и трехкомпонентных препаратах. В среднем за годы исследований эффективность протравителей в зависимости от сорта и зараженности семян составляла 84,48-100%, так, например, препарат Скарлет на сорте Икар – 100%, а на сорте Рикс – 92,6%. В среднем эффективность на сортах незначительно изменялась от 91,8 до 99%, на что влияет в первую очередь количество и качество патогенного комплекса на семенах. Наибольшая эффективность большинства препаратов наблюдалась на сортах Тюменская 25, Икар (табл. 3).

Таблица 3 – Эффективность протравителей против семенной инфекции, %

Сорт Препарат	Авиада	Рикс	Тюменская 29	Тюменская 25	Икар
Бенефис + Эмистим	85,8	95,2	-	95,3	100
Поларис + Эмистим	80,5	85,3	89,3	91,3	100
Скарлет + Гумат калия	93,4	-	-	100	100
Скарлет + Эмистим	94	92,6	-	100	-
Иншур перформ	96	100	-	96,02	98,4
Кинто Дуо	96,2	96,3	-	95,3	97,4
Ламадор	96,5	96,3	94,4	97,7	-
Сертикор	-	100	-	97,6	-
Даймонд супер	92,5	-	-	94,5	-
Алькасар	-	-	-	92,3	-
Среднее	91,8	95,1	91,8	96,0	99,1

Действие протравителей в начальные фазы развития культуры заключалось или способствовало увеличению длины корня на 0,4-0,8 см, длина coleoptиле за счет ретардантного эффекта обычно снижается на 1-1,5 см, длина ростка может оставаться на уровне контроля или снижается на 1-2 см. Для снижения ретардантного эффекта нашли свое применение стимуляторы, агрохимикаты, микроэлементы, что повышает активизацию роста семян в почве и более быстрое появление всходов, но эти схемы смешивания надо проверять заранее, так как возможна и обратная реакция, что скажется на снижении полевой всхожести. Распространение корневых гнилей в фазу кущения в среднем составляло 14-36%, развитие 3,5-8,5%, в фазу полной спелости распространение достигло 20-55%, развитие 7,5-24,7%. Общее количество

во пораженных растений в течение вегетации увеличивается на 25-55%, а степень поражения корневой системы растения в 2-4 раза, значительное варьирование от условий года и сорта с учетом предпосевной зараженности семян.

Увеличение поражения корневыми гнилями на 5-14% по отношению к другим сортам наблюдалось у растений среднепозднего сорта РИКС во все годы, что подтверждается данными других исследователей, где среднеспелые сорта в меньшей степени поражались корневыми гнилями [3]. Эффективность протравителей варьировала в пределах 52,3-100% в зависимости от года, наличия инфекции на семенах, сорта возделываемой культуры и препаративной формы. В среднем эффективность по комплексу препаратов в зависимости от сорта изменялась незначительно, так на сорте Авиада (81,3%), Рикс (86,0%), Тюменская 29 (72,0%), Тюменская 25 (79,55%), Икар (82,7%) и снижение эффективности препаратов к концу вегетации составляло 5,0-15,0%. В период 3 х лет урожайность варьировала от 1,2-2,7 т/га, на что влияли в большей степени условия вегетации и технологические операции в период вегетации на культуре. В среднем за период наблюдений прибавка от применения протравителей составила 0,2-0,38 т/га, наибольшая по сорту Рикс. Применение протравливания не всегда обеспечивало прибавку урожая, так как в период вегетации много факторов, определяющих уровень урожайности. Нами установлена значительная разница между сортами по урожайности в зависимости от сорта и года (табл.4).

Таблица 4. Влияние протравливания семян на урожайность яровой пшеницы, т/га

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га			
		2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее
1.	Сорт Авиада (контроль)	1,8	2,05	1,4	1,75
2.	Сорт Авиада (протравливание)	1,96 (+0,16)	2,18 (+0,13)	1,67 (+0,27)	1,93 (+0,18)
3.	Сорт Рикс (контроль)	1,98	2,35	1,42	1,91
4.	Сорт Рикс (протравливание)	2,21 (+0,23)	2,75 (+0,4)	1,81 (+0,49)	2,25 (+0,34)
5.	Сорт Тюменская 29 (контроль)	1,82	2,47	1,47	1,92
6.	Сорт Тюменская 29 (протравливание)	2,19 (+0,37)	2,63 (+0,16)	1,66 (+0,19)	2,16 (+0,24)
7.	Сорт Тюменская 25 (контроль)	1,87	2,21	1,23	1,77
8.	Сорт Тюменская 25 (протравливание)	2,05 (+0,18)	2,45 (+0,24)	1,41 (+0,18)	1,97 (+0,2)
9.	Сорт Икар (контроль)	1,29	1,82	1,4	1,50
10.	Сорт Икар (протравливание)	1,58 (+0,29)	2,21 (+0,39)	1,66 (+0,26)	1,81 (+0,31)
	НСР <sub>05</sub>	0,18	0,22	0,25	0,16

Достоверное повышение урожайности или его сохранение наблюдалось на 3 сортах Рикс, Тюменская 29, Икар – 0,24-0,34 т/га

### Выводы

1. В соответствии с представленными результатами эффективность приема обработки почвы на патогенную микрофлору увеличивается только в совокупности с другими технологическими операциями и приемами. Наибольшее снижение поражения корневыми гнилями наблюдалось при глубокой безотвальной и дифференцированной обработках. Применение удобрений снижало процент распространения корневых гнилей в 2 раза и с удаленностью культуры от пара влияние удобрений снижалось. Изученные предшественники оказывали слабое влияние, но отмечено некоторое снижение при размещении пшеницы после пшеницы.

2. Эффективность протравливания семян против корневых гнилей повышалась по безотвальной и комбинированной обработкам, протравители снижали инфекционный комплекс семян на 80-100% и корней на 52-100%. Прибавка урожайности от применения протравителей составляла 0,18-0,34 т/га, при большей достоверности на сортах Рикс, Икар.

#### **Список литературы**

1. Апаева Н.Н., Манишкин С.Г. Влияние приемов обработки почвы на развитие корневых гнилей и урожайность яровой пшеницы // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2017. – № 11(65) Часть 3. – С. 99-102.
2. Власенко Н.Г., Слободчиков А.А. Оценка влияния фитосанитарных средств на продуктивность среднеспелых сортов яровой пшеницы // *Сибирский вестник с.-х. науки*. – 2009. – № 8. – С. 5-12.
3. Власенко Н.Г., Егорычева М.Т., Иванова И.А. Влияние технологии возделывания на пораженность болезнями новых сортов яровой пшеницы // *Сибирский вестник с.-х. науки*. – 2017. – № 1. – С. 56-63.
4. Гарбар Л.И. Основные исследования по защите растений // *Научно-исследовательскому институту сельского хозяйства Северного Зауралья 30 лет: сб. тр. РАСХН. Сиб. отд. НИИСХ Северного Зауралья*. – Новосибирск, 1995. – С. 145-161.
5. Ганнибал Ф.Б. Мониторинг альтернариозов сельскохозяйственных культур и идентификация грибов рода *Alternaria*: методическое пособие. – СПб.: ВИЗР, 2011. – С.16-17.
6. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод определения влажности. Введен в действие в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1.01.1995. – М.: Стандартинформ, 2009. – 6 с.
7. ГОСТ 30483-97. Зерно. Методы определения общего и фракционного содержания сорной и зерновой примесей; содержания мелких зерен и крупности; содержания зерен пшеницы, поврежденных клопом-черепашкой; содержания металломагнитной примеси. Введен в действие в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 1.07.1998. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Козлова Л.М., Носкова Е.Н., Попов Ф.А. Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2020. – 21(6) – С. 721-732.
10. Коробова Л.Н., Мармулев А.Н., Лях А.А. Влияние обработки почвы на развитие корневой гнили яровой пшеницы в Приобье // *Защита и карантин растений*. – 2017. – № 10. – С. 45-46.
11. Корневые гнили и урожайность яровой пшеницы в полевых севооборотах в зависимости от предшественников, приемов обработки почвы и удобрений / А.А. Разина, В.И. Солодун, А.М. Зайцев и др. // *Земледелие*. – 2021. – № 1. – С. 3-6.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. – М.: Без издательства, 1989. – 194 с.
13. Опытное дело в полеводстве / Сост. Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
14. Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Тюменской области в 2016 году и прогноз развития вредных объектов на 2017 год. – Тюмень: филиал ФГБУ «Россельхозцентр» по Тюменской области, 2016. – 148 с.
15. Об эффективности предпосевной обработки семян озимой пшеницы наночастицами металлов / Т.А. Юрина, Г.В. Дробин, О.А. Богословская, И.П. Ольховская, Н.Н. Глущенко // *Сельскохозяйственная биология*. – 2021. – Т. 56. – № 1. – С. 135-145.
16. Помелов А.В. Эффективность применения протравителей семян на яровых зерновых культурах // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2009. – № 5. – С. 21-26.

17. Разина А.А., Султанов Ф.С., Дятлова О.Г. Корневая гниль на новых сортах яровой пшеницы при разных сроках посева // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 50(2). – С. 39-46.
18. Торопова Е.Ю., Пискарев В.В., Сухомлинов В.Ю. Корневая гниль на сортах яровой пшеницы в северной лесостепи Приобья // Аграрная наука. – 2019. – 1. – С. 162-164.
19. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я., Чулкина В.А. Эпифитотиологические основы систем защиты растений. – Новосибирск, 2002. – 579 с.
20. Хазиев А.З., Зайцева Т.В., Хакимуллина Ф.М. Роль протравливания семян в борьбе с корневыми гнилями // Защита и карантин растений. – 2015. – № 3. – С. 20-23.
21. Чулкина В.А. Методические указания по учету обыкновенной корневой гнили хлебных злаков в Сибири дифференцированно по органам. – Новосибирск, 1972. – 21 с.
22. Эффективность химической защиты растений от болезней в Зауралье / В.В. Немченко, А.Ю. Кекало, Н.Ю. Заргарян, М.Ю. Цыпышева // Защита и карантин растений. – 2016. – № 6. – С. 18-20.

**Тимофеев Вячеслав Николаевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории защиты растений НИИСХ СЗ – филиал ТюмНЦ СО РАН, 625501 г. Тюмень, пос. Московский, ул. Бурлаки 2. e-mail: Timofeev\_vn2010@mail.ru

Работа выполнена в рамках раздела государственного задания № 121041600036-6.

---

UDC 632:581.1:633:11(571.1)

**V. Timofeev**

## **EFFECTIVENESS OF SPRING WHEAT PROTECTION ELEMENTS FROM SOIL INFECTION IN THE CONDITIONS OF THE TYUMEN REGION**

**Keywords:** spring wheat, basic tillage, seed and root diseases, chemical seed disinfectants, background of mineral nutrition, yield.

**Abstract.** Root rot is one of the factors affecting the productivity and quality of products in the cultivation of spring wheat in the region. The main factor limiting the negative impact on crop growth is the use of seed dressing and auxiliary methods – these are favorable weather conditions, the timing of operations, varietal resistance, methods of basic tillage, agrochemicals, and more. Seed dressing had the greatest effect on plants sown under non-moldboard and combined basic tillage, on varieties Riks and Ikar against root rot and with an increase in yield of 0.3 t/ha, against seed infection with a large presence of it on seeds. Fertilization increased the resistance of wheat plants against root rot, but reduced its effect when moving away from the fallow, the role of the predecessor was insignificant. Moldboardless and differentiated treatments had a greater effect on reducing the damage to plants by root rot.

### **References**

1. Apaeva N.N., Manishkin S.G. Influence of tillage practices on the development of root rot and spring wheat yield // International Scientific Research Journal. – 2017. – No. 11(65) Part 3. – Pp. 99-102.
2. Vlasenko N.G., Slobodchikov A.A. Evaluation of the influence of phytosanitary agents on the productivity of mid-season varieties of spring wheat // Siberian Herald of Agricultural Science. – 2009. – No. 8. – Pp. 5-12.
3. Vlasenko N.G., Egorycheva M.T., Ivanova I.A. Influence of cultivation technology on disease infestation of new varieties of spring wheat // Siberian Herald of Agricultural Science. – 2017. – No. 1. – Pp. 56-63.
4. Garbar L.I. Basic research on plant protection // Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals is 30 years old: collection of works RAAS. Sib. otd. Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals. – Novosibirsk, 1995. – Pp. 145-161.

5. Hannibal F.B. Monitoring of Alternariosis of agricultural crops and identification of fungi of the genus *Alternaria*. Methodical manual. – St. Petersburg: All-Russian Institute of Plant Protection Publ., 2011. – Pp.16-17.
6. State Standard 13586.5-93. Corn. Moisture determination method. It was put into effect as a state standard of the Russian Federation from 01.01.1995. – M.: Standartinform Publ., 2009. – 6 p.
7. State Standard 30483-97. Corn. Methods for determining the total and fractional content of weed and grain impurities; content of small grains and coarseness; the content of wheat grains damaged by the tortoise bug; the content of the metal-magnetic impurity. It was put into effect as a state standard of the Russian Federation from 01.07.1998. – M.: Standartinform Publ., 2009. – 19 p.
8. Dospekhov B.A. Methods of field experience. – Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. – 351 p.
9. Kozlova L.M., Noskova E.N., Popov F.A. Evaluation of the development of diseases of grain crops with resource-saving systems of tillage and the use of biological products in adaptive landscape agriculture // *Agrarian science of the Euro-North-East*. – 2020. – 21(6). – Pp. 721-732.
10. Korobova L.N., Marmulev A.N., Lyah A.A. Influence of tillage on the development of root rot of spring wheat in the Ob region // *Plant protection and quarantine*. – 2017. – No. 10. – Pp. 45-46.
11. Root rot and productivity of spring wheat in field crop rotations depending on predecessors, methods of tillage and fertilizers / Razina A.A., Solodun V.I., Zaitsev A.M. et al. // *Agriculture*. 2021. No. 1. pp. 3–6.
12. Methods of state variety testing of agricultural crops. - Issue. 2. – M.: Without a publisher, 1989. – 194 p.
13. Experimental field work / Comp. G.F. Nikitenko. – M.: Rossel'hozizdat Publ., 1982. – 190 p.
14. Review of the phytosanitary condition of agricultural crops in the Tyumen region in 2016 and the forecast for the development of harmful objects for 2017. – Tyumen: Rosselkhozcenter in the Tyumen region Publ., 2016. – 148 p.
15. On the effectiveness of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with metal nanoparticles / Yurina T.A., Drobin G.V., Bogoslovskaya O.A., Olkhovskaya I.P., Glushchenko N.N. // *Agricultural Biology*. – 2021. – Vol. 56. – No. 1. – Pp. 135-145.
16. Pomelov A.V. Efficiency of using seed treaters on spring grain crops // *Siberian Herald of Agricultural Science*. – 2009. – No. 5. – Pp. 21-26.
17. Razina A.A., Sultanov F.S., Dyatlova O.G. Root rot on new varieties of spring wheat at different sowing dates // *Siberian Herald of Agricultural Science*. – 2020. – No 50(2). – Pp. 39-46.
18. Toropova E.Yu., Piskarev V.V., Suchomlinov V.Yu. Root rot on varieties of spring wheat in the northern forest-steppe of the Ob region // *Agrarian science*. – 2019. – 1. – Pp. 162-164.
19. Toropova E.Yu., Stetsov G.Ya., Chulkina V.A. Epiphytological bases of plant protection systems. – Novosibirsk, 2002. – 579 p.
20. Haziev A.Z., Zaitseva T.V., Hakimullina F.M. The role of seed dressing in the fight against root rot // *Plant protection and quarantine*. – 2015. – No. 3. – Pp. 20-23.
21. Chulkina V.A. Guidelines for the accounting of common root rot of cereals in Siberia differentiated by organs. – Novosibirsk, 1972. – 21 p.
22. Efficiency of chemical protection of plants against diseases in the Trans-Urals / Nemchenko V.V., Kekalo A.Yu., Zargaryan N.Yu., Tsypysheva M.Yu. // *Plant protection and quarantine*. – 2016. – No 6. – Pp. 18-20.

**Timofeev Vyacheslav** – candidate of science in agriculture, researcher SRIA for NTUR – Branch of Tyumen Scientific Centre SB RAS, 2, Burlaki street, Moskovsky, Tyumen district, Tyumen region, 625501, e-mail: Timofeev\_vn2010@mail.ru

**Цыкалов А.Н., Кравченко В.А., Сотников Б.А., Кравченко А.Л.**

## **УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОУДОБРЕНИЙ**

**Ключевые слова:** подсолнечник, Штрубе, урожайность семян, микроудобрения.

**Аннотация.** В статье приводятся результаты полевых опытов применения микроудобрений на подсолнечнике. Объектом исследования стал гибрид подсолнечника Фаусто ШТ компании «Strube D&S GMBH». Полевые опыты проводили с микроудобрениями немецкой компании «Лебозол», российской «Полидон Агро» и литовской «Акустические биотехнологии (бренд Humic Land)». Изучали листовые подкормки микроудобрениями и обработку ими семян подсолнечника и их сочетание. Как показали исследования, наибольшую эффективность показал вариант с применением микроудобрений при протравке семян на фоне листовых подкормок. Листовые подкормки без обработки семян микроэлементами существенно урожайность и выход масла не увеличили. Также масличность семян по вариантам в годы исследований существенно не отличалась. В целом состояние растений подсолнечника в годы исследований перед уборкой было удовлетворительно. В то же время следует отметить, что в 2022 году аномальные осадки сказались на качестве семян подсолнечника. Анализ полученных результатов свидетельствует о необходимости дальнейшего поиска оптимальных путей использования микроудобрений для повышения урожайности подсолнечника и его качества. Также следует учитывать тот факт, что по экономическим расчетам затраты на применение микроудобрений при обработке семян не превысят 10 руб./га, а при листовых подкормках они составят 1300-2300 руб./га соответственно.

### **Введение**

Подсолнечник довольно требователен к питательному режиму почвы. В первый период роста ему особенно требуются железо, цинк, магний и марганец, ближе к фазе цветения необходимы бор, медь, молибден. Обладая мощной корневой системой подсолнечник вполне самодостаточно обеспечивает себя влагой и питательными веществами. Поэтому эффективность микроудобрений, используемых в качестве листовых подкормок и при обработке семян, требует изучения в полевых опытах [1-3, 5]. В современных технологиях возделывания подсолнечника важным является применение микроэлементов, микробиологических препаратов и регуляторов роста растений нового поколения, обеспечивающих получение высококачественной продукции. В растениях микроудобрения включаются в обмен веществ, активизируют биохимические процессы, в результате ускоряется рост и развитие растений, повышается их устойчивость к неблагоприятным погодным условиям и урожайность, улучшается качество продукции [7, 9, 10]. Их используют методом обработки семян или опрыскивания растений. Современный рынок микроудобрений и регуляторов роста предлагает множество препаратов, однако внимание следует обращать только на неоднократно проверенные экспериментально на разных сортах и в разных климатических зонах препараты [6, 8, 9].

Целью данного исследования явилось изучение действия различных препаратов с микроэлементами на рост, развитие и качество урожая подсолнечника. Для достижения поставленной цели решались вопросы с выбором актуальных и перспективных препаратов, закладка полевых опытов и сравнительная характеристика полученных результатов с достоверным влиянием на урожай и качество подсолнечника.

### **Объекты и методы исследований**

Полевые опыты выполнены в 2020-2022 гг. на базе опытного поля компании «Штрубе Рус» в Воронежской области. Объект исследований – гибрид подсолнечника Фаусто ШТ селекции немецкой фирмы «Strube D&S GMBH». Полевые опыты проводили с микроудобрениями немецкой компании «Лебозол», российской «Полидон Агро» и литовской «Акустиче-

ские биотехнологии (бренд Humic Land». Изучали листовые подкормки микроудобрениями и обработку ими семян подсолнечника и их сочетание. Повторность опытов – 3-х кратная, площадь делянки – 20 м<sup>2</sup>. В полевых опытах использовалась общепринятая технология для подсолнечника типа «сульфо». Предшественник – яровая мягкая пшеница. Под вспашку с осени было внесено N60P60K60 в виде 3,75 ц/га азофоски. В фазу 4-х настоящих листьев посева обработали гербицидом Экспресс – 45 г/га (производитель ФМС). Против злаковых сорняков применили гербицид Пантера – 1 л/га (производитель ЮПЛ). Для защиты от болезней применяли фунгицид Пиктор актив – 0,8 л/га (производитель БАСФ).

В 2020 году фитосанитарное состояние посевов подсолнечника было удовлетворительным. При норме высева 63 тыс. семян на 1 га полевая всхожесть составила 90-92%. Густота стояния растений к уборке составила 51-54 тыс./га. То есть выживаемость растений составляла более 93%.

Схема опыта, 2020 г.: 1. Контроль (без микроудобрений); 2. Лебозол обработка семян (Лебозол Полный уход 5 л/т); 3. Лебозол листовые подкормки (через 5-7 дней после гербицида Экспресс: Лебозол ТриМакс 1 л/га + Лебозол Бор 0,5 л/га + Лебозол Молибден 0,1 л/га); 4. Лебозол обработка семян + листовые подкормки (Лебозол Полный уход 5 л/т) + листовые подкормки через 5-7 дней после гербицида Экспресс (Лебозол ТриМакс 1 л/га + Лебозол Бор 0,5 л/га + Лебозол Молибден 0,1 л/га); 5. Полидон обработка семян (Полидон Амино Старт 0,5 л/т + Альфастим 0,05 л/т); 6. Полидон обработка семян + листовые подкормки 1 (Полидон Амино Старт 0,5 л/т + Альфастим 0,05 л/т) + листовые подкормки (1-я: Альфастим 0,05 л/га с гербицидом Экспресс; 2-я: Полидон Комплекс 1 л/га + Полидон Бонд 0,05 л/га через 5-7 дней после гербицида Экспресс; 3-я: Полидон Кальций 0,5 л/га + Полидон Бор 1,0 л/га + Полидон Бонд 0,1 л/га в бутонизацию); 7. Полидон обработка семян + листовые подкормки 2 (Полидон Амино Старт 0,5 л/т + Альфастим 0,05 л/т) + листовые подкормки (1-я: Альфастим 0,05 л/га с гербицидом Экспресс; 2-я: Полидон Амино Микс 1 л/га + Полидон Бонд 0,05 л/га через 5-7 дней после гербицида Экспресс; 3-я: Полидон Амино плюс 0,5 л/га + Полидон Кальций 0,5 л/га + Полидон Бор + 1,0 л/га + Полидон Бонд 0,1 л/га в бутонизацию); 8. Полидон листовые подкормки 1 (1-я: Альфастим 0,05 л/га с гербицидом Экспресс; 2-я: Полидон Комплекс 1 л/га + Полидон Бонд 0,05 л/га через 5-7 дней после гербицида Экспресс; 3-я: Полидон Кальций 0,5 л/га + Полидон Бор 1,0 л/га + Полидон Бонд 0,1 л/га в бутонизацию); 9. Полидон листовые подкормки 2 (1-я: Альфастим 0,05 л/га с гербицидом Экспресс; 2-я: Полидон Амино Микс 1 л/га + Полидон Бонд 0,05 л/га через 5-7 дней после гербицида Экспресс; 3-я: Полидон Амино плюс 0,5 л/га + Полидон Кальций 0,5 л/га + Полидон Бор + 1,0 л/га + Полидон Бонд 0,1 л/га в бутонизацию).

### **Результаты исследований**

Масса семян в корзинке максимальной была на вариантах с применением микроудобрений – 65-67 г. На контроле масса корзинок была ниже на 6,5-8,2% – 61 г. Минимальная масса корзинок отмечена на вариантах № 5 и 9 – 58-59 г, при обработке семян Полидон и листовых подкормок Полидон 2. Результаты исследований показали, что листовые подкормки микроудобрениями «Лебозол» эффективности не дали – прибавка урожайности – 1,2%. При листовых подкормках Полидон 1 прибавка урожайности была 1,8%, а при Полидон 2 урожайность упала на 5,3%. Наиболее существенная прибавка урожайности была отмечена при обработке семян микроудобрениями «Лебозол полный уход», а также на фоне последующего применения листовых подкормок – 6,2-6,5%, здесь урожайность составила 3,60-3,61 т/га. Немного ниже прибавку урожайности получили на варианте Полидон обработка семян + листовые подкормки 1-5,9%. Следует отметить, что существенной разницы между лучшими вариантами опыта не было. В целом эффективность листовых подкормок подсолнечника выявлена не была. В то же время больший эффект получен при применении микроудобрений при обработке семян вариантом Лебозол (табл. 1).

Таблица 1. Густота, масса корзинки и урожайность подсолнечника в зависимости от микроудобрений «Лебозол» и «Полидон», 2020 г.

Варианты опыта	Густота растений к уборке, тыс. шт./га	Масса семян в корзинке, г	Урожайность семян при 7% влажности, т/га	Прибавка урожайности к контролю	
				т/га	%
1) Контроль (без микроудобрений)	54	61	3,39	-	-
2) Лебозол обработка семян	54	65	3,61	0,22	6,5
3) Лебозол листовые подкормки	51	66	3,43	0,04	1,2
4) Лебозол обработка семян + листовые подкормки	54	66	3,60	0,21	6,2
5) Полидон обработка семян	53	58	3,15	-0,24	-7,1
6) Полидон обработка семян + листовые подкормки 1	53	67	3,59	0,20	5,9
7) Полидон обработка семян + листовые подкормки 2	53	62	3,35	-0,04	-1,2
8) Полидон листовые подкормки 1	53	64	3,45	0,06	1,8
9) Полидон листовые подкормки 2	53	59	3,21	-0,18	-5,3
НСР <sub>05</sub>	-	-	0,16	-	-

Максимальная масличность семян отмечена при вариантах обработки семян и растений микроудобрениями «Полидон» – 54,2-55,1%. Исключением стал вариант Полидон листовые подкормки 1-49,5%, что стало минимальным результатом в опыте.

Выход масла на контроле составил 1,72 т/га. На вариантах с применением только листовых подкормок «Лебозол» или «Полидон» и Полидон обработка семян выход масла также был минимален – 1,71-1,75 т/га (табл. 2).

Таблица 2. Масличность и выход масла в зависимости от микроудобрений «Лебозол» и «Полидон», 2020 г.

Варианты опыта	Масличность в пересчете на сухое вещество, %	Выход масла, т/га	Прибавка к контролю	
			т/га	%
1) Контроль (без микроудобрений)	50,8	1,72	-	-
2) Лебозол обработка семян	51,9	1,87	0,15	8,5
3) Лебозол листовые подкормки	50,8	1,74	0,02	1,2
4) Лебозол обработка семян + листовые подкормки	52,1	1,88	0,16	9,3
5) Полидон обработка семян	54,9	1,73	0,01	0,6
6) Полидон обработка семян + листовые подкормки 1	54,2	1,95	0,23	13,4
7) Полидон обработка семян + листовые подкормки 2	55,1	1,85	0,13	7,6
8) Полидон листовые подкормки 1	49,5	1,71	-0,01	-0,6
9) Полидон листовые подкормки 2	54,4	1,75	0,03	1,7

Максимальный выход масла получен у варианта Полидон обработка семян + листовые подкормки 1-1,95 т/га или на 13,4% выше контроля. Вторым по выходу масла стал вариант Лебозол + листовые подкормки – 1,88 т/га, а третье место было у варианта Лебозол обработка семян – 1,87 т/га.

Исследования были продолжены и выбраны другие варианты. Густота растений к уборке за два года исследований практически не отличалась (табл. 3).

Таблица 3. Густота и масса корзинки подсолнечника в зависимости от микроудобрений «Лебозол» и «Humic land», 2021-22 гг.

Варианты опыта	Густота растений, шт./га			Масса семянки в корзинке, г		
	2021 г.	2022 г.	Ср.	2021 г.	2022 г.	Ср.
Контроль (без листовых подкормок)	49	51	50	68	73	71
Лебозол (по фону двукратно в фазу 4-х листьев и бутонизацию: Лебозол РапсМикс 3 л/га + Лебозол полный уход 1 л/га + Лебозол бор 1 л/га)	51	52	52	69	73	71
Humik Land (1 л/га в фазу 4-х листьев + 1 л/га в бутонизацию)	52	51	52	63	78	71

В то же время в 2022 году масса семянки в корзинке была существенно выше, чем в 2021 году – 71 г против 63-69 г. Причина этого скорее всего находится в достаточно высоком уровне осадков выпавших в течение вегетации подсолнечника.

Урожайность семянки подсолнечника в 2021 г увеличивалась от применения микроудобрений «Лебозол». В 2022 от урожайности была существенно выше от применения органических микроудобрений Humik Land (табл. 4).

Таблица 4. Урожайность подсолнечника в зависимости от микроудобрений «Лебозол» и «Humic land», 2021-22 гг.

Варианты опыта	Урожайность, т/га			Прибавка урожайности к контролю	
	2021 г.	2022 г.	Ср.		
				т/га	%
Контроль (без листовых подкормок)	3,31	3,73	3,52	-	-
Лебозол (по фону двукратно в фазу 4-х листьев и бутонизацию: Лебозол РапсМикс 3 л/га + Лебозол полный уход 1 л/га + Лебозол бор 1 л/га)	3,52	3,80	3,66	0,14	4,0
Humik Land (1 л/га в фазу 4-х листьев + 1 л/га в бутонизацию)	3,30	3,97	3,64	0,12	3,4
НСР <sub>05</sub>	0,01	0,06		-	-

В среднем за два года исследований, существенного роста урожайности от применения микроудобрений не отмечено. Прибавка урожайности составила 0,12-0,14 т/га.

Более точная картина наблюдается при определении масличности на изучаемых вариантах и выходе масла. Масличность семян по вариантам в годы исследований существенно не отличалась (табл. 5).

Таблица 5. Масличность и выход масла в зависимости от микроудобрений «Лебозол» и «Humic land», 2021-22 гг.

Варианты опыта	Масличность в пересчете на сухое вещество, %			Выход масла, т/га	Прибавка к контролю	
	2021 г.	2022 г.	Ср.		т/га	%
Контроль (без листовых подкормок)	49,7	47,6	48,7	1,71	-	-
Лебозол (по фону двукратно в фазу 4-х листьев и бутонизацию: Лебозол РапсМикс 3 л/га + Лебозол полный уход 1 л/га + Лебозол бор 1 л/га)	50,4	47,2	48,8	1,79	0,08	4,7
Humic Land (1 л/га в фазу 4-х листьев + 1 л/га в бутонизацию)	50,9	47,5	49,2	1,79	0,08	4,7

Максимальный выход масла отмечен на вариантах с применением микроудобрений – 1,79 т/га, против 1,71 т/га на контроле. Однако прибавка в выходе масла находилась в пределах 5% (ошибка опыта), что не дает возможности в полной мере утверждать об эффективности микроудобрений.

В целом состояние растений подсолнечника в годы исследований перед уборкой было удовлетворительно. В то же время следует отметить, что в 2022 году аномальные осадки сказались на качестве семян подсолнечника.

### **Выводы**

1. Наибольшую эффективность показал вариант с применением микроудобрений при протравке семян на фоне листовых подкормок.
2. Листовые подкормки без обработки семян микроэлементами существенно урожайность и выход масла не увеличили.
3. Следует учитывать, что по экономическим расчетам затраты на применение микроудобрений при обработке семян не превысят 10 руб./га, а при листовых подкормках они составят 1300-2300 руб./га.

### **Список литературы**

1. Авдеенко А.П. Повышение продуктивности подсолнечника при использовании биологических препаратов отечественного производства // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 3(33). – С. 9.
2. Влияние гликолурила на рост и развитие сои на начальных этапах онтогенеза / Т.П. Астафурова, С.И. Михайлова, С.А. Сучкова, Л.К. Кадырбекова, А.Е. Ермаков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-9. – С. 1917-1920.
3. Влияние гликолурила на продуктивность яровой пшеницы / Т.П. Астафурова, С.А. Сучкова, М.А. Салаев // Вестник Томского государственного университета. – 2014. – № 389. – С. 263-267.
4. Влияние почвенно-климатических условий на морфобиологические признаки гибридов подсолнечника / Л.П. Степанова, Д.М. Болтушкин Е.А. Коренькова, Е.В. Яковлева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С. 6-11.
5. Гончарук В.А., Брилев М.С. Эффективность применения микроудобрений в посевах подсолнечника // Земледелие и растениеводство. – 2018. – № 2. – С. 17-20.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7. Использование гликолурила при возделывании сельскохозяйственных культур / Т.П. Астафурова, С.А. Сучкова, С.И. Михайлова, М.А. Салаев // Роль государственной агрохимической службы в развитии агропромышленного комплекса – прошлое, настоящее и будущее: материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 50-летию создания Государственной агрохимической службы Томской области (9-10 июля 2015 г.). – Томск, 2015. – С. 17-20.

8. Растениеводство Центрального Черноземья России / В.А. Федотов [и др.]; под ред. В.А. Федотова, С.В. Кадырова. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. – 581 с.

9. Савельев В. А. Растениеводство: учебное пособие. – 2-е изд., доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2019. – 316 с.

10. Технические культуры / А.Н. Цыкалов [и др.]; под ред. В.А. Федотова, А.Н. Цыкалова. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2013. – 220 с.

**Цыкалов Александр Николаевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, руководитель научного агросервиса ООО «Штрубе Рус», Россия, 394087, Воронеж, ул. Мичурина, 1, e-mail: [alfribox@yandex.ru](mailto:alfribox@yandex.ru)

**Кравченко Владимир Александрович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: [agrosoil@yandex.ru](mailto:agrosoil@yandex.ru)

**Сотников Борис Александрович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агротехнологий, хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 399770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: [+79038617643@yandex.ru](mailto:+79038617643@yandex.ru)

**Кравченко Антонина Леонидовна** – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры химии им. С.И. Афонского, А.Г. Малахова ФГБОУ ВО МГАВМиБ-МВА им. К.И. Скрябина, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23, Москва, 109472 e-mail: [agrosoil@yandex.ru](mailto:agrosoil@yandex.ru)

---

UDC 631.8: 633.854.78

**A. Tsykalov, V. Kravchenko, B.Sotnikov, A. Kravchenko**

## **SUNFLOWER YIELD DEPENDING ON THE APPLICATION OF MICRONUTRIENTS**

**Keywords:** sunflower, Strube, seedling yield, micro fertilizers.

**Abstract.** The article presents the results of field experiments on the use of micro fertilizers on sunflower. The object of the study was a hybrid of sunflower Fausto from the company "Strube D&S GMBH". Field experiments were carried out with micro fertilizers of the German company "Lebozol", the Russian "Polydon Agro" and the Lithuanian "Acoustic Biotechnologies (brand Humic Land)". Leaf fertilizing with micronutrients and their treatment of sunflower seeds and their combination were studied. As studies have shown, the variant with the use of micronutrients for seed dressing against the background of leaf fertilizing showed the greatest effectiveness. Leaf fertilizing without treating seeds with trace elements did not significantly increase the yield and oil yield. Also, the oil content of the seeds according to the variants in the years of research did not differ significantly. In general, the condition of sunflower plants during the years of research before harvesting was satisfactory. At the same time, it should be noted that in 2022 abnormal precipitation affected the quality of sunflower seeds. The analysis of the obtained results indicates the need for further search for optimal ways of using micronutrients to increase the yield of sunflower and its quality. It should also be taken into account the fact that according to economic calculations, the costs of applying micro fertilizers during seed treatment will not exceed 10 rubles/ ha, and with leaf fertilizing they will amount to 1300-2300 rubles/ ha. accordingly.

### References

1. Avdeenko A.P. Increasing sunflower productivity when using biological preparations of domestic production // *AgroEcoInfo*. – 2018. – No 3(33). – P. 9.
2. The influence of glycoluryl on the growth and development of soybeans at the initial stages of ontogenesis / T.P. Astafurova, S.I. Mikhailova, S.A. Suchkova, L.K. Kadyrbekova, A.E. Ermekov // *Fundamental research*. – 2014. – No. 12-9. – Pp. 1917-1920
3. The influence of glycoluryl on the productivity of spring wheat / T.P. Astafurov, S.A. Suchkova, M.A. Salaev et al // *Bulletin of Tomsk State University*. – 2014. – No. 389. – Pp. 263-267.
4. Influence of soil and climatic conditions on morphobiological characteristics of sunflower hybrids / L.P. Stepanova, D.M. Boltushkin E.A. Korenkova, E.V. Yakovleva // *Bulletin of the Michurin State Agrarian University*. – 2015. – No. 3. – Pp. 6-11.
5. Goncharuk V.A., Brilev M.S. The effectiveness of the use of micro-fertilizers in sunflower crops // *Agriculture and crop production*. – 2018. – No 2. – Pp. 17-20.
6. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. – Moscow: Agropromizdat Publ. 1985. – 351 p.
7. The use of glycoluryl in the cultivation of agricultural crops / T.P. Astafurova, S.A. Suchkova, S.I. Mikhailova, M.A. Salaev // *The role of the state agrochemical service in the development of the agro-industrial complex - past, present and future: materials of the interregional scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of the creation of the State Agrochemical Service of the Tomsk Region (July 9-10, 2015)*. – Tomsk, 2015. – Pp. 17-20.
8. Crop production of the Central Chernozem Region of Russia / V.A. Fedotov [et al.]; edited by V.A. Fedotov, S.V. Kadyrov. – Voronezh: Voronezh State Pedagogical University Publ. 2019. – 581 p.
9. Savelyev V.A. Plant growing: Study guide. 2nd ed., supplement. – St. Petersburg: Lan Publ. 2019. – 316 p.
10. Technical cultures / A.N. Tsykalov [et al.]; edited by V.A. Fedotov, A.N. Tsykalov. – Voronezh: Voronezh State Pedagogical University Publ. 2013. – 220 p.

**Tsykalov Alexander** – Candidate of Agricultural Sciences, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Head of scientific agricultural service LLC "Strube Rus", Russia, 394087, Voronezh, Michurina str., 1.

**Kravchenko Vladimir** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, 399770, Lipetsk Region, Yelets, 28 Kommunarov str., e-mail: agro-soil@yandex.ru

**Sotnikov Boris** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Agrotechnology, Storage and Processing of Agricultural Products, Bunin Yelets State University, 399770, Lipetsk Region, Yelets, 28 Kommunarov str., e-mail: +79038617643@yandex.ru

**Kravchenko Antonina** – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Chemistry named after S.I. Afonsky, A.G. Malakhov, K.I. Scriabin Moscow State Medical University-MBA, Moscow, Akademika Scriabina str., 23, Moscow, 109472 e-mail: agro-soil@yandex.ru

**Блохин Ю.И., Соколова О.А., Щербинина П.К., Зейрук В.Н.**

## **ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ В ПЕРИОД ЕГО ВЕГЕТАЦИИ И ХРАНЕНИЯ**

**Ключевые слова:** картофель, фунгициды, защита, урожайность, болезни.

**Аннотация.** В работе проведен анализ известных и новых химических препаратов зарубежного и отечественного производства, и дано обоснование необходимости разработки нового эффективного отечественного препарата для защиты картофеля в период его вегетации и хранения. Отмечается, что повышение устойчивости картофеля к болезням можно достигнуть специализированными севооборотами, качественными его сортами, агротехническими и технологическими приемами, а также биологическими и микробиологическими препаратами, агрохимикатами и регуляторами роста растений. Однако использование только агротехнических приемов не дает высокой защиты картофеля от болезней. Поэтому экспериментально был обоснован к применению новый препарат «Амофенон», который имеет ряд преимуществ перед стандартным эталоном тетраметилтиурамдисульфидом (ТМТД). Показано, что «Амофенон» проявляет высокую эффективность в отношении сухой фузариозной гнили картофеля, что подтверждается экспериментально полученными результатами подавления роста мицелия *Fusarium sambucinum*.

### **Введение**

В России картофель является одним из основных продуктов питания, который нередко называют вторым хлебом. В последние годы объем его производства в стране достиг 30-32 миллионов тонн, а его посадочные площади занимают более 2.2 миллиона гектар. По валовому производству картофеля, наша страна занимает третье место после Китая и Индии. Однако по урожайности картофеля и качеству получаемой из него продукции Россия занимает одно из последних мест [5]. Этот факт обусловлен, прежде всего, выраженным фитосанитарным неблагополучием отечественного картофелеводства. В частности, ежегодно насчитывается около 30 распространенных вредоносных болезней, от которых потери урожая составляют 10-50%: альтернариоз, мокрые гнили клубней, вызываемые бактериальными или грибными патогенами, парша обыкновенная и серебристая, ризоктониоз и фитофтороз, а также вирусные болезни. В Центральном регионе РФ, в последнее время, активизировались многие виды фузариозных гнилей, антракноз, ризоктониоз, что отрицательно повлияло на качество и сохранность урожая картофеля. Большой ущерб клубням картофеля наносят распространенные вредители: колорадский жук, проволочники и ложнопроволочники, гусеницы совок и тли. Борьбу с вредителями картофеля осложняет тот факт, что около 85% его площадей находятся в частном секторе и только 15% принадлежит агрохолдингам, возделывающим землю с использованием современных технологий и применением широкого ассортимента средств защиты. Поэтому получение высоких урожаев с полноценными и здоровыми клубнями требует современной комплексной защиты картофеля от его разнообразных вредителей. Существующая система мер борьбы с болезнями и вредителями картофеля основывается на широком использовании пестицидов, что, в конечном счете, приводит к отрицательному воздействию как на агроландшафты, так и на здоровье людей. Альтернативой химическим пестицидам являются специализированные севообороты, устойчивые сорта, агротехнические и технологические приемы, а также биологические и микробиологические препараты, агрохимикаты и регуляторы роста растений, позволяющие повысить устойчивость культуры к болезням, оказывающие влияние на защищаемое растение, а не на патоген [7].

Определяющую роль в период вегетации и хранения картофеля играет химическая защита его от сорняков, вредителей и болезней. В России для защиты картофеля имеется широкий спектр химических препаратов, которые указаны в «Справочнике агрохимикатов», разрешенных к применению на территории РФ. Однако при выращивании картофеля необходимо представлять, на каком этапе и какие вредители, болезни и сорняки способны причи-

нить существенный вред культуре. Для этого важно проводить фитосанитарный мониторинг – периодическое обследование полей с использованием общепринятых методов наблюдений и учётов вредных видов для картофеля, а также периодического анализа семенных клубней на заражённость болезнями. Причём, для обоснования такого обязательного профилактического приёма, как протравливания высаживаемых клубней, крайне необходим фитопатологический анализ клубней. Протравливанием обычно снимаются те болезни, которые распространяются, прежде всего, клубнями картофеля, например, ризоктониоз, сухие фузариозные гнили, фомоз [4, 8]. В то же время обработка клубней не всегда дает хорошие результаты относительно такого опасного заболевания картофеля как фитофтороза. Обычно заражение культуры происходит в период вегетации. На клубнях патоген проявляется в осенний период при уборке, транспортировке, развитие которого продолжается при хранении, особенно при несоблюдении его условий. Поэтому клубни целесообразно обрабатывать препаратами перед закладкой на хранение.

Учитывая вышесказанное, можно констатировать тот факт, что известные и новые химические препараты для защиты картофеля направлены, прежде всего, на борьбу с фитофторозом и альтернариозом. Среди таких известных препаратов необходимо отметить продукцию компании «Байер», доказавшей свою активность против спектра грибковых заболеваний – это фунгициды «Консенто» и «Инфинито» [2]. Эти препараты проявляют высокую профилактическую и лечебную эффективность. Для них характерна также высокая дождеустойкость. Указанные препараты можно использовать со стадии активного роста картофеля до середины его бутонизации и позже. При этом первая обработка проводится в качестве профилактики, а последующие осуществляются с четким интервалом 7-14 дней. Следует отметить ещё один препарат этой компании - фунгицид «Луна Транквилити». Это универсальный препарат для защиты широкого спектра сельскохозяйственных культур. Для защиты картофеля его используют, начиная с появления всходов и до увядания ботвы. По составу он является двухкомпонентным: флуопирам - блокирует клеточное дыхание клеток патогенов и пириметанил – ингибирует синтез важнейшей аминокислоты, метионина. Кроме того, за счет высокой активности в газовой фазе пириметанил распространяется внутри растения и защищает необработанные его участки. Он используется в широком диапазоне температур, что позволяет применять его при поздних обработках, в том числе, за 2-3 недели перед закладкой на хранение.

Перспективным направлением в снижении потерь и сохранении качества клубней картофеля является биоразлагаемый препарат нового поколения, с широким спектром фунгицидного действия по отношению к патогенным микроорганизмам под названием «БИОПАГ», представляющий собой полигексаметиленгуанидин хлорид, является химически неактивным высокомолекулярным биополимером, с углеводородной цепью из 20-70 повторяющихся звеньев, связанных с гуанидиновыми основаниями – активными центрами препарата [6]. Повторяющиеся гуанидиновые группировки придают биополимеру свойства катионных поверхностно-активных веществ. Однако, по нашему мнению, после обработки картофеля полигексаметиленгуанидин хлоридом, при употреблении продукта с такой защитой могут возникать проблемы с удалением этой защитной полимерной пленки, под которой, в свою очередь, при длительном хранении, могут образовываться патогенные микроорганизмы, что не безопасно при использовании картофеля с указанной защитой. Также имеются данные об использовании гамма-, УФ- и СВЧ- облучения картофеля, с целью его защиты от патогенов и увеличения срока хранения клубней [9]. Следует отметить непредсказуемость действия данного метода на качество, питательные свойства и безопасность картофеля после такой обработки.

Цель исследования – проведение эксперимента по обоснованию защиты картофеля во время закладки на хранение с использованием некоторых распространенных химических и биологических препаратов, выявлению их защитного эффекта от распространённых патогенных микроорганизмов и рекомендации наиболее перспективных вариантов для дальнейшего

изучения. Для достижения поставленной цели необходимо было изучить рекомендуемый ассортимент препаратов для защиты картофеля и провести лабораторный эксперимент по выявлению лучшего варианта.

### Объекты и методы исследований

Сбор и изучение материалов выполнены в хозяйствах Московской области, подведомственных Всероссийскому научно-исследовательскому институту картофельного хозяйства им. А.Г.Лорха: Агрофирма «Элитный картофель» в Раменском районе и Опорный пункт семенного картофеля в Домодедовском районе. Работы проводились в период 2020-2022 гг. Фунгицидная активность соединений в отношении мицелия грибов *Botrytis cinerea*, *F. moniliforme*, *F. sambucinum*, *Verticillium dahlia*, *Aspergillus niger*, *Venturia inaequalis*, а также бактерицидная активность в отношении *Xanthomonas malvacearum* изучались в лабораторных условиях по следующей методике. Ацетоновые растворы препаратов определенной концентрации вводят в расплавленную агаровую среду известного объема, а затем разливают по чашкам Петри. Через 18-20 часов инокулируют агаровую поверхность мицелием грибов или культурой бактерий. Возраст культур 10-14 дней. Чашки термостатируют при температуре 25-26°C. Через 3-4 суток измеряют диаметр колоний и затем по формуле Эббота определяют процент подавления роста под действием препаратов в сравнении с контролем:

$$\% \text{ подавления} = \frac{A - C}{A} \times 100$$

где:

A – диаметр колоний в контроле,

C – диаметр колоний в среде с препаратом (в мм).

Оценку фунгицидной активности препарата проводили в отношении сухой фузариозной гнили картофеля сорта «Любимец». Повторность опыта двукратная. Оценку проводили по следующей методике. Клубни моют, дезинфицируют поверхность сублиматом, затем разрезают на половинки стерильным инструментом. Разрезанные поверхности клубней помещают в чашки Коха и обрабатывают суспензией препарата определенной концентрации. После подсыхания суспензии через 1-1,5 часа поверхность клубней инфицируют суспензией спор гриба *Fusarium sambucinum*. Густота суспензии 250-300 тыс. спор в 1 мл. Клубни, помещенные в увлажненные чашки Коха, термостатируют при 25°C в течение 6 суток и проводят оценку. Эффективность препарата определяют процентом поражения поверхности половинки клубня мицелием гриба (% развития болезни) [10].

### Результаты исследований

Обработка клубней картофеля защитно-стимулирующими препаратами, полученными на основе наноразмерных частиц коллоидного серебра, дает положительный эффект при хранении [3]. Тем не менее, экономический эффект этого метода защиты картофеля при его хранении остается под вопросом из-за существенной стоимости металлического серебра. С учетом изложенного, нами проведены испытания фунгицидной активности синтезированных предельных и непредельных фенилзамещенных β-диметиламиноэтилкетонатов по отношению к грибам из различных систематических групп. Синтезированные соединения исследовали против возбудителей болезней семян или клубней – грибов из рода *Fusarium*, например, возбудителя трахеомикоза (*Verticillium dahlia*), возбудителя серой гнили различных сельскохозяйственных растений (*Venturia inaequalis*), возбудителя парши яблони. Установлено, что наиболее высокая фунгицидная активность исследуемых соединений характерна для нового разработанного отечественного препарата (хлоргидрат-5-диметиламино-1,2,4-трифенил-1-оксипентан-3-она) по отношению к возбудителю сухой фузариозной гнили картофеля (*Fusarium sambucinum*) [1, 10]. Действующее вещество (ДВ) этого препарата – оксипентано-

наммонийхлорид, промышленное название «Амофенон». В качестве стандартного эталона сравнения был выбран эффективный препарат – тетраметилтиурамдисульфид (ТМТД) – органическое соединение нерастворимое в воде. Высокая фунгицидная активность «Амофенона» сохраняется и при значительном снижении концентрации, тогда как у ТМТД в этом случае наблюдается резкий спад эффективности (табл. 1).

Таблица 1. Фунгицидная активность соединений против мицелия грибов

№ п/п	Название препарата	Концентрация препарата по Д.В., %	Подавление роста мицелия, в %						
			<i>Botrytis cinerea</i>	<i>F. moniliforme</i>	<i>Venturia inaequalis</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Verticillium dahlia</i>	<i>Xanthomonas malvacearum</i>	<i>F. sambucinum</i>
1.	«Амофенон» (хлоргидрат-5-диметиламино-1,2,4-трифенил-1-оксипентан-3-она)	0,01 0,0075 0,003	45	76	67	56	50	46	99,1 98,6 -
2.	Хлоргидрат-5-диметиламино-1-фенил-1-пентен-3-она	0,01 0,0075 0,003	40	40	73	-	29	100	83 67 -
3.	Хлоргидрат-5-диметиламино-1-фенил-4-метил-1-пентен-3-она	0,01 0,0075 0,003	-	34	73	-	50	29	100 83 -
4.	Хлоргидрат-5-диметиламино-1-фенил-2-метил-1-пентен-3-она	0,01 0,0075 0,003	-	-	67	-	36	29	93 71 -
5.	ТМТД (эталон)	0,01 0,0075 0,003	100	100	100	100	79	86	92 65 -

Исследования показали, что при оценке на агаровой среде «Амофенон» превосходит по активности эталон ТМТД на 26%. Преимущества фунгицида «Амофенон» перед стандартным ТМТД заключается в следующем: 1) универсальный характер защиты картофеля от патогенов в период его вегетации и хранения; 2) легко и полностью смывается водой с клубней картофеля перед его использованием; 3) является экологически чистым препаратом в виде твердой органической четвертичной соли.

На основании полученных результатов, препарат «Амофенон» рекомендован для дальнейших испытаний в полевых условиях с последующим проведением регистрационных испытаний и выходом на его промышленное производство с целью эффективной защиты отечественного картофеля в период вегетации и хранения в агропромышленном комплексе РФ.

### Выводы

1. В результате проведенных исследований, краткого анализа известных и новых химических препаратов зарубежного и отечественного производства, дано обоснование о необ-

ходимости разработки нового эффективного отечественного препарата для защиты картофеля в период его вегетации и хранения.

2. Показано, что разработанный фунгицид «Амофенон» проявляет высокую эффективность в отношении сухой фузариозной гнили картофеля, что подтверждается экспериментально полученными результатами подавления роста мицелия *Fusarium Sambucinum*.

3. Новый препарат «Амофенон» имеет ряд существенных преимуществ перед стандартным ТМТД (эталоном): универсальный характер защиты картофеля; легко смывается водой с клубней картофеля; является экологически чистым препаратом в виде твердой органической соли.

### Список литературы

1. Блохин Ю.И. Органическая химия в развитии пищевой промышленности // Стратегия развития пищевой промышленности» преподавателей вузов, ученых, специалистов, аспирантов, студентов: тр. межвуз. науч.-практ. конф. – Н-Новгород, 2007. – С. 13-14.

2. Власова Я.А. Защита картофеля по программе – максимум // Картофель и овощи. – 2018. – № 6. – С. 21-22.

3. Влияние обработки клубней картофеля защитно-стимулирующими препаратами на потери при хранении / В.Н. Зейрук, К.А. Пшеченков, С.В. Мальцев, Г.Л. Белов, С.В. Васильева, С.Н. Еланский // Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля: матер. научн.-практ. конф. – Москва: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. – 371 с.

4. Дьяков Ю.Т., Еланский С.Н. Общая фитопатология. – Москва: Юрайт, 2016. – 230 с.

5. Зейрук В.Н. Разработка и усовершенствование технологического процесса защиты и хранения картофеля в Центральном районе РФ: автореферат дисс. д-ра сельскохозяйственных наук. – Москва, 2015. – 44 с.

6. Савина О.В. Перспективная технология хранения картофеля с использованием осенней обработки клубней препаратом «БИОПАГ» // Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля: матер. научн.-практ. конф. – Москва: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. – 371 с.

7. Система интегрированной экологически безопасной защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков (Методические рекомендации) / В.Н. Зейрук, Б.В. Анисимов, М.К. Деревягина, В.М. Глез, О.В. Абашкин, А.А. Молякко. Россельхозакадемия. – Москва: ВНИИКХ, 2010. – 38 с.

8. Технологии хранения картофеля / К.А. Пшеничников, В.Н. Зейрук, С.Н. Еланский, С.В. Мальцев. – Москва: Картофелевод, 2007. – 191 с.

9. Тихонов А.В., Цыгвинцев П.Н., Тихонов В.Н. Действие гамма-, УФ- и СВЧ- облучения на клубни картофеля // Современные технологии производства, хранения и переработки картофеля: матер. научн.-практ. конф. – Москва: ФГБНУ ВНИИКХ, 2017. – 371 с.

10. Хлоргидраты предельных и непредельных фенилзамещенных β-диметиламиноэтилкетонов, обладающие фунгицидной активностью / Ю.И. Блохин, Б.В. Унковский, Ю.Ф. Малина, Б.А. Заикин, Н.М. Голышин, Е.И. Андреева, К.Ф. Смирнова. Авторское свидетельство № 686298. – 1978. – 11 с.

**Блохин Юрий Иванович** – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии имени профессоров С.И.Афонского и А.Г. Малахова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И.Скрябина», 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23, e-mail: blokhinyui@mail.ru

**Соколова Ольга Андреевна** – кандидат химических наук, доцент кафедры химии имени профессоров С.И.Афонского и А.Г. Малахова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И.Скрябина», 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23, тел.: 89263829011 e-mail: Otimon.ru@mail.ru

**Щербинина Полина Константиновна** – лаборант кафедры химии имени профессоров С.И.Афонского и А.Г.Малахова ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И.Скрябина», 109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23, тел.:89506124327 e-mail: polina2004kon@gmail.com

**Зейрук Владимир Николаевич** – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом защиты картофеля ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства – ВНИИКХ имени А.Г. Лорха», 140051, Московская обл., п. Красково, тел.: 89165111157, e-mail: vzeiruk@mail.ru

---

UDC 635.21:632.95

**Y. Blohin., O. Sokolova, P. Shcherbinina, V. Zeiruk**

## **PROTECTION OF POTATOES DURING THEIR GROWING SEASON AND STORAGE**

**Keywords:** potato, fungicides, protection, yield, diseases.

**Abstract.** The paper analyzes well-known and new chemical preparations of foreign and domestic production, on the basis of which the justification for the need to develop a new effective domestic preparation for the protection of potatoes during its growing season and storage is given. It is noted that increasing the resistance of potatoes to diseases can be achieved by specialized crop rotations, high-quality varieties, agrotechnical and technological techniques, as well as biological and microbiological preparations, agrochemicals and plant growth regulators. However, the use of only agrotechnical techniques does not provide high protection of potatoes from diseases. Therefore, a new drug "Amophenone" was justified for use, which has a number of advantages over the standard standard tetramethylthiuram disulfide (TMTD). It is shown that "Amophenon" is highly effective against dry fusarium rot of potatoes, which is confirmed by the experimentally obtained results of inhibition of the growth of *Fusarium Sambucinum* mycelium.

### **References**

1. Blokhin Y.I. Organic chemistry in the development of the food industry // Strategy for the development of the food industry: Proceedings of the interuniversity scientific and practical conference of university teachers, scientists, specialists, postgraduates, students. – N-Novgorod, 2007. – P. 13-14.
2. Vlasova Y.A. Potato protection under the maximum program // Potatoes and vegetables. – 2018. – No. 6. – Pp. 21-22.
3. The effect of processing potato tubers with protective and stimulating drugs on storage losses / V.N. Zeiruk, K.A. Pshechenkov, S.V. Maltsev, G.L. Belov, S.V. Vasilyeva, S.N. Elansky // Modern technologies of potato production, storage and processing: Materials of the scientific and practical conference. – Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming Publ, 2017. – 371 p.
4. Dyakov Y.T., Elansky S.N. General phytopathology. – Moscow: Yurajt Publ, 2016. – 230 p.
5. Zeiruk V.N. Development and improvement of the technological process of potato protection and storage in the Central region of the Russian Federation. Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Agricultural Sciences. – Moscow, 2015. – 44 p.
6. Savina O.V. Perspective technology of potato storage using autumn treatment of tubers with the preparation "BIOPAG" // Modern technologies of potato production, storage and processing: Materials of the scientific and practical conference. – Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming Publ, 2017. – 371 p.
7. System of integrated environmentally safe protection of potatoes from diseases, pests and weeds (Methodological recommendations) / V.N. Zeiruk, B.V. Anisimov, M.K. Derevyagina,

V.M. Glez, O.V. Abashkin, A.A. Molyavko. Russian agricultural academy. – Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming Publ, 2010. – 38 p.

8. Potato storage technologies / K.A. Pshenichnikov, V.N. Zeiruk, S.N. Elansky, S.V. Maltsev. – Moscow: Kartofelevod Publ., 2007. – 191 p.

9. Tikhonov A.V., Tsygvintsev P.N., Tikhonov V.N. The effect of gamma, UV and microwave irradiation on potato tubers // Modern technologies of potato production, storage and processing: Materials of the scientific and practical conference. – Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming Publ, 2017. – 371 p.

10. Chlorohydrates of marginal and unsaturated phenyl-substituted  $\beta$ -dimethylaminoethyl ketones with fungicidal activity / Yu.I. Blohin, B.V. Unkovskij, Yu.F. Malina, B.A. Zaikin, N.M. Golyshin, E.I. Andreeva, K.F. Copyright certificate No. 686298. – 1978. – 11 p.

**Blokhin Yuri** – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry named after Professors S.I. Afonsky and A.G. Malakhov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin, 109472, Moscow, Akademika Scriabin str., 23, e-mail: blokhinyui@mail.ru

**Sokolova Olga** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry named after Professors S.I. Afonsky and A.G. Malakhov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin, 109472, Moscow, Akademika Scriabin str., 23, e-mail: Otimon.ru@mail.ru

**Shcherbinina Polina** – Laboratory assistant of the Department of Chemistry named after Professors S.I. Afonsky and A.G. Malakhov, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin, 109472, Moscow, Akademika Scriabin str., 23, tel.: 89506124327 e-mail: polina2004kon@gmail.com

**Zeyruk Vladimir** – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Potato Protection Department of the All-Russian Research Institute of Potato Farming – All-Russian Scientific Research Institute of Potato Farming named after A.G. Lorkh, 140051, Moscow region, Kraskovo village, e-mail: vzeyruk@mail.ru

## МЕХАНИЗАЦИЯ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ АПК

УДК 631.372

DOI 10.24888/2541-7835-2023-27-129-136

Радин С.Ю., Бунеев С.С., Шубкин С.Ю., Елецких С.В.

### К РАСШИРЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

**Ключевые слова:** отвал, гидроцилиндр, нож, продольный изгиб, рыхление, коромысло, тяга.

**Аннотация.** В настоящей статье представлены материалы, касающиеся разработки перспективной конструкции отвала для различных типов бульдозеров, используемых на грунтах повышенной прочности. Важнейшим параметром бульдозеров является производительность, которая зависит от количества грунта, перемещаемого отвалом за один рабочий цикл, характеризуемый объёмом призмы волочения. Характерным признаком перегрузки отвалов является буксование гусениц или колёс тракторов. Такое явление существенно сказывается на надёжности узлов и деталей бульдозеров, снижении их производительности. Для исключения этого можно использовать поворотные отвалы, позволяющие поворачивать их на определённый угол в обе стороны относительно продольной оси машины, однако перестройка их достаточно трудоёмка и не всегда эффективна. Анализ многочисленных источников позволил разработать на уровне изобретений перспективное техническое решение, позволяющее эффективно производить землеройные работы, связанные с обработкой высокопрочных грунтов. В результате аналитических исследований, с учетом силы сопротивления резания  $7 \text{ кН}$ , были рассчитаны геометрические параметры зубчатого зацепления (зубчатое колесо-рейка), модуль зацепления принят  $m=10 \text{ мм}$ . Даны рекомендации по выбору материала зубчатого колеса и рейки – Сталь 45 нормализованная. Для угловых поворотов боковых секций отвала рекомендовано использовать гидроцилиндр с двухсторонним штоком с внутренним диаметром цилиндра  $d_c=40 \text{ мм}$  и диаметром штока  $d_{ш}=20 \text{ мм}$ , при давлении рабочей жидкости  $p=10 \text{ МПа}$ . Тяги отвала рекомендуется выполнять из трубы 80x60 Сталь 85, обеспечивающей их устойчивость при работе отвала бульдозера.

#### Введение

Бульдозеры являются землеройно-транспортными машинами, область применения которых заключается в планировке и перемещении различных материалов и грунтов, а также их срезания [1, 3, 6]. В настоящее время весьма распространено агрегатирование мощного бульдозерного навесного оборудования с сельскохозяйственными тракторами [7]. Известно, что технологические процессы производства работ бульдозерами весьма многообразны, и они в основном предусматривают следующие операции: послойная разработка и перемещение материалов; возведение насыпей; разработка выемок; отрывку каналов, ирригационных сооружений, траншей и котлованов; планировочные работы; пробивка трасс и полок на склонах; засыпку траншей; снегоочистку и т.п. [2, 9, 14]. Бульдозеры классифицируют по назначению, типу ходовой части, конструкции рабочего оборудования, форме и назначению рабочего органа, типу привода рабочего оборудования и тяговому классу базовой машины [5,8].

Обычно бульдозеры, представляющие собой машины циклического действия, состоят из базового трактора или тягача, впереди которого в его поперечной плоскости навешен рабочий орган, называемый отвалом [12]. Отвалы с производительными ножами в значительной мере упрощают выемку грунта при организации земельно-рыхлительных работ и проведении мелиоративных процессов, очистку площадей под засева, прокладку подземных коммуникаций и гидротехнических систем [12]. Отвалы в основном подразделяют на прямые и полусферические, имеющие соответственно или одинаковую форму по всей своей ширине или же имеющие загнутые вперёд боковые секции [13]. Несмотря на эффективность использования, современные конструкции отвалов не в полной мере отвечают требованиям настоящего времени, в частности при работах, связанных с рыхлением высокопрочных грунтов,

причём такой недостаток напрямую связан с производительностью выполняемого технологического процесса [3, 4, 10, 15].

### Объекты и методы исследований

Учитывая указанные выше недостатки при эксплуатации отвалов бульдозеров, на кафедре технологических процессов в машиностроении и агроинженерии агропромышленного института Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина ведется научно-исследовательская работа по теме «Динамика, прочность и надёжность транспортных, сельскохозяйственных, строительно-дорожных машин и промышленного стандартного и нестандартного оборудования, используемого в ЦЧР РФ», один из разделов которой посвящен разработке технических средств, направленных на совершенствование конструкций и модернизацию землеройно-транспортных машин.

Исследования проводились в 2018-2022 гг. на базе выше указанной кафедры Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина в научно-исследовательских лабораториях по совершенствованию рабочего процесса и повышению надежности сельскохозяйственных машин и технологических комплексов.

В основе исследования - системный подход, позволивший установить связь между параметрами разработанной перспективной конструкции отвала бульдозера повышенной эксплуатационной надежности и критериями качества функционирования отвала. Используются сведения земледельческой (сельскохозяйственной) механики теоретического и экспериментального характера, а также законы классической механики.

### Результаты исследований

В результате исследований был проанализирован разработанный перспективный отвал бульдозера (см. рис. 1).

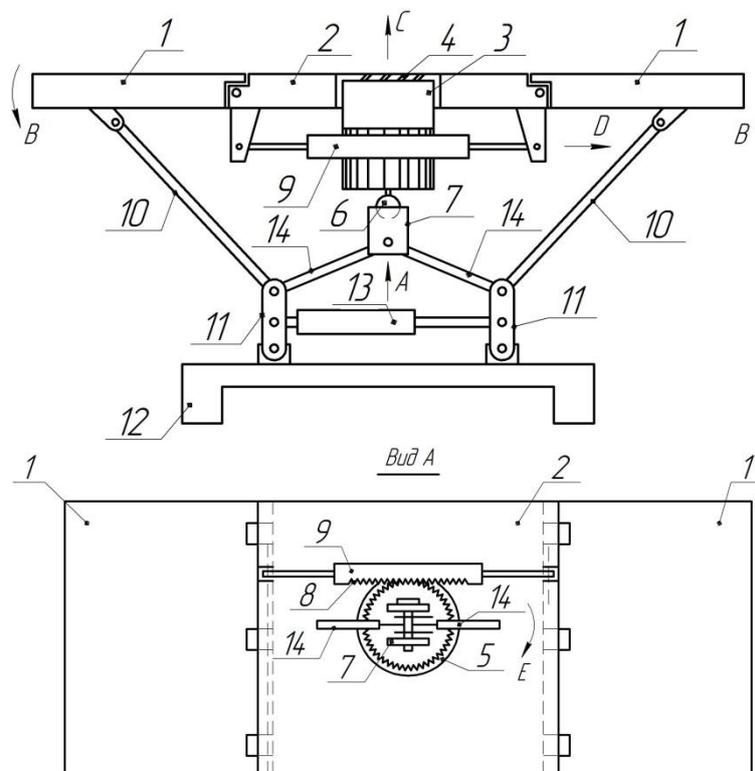


Рисунок 1. Перспективный отвал бульдозера

Такое бульдозерное оборудование состоит из шарнирно соединённых боковых секций отвала 1 и средней секции отвала 2, в которой подвижно размещён вращающийся выдвижной нож 3, снабжённый резцами 4. На ноже 3 жёстко закреплено зубчатое колесо 5 и подвижно, с помощью шарового шарнира 6, проушина 7. Зубчатое колесо 5 контактирует с зубчатой рейкой 8, выполненной на корпусе дополнительного гидроцилиндра 9, штоки которого связаны со средней секцией отвала 2. Секции отвала 1 при помощи тяг 10 шарнирно соединены с коромыслами 11, а также шарнирно закреплёнными с одной стороны с рамой бульдозера 12, а с другой с гидроцилиндром 13 их управления. При этом коромысла 11 связаны также шарнирно через дополнительные тяги 14 с проушиной 7.

Работа рассмотренного технического решения происходит следующим образом.

В гидроцилиндр 13 подается рабочая жидкость, благодаря чему боковые секции 1 получают угловой поворот по стрелкам *B*, а нож 3 выдвигается на некоторую величину относительно секции 2 по стрелке *C*. Одновременно рабочая жидкость подается в дополнительный гидроцилиндр 9, при этом его корпус, перемещаясь, например, по штокам вправо по стрелке *D*, своей зубчатой рейкой 8 вращает зубчатое колесо 5 по стрелке *E*, а, следовательно, и сам нож 3 поворачивается в этом же направлении. Понятно, что вращение ножа 3 с одновременным перемещением его по стрелке *C* эффективно обеспечит рыхление высокопрочного грунта.

Для ещё более эффективного рыхления грунта угловые повороты ножа 3 по стрелке *E* и обратно могут быть выполнены, например, в автоматическом режиме с частым периодическим реверсированием дополнительного гидроцилиндра 9. В дальнейшем, как только необходимость рыхления высокопрочного грунта отпадёт, гидроцилиндр 13 реверсируют, и боковые секции 1 отвала возвращаются в исходное положение, показанное на рис. 1, а нож 3 утапливается заподлицо в среднюю его секцию 2, и тогда отвал работает только в режиме транспортировки разрыхлённого грунта.

Анализируя конструкцию и работу перспективного технического решения, видно, что наиболее нагруженными с точки зрения работоспособности являются тяги 10 и зубчатое зацепление привода ножа 3 отвала. Произведём расчёт последних на прочность.

В качестве исходных данных используем следующие технические характеристики бульдозера модели ДЗ-59С тягового класса 35: модель базового трактора – Т330; мощность двигателя – 250 кВт; тип – с неповоротным отвалом; собственная масса бульдозера – 44000 кг; длина отвала – 3600 мм; высота отвала – 1200 мм; диаметр зубчатого колеса – 300 мм; длина перемещения с рыхлением высокопрочных грунтов – 70 м; плотность грунта – 2700 кг/м<sup>3</sup>; коэффициент разрыхленности – 1,6.

Используя такие данные, определим силу сопротивления резания, создаваемую ножом 3 (рис. 1) по известной зависимости [11]:

$$W = kdh = 350 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 7 \text{ кН} . \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент удельного сопротивления грунта резанию, 350 кПа;

$d$  – диаметр выдвижного ножа, 200 мм;

$h$  – толщина разрыхляемого пласта, 100 мм.

Приводом зубчатого колеса 5, как было описано выше, является зубчатая рейка 8 (см. рис. 1). Тогда к последнему будет приложена окружная сила  $P_1 = W = 7 \text{ кН}$ , действующая по его делительной окружности  $d_0 = 300 \text{ мм}$ . Под действием этой силы на выдвижном ноже возникает крутящий момент, равный:

$$T = \frac{P_1 d_0}{2} = \frac{7 \cdot 0,3}{2} = 1,05 \text{ кН} \cdot \text{м} . \quad (2)$$

В качестве материала зубчатого колеса и рейки примем сталь 45 по ГОСТ 4543-71 с последующей термообработкой – нормализация. Тогда, исходя из такого значения момента  $T$ , вычислим модуль зацепления из условия прочности зуба зубчатого колеса на выносливость при изгибе по формуле:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2TK \cdot \gamma_u}{y[\sigma_0]_u \psi_m z k_p}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 1050 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 1,5}{0,416 \cdot 130 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 0,67}} = 6,7 \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий условия работы речной передачи, 1,2;  
 $\gamma_u$  – коэффициент, учитывающий условия запылённости и коррозии передачи, 1,5;  
 $y$  – коэффициент формы зуба, 0,416;  
 $[\sigma_0]_u$  – допускаемые напряжения, 130 МПа;  
 $\psi_m$  – коэффициент длины зуба, 8;  
 $z$  – количество зубьев на зубчатом колесе, 30;  
 $k_p$  – коэффициент режима работы передачи, 0,67.

Окончательно, согласно ГОСТ 9563-60, и, учитывая тяжелые условия работы ножа, примем модуль зацепления равным  $m=10$  мм.

Как было отмечено выше, окружное усилие, возникающее на зубчатом колесе и необходимое для рыхления грунта, составляет  $P_1 = W = 7 \text{ кН}$ . Следовательно, гидроцилиндр с двусторонним штоком, обеспечивающий угловой поворот своей зубчатой рейкой зубчатое колесо, должен развивать усилие не менее 7 кН (700 кгс). Используя рекомендации ГОСТ6540-68, произведём расчёт геометрических характеристик гидроцилиндра с двухсторонним штоком применительно к предложенному техническому решению по известной методике [11]. Для этого установим из рекомендуемого ряда внутренний диаметр цилиндра  $d_6=40$  мм и диаметр штока  $d_{ш}=20$  мм и тогда вычислим усилие, возникающее на штоке при давлении рабочей жидкости в  $p=10$  МПа по известной зависимости:

$$F = pA = \frac{\pi(d_6^2 - d_{ш}^2)}{4} p = \frac{3,14(40^2 - 20^2)}{4} 10 = 9420 \text{ Н}. \quad (4)$$

Видно, что полученный результат  $9420 > 7000$  в 1,35 больше, следовательно, работоспособность такого гидроцилиндра будет обеспечена.

Теперь произведём расчёт на прочность тяг 10 (см. рис. 1), имеющих длину 1,2 м, которые предназначены для передачи усилия к боковым секциям 1 отвала, находящимся в закрытом состоянии, таком, как это показано на рис. 1, и в случае, когда отвал транспортирует грунт.

Видно, что такие тяги работают на продольный изгиб и должны отвечать требованиям устойчивости. Поэтому произведём их расчёт на устойчивость, считая, что они выполнены из трубы 80х60 Сталь 85 ГОСТ 1459-79 с  $\sigma_B=1128$  МПа и  $\sigma_T=981$  МПа.

Определим численное значение усилия  $W_1$ , приложенного к отвалу при движении бульдозера со скоростью 5,2 км/ч по зависимости:

$$W_1 = \gamma l h b = 27000 \cdot 3,6 \cdot 1,2 \cdot 0,9 = 104976 \text{ Н}, \quad (5)$$

где  $\gamma$  – плотность грунта, 27000 Н/м<sup>3</sup>;  
 $l$  – длина отвала, 3600 мм;  
 $h$  – высота отвала, 1200 мм;  
 $b$  – средняя величина ширины транспортируемого грунта, 900 мм.

Следовательно, если тяги 10 расположены под углом 30° в продольной плоскости оси симметрии бульдозера, то понятно, что каждая из них (рис. 1) будет нагружена усилием в 45139 Н (4,5 т).

Определим критическую силу, возникающую в тягах, используя известную методику продольного изгиба стержней [11]. Для этого определим момент инерции кольцевого круглого сечения тяги по формуле:

$$J = \frac{\pi}{64} (d_n^4 - d_6^4) = \frac{\pi}{64} (8,0^4 - 6,0^4) = \frac{2800 \cdot \pi}{64} \text{ см}^4. \quad (6)$$

Теперь вычислим площадь поперечного сечения тяги по зависимости:

$$F = \frac{\pi}{4}(d_n^2 - d_e^2) = \frac{\pi}{4}(8,0^2 - 6,0^2) = \frac{28 \cdot \pi}{4} \text{ см}^2. \quad (7)$$

Определим радиус инерции сечения тяги:

$$i = \sqrt{\frac{J}{F}} = \sqrt{\frac{2800 \cdot \pi \cdot 4}{64 \cdot 28 \cdot \pi}} = 2,5 \text{ см}. \quad (8)$$

Считаем, что при заданном способе закрепления концов тяги, имеющей шарнирное крепление с двух её сторон, коэффициент длины равен  $\mu=1$ , и тогда гибкость тяги можно определить по формуле

$$\lambda = \frac{\mu l}{i} = \frac{1 \cdot 120}{2,5} = 48. \quad (9)$$

В то же время

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma}} = 3,14 \sqrt{2 \cdot \frac{10^5}{981}} = 45. \quad (10)$$

Видно, что  $48 > 45$ , следовательно, критическую силу можно определить по формуле Эйлера

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EJ}{(\mu l)^2} = \frac{9,858 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10^6 \cdot 2800 \cdot \pi \cdot 10^{-8}}{64(1 \cdot 1,2)^2} = 18,6 \cdot 10^3 \text{ Н} = 18,6 \text{ кН}. \quad (11)$$

Видно, что  $P_{кр}=18,6 \text{ кН}$  и превышает рабочую нагрузку  $4,5 \text{ кН}$  в 4,13 раза.

Таким образом, устойчивость тяг обеспечена.

### Выводы

1. В результате аналитических исследований, с учетом силы сопротивления резания  $7 \text{ кН}$ , были рассчитаны геометрические параметры зубчатого зацепления (зубчатое колесо-рейка): модуль зацепления принят  $m=10 \text{ мм}$ .
2. Даны рекомендации по выбору материала зубчатого колеса и рейки – Сталь 45 нормализованная.
3. Для угловых поворотов боковых секций отвала рекомендовано использовать гидроцилиндр с двухсторонним штоком с внутренним диаметром цилиндра  $d_e=40 \text{ мм}$  и диаметром штока  $d_{ш}=20 \text{ мм}$ , при давлении рабочей жидкости  $p=10 \text{ МПа}$ .
4. Тяги 10 (см. рис. 1) рекомендуется выполнять из трубы 80x60 Сталь 85, обеспечивающей их устойчивость при работе отвала бульдозера.

### Список литературы

1. Адамов Е.А., Вахрушев С.И. Повышение производительности бульдозера путем совершенствования отвала с ножами и рыхлительного оборудования // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2020. – Т. 2. – С. 450-455.
2. Волкова В.Д., Гребеньков Д.В. Способы повышения производительности бульдозера // Вестник современных исследований. – 2019. – № 1.8(28). – С. 43-45.
3. Гончарова О.В., Вахрушев С.И. Патентные исследования по совершенствованию конструкции отвалов бульдозера // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2016. – Т. 1. – С. 242-252.
4. Захарычев С.П., Иванов В.А. Ремонт уплотнительных систем гидроцилиндров // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2005. – № 12. – С. 31-35.
5. Клигунова З.А., Воскресенский Г.Г. Моделирование процесса перемещения грунта бульдозером // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. – 2020. – Т. 1. – № 1. – С. 147-150.
6. Козбагаров Р.А., Бакиров А.Т. Анализ технических решений конструкций рабочего оборудования бульдозеров повышенной эффективности // Инновационные технологии на

транспорте: образование, наука, практика: матер. XLII Междунар. науч.-практ. конф. в рамках реализации Послания Президента РК Н. Назарбаева «Новые возможности развития в условиях четвертой промышленной революции», Алматы, 18 апреля 2018 года / Под ред. Б.М. Ибраева. – Алматы: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2018. – С. 299-302.

7. Матвеев А.С., Рубец С.Г. Перспективы развития бульдозеров // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Матер. Междунар. студен. науч. конф.: В 4-х томах. 18-19 марта. – Пос. Майский: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2020. – С. 141.

8. Мельников Р.В., Диев А.Е. Гидродинамика рабочей жидкости в гидросистеме бульдозера ДЗ-171 при подъеме отвала // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 4. – С. 29-34.

9. Оценка технического состояния гусеничного бульдозера / А. Муханов, Е. Мостепанов, Г. Ильченко [и др.] // Технадзор. – 2015. – № 10(107). – С. 212.

10. Патент № 2702205 С1 Российская Федерация, МПК F15B 15/20, F16J 15/53, F16J 15/56. гидроцилиндр: № 2019106564: заявл. 07.03.2019: опубл. 04.10.2019 / Е.В. Сливинский, С.Ю. Радин, А.В. Шатский; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина».

11. Радин С.Ю., Шубкин С.Ю., Бунеев С.С. Совершенствование конструкции гидроцилиндров, используемых в гидрооборудовании землеройной техники // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2022. – № 1(23). – С. 85-94.

12. Расчет основных характеристик гидроцилиндра бульдозера на базе трактора / А.В. Петрухин, С.Г. Данильченко, Д.И. Титов, Н.А. Шамаев // Наука молодых – будущее России: сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах, Курск, 11-12 декабря 2018 года. – Курск: ЗАО Университетская книга, 2018. – С. 115-117.

13. Токар Н.И., Кондрат К.И. Повышение эффективности производства дорожно-строительных работ с применением бульдозеров с управляемыми торцевыми ножевыми системами // Вестник научных конференций. – 2019. – № 9-2(49). – С. 109-112.

14. Шипилова Н.А. Оценка показателей технической надежности работы бульдозеров // Вопросы устойчивого развития общества. – 2020. – № 8. – С. 283-290.

15. Яковлева С.П., Махаров С.Н. Фрактодиагностика эксплуатационного разрушения подъемного механизма бульдозера // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 528-541.

**Радин Сергей Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 3999770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: radin81@mail.ru

**Бунеев Сергей Сергеевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 3999770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: limes88@mail.ru

**Шубкин Сергей Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии, ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», 3999770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: shubkin.92@mail.ru

**Елецких Сергей Витальевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических процессов в машиностроении и агроинженерии, ФГБОУ ВО «Елецкий государ-

ственный университет им. И.А. Бунина», 3999770, Липецкая обл., г. Елец, ул. Коммунаров, 28, e-mail: esv8@yandex.ru

UDC 631.372

**S. Radin, S. Buneev, S. Shubkin, S. Yeletskikh**

## **TO EXPAND THE OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF EARTHMOVING AND TRANSPORT MACHINES**

**Keywords:** blade, hydraulic cylinder, knife, longitudinal bending, loosening, rocker arm, thrust.

**Abstract.** This article presents materials related to the development of a promising dump design for various types of bulldozers used on high-strength soils. The most important parameter of bulldozers is productivity, which depends on the amount of soil moved by the blade in one working cycle, characterized by the volume of the drawing prism. A characteristic sign of overloading of dumps is the slipping of tracks or tractor wheels. This phenomenon significantly affects the reliability of components and parts of bulldozers, reducing their productivity. To eliminate this, rotary dumps can be used, allowing them to be rotated at a certain angle in both directions relative to the longitudinal axis of the machine, but their restructuring is quite time-consuming and not always effective. The analysis of numerous sources made it possible to develop a promising technical solution at the level of inventions, which makes it possible to efficiently perform earthmoving operations related to the treatment of high-strength soils. As a result of analytical studies, taking into account the cutting resistance force of 7 kN, the geometric parameters of the gear engagement (gear wheel-rail) were calculated, the engagement module was adopted  $m = 10 \text{ mm}$ . Recommendations are given on the choice of gear wheel and rail material – 45 normalized steel. For angular rotations of the side sections of the blade, it is recommended to use a hydraulic cylinder with a double-sided rod with an internal cylinder diameter of  $d_v = 40 \text{ mm}$  and a rod diameter of  $d_s = 20 \text{ mm}$ , at a working fluid pressure of  $p=10 \text{ MPa}$ . It is recommended that the blade rods be made of 80x60 Steel 85 pipe, which ensures their stability during the operation of the bulldozer blade.

### **References**

1. Adamov E.A., Vakhrushev S.I. Increasing the productivity of the bulldozer by improving the blade with knives and ripping equipment // Modern technologies in construction. Theory and practice. – 2020. – Vol. 2. – Pp. 450-455.
2. Volkova V.D., Grebenkov D.V. Ways to increase the productivity of a bulldozer // Bulletin of Modern Research. – 2019. – No 1.8(28). – Pp. 43-45.
3. Goncharova O.V., Vakhrushev S.I. Patent research on improving the design of bulldozer dumps // Modern technologies in construction. Theory and practice. – 2016. – Vol. 1. – Pp. 242-252.
4. Zakharychev S.P., Ivanov V.A. Repair of hydraulic cylinder sealing systems // Repair. Recovery. Modernization. – 2005. – No. 12. – Pp. 31-35.
5. Kligunova Z.A., Voskresensky G.G. Modeling of the process of soil displacement by a bulldozer // Far East: problems of development of the architectural and construction complex. – 2020. – Vol. 1. – No. 1. – Pp. 147-150.
6. Kozbagarov R.A., Bakirov A.T. Analysis of technical solutions for structures of working equipment of bulldozers of increased efficiency // Innovative technologies in transport: education, science, practice: Materials of the XLII International scientific and practical conference within the framework of the implementation of the Message of the President of the Republic of Kazakhstan N. Nazarbayev «New development opportunities in the context of the Fourth Industrial Revolution», Almaty, April 18, 2018 / Edited by B.M. Ibraev. – Almaty: M. Tynyshpaev Kazakh Academy of Transport and Communications Publ, 2018. – Pp. 299-302.
7. Matveev A.S., Rubets S.G. Prospects for the development of bulldozers // Gorin readings. Innovative solutions for agriculture: Materials of the International Student Scientific Conference: In

4 volumes, May, March 18-19, 2020. – Maysky: Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin Publ, 2020. – P. 141.

8. Melnikov R.V., Diev A.E. Hydrodynamics of the working fluid in the hydraulic system of the bulldozer DZ-171 when lifting the blade // Construction and road vehicles. – 2007. – No. 4. – Pp. 29-34.

9. Assessment of the technical condition of a tracked bulldozer / A. Mukhanov, E. Mostepanov, G. Ilchenko [et al.] // Technical Supervision. – 2015. – No 10(107). – P. 212.

10. Patent No. 2702205 C1 Russian Federation, IPC F15B 15/20, F16J 15/53, F16J 15/56. hydraulic cylinder: No. 2019106564: application 07.03.2019: publ. 04.10.2019 / E.V. Slivinsky, S. Yu. Radin, A.V. Shatsky; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University».

11. Radin S.Yu., Shubkin S.Yu., Buneev S.S. Improving the design of hydraulic cylinders used in hydraulic equipment of earthmoving equipment // Agro-industrial technologies of Central Russia. – 2022. – No 1(23). – Pp. 85-94.

12. Calculation of the main characteristics of a bulldozer hydraulic cylinder based on a tractor / A.V. Petrukhin, S.G. Danilchenko, D.I. Titov, N.A. Shamaev // Nauka molodykh – the Future of Russia: collection of scientific articles of the 3rd International Scientific Conference of Promising developments of Young Scientists: in 6 volumes, Kursk, December 11-12, 2018. – Kursk: Closed Joint Stock Company «University Book» Publ, 2018. – Pp. 115-117.

13. Tokar N.I., Kondrat K.I. Improving the efficiency of road construction works using bulldozers with controlled end knife systems / N.I. Tokar, K.I. Kondrat // Bulletin of scientific conferences. – 2019. – No 9-2(49). – Pp. 109-112.

14. Shipilova N.A. Evaluation of indicators of technical reliability of bulldozers // Issues of sustainable development of society. – 2020. – No. 8. – Pp. 283-290.

15. Yakovleva S.P., Makharov S.N. Fractodiagnosics of operational destruction of the lifting mechanism of a bulldozer // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. – 2013. – No. 93. – Pp. 528-541.

**Radin Sergey** – Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering, Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28, e-mail: radin81@mail.ru

**Buneev Sergey** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate Professor of the Department Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering, Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28, e-mail: limes88@mail.ru

**Shubkin Sergey** – Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering, Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28, e-mail: shubkin.92@mail.ru

**Yeletskikh Sergey** – Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department Technological Processes in Mechanical Engineering and Agroengineering, Bunin Yelets State University, Lipetsk region, Yelets, Kommunarov St., 28, e-mail: esv8@yandex.ru

**Березин М.А.**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ КОНТРТЕЛА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НЕПОДВИЖНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**Ключевые слова:** уплотнительный узел, резина, эластомер, шероховатость поверхности, параметры шероховатости, утечки рабочей жидкости, ресурс соединения.

**Аннотация.** В статье отмечено, что для более точного прогнозирования надежности соединений необходимо исследовать влияние на утечки не только геометрических размеров сопрягаемых элементов, но и других факторов. В частности, на утечки в уплотнительных узлах влияют реальная температура эксплуатации и агрессивности рабочей жидкости гидросистемы. Особо отмечено, что существенным образом на герметичность уплотнительного соединения влияет величина шероховатости поверхности деталей, находящихся в контакте с уплотнительным элементом. Для полного перекрытия микроканалов, образованных выступами и впадинами на уплотняемой поверхности, требуется создать в зоне контакта повышенные напряжения в уплотнителе, что отрицательно влияет на срок его службы. Проведенные ранее микрометражные исследования деталей уплотнительных узлов показали, что фактическая величина шероховатости поверхностей уплотняемых деталей, контактирующих с резиновыми кольцами, оказалась значительно выше, чем требуется стандартом. Проведенные теоретические исследования, основанные на численном моделировании с помощью оригинальной конечно-элементной программы расчета, показали, что первый период функционирования контактного уплотнительного соединения характеризуется постоянной площадью контакта и отсутствием утечек через соединение. Особенностью второго периода является постепенное уменьшение площади контакта из-за отрыва от поверхности контртела, формирующегося в пограничном массиве уплотнителя релаксационного микрорельефа. Расклинивающее воздействие гидравлической жидкости, проникающей в полости микрорельефа, приводит на определенной стадии к полному разъединению поверхностей уплотнителя и контртела, ликвидации способности соединения к самоуплотнению и полному исчерпанию ресурса. В статье сделан вывод, что более целесообразным критерием исчерпания ресурса соединения по сравнению с критерием предельных напряжений является время начала формирования микроканалов в пограничном массиве уплотнителя.

### **Введение**

Известно, что под ресурсом уплотнительных соединений понимается период, в течение которого либо сохраняется его полная герметичность, либо величина утечек в единицу времени не превышает некоторого регламентированного значения.

В работах [2, 4, 8, 10] отмечено, что основной механизм утечек вызван движением микрообъемов рабочей жидкости через каналы, которые образованы микронеровностями сопрягаемых поверхностей уплотнителя и контртела. Не вызывает сомнений тот факт, что значительные неровности поверхности сложнее перекрыть за счет начальной деформации уплотнителя на стадии монтажа и поэтому величина утечек по микроканалам, образованным выступами и впадинами на уплотняемой поверхности, больше. Поэтому требуется создать в зоне сопряжения повышенные контактные напряжения для полного перекрытия этих каналов. Источником концентрации напряжений в данном случае становятся выступы микронеровностей, что с течением времени вызывает усталостное разрушение поверхности уплотнителя. При циклическом воздействии изменяющегося давления рабочей жидкости это явление ограничивает срок службы уплотнителя.

Таким образом, на герметичность уплотнительного соединения должна существенным образом влиять величина шероховатости поверхности контртел, то есть деталей, находящихся в контакте с уплотнительным элементом.

### Объекты и методы исследований

Параметры шероховатости для элементов уплотнительных узлов различного типа довольно жестко определяет стандарт на контактные уплотнительные соединения (ГОСТ 9833-73 «Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств») (см. рис. 1).

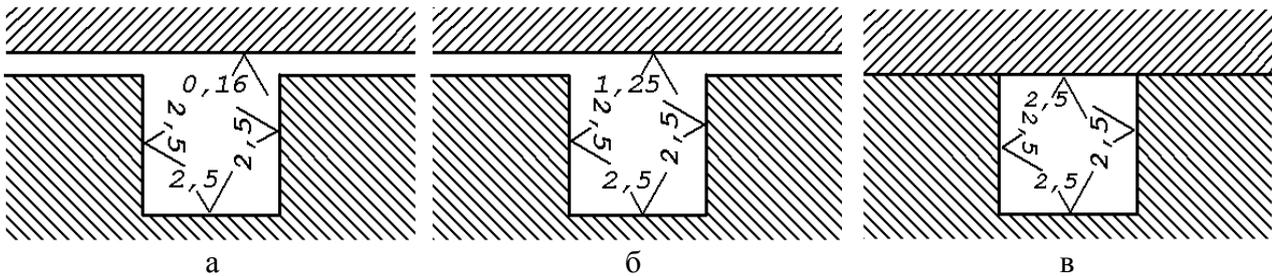


Рисунок 1. Величина шероховатости поверхностей, контактирующих с уплотнительными элементами радиального подвижного (а), радиального неподвижного (б) и торцевого неподвижного (в) соединений по ГОСТ 9833-73

Однако фактическая величина шероховатости поверхностей уплотняемых деталей, контактирующих с резиновыми кольцами, оказалась значительно выше, чем требуется по стандарту. Это показали проведенные микрометражные исследования деталей уплотнительных узлов маслопровода и клапанной крышки гидрораспределителя гидроусилителя руля (ГУР) тракторов МТЗ 80/82 [3]. Так уровню  $R_z 20$  соответствует шероховатость поверхности клапанной крышки, контактирующая с эластомерным уплотнителем (рис. 2), что существенно выше требований, предъявляемых стандартом к торцевым уплотнительным соединениям (рис. 1в).

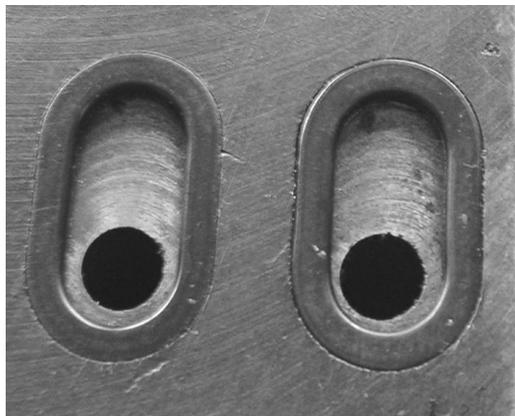


Рисунок 2. Общий вид контактной поверхности и уплотнителя клапанной крышки гидрораспределителя ГУР 50-3406015А

Значительными трудностями, возникающими при постановке экспериментальных исследований, вероятно, объясняется отсутствие в литературных источниках обоснованных количественных данных о влиянии на надежность уплотнительных соединений параметров шероховатости. Поэтому весьма актуальными в связи с этим являются теоретические исследования в этом направлении, поскольку они создают для последующего углубленного изучения проблем надежности контактных уплотнительных соединений и ликвидируют имеющийся пробел.

Конкретной целью настоящего теоретического исследования явилось определение закономерностей влияния шероховатости поверхности контртела на уплотняющую способность эластомерных колец круглого сечения.

Численное моделирование проведено с помощью оригинальной конечно-элементной программы расчета, разработанной непосредственно для данного случая. Программа обеспечивает возможность наложения шероховатости на поверхность нагружающей плоскости и дно канавки под уплотнительный элемент. Нерегулярная шероховатость поверхности, имеющая место в реальных условиях, аппроксимирована в математической модели регулярным профилем, изменяющимся по синусоидальному закону. При этом амплитуда синусоиды принята равной параметру  $Rz/2$ , а шаг – шагу  $S$  микронеровностей профиля поверхности по ГОСТ 2789-73. Такое приближение, учитывая реальное соотношение шага и высоты микронеровностей, является, на наш взгляд, достаточно корректным, не противоречит взглядам И.В. Крагельского и его школы и согласуется с указанным стандартом [5].

### Результаты исследований

На рис. 3а представлена расчетная схема торцевого уплотнительного узла клапанной крышки гидрораспределителя (см. рис. 2), рабочим элементом которого послужило кольцо из резины марки 7В-14 круглого поперечного сечения с номинальным диаметром 3 мм. Физико-механические характеристики данного эластомера приняты для условий воздушного старения [1]. Расчеты проведены для абсолютно гладкой поверхности крышки гидрораспределителя и трех шероховатых поверхностей с параметром  $R_z = 5; 10; 20 \text{ мкм}$ . Согласно результатам исследований Н.Б. Демкина, шаг микронеровностей для всех схем был принят равным  $S = 160 \text{ мкм}$ .

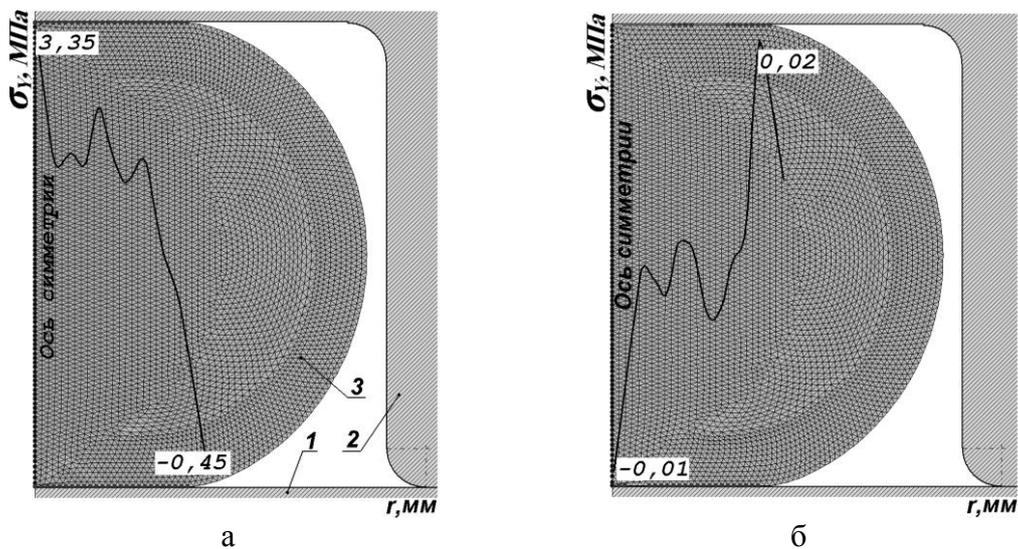


Рисунок 3. Расчетная схема торцевого уплотнительного узла клапанной крышки гидрораспределителя ГУР 50-3406015А и эпюры контактных напряжений по верхней площадке контакта после монтажа (а) и 10000 часов эксплуатации (б) ( $1/2$  часть поперечного сечения кольца, 9000 конечных элементов, деформация сжатия 20%,  $T = 50^\circ\text{C}$ ):

1 – нагружающая плоскость; 2 – канавка; 3 – уплотнительный элемент

Представляло интерес выяснить причины резкого роста утечек по истечении гарантийного срока эксплуатации уплотнителя, который ГОСТ 18829-73 устанавливает равным 3 700 часов (для резин группы 3 при температуре эксплуатации  $50^\circ\text{C}$ ).

На рис. 3б представлены состояние уплотнителя и эпюра контактных напряжений по прошествии 10 000 часов эксплуатации. Из эпюры следует, что по истечении указанного срока уровень максимальных контактных напряжений не превышает  $0,02 \text{ МПа}$ . Эта величина существенно ниже критического значения  $0,075 \text{ МПа}$ , при котором в контактном уплотнительном соединении неподвижного типа, удельный поток утечек рабочей жидкости не превышает допустимой нормы в  $0,05 \text{ мм}^3/(\text{м}\cdot\text{с})$  [6, 7, 9].

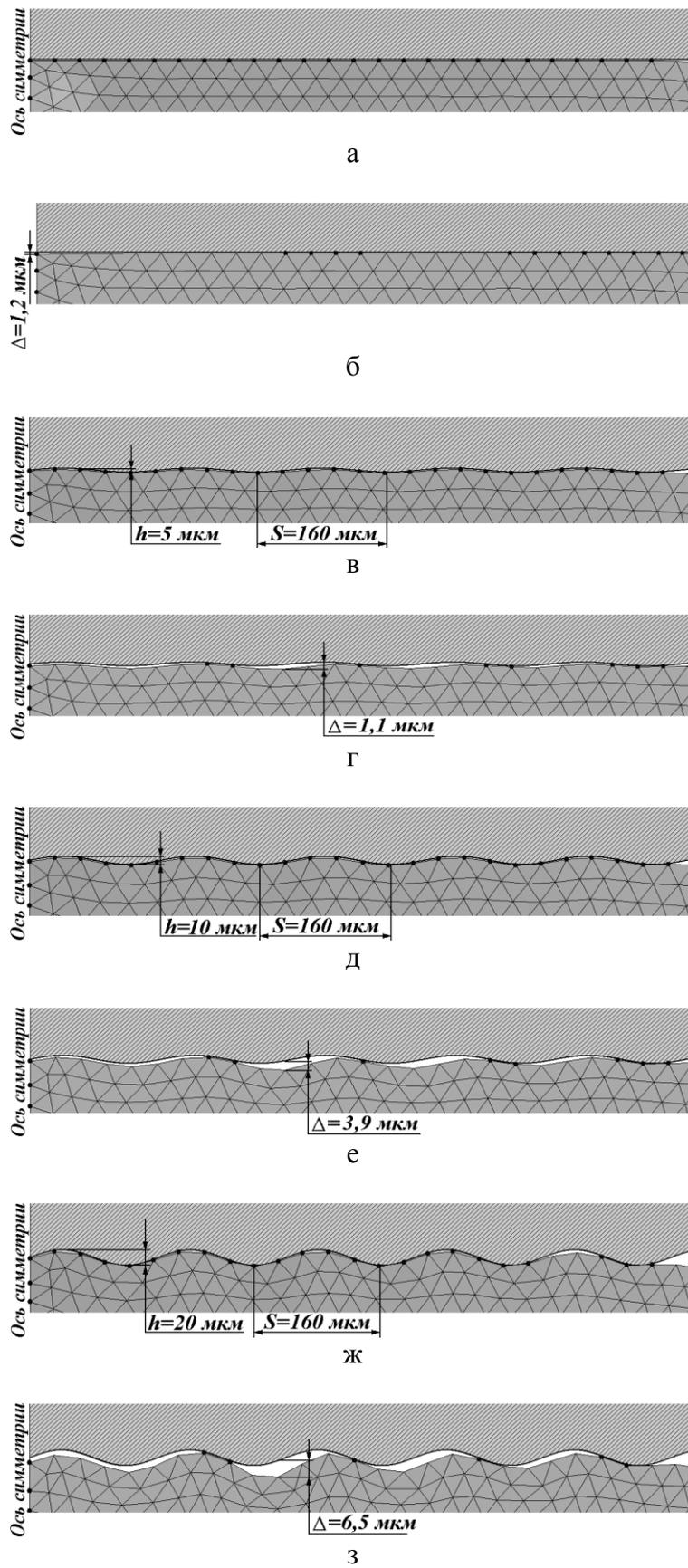


Рисунок 4. Рассчитанные конфигурации верхней области контакта уплотнителя и контртела после монтажа (а, в, д, ж) и 10000 часов эксплуатации (б, г, е, з):

а, б –  $R_z 0$ ; в, г –  $R_z 5$ ; д, е –  $R_z 10$ ; ж, з –  $R_z 20$

Следует заметить, что некоторая часть микронеровностей по ширине контакта из-за наличия градиента контактных напряжений остается после монтажа не перекрытой, если имеет место высокое значение параметра шероховатости (см. рис. 3а, 4ж), что может привести к появлению утечек уже с первых часов работы такого соединения.

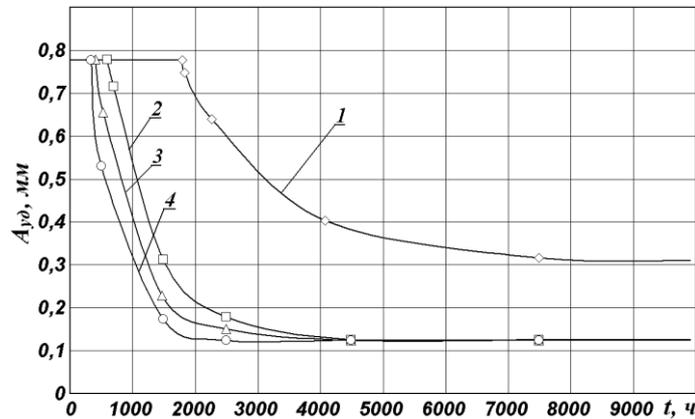


Рисунок 5. Изменение удельной площади контакта уплотнителя и контртела с течением времени эксплуатации при различной шероховатости контртела: 1 –  $R_z$  0; 2 –  $R_z$  5; 3 –  $R_z$  10; 4 –  $R_z$  20

Очевидно, что в общем случае уровень утечек зависит не только от высоты и ширины микроканалов, но и от их общей протяженности, которая, в свою очередь, определяется удельной (на единицу длины уплотнителя) площадью контакта уплотнителя с контртелом. Динамика изменения удельной площади контакта (ширины контактной зоны) для схем с различной величиной шероховатости поверхности представлена на рис. 5.

### Выводы

1. Жизненный цикл контактного уплотнительного соединения можно разделить на два периода. В течение первого периода эксплуатации утечки должны полностью отсутствовать. Длительность этого периода зависит от шероховатости контртела, условий эксплуатации и физико-механических свойств материала уплотнителя и определяется временем начала снижения удельной площади контакта, то есть образования микроканалов. В частности, в рассматриваемом случае для контртела с идеальной поверхностью он равен 1800 часам, а для контртела с шероховатостью  $R_z$  10 – примерно 350 часам. Второй период характеризуется нарастающим потоком утечек, и его длительность характеризуется, в общем случае, как было отмечено выше, порогом допустимости указанного потока. Интересно отметить, что время выхода на постоянное значение удельной площади контакта для кривой 3 (рис. 5), полученной для шероховатости, отвечающей рекомендуемому стандартом значению  $R_a$  2,5 (рис. 1в), приблизительно соответствует гарантируемому ГОСТ 18829-73 ресурсу эксплуатации – 3700 часов. Если исходить из того, что такое совпадение не является случайным, то время выхода кривой изменения удельной площади контакта на постоянное значение может быть принято за критерий исчерпания ресурса соединения. Согласно данному критерию, ресурс уплотнительного соединения с шероховатостью  $R_z$  10, которому отвечает шероховатость поверхности клапанной крышки ГУР 50-3406015А, следует принять равным 1500 часам. Данная цифра согласуется весьма близко с результатами эксплуатации гидроусилителей, которые поступают на ремонт в Учебно-научно-производственный центр Института механики и энергетики ФГОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева».

2. Полученные результаты могут быть использованы также для построения методики расчета потока утечек во втором периоде эксплуатации, что является целью дальнейших исследований.

### Список литературы

1. Андрианов В. Э. Прогнозирование изменения физико-механических свойств резин при термическом старении // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 13-19 ноября 2017 года. Том Часть 2. – Санкт-Петербург, 2017. – С. 153-155.
2. Ашейчик А.А., Полонский В.Л. Влияние распределения контактных напряжений на утечки через торцевое уплотнение // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2015. – Т. 16. – № 3. – С. 705-713.
3. Березин М.А. Методика и результаты микрометражных исследований элементов уплотнительных узлов агрегатов гидросистем сельскохозяйственной техники // Технический сервис машин. – 2020. – № 4(141). – С. 12-19.
4. Величко С.А., Чумаков П.В., Коломейченко А.В. Оценка технического состояния силовых гидроцилиндров серии С навесных гидросистем тракторов // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. – № 3. – С. 396-413.
5. Лужнов Ю.М., Александров В.Д. Основы триботехники: учебное пособие / Под ред. Ю.М. Лужнова. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2013. – 136 с.
6. Никитин О.Ф. Обоснование размеров канавки установки кольца контактных уплотнительных устройств // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 6. – С. 113-118.
7. Рыдловский В.П., Штайц В.В., Липняков А.В. Особенности контроля герметичности узлов уплотнений с резиновыми кольцами // В мире неразрушающего контроля. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 62-64.
8. Тараховский А.Ю., Тараховский А.А. Анализ основных видов уплотнений для силовых гидроцилиндров // Вестник современных технологий. – 2019. – № 2(14). – С. 37-43.
9. Штайц В.В., Герасимов Н.И., Липняков А.В. Особенности контроля высокогерметичных узлов уплотнений с резиновыми кольцами // Судостроение. – 2020. – № 3(850). – С. 30-32.
10. Influence of randomness in rubber materials parameters on the reliability of rubber O-ring seal / B. Liang, X. Yang, Z. Wang [et al.] // Materials. – 2019. – Vol. 12, No. 9. – P. 1566.

**Березин Михаил Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», 430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68, e-mail: berezin\_ma@mail.ru

---

UDC 631.372:539.3

**M. Berezin**

### **THEORETICAL STUDY OF THE EFFECT OF THE SURFACE ROUGHNESS OF THE COUNTERBODY ON THE OPERABILITY OF FIXED SEALING JOINTS**

**Keywords:** sealing unit, rubber, elastomer, surface roughness, roughness parameters, leakage of working fluid, connection life.

**Abstract.** The article notes that in order to more accurately predict the reliability of connections, it is necessary to investigate the influence on leaks not only of the geometric dimensions of the mating elements, but also of other factors. In particular, leaks in the sealing units are affected by the actual operating temperature and the aggressiveness of the hydraulic fluid. It is particularly noted that the tightness of the sealing joint is significantly affected by the amount of surface roughness of the parts in contact with the sealing element. To completely overlap the microchannels formed by protrusions and depressions on the sealing surface, it is necessary to create increased stresses in the sealer in the contact zone, which negatively affects its service

life. The micrometer studies of the sealing components carried out earlier showed that the actual roughness of the surfaces of the sealed parts in contact with the rubber rings turned out to be significantly higher than required by the standard. Theoretical studies based on numerical modeling using an original finite element calculation program have shown that the first period of the function of the contact sealing joint is characterized by a constant contact area and the absence of leaks through the joint. A feature of the second period is a gradual decrease in the contact area due to the separation from the surface of the counterbody of the relaxation microrelief sealer formed in the boundary array. The wedging effect of hydraulic fluid penetrating into the microrelief cavities leads at a certain stage to complete separation of the sealer and counterbody surfaces, elimination of the ability of the joint to self-seal and complete exhaustion of the resource. The article concludes that a more appropriate criterion for the exhaustion of the connection resource in comparison with the criterion of limiting stresses is the time of the beginning of the formation of microchannels in the boundary array of the sealer.

### References

1. Andrianov V. E. Forecasting changes in the physical and mechanical properties of rubbers during thermal aging / V.E. Andrianov // Week of Science of SPbPU: materials of a scientific conference with international participation, St. Petersburg, November 13-19, 2017. Volume Part 2. – St. Petersburg, 2017. – Pp. 153-155.
2. Asheychik A.A., Polonsky V.L. The influence of the distribution of contact stresses on leakage through the mechanical seal // Bulletin of the Siberian State Aerospace University. academician M.F. Reshetnev. – 2015. – Vol. 16. – No. 3. – Pp. 705-713.
3. Berezin M.A. Methodology and results of micrometer studies of elements of sealing units of hydraulic systems of agricultural machinery // Technical service of machines. – 2020. – No. 4(141). – Pp. 12-19.
4. Velichko S.A., Chumakov P.V., Kolomeichenko A.V. Assessment of the technical condition of power hydraulic cylinders of the C series of mounted hydraulic systems of tractors // Engineering technologies and systems. – 2019. – Vol. 29. – No. 3. – Pp. 396-413.
5. Luzhnov Yu.M., Alexandrov V.D. Fundamentals of tribotechnics: A textbook / Edited by Yu.M. Luzhnov. – Moscow: Moscow Automobile and Road Engineering State Technical University (MADI), 2013. – 136 p.
6. Nikitin O.F. Substantiation of the dimensions of the groove for installing the ring of contact sealing devices // Science and Education: scientific edition of Bauman Moscow State Technical University. – 2013. – No. 6. – Pp. 113-118.
7. Rydlovsky V.P., Shteits V.V., Lipnyakov AV. Features of tightness control of seal assemblies with rubber rings // In the world of non-destructive testing. – 2019. – Vol. 22. – No. 3. – Pp. 62-64.
8. Tarakhovsky A.Yu., Tarakhovsky A.A. Analysis of the main types of seals for power hydraulic cylinders // Bulletin of modern Technologies. – 2019. – No. 2(14). – Pp. 37-43.
9. Shteits V.V., Gerasimov N.I., Lipnyakov A.V. Features of control of highly hermetic seal assemblies with rubber rings // Shipbuilding. – 2020. – No. 3(850). – Pp. 30-32.
10. Influence of randomness in rubber materials parameters on the reliability of rubber O-ring seal / B. Liang, X. Yang, Z. Wang [et al.] // Materials. – 2019. – Vol. 12. – No. 9. – P. 1566.

**Berezin Mikhail** – Candidate of Technical Sciences, associate Professor of the Department of Mechanization of Agricultural Products Processing, Ogarev National Research Mordovian State University, Republic of Mordovia, Saransk, Bolshevistskaya St., 68, e-mail: berezin\_ma@mail.ru

**ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ  
в научно-практическом журнале «Агропромышленные технологии Центральной России»**

**Требования к направленным на публикацию рукописям**

Представленные для публикации материалы должны соответствовать научному направлению журнала, быть актуальными, содержать новизну, научную и практическую значимость.

В статье обязательно должна быть представлена следующая информация (на русском и английском языках): **индекс Универсальной десятичной классификации (УДК); заголовок, ключевые слова, аннотация, введение, основная часть, выводы, список литературы, сведения об авторах.**

Индекс УДК указывают отдельной строкой слева.

**Заголовок** состоит из ФИО автора/авторов, которые помещают после УДК на отдельной строке слева, и названия статьи. Название статьи приводят перед статьей, по центру, прописными буквами.

**Ключевые слова** должны соответствовать теме статьи и отражать ее предметную область. Количество ключевых слов **не должно быть меньше 3 и более 7.**

**Аннотация:** рекомендуемый объем – 200–250 слов, не более 2000 символов. Аннотацию не следует начинать с повторения названия статьи. Аннотация должна содержать следующую информацию: цель исследования, методы, результаты (желательно с приведением количественных данных), выводы. В аннотации не допускается разбивка на абзацы и использование вводных слов и оборотов.

Материал в статье следует излагать структурировано, выделяя следующие разделы: введение, основная часть, выводы.

**Введение:** изложение имеющихся результатов в данной области исследования и целей работы, направленных на достижение новых знаний.

**Основная часть** имеет следующие разделы: объекты и методы исследований, результаты исследований.

**Выводы:** указываются результаты исследования, их теоретическое или практическое значение.

**Список литературы** составляется в алфавитном порядке согласно ГОСТ 7.1–84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления». Каждая позиция списка литературы должна содержать: для книг – фамилии и инициалы всех авторов, точное название книги, год, издательство и место издания, номера (или общее число) страниц, а для журнальных статей – фамилии и инициалы всех авторов, название статьи и название журнала, год выхода, том, номер журнала и номера страниц. Литературу на иностранном языке следует писать на языке оригинала без сокращений после русскоязычной литературы в алфавитном порядке. Схема описания электронного ресурса в списке литературы следующая: авторы, название источника, издательство или название журнала или сборника, год, номер (если есть), номера страниц, электронный адрес, дата обращения. Электронные ресурсы не оформляются отдельным списком, а включаются в перечень источников на русском или иностранном языке.

В списке литературы допускаются только общепринятые сокращения. Указание в списке всех цитируемых работ в статье обязательно.

Оформление сносок: сноски на литературу проставляются внутри статьи в квадратных скобках после цитаты.

В списке литературы за общим списком источников через интервал должен быть оформлен этот же список на английском языке в той последовательности источников, которая была в первоначальном.

В **сведениях об авторе** указываются ФИО автора/авторов (полностью), звание, ученая степень, должность, место работы (официальное название учреждения), почтовый адрес для отправки сборника, e-mail.

Количество публикаций одного автора в одном выпуске не более 2 статей, выполненных индивидуально, или не более 3-х статей, выполненных в соавторстве.

**Особое внимание авторов обращаем** на качество перевода заголовка, ключевых слов, аннотации, списка источников и сведений об авторах. Перевод должен быть обязательно сделан профессиональным переводчиком или носителем языка, имеющим необходимую компетенцию. Перевод с помощью автоматизированного переводчика не допускается. При низком качестве перевода статья может быть отклонена от печати.

**ВНИМАНИЕ:** Авторы несут полную ответственность за достоверность и оригинальность информации, предоставленной в рукописи. Все рукописи проходят проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат». Оригинальность рукописи должна быть не менее 70 %, в противном случае рукопись будет возвращена без права опубликования. При обнаружении нарушения авторских прав или плагиата будет проведена ретракция опубликованных статей в соответствии с правилами COPE.

**Технические требования к оформлению рукописи**

Файл в формате \*.doc и \*.pdf. Формат листа – А4 (210 x 297 мм), все поля по 20 мм. Шрифт: размер (кегель) – 14, тип – Times New Roman. Межстрочный интервал – одинарный. Абзацный отступ – 1,25 мм.

Редактор формул – MathTypeEquation (версии 5-7). Шрифт в стиле основного текста – Times New Roman; переменные – курсив, греческие – прямо, матрица-вектор – полужирный; русские – прямо. Размеры в математическом редакторе (в порядке очередности): обычный – 10 pt, крупный – индекс – 8 pt, мелкий индекс – 7 pt, крупный символ – 16 pt, мелкий символ – 10 pt.

Рисунки, выполненные в графическом редакторе, подавать исключительно в форматах \*.jpeg, \*.doc (сгруппированные, толщина линии не менее 0,75 pt). Ширина рисунка – не более 11,5 см. Они размещаются в рамках рабочего поля. Рисунки должны допускать перемещение в тексте и возможность изменения размеров. Используемое в тексте сканированное изображение должно иметь разрешение не менее 300 точек на дюйм. Сканированные формулы, графики и таблицы не допускаются. Обратите внимание, что в конце названия рисунка точка не ставится.

Таблицы в тексте должны быть выполнены в редакторе Microsoft Word (не отсканированные и не в виде рисунка). Таблицы должны располагаться в пределах рабочего поля. Форматирование номера таблицы и ее названия: шрифт – обычный, размер – 12 pt, выравнивание – по центру. Обратите внимание, что в конце названия таблицы точка не ставится. Содержимое таблицы – шрифт обычный, размер – 12 pt, интервал – одинарный.

Все страницы рукописи с вложенными таблицами и рисунками должны быть пронумерованы (в счет страниц рукописи входят таблицы, рисунки, подписи к рисункам, список литературы, сведения об авторах).

Минимальное количество страниц в статье – 8.

Максимальное количество страниц – 20.

Редакция оставляет за собой право не включать в журнал статьи, не соответствующие требованиям (в том числе к объему текста, оформлению таблиц и иллюстраций).

#### ***Авторские права***

Авторы имеют возможность лично просмотреть электронный макет статьи перед выпуском журнала и внести последние правки. Отсутствие ответа со стороны авторов снимает ответственность редакции за недочеты в статье. Редакция оставляет за собой право производить необходимую правку и сокращения по согласованию с автором. Рукописи не возвращаются. Авторы не могут претендовать на выплату гонорара. Авторы имеют право использовать материалы журнала в их последующих публикациях при условии, что будет сделана ссылка на публикацию в журнале «Агропромышленные технологии Центральной России».

#### ***Рубрики***

Объем и рубрики каждого номера журнала «Агропромышленные технологии Центральной России» варьируются в зависимости от содержания поступившего материала, тематики, задач. Основные рубрики журнала:

- Технология хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов
- Общее земледелие и растениеводство
- Механизация и кластеризация АПК

Соответствие рубрик журнала «Агропромышленные технологии Центральной России» номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени.

#### ***Комплектность материалов, направленных для публикации в журнал***

- рукопись статьи (\*.doc и \*.pdf);
- рецензия доктора наук по научному направлению статьи, подписанная и обязательно заверенная печатью организации;
- справка из отдела аспирантуры для подтверждения статуса аспиранта (для бесплатной публикации);
- копия договора подготовки в докторантуре ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина для подтверждения статуса докторанта (для бесплатной публикации).

#### **Оплата редакционно-издательских услуг**

##### **Реквизиты для оплаты**

ИНН: 4821004595

КПП: 482101001

БИК: 014206212

БАНК ПОЛУЧАТЕЛЯ ПЛАТЕЖА: Отделение Липецк/УФК по Липецкой области, г. Липецк

ПОЛУЧАТЕЛЬ ПЛАТЕЖА: УФК по Липецкой области (ЕГУ им. И.А. Бунина, л/с 20466X13800)

ЕДИНЫЙ КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 40102810945370000039

КАЗНАЧЕЙСКИЙ СЧЕТ: 03214643000000014600

ОКОНХ 92110

ОКПО 02079537

ОКТМО 42715000

КБК 000000000000000000130 (доходы от оказания платных услуг (работ))

Оплата редакционно-издательских услуг **500 руб. за 1 стр.**

**Назначение платежа:** за выполнение редакционно-издательских услуг, «Агропромышленные технологии Центральной России, ФИО плательщика».

После оплаты Заказчику необходимо направить на электронный адрес [agropromelets@mail.ru](mailto:agropromelets@mail.ru) сканированную квитанцию об оплате, а также почтовый адрес для отправки журнала.

Автор статьи имеет право на получение одного журнала бесплатно вне зависимости от количества соавторов.

Информация о приобретении дополнительного экземпляра сообщается заранее, экземпляр оплачивается по каталожной цене журнала.

**Право на бесплатную публикацию в журнале имеют:**

**все аспиранты, докторанты** ФГБОУ ВО Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», **члены редакционной коллегии журнала «Агропромышленные технологии Центральной России», ведущие ученые,** статьи которых имеют высокую научно-практическую значимость (по согласованию с заместителями главного редактора и после утверждения главным редактором).

Ведущими учеными признаются лица, имеющие следующие документально подтвержденные результаты научной деятельности за 5 лет, предшествующие публикации: 1) количество статей в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus – не менее 5; 2) количество статей в Перечне рецензируемых научных изданий РФ, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, доктора наук на основании данных РИНЦ («Перечень ВАК») – не менее 8; 3) количество рецензируемых монографий в области знаний, соответствующих научной специальности ученого, – не менее 1; 4) индекс Хирша – не менее 10.

**В одном номере журнала принято ограничение на количество бесплатных публикаций:**

- количество публикаций аспирантов и докторантов не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций членов редакционной коллегии не должно превышать 5 статей;
- количество публикаций ведущих ученых не должно превышать 3 статей.

## РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала «Агропромышленные технологии Центральной России».

1. Рукописи научных статей, поступившие в редакцию, проходят обязательное рецензирование с целью их экспертной оценки.
2. Председатель редакционного совета определяет соответствие рукописи статьи профилю журнала и требованиям к оформлению.
3. После рассмотрения рукописи статьи на заседании редакционной коллегии рукопись направляется на рецензирование специалисту (доктору или кандидату наук), имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемых статей. Если статья не соответствует профилю журнала, то автору сообщается о невозможности ее публикации.
4. Тип рецензирования — двустороннее слепое (анонимное). Присланные рецензентам рукописи являются частной собственностью авторов и содержат сведения, не подлежащие разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей, а также передавать статьи на рецензирование другому лицу.
5. Срок рецензирования составляет не более четырех недель.  
Рецензент оценивает: соответствие содержания статьи ее названию; структуру статьи (предмет исследования, постановка задачи, ход проведения исследований, результаты и выводы); наличие в статье научной или технической новизны; достоинства и недостатки статьи.  
Рецензент дает заключение о целесообразности публикации статьи: принять статью; принять статью с незначительной доработкой — автору направляется текст рецензии с предложением внести необходимые изменения и дополнения в статью или аргументировано опровергнуть замечания рецензента, затем рукопись статьи рассматривается на заседании редакционной коллегии на предмет выполнения требований рецензента; рассмотреть статью повторно после серьезной переработки — автору направляется текст рецензии с предложением переработки статьи, затем переработанная автором статья направляется на повторное рецензирование; отклонить статью — мотивированный отказ направляется автору, к повторному рассмотрению статья не принимается.
8. Текст рецензии предоставляется автору по его запросу, а также в Высшую аттестационную комиссию РФ по соответствующему запросу без подписи и указания фамилии, должности и места работы рецензента.
9. Рукописи статей, принятых к публикации, автору не возвращаются.
10. Рукописи статей, не принятых к публикации, вместе с текстом мотивированного отказа, возвращаются автору.
11. Рецензии, а также все сопроводительные документы (авторское заявление, экспертное заключение) хранятся в Издательстве и в редакции журнала в течение 5 лет.

***Процедура рецензирования и утверждения статей занимает от одного до двух месяцев, далее статьи публикуются в порядке очередности. Редакционная коллегия может принимать решение о внеочередной публикации статьи.***

***Подготовка статьи к публикации, проводимая редакцией журнала, состоит в литературном и техническом редактировании. Редакторские правки согласуются с авторами.***

Научное издание

# АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

Выпуск 1 (№ 27)

*Корректор – С.Е. Гридчина  
Техническое исполнение – В.М. Гришин*

**Знак информационной продукции 12+**

Подписано в печать: 21.03.2023

Дата выхода в свет: 22.03.2023

Бумага формат А-4 (74 п.л.)

Гарнитура Times

Печать трафаретная

Тираж 1000 экз. Заказ № 6

Свободная цена

Адрес редакции:

399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Допризывников, 1

Адрес издателя:

399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

E-mail: [agropromelets@mail.ru](mailto:agropromelets@mail.ru)

Сайт журнала: [www. http://elsu.ru/agrotech](http://elsu.ru/agrotech)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-67628 от 10 ноября 2016 г.

Подписной индекс журнала № **64988** в объединенном каталоге  
«Пресса России»

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии  
Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»  
399770, Липецкая область, г. Елец, ул. Коммунаров, 28,1