

# Агробиотехнологии и цифровое земледелие



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 1 (5) 2023 год



DOI 10.12737/2782-490X-2023-2-1

ISSN 2782-490X



---

# АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

---

# AGROBIOTECHNOLOGIES AND DIGITAL FARMING

SCIENTIFIC JOURNAL

---

№ 1 (5)



Казань, 2023

# Агробиотехнологии и цифровое земледелие

научный журнал

Институт агробиотехнологий и землепользования

Казанского государственного аграрного университета



№ 1 (5)  
2023 г.

Учредитель –

**Казанский  
государственный  
аграрный  
университет**



Учрежден Казанским государственным аграрным университетом, в 2022 г.

Адрес издателя и редакции:  
420015, Республика Татарстан,  
г. Казань, ул. К. Маркса, 65  
тел. (843) 567-46-19

сайт:  
[www.agrobiotech.kazgau.ru](http://www.agrobiotech.kazgau.ru)

e-mail:  
[agrobiotech@kazgau.com](mailto:agrobiotech@kazgau.com)

Зарегистрирован  
Федеральной службой по  
надзору в сфере связи,  
информационных технологий  
и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор) -  
свидетельство о регистрации:  
ПИ № ФС77-82684  
от 18 января 2022 г.

Журнал включен  
в Российский индекс  
научного цитирования  
(РИНЦ)

Научные специальности:  
1.5. Биологические науки  
4.1. Агронимия, лесное и водное  
хозяйство  
4.2. Зоотехния и ветеринария

Публикуется  
4 раза в год

За достоверность информации  
в опубликованных материалах  
ответственность несут  
авторы публикаций

16+

**Главный редактор:**

*Валиев А.Р. – доктор технических наук, доцент, ректор, Казанский государственный аграрный университет*

**Заместители главного редактора:**

*Зиганшин Б.Г. – доктор технических наук, профессор, профессор РАН, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, Казанский государственный аграрный университет*

*Сержанов И.М. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Институт агробиотехнологий и землепользования, Казанский государственный аграрный университет*

*Шайдуллин Р.Р. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Казанский государственный аграрный университет*

**Члены редакционной коллегии:**

*Амиров М.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет*

*Ахметов Т.М. – доктор биологических наук, профессор, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*

*Валидов Ш.З. – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ФИЦ КазНЦ РАН*

*Васильев М.Н. – доктор ветеринарных наук, доцент, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*

*Гилязов М.Ю. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казанский государственный аграрный университет*

*Захаров В.Г. – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства - филиал Самарского научного центра РАН*

*Кузьминых А.Н. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет*

*Низамов Р.М. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, директор, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН*

*Новоселов С.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Марийский государственный университет*

*Осипов Г.Е. – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН*

*Панасюк М.В. – доктор географических наук, профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет*

*Пономарева М.Л. – доктор биологических наук, профессор, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФИЦ КазНЦ РАН*

*Сафин Р.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корр. АН РТ, Казанский государственный аграрный университет*

**Члены редакционного совета:**

*Абуова А.Б. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник, Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности (Казахстан)*

*Асатурова А.М. – кандидат биологических наук, директор, Федеральный научный центр биологической защиты растений (Россия)*

*Барамова Ш.А. – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Казахский научно-исследовательский институт ветеринарных наук (Казахстан)*

*Голохваст К.С. – доктор биологических наук, профессор, член-корр. РАО, профессор РАН, директор, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий (Россия)*

*Исайчев В.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор, Ульяновский государственный аграрный университет (Россия)*

*Каракозов С.Д. – доктор химических наук, академик РАН, генеральный директор ЗАО «Щёлково Агрохим», Вице-президент Российского союза производителей химических средств защиты растений (Россия)*

*Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, доцент, заместитель директора по научной работе и инновациям, НПЦ НАН Белоруссии по животноводству, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеселского (Белоруссия)*

*Марзанов Н.С. – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр животноводства - ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста (Россия)*

*Мумиджанов Х.А. – доктор биологических наук, профессор, Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО), Субрегиональное отделение ФАО для Центральной Азии, Анкара, Турция (Турция, Таджикистан)*

*Партоев К. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт ботаники, физиологии и генетики растений АН Республики Таджикистан (Таджикистан)*

*Персикова Т.Ф. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (Белоруссия)*

*Рамазанов Р.Р. – генеральный директор ООО «Биооватик» (Россия)*

*Сальников Э. – доктор биологических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский института почвоведения (Сербия)*

*Селивановская С.Ю. – доктор биологических наук, профессор, директор, Институт экологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, ведущий научный сотрудник Учебно-научная лаборатория «Центр агро- и экобиотехнологий» (Россия)*

*Тайлан Аксу – доктор наук, профессор, Университет Ван (Турция)*

*Труфляк Е.В. – доктор технических наук, профессор, руководитель Центра прогнозирования и мониторинга научно-технологического развития АПК Кубанского государственного аграрного университета (Россия)*

*Фенг Чен – кандидат наук, профессор, Хэнаньский сельскохозяйственный университет, директор Китайского совместного исследовательского центра пшеницы и кукурузы (СІММУТ) (Китай)*

*Хисматуллин М.М. – доктор сельскохозяйственных наук, руководитель Управления мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Республике Татарстан (Россия)*

*Чекмарев П.А. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, председатель Комитета по развитию агропромышленного комплекса Торгово-промышленной палаты РФ (Россия)*

©Агробиотехнологии и цифровое земледелие, 2023



№ 1 (5)  
2023 г.

# Agrobiotechnologies and digital farming

scientific journal

Institute of Agrobiotechnology and Land Management  
Kazan State Agrarian University

## Chief Editor:

Valiev A.R. – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Rector, Kazan State Agrarian University

## Deputies of Chief Editor:

Ziganshin B.G. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector in Science and Digital Transformation, Kazan State Agrarian University  
Serzhanov I.M. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director, Institute of Agrobiotechnologies and Land Management, Kazan State Agrarian University

Shaidullin R.R. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University

## Members of the Editorial Committee:

Amirov M.F. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Akhmetov T.M. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman

Validov Sh.Z. – PhD in biology, Senior Researcher, Kazan Scientific Center of Russian Academy of Science

Vasilyev M.N. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman

Gilyazov M.Yu. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University

Zakharov V.G. – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture - branch of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Kuzminykh A.N. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Mari State University

Nizamov R.M. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Director, Tatar Research Institute of Agriculture

Novoselov S.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Mari State University

Osipov G.E. – Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Tatar Research Institute of Agriculture

Panasnyuk M.V. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Kazan Federal University

Ponomareva M.L. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Tatar Research Institute of Agriculture

Safin R.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member. Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University

## Members of the Editorial Board:

Abuova A.B. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Kazakhstan)

Asaturova A.M. – Candidate of Biological Sciences, Director, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection (Russia)

Baramova Sh.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Kazakh Research Veterinary Institute (Kazakhstan)

Golokhvast K.S. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member. Russian Academy of Education, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russia)

Isaichev V.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector, Ulyanovsk State Agrarian University (Russia)

Karakotov S.D. – Doctor of Chemical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, General Director of CJSC Shchelkovo Agrokhim, Vice President of the Russian Union of Producers of Chemical Plant Protection Products (Russia)

Kuchinsky M.P. – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Research and Innovation, Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Institute of Experimental Veterinary Medicine. named after S.N. Vysheslky (Belarus)

Marzanov N.S. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Federal Scientific Center for Animal Husbandry - named after Academician L.K. Ernst (Russia)

Mumidzhanov Kh.A. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Subregional Office for Central Asia (Turkey, Tajikistan)

Partoiev K. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Botany, Physiology and Plant Genetics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan (Tajikistan)

Persikova T.F. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Belarusian State Agrarian Academy (Belarus)

Ramazanov R.R. – General Director of Bionovatik LLC (Russia)

Salnikov E. – Doctor of Biological Sciences, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Research Institute of Soil Science (Serbia)

Selivanovskaya S.Yu. – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director, Institute of Ecology and Nature Management, Kazan Federal University, Leading Researcher Educational and Scientific Laboratory "Center for Agro - and Ecobiotechnologies" (Russia)

Taylan Aksu – Doctor of Sciences, Professor, Van University (Turkey)

Truflyak E.V. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Center for Forecasting and Monitoring of Scientific and Technological Development of the Agroindustrial Complex of the Kuban State Agrarian University (Russia)

Feng Chen – PhD, professor, Henan Agricultural University, Director of China Joint Research Center for Wheat and Maize (CIMMYT) (China)

Khismatullin M.M. – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Land Reclamation and Agricultural Water Supply in the Republic of Tatarstan (Russia)

Chekmarev P.A. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Committee for the Development of the Agro-Industrial Complex of the Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation (Russia)

## Founder -

Kazan  
State Agrarian  
University



Established by Kazan State  
Agrarian University, in 2022

Publisher and editorial address:  
420015, Republic of Tatarstan,  
Kazan, K. Marks st., 65  
tel. (843) 567 - 46 -19

## сайт:

[www.agrobiotech.kazgau.ru](http://www.agrobiotech.kazgau.ru)

## e-mail:

[agrobiotech@kazgau.com](mailto:agrobiotech@kazgau.com)

Registered by  
Federal Service for Supervision of  
Communications, Information  
Technology and Mass Media  
registration certificate:  
PI No. FS77-82684  
January 18, 2022

The journal is included  
to Russian Science  
Citation Index  
(RSCI)

Scientific specialties:  
1.5. Biological Sciences  
4.1. Agronomy, forestry and water  
management  
4.2. Zootechnics and veterinary  
medicine

Published  
4 times a year

Authors of publications are  
responsible  
for the accuracy of infor-  
mation  
in published materials

## СОДЕРЖАНИЕ

### АГРОНОМИЯ

	стр.
<b>Абрамов А.Г., Абрамова Г.В., Исмаил Шаимаа Х.А., Шаламова А.А.</b> Влияние стимуляторов корнеобразования на увеличение выхода посадочного материала винограда .....	6
<b>Вафина Л.Т., Миникаев Р.В., Вафин Н.Ф., Сочнева С.В.</b> Основы возделывания одновидовых и смешанных посевов козлятника восточного с учетом оптимизации минерального питания.....	10
<b>Гаффарова Л.Г., Беляев С.М.</b> Особенности структуры почвенного покрова северной части Актай-Шенталинского ландшафтного низменного района.....	17
<b>Диабанкана Р.Ж., Сафин Р.И.</b> Оценка влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян яровой пшеницы.....	22
<b>Лукманова А.А., Кадырова Ф.З., Сафин Р.И.</b> Оценка пригодности различных сортов яровой пшеницы для карбонового земледелия.....	27
<b>Михайлова М.Ю.</b> Анализ продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	34
<b>Сулейманов С.Р., Сафиоллин Ф.Н.</b> Результаты испытаний гибридов ярового рапса компании КВС в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	39
<b>Шайхутдинов Ф.Ш., Амиров М.Ф., Сержанов И.М., Гараев Р.И., Семенов П.Г.</b> Продуктивность различных видов яровой пшеницы в зависимости от фона питания при различных нормах высева в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан.....	46

### ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

<b>Ламара М., Загидуллин Л.Р., Ахметов Т.М., Шайдуллин Р.Р., Тюлькин С.В.</b> Влияние генов липидного обмена и возраста первого отёла на молочную продуктивность коров татарстанского типа.....	52
---	----

### ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

<b>Логинов Н.А., Сочнева С.В., Трофимов Н.В.</b> Научное обеспечение инновационного развития цифровых технологий в пчеловодстве.....	58
<b>Савдур С.Н.</b> Сетевое моделирование процесса анаэробного сбраживания навоза.....	64

## CONTENTS

### AGRONOMY

	Pages
<b>Abramov A.G., Abramova G.V., Ismail Shaimaa H.A., Shalamova A.A.</b> Increase in the yield of planting material when using the method of lignified cuttings of grapes.....	6
<b>Vafina L.T., Minikaev R.V., Vafin N.F., Sochneva S.V.</b> Theoretical foundations of cultivation of single-species and mixed crops of the eastern goat, taking into account the optimization of mineral nutrition.....	10
<b>Gaffarova L.G., Belyaev S.M.</b> Features of the structure of the soil cover of the northern part of the Aktay-Shentalala landscape low-lying area.....	17
<b>Diabankana R.J., Safin R.I.</b> Evaluation of the influence of the use of biological preparations during the vegetation period on the microbiome of spring wheat seeds.....	22
<b>Lukmanova A.A., Kadyrova F.Z., Safin R.I.</b> Suitability evaluation of different varieties spring wheat for carbon farming.....	27
<b>Mikhailova M.Y.</b> Analysis of productivity and adaptability of corn hybrids of the Federal State Budgetary institution corn research institute in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan.....	34
<b>Suleymanov S.R., Safiollin F.N.</b> Results of testing of spring rapeseed hybrids of KWS company in soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan.....	39
<b>Shakhutdinov F.Sh. , Amirov M.F., Serzhanov I.M., Garaev R.I., Semenov P.G.</b> Productivity of various types of spring wheat depending on the background of nutrition at different seeding rates in the conditions of the Pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan.....	46

### ZOOTECHNICS AND VETERINARY MEDECINE

<b>Lamara M., Zagidullin L.R., Akhmetov T.M., Shaidullin R.R., Tyulkin S.V.</b> The influence of lipid metabolism genes and the age of the first calving on the dairy productivity of tatarstan-type cows.....	52
--	----

### DIGITAL AGRICULTURE

<b>Loginov N.A., Sochneva S.V., Trofimov N.V.</b> Scientific support of innovative development of digital technologies in beekeeping.....	58
<b>Savdur S.N.</b> Network modeling of the process of anaerobic digestion of manure.....	64

**ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ НА УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ВИНОГРАДА****А. Г. Абрамов, Г. В. Абрамова, Х. А. Исмаил Шаимаа, А. А. Шаламова**

**Реферат.** При выращивании саженцев винограда высокого качества требуется эффективная организация производства, направленная на интенсификацию и развитие отрасли. Укоренение винограда одревесневшими черенками представляет собой один из самых эффективных и экономически выгодных способов размножения. В статье приведены результаты трехлетних исследований (2019-2021 гг.) по изучению влияния биологически активных веществ на укореняемость одревесневших черенков винограда. Объектом исследований является сорт винограда Виктория, полученный в результате скрещивания *Vitis amurensis* и *Vitis vinifera* с сортом Сейв Вилар 12-304 в ВНИИВиВ имени Якова Ивановича Потапенко. Изучаемый сорт является столовым с ранним сроком созревания, отличающимся повышенной устойчивостью к милдью, оидиуму и серой гнили. Выдерживает низкие отрицательные температуры до -26...-27°C, с периодом от распускания почек до съемной зрелости 115-120 дней. В ходе эксперимента проводились учёты по нарастанию каллуса, укореняемости и выход стандартных саженцев. При изучении воздействия биологически активных веществ на одревесневшие черенки их обработку проводили салициловой и β-индолилмасляной кислотами в концентрациях 2000 и 3000 мг/л. В результате исследований установлено, что наибольший процент укореняемости был получен на варианте с применением салициловой кислоты в концентрации 2000 мг/л и достигал 84,5% в среднем за три года. Этот же вариант опыта показал максимальный выход стандартных саженцев до 76,3% в среднем за три года.

**Ключевые слова:** одревесневшие черенки, виноград, сорта, укореняемость, концентрации растворов, β-индолилмасляная кислота, салициловая кислота, ауксины, саженцы.

**Введение.** Один из самых эффективных и экономически выгодных способов размножения винограда - укоренение одревесневшими черенками [1, 2]. Основная задача при производстве посадочного материала является получение высококачественных стандартных саженцев, соответствующих ГОСТу [3]. Первый виноградник был заложен в России, первым русским царем из династии Романовых, Михаилом Федоровичем в 1613 году [4]. Продвижению виноградарства в северные регионы России позволил Мичуринский метод акклиматизации [5]. Многие исследователи указывают на то, что виноград положительно влияет на здоровье населения по многим показателям [6, 7]. Виноград очень пластичное и отзывчивое на черенкование растение [8, 9]. В зависимости от климатических условий, способы размножения могут значительно отличаться. Так как способов размножения винограда несколько, и они не отличаются от декоративных и плодовых растений, это и зеленым черенкованием, и отводками. Применяется в селекции и семенное размножение. В основном в нашем регионе применяется размножение одревесневшим черенкованием. В связи с современными тенденциями на дефицит посадочного материала в России, в котором оказался сельскохозяйственный сектор нашей первостепенной задачей первого плана становятся повышение производства посадочного материала [10, 11]. Ауксины, как индол-3-уксусная и индол-3-масляная кислоты – чаще всего используют для стимуляции процесса корнеобразования и роста корней, что способствует устойчивости процесса укоренения и получения гарантированного результата [12, 13, 14].

Целью работы является изучение влияния регуляторов роста на укореняемость одревесневших черенков винограда, для увеличения выхода посадочного материала винограда, техническим результатом, которого является формирование у укореняемых черенков хорошо развитой подземной частью, что позволяет повысить количество и качество саженцев винограда с корнесобственной системой.

Новизна исследований заключается в использовании высокой концентрации изучаемых регуляторов корнеобразования и сокращения время замачивания одревесневших черенков, тем самым дается возможность автоматизации процесса.

**Условия, материалы и методы.** Научные исследования проводились в 2019-2021 году в учебном саду института агроботехнологий и землепользования Казанского ГАУ. Материалом для исследования служили одревесневшие черенки винограда сорта Виктория (выведен во Всероссийском научно-исследовательском институте виноградарства и виноделия имени Я.И. Потапенко), а также растворы β-индолилмасляной кислоты (ИМК) и салициловой кислоты (СК) в концентрациях 2000 и 3000 мг/л. Заготовку одревесневших черенков винограда проводили в третьей декаде октября – первой декаде ноября. Использовали маточные кусты винограда сорта Виктория из коллекции учебного сада Казанского государственного аграрного университета. При хранении черенков в хранилище поддерживали температурный режим 3-5°C [15].

Для приготовления растворов ИМК и СК, 2 и 3 г растворяли в небольшом количестве этанола 95% отдельных 1-литровых колбах, затем объем доводили до 1 л

## АГРОНОМИЯ

с использованием дистиллированной воды, получали рабочие концентрации 2000 и 3000 мг/л.

К исследованиям приступили во второй декаде февраля, когда черенки винограда вышли из состояния глубокого покоя. По методике В.И. Будаговского и уточненной Ю.В. Гурьяновой, непосредственно для укоренения черенков винограда, проводили оценку развития корневой системы [16, 17].

В ходе эксперимента учитывали такие показатели как образование каллуса, процент укореняемости и выход саженцев.

**Результаты и обсуждение.** Обработка черенков регуляторами роста положительно повлияла на образование каллусной ткани на одревесневших черенках винограда. Максимальный процент каллусообразования наблюдался в 2019 году, это объясняется

благоприятными климатическими условиями 2018 года, которые способствовали вызреванию виноградной лозы. Наименьший процент образования каллуса был отмечен в 2020 году на всех вариантах опыта, что так же связано с погодными условиями.

Индолилмасляная кислота (ИМК) в концентрации 2000 мг/л наиболее эффективно повлияла на процесс образования каллуса (77,4%) в среднем за три года наблюдений, результат представлен в таблице 1. Салициловая кислота (СК) в концентрации 2000 мг/л, так же оказала существенное влияние на образование каллусной ткани и в среднем за три года составила 71,1%. Концентрации ИМК и СК 3000 мг/л так же положительно влияла на процесс нарастания каллуса, но существенно уступала показателям с концентрацией 2000 мг/л.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на образование каллуса на черенках винограда сорта Виктория

Вариант	Образование каллуса, %			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее
Контроль	39,6	26,5	31,2	32,4
ИМК 2000 мг/л	81,3	69,8	81,0	77,4
ИМК 3000 мг/л	62,5	60,2	61,4	61,4
СК 2000 мг/л	79,3	63,1	70,9	71,1
СК 3000 мг/л	56,3	46,8	51,0	51,4

Наилучший процент укореняемости был получен в варианте с применением салициловой кислоты 2000 мг/л и составил 84,5%, что выше контрольного варианта на 80,5% (табл. 2). Концентрация салициловой кислоты

3000 мг/л дала прибавку к контролю 51,1%. ИМК в обеих концентрациях положительно повлияла на укореняемость одревесневших черенков винограда, в сравнении с контрольным вариантом, но существенно уступала СК.

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста на укореняемость одревесневших черенков винограда сорта Виктория

Вариант	Укореняемость, %				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	% к контролю
Контроль	50,0	41,8	48,6	46,8	100,0
ИМК 2000 мг/л	68,8	62,4	65,8	65,7	140,4
ИМК 3000 мг/л	56,3	50,4	53,7	53,5	114,3
СК 2000 мг/л	85,4	83,2	84,8	84,5	180,5
СК 3000 мг/л	72,9	68,1	71,1	70,7	151,1

Выход посадочного материала винограда сорта Виктория зависел от применения регуляторов корнеобразования, которые существенно увеличили процент качественных саженцев до 196,1.

Наибольший выход стандартных саженцев

был при обработке одревесневших черенков винограда салициловой кислотой в концентрации 2000 мг/л, что способствовало увеличению выхода стандартных саженцев до 76,3%, в сравнении с контрольным вариантом (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние стимуляторов роста на выход саженцев винограда сорта Виктория

Варианты	Выход саженцев, %.				
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	Среднее	% от контроля
Контроль	42,0	35,4	39,2	38,9	100,0
ИМК 2000 мг/л	60,8	44,7	52,1	52,5	135,0
ИМК 3000 мг/л	48,3	42,5	45,0	45,3	116,4
СК 2000 мг/л	77,4	74,3	77,1	76,3	196,1
СК 3000 мг/л	64,9	59,8	63,5	62,7	161,2

**Выводы.** Изучаемый способ размножения винограда сорта Виктория эффективен, не несет высоких затрат и рекомендуется для производственных целей. Сорт хорошо отзы-

вается на применение стимуляторов корнеобразования при размножении одревесневшим черенкованием. В результате исследований было установлено, что на образование каллуса



лучше всего повлияла индол-3-уксусная кислота в концентрации 2000 мг/л (77,4%), однако укореняемость и максимальный выход саженцев получен при обработке салициловой кислотой в концентрации 2000 мг/л.

#### Литература

1. Исмаил Ш.Х.А., Шаламова А. А., Абрамов А. Г. Влияние салициловой кислоты на регенерационные свойства черенков винограда в условиях защищенного грунта // Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 55. С. 48-51. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-48-51
2. Укореняемость одревесневших черенков винограда под влиянием салициловой кислоты / Ш.Х.А. Исмаил, А. А. Шаламова, А. Г. Абрамов, Г. В. Абрамова // Сборник научных трудов III Международной конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и учащихся – Казанского кооперативного института АНО ОВО ЦС РФ «Российский университет кооперации» Казань: Изд-во «Печать-сервис XXI век». 2019. С. 347- 350.
3. ГОСТ Р 53025-2008 Посадочный материал винограда (саженцы) / Технические условия. М.: Стандартинформ. 2009.
4. Лойко Р. Э. Северный виноград. 300 сортов для выращивания в северной зоне России. – Москва. - ИД МСП, 2011. 256 с.
5. Малтабар Л. М., Казаченко Д. М. Виноградный питомник. Краснодар. 2009. 235 с.
6. Pezzuto J. M. Grapes and human health: A perspective // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56. P. 6777–6784.
7. Select flavonoids and whole juice from purple grapes inhibit platelet function and enhance nitric oxide release / J. E. Freedman, C. Parker, L. Li, J. A. Perlman, et al. // Circulation. 2001. Vol. 103. P. 2792–2798.
8. Alcohol and polyphenolic grape extract inhibit platelet adhesion in flowing blood / D. W. De Lange, W. L. Scholman, R. J. Kraaijenhagen, J. W. Akkerman, A. Van De Wiel // European Journal of Clinical Investigation. 2004. Vol. 34. P. 818–824.
9. Polyphenolic compounds from red grapes acutely improve endothelial function in patients with coronary heart disease / J. Lekakis, L. S. Rallidis, I. Andreadou, et al. // European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. 2005. Vol. 12. P. 596–600.
10. Перелович В. Н. Влияние регуляторов роста на корнеобразование одревесневших черенков винограда // Эпоха науки, 2019. № 20. С. 56-60.
11. Радчевский П. П., Зайцев А. С. Настольная книга виноградаря. Краснодар: Советская Кубань. 2004. 415 с.
12. Исмаил Ш.Х.А., Шаламова А. А., Абрамов А. Г. Влияние калиевой соли индол-3-уксусной кислоты на укореняемость одревесневших черенков винограда // Вестник Казанского ГАУ. 2020. Т.15. № 1(57). С. 5-9. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-5-9
13. Радчевский П. П. Особенности проявления регенерационной способности у черенков технических сортов винограда селекции Института винограда и вина «Магарач» - первенец Магарача, подарок Магарача и цитронный Магарач. – Научный журнал Кубанский ГАУ. 2015. №114 (10). С. 1-22.
14. Сулиман А. А., Абрамов А. Г. Влияние индол-3-масляной кислоты и хлормеквата хлорида на рост растений томата // Овощи России, 2020. № 1. С. 50-53. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-1-50-53
15. Лойко Р. Э. Северный виноград. – М.: Издательский дом МСП. 2003. 255 с.
16. Гурьянова Ю. В. Укоренение одревесневших черенков винограда некоторых сортов с применением стимуляторов корнеобразования // Вестник МичГАУ. 2007. № 1. С.27-32.
17. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Г.А. Лобанова. Мичуринск. 1973.

#### Сведения об авторах:

Абрамов Александр Геннадьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: gal4959@yandex.ru  
 Абрамова Галина Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: gal4959@yandex.ru  
 Исмаил Шаимаа Хельми Абдельхалеем - аспирант, e-mail: shaymaagri@gmail.com  
 Шаламова Анна Алексеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: a6685025a@yandex.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

#### INCREASE IN THE YIELD OF PLANTING MATERIAL WHEN USING THE METHOD OF LIGNIFIED CUTTINGS OF GRAPES

A. G. Abramov, G. V. Abramova, H. A. Ismail Shaimaa, A. A. Shalamova

**Abstract.** When growing high quality grape seedlings, an effective organization of production is required, aimed at intensifying and developing the industry. Rooting grapes with lignified cuttings is one of the most effective and cost-effective methods of reproduction. The article presents the results of three-year studies (2019-2021) on the study of the effect of biologically active substances on the rooting of lignified grape cuttings. The object of research is the grape variety Victoria, obtained by crossing *Vitis amurensis* and *Vitis vinifera* with the variety Save Vilar 12-304 at the VNIIViV named after Yakov Ivanovich Potapenko. The studied variety is a table variety with an early ripening period, characterized by increased resistance to mildew, oidium and gray rot. Withstands low negative temperatures down to -26 ... -27°C, with a period from bud break to removable maturity of 115-120 days. During the experiment, records were made on the growth of callus, rooting and output of standard seedlings. When studying the effect of biologically active substances on lignified cuttings, they were treated with salicylic and  $\beta$ -indolylbutyric acids at concentrations of 2000 and 3000 mg/L. As a result of the research, it was found that the highest percentage of rooting was obtained in the variant with the use of salicylic acid at a concentration of 2000 mg/l and reached 84.5% on average over three years. The same variant of the experiment showed the maximum yield of standard seedlings up to 76.3% on average over three years.

**Key words:** lignified cuttings, grapes, varieties, rooting rate, solution concentrations,  $\beta$ -indolylbutyric acid, salicylic acid, auxins, seedlings.

#### References

1. Ismail Sh.Kh. A., Shalamova A. A., Abramov A. G. Influence of salicylic acid on the regenerative properties of grape cuttings in protected ground // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2020. № 55. S. 48-51.

DOI: 10.12737/2073-0462-2020-48-51

2. Rooting of lignified grape cuttings under the influence of salicylic acid / Sh.Kh.A. Ismail, A.A. Shalamova, A.G. Abramov, G.V. Abramova // Collection of scientific papers of the III International Conference of Young Scientists, Post-graduates, Students and Pupils - Kazan Cooperative Institute ANO OVO CS RF "Russian University of Cooperation" Kazan: Publishing house "Print-service XXI century". 2019, pp. 347-350.

3. GOST R 53025-2008 Planting material for grapes (seedlings) / Specifications. M.: Standartinform. 2009.

4. Loiko R. E. Northern grapes. 300 varieties for cultivation in the northern zone of Russia. Moscow. - ID SME, 2011. 256 p.

5. Maltabar L. M., Kazachenko D. M. Grape nursery. Krasnodar. 2009. 235 p.

6. Pezzuto J. M. Grapes and human health: A perspective // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56. P. 6777–6784.

7. Select flavonoids and whole juice from purple grapes inhibit platelet function and enhance nitric oxide release / J. E. Freedman, C. Parker, L. Li, J. A. Perlman, et al. // Circulation. 2001. Vol. 103. P. 2792–2798.

8. Alcohol and polyphenolic grape extract inhibit platelet adhesion in flowing blood / D. W. De Lange, W. L. Scholman, R. J. Kraaijenhagen, J. W. Akkerman, A. Van De Wiel // European Journal of Clinical Investigation. 2004. Vol. 34. P. 818–824.

9. Polyphenolic compounds from red grapes acutely improve endothelial function in patients with coronary heart disease / J. Lekakis, L. S. Rallidis, I. Andreadou, et al. // European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. 2005. Vol. 12. P. 596–600.

10. Perelovich V. N. Influence of growth regulators on root formation of lignified grape cuttings. - Epoch of Science, 2019. No. 20. P. 56-60.

11. Radchevsky P. P., Zaitsev A. S. Handbook of the winegrower. Krasnodar: Soviet Kuban. 2004. 415 p.

12. Ismail Ismail Sh.Kh.A., Shalamova A. A., Abramov A. G. Influence of potassium salt of indole-3-acetic acid on the rooting of lignified grape cuttings // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2020. V.15. No. 1(57). pp. 5-9. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-5-9

13. Radchevsky P. P. Peculiarities of the manifestation of regenerative capacity in cuttings of technical grape varieties bred by the Institute of Vine and Wine "Magarach" - the firstborn of Magarach, Magarach's gift and citron Magarach. Scientific journal Kuban State Agrarian University. 2015. No. 114 (10). pp. 1-22.

14. Suliman A. A., Abramov A. G. Influence of indole-3-butyric acid and chlormequat chloride on the growth of tomato plants // Vegetables of Russia, 2020. No. 1. P. 50-53. DOI: 10.18619/2072-9146-2020-1-50-53

15. Loiko R. E. Northern grape. M.: Publishing House of SMEs. 2003. 255 p.

16. Guryanova Yu. V. Rooting of lignified cuttings of grapes of some varieties with the use of root formation stimulants // Bulletin of MICHGAU. 2007. No. 1. pp.27-32.

17. Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops / edited by G.A. Lobanov. Michurinsk. 1973.

**Authors:**

Abramov Alexander Gennadievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: gal4959@yandex.ru

Abramova Galina Viktorovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: gal4959@yandex.ru

Ismail Shaimaa Helmi Abdelhaleem - graduate student, e-mail: shaymaaagri@gmail.com

Shalamova Anna Alekseevna – Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: a6685025a@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОСНОВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ  
КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО С УЧЕТОМ ОПТИМИЗАЦИИ  
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ****Л. Т. Вафина, Р. В. Миникаев, Н. Ф. Вафин, С. В. Сочнева**

**Реферат.** Корма, приготовленные из многолетних трав, представляют наибольшую ценность для животноводства. Они хорошо усваиваются, так как содержат все необходимые питательные вещества в соотношениях, которые наилучшим образом соответствуют зоотехническим требованиям. Кроме того, отсутствие ежегодных затрат на обработку почвы и посев, а также способность многолетних трав формировать 3 укоса на орошении и 2 без полива, позволяют получать корма с наименьшими затратами. Самое главное, многолетние травы обладают уникальной способностью повышать плодородие почвы и улучшать ее структурный состав, что является неопределимым преимуществом в условиях непомерной дороговизны и дефицита удобрений. В связи с этим необходимо пересмотреть структуру посевных площадей кормовых культур в сторону увеличения площади многолетних трав до 25% пашни против 15-18% в настоящее время (0,8-0,9 га на 1 условную голову крупного рогатого скота). С учетом вышеизложенного в данной статье представлены обобщенные результаты полевых опытов по изучению ценоотической активности и питательной ценности козлятниковых агроценозов в условиях Республики Татарстан. Применение расчетных норм тукоосмесей на планируемые урожаи 300, 350, 400 ц/га зеленой массы пропорционально повышает продуктивность объектов исследований: одновидовых посевов козлятника восточного от 203 ц/га на контроле до 307 ц/га на последнем варианте опыта (планируемая урожайность 400 ц/га зеленой массы); козлятниково-клеверных травостоев от 244 ц/га на контроле до 348 ц/га; бобово-мятликовых лугов от 250 ц/га на контроле до 354 ц/га. Однако самая высокая окупаемость кг NPK как зеленой массой, так и сухим веществом обеспечивается при внесении расчетных норм удобрений на планируемую урожайность 350 ц/га биомассы.

**Ключевые слова:** козлятник восточный, ботанический состав, питательная ценность кормов, переваримый протеин, сахаро-протеиновое соотношение.

**Введение.** С учетом роли многолетних трав в биологизации земледелия в системе полевых севооборотов площадь зернобобовых трав в Республике Татарстан должна быть доведена до 390 тыс. га, в том числе люцерны – 250 тыс. га, клевера – 50, эспарцета песчаного на наклонных малоплодородных землях – 65 и скороспелый козлятник восточный – 75 тыс. га.

С другой стороны, разработка оптимальной системы удобрения для любой культуры, в том числе и объекта нашего исследования, очень важна в связи с тем, что за годы перестройки отпускная цена на минеральные удобрения выросла в десятки раз, и уже давно превысила закупочную цену зерна яровой пшеницы. Поэтому специалисты хозяйств в первую очередь используют минеральные удобрения для тех культур (озимая рожь, озимая пшеница, гречиха, просо, картофель, сахарная свекла, рапс и т.д.), от продажи которых они планируют получить хотя бы небольшую, но гарантированную прибыль [1, 2, 3].

Что касается агроценоза козлятника и его смешанных посевов, то ситуация усугубляется тем, что среди ученых и практиков бытует мнение, притом устойчивое, о неэффективности применения минеральных удобрений на таких лугах, поскольку, по их мнению, они способны сами обеспечивать себя питательными веществами благодаря их мощным глубоко проникающим физиологически активным корневым системам [4, 5]. Поэтому в современных условиях изучение целесообразности применения минеральных удобрений

на посевах многолетних трав становится особенно актуальным [6, 7, 8].

В связи с этим целью исследований являлась разработка приемов обеспечения животноводства энергоснасыщенными козлятниковыми кормами на основе оптимизации минерального питания козлятниковых агроценозов с учетом ботанического их состава.

**Условия, материалы и методы.** Основным методом исследований был полевой опыт (2018–2020 гг.), сопровождавшийся следующими наблюдениями, учетами и лабораторными анализами: урожай в опытах учитывали по методике ВНИИ кормов («Методика опытов на сенокосах и пастбищах», 1971); в каждом укосе многолетние травы скашивали косилкой КС-2,1 на высоте среза 5-6 см; сравнение урожайности изучаемых вариантов проводили по сбору зеленой массы с 1 га; фенологические наблюдения проводили на двух несмежных повторностях и вычисляли среднюю дату прохождения фенофаз; статическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа.

**Результаты и обсуждение.** История появления козлятника восточного в Татарстане связана с отделом новых кормовых культур Татарского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Именно его сотрудники А.С. Грузкова и Р.М. Атнаева привезли его в нашу республику в 1976 году и начали тестировать на небольших участках. В среднем за 3 года урожайность нового урожая составила около 30 т/га зеленой массы. 1 кг сухого вещества содержал 175 г переваримого

протеина, но козлятник уступала по урожайности и качеству люцерне [9, 10]. В связи с этим было принято решение прекратить дальнейшую работу над этой культурой.

Он вновь появляется в нашей республике десятилетия спустя, когда О.А. Шайтанов, соискатель кафедры мелиорации и агроэкологии Казанского государственного аграрного университета под руководством профессора Ф.Н. Сафиоллина заложил полевые эксперименты по разработке высокоэффективного травяного звена зеленого конвейера с использованием новых видов бобовых и мятликовых многолетних трав, включая козлятник восточный [11, 12]. Для этого в 1987 году он завез семена этой культуры сорта Гале, штаммы козлятниковых клубеньковых бактерий из Эстонии и провел полноценные производственное его испытание на площади 60 га. С тех пор посевы козлятника начали появляться почти во всех 43 муниципальных районах республики и достигли 30 тысяч га.

Экономическая и хозяйственная целесообразность возделывания козлятника восточного очевидна. Например, по данным Ф.С. Гибадуллиной и ее аспирантов (2008), в килограмме абсолютно сухого веса козлятника восточного содержится более 22% сырого протеина, до 6% сырого жира и 220-230 мг каротина, что на 10-15% выше аналогичных показателей люцерны посевной [9]. Следовательно, трудно переоценить значение козлятника восточного в луговом кормопроизводстве. Он обеспечивает стабильно высокие урожаи высокобелковой биомассы с ранней весны до поздней осени [13, 14, 15].

Поэтому, по расчетам специалистов, заготовка всех видов травяных кормов на одну голову крупного рогатого скота должна быть доведена до 3 тонн сухого вещества с содержанием не менее 15% сырого протеина.

Однако на практике огромные массивы одновременно созревающих многолетних трав, в Среднем Поволжье, в основном это люцерна посевная в смеси с кострцом безостым и овсяницей луговой, в ожидании уборки переставают, несмотря на лихорадочную работу сельчан, резко теряя свою питательную ценность. Например, сено, заготовленное в период бутонизации бобовых трав, содержит 16,2% белка и 22,0% клетчатки, а при уборке тех же трав в фазе полного цветения соответственно 11,2 и 25,8%.

В результате пропуска оптимальных сроков уборки многолетних трав в Республике Татарстан из года в год заготавливается корма низкого качества с содержанием сырого протеина не более 11-12% и концентрацией обменной энергии 8,0-9,2 МДж на 1 кг абсолютно сухого вещества. Таким образом, выращивание бобовых многолетних трав и травосмесей многократного созревания как на орошении, так и на богаре имеет большое значение. Президент Европейской федерации луговых академик Н.Г. Андреев неоднократно

подчеркивал важность решения этой проблемы для всех регионов бывшего СССР как одного из факторов дальнейшей интенсификации кормопроизводства. Позже ряд ученых также пришли к выводу, что приоритетным направлением интенсификации посева трав является их многоукосное использование и оптимизация сроков уборки на основе расширения ассортимента возделываемых многолетних трав [10].

Необходимость создания травяного конвейера в мировой практике особенно остро встает перед Россией и соседних стран. По данным средний размер фермерских хозяйств в Дании составляет 36 га, Франции – 27, Великобритании – 107, США - 187 га. Наибольший средний размер фермерских владений в Канаде составляют 231 га. В то же время их техническая обеспеченность очень высока – 70-80 тракторов на 1000 га сельскохозяйственных угодий. А страны бывшего СССР имеют единственный мировой сельскохозяйственный рекорд – максимальный средний размер однохозяйства в 5-6 тысяч гектаров. В то же время техническая обеспеченность хозяйств составляет менее 20 тракторов на 1000 гектаров, а фермеры в лучшем случае имеют 2-3 трактора на всю площадь.

Фермеры развитых капиталистических стран также заинтересованы в урожайных травосмесях с длительным сроком созревания, которые включают в как раннеспелые, так и позднеспелые виды многолетних трав. Выбор компонентов в этих странах направлен на обеспечение заданного целевого режима использования сенокосов и пастбищ. В состав травосмесей они включают мятликовые и бобовые многолетние травы разных сроков созревания.

Высокое содержание скороспелых трав в смеси краткосрочных пастбищ позволяет использовать травостой в I и II циклах для заготовки сена. Для обработки краткосрочных сенокосов и пастбищ во Франции используются в основном простые двухкомпонентные смеси, где бобовые представлены клевером, а мятликовые – ежой сборной, тимфеевкой луговой, овсяницей тростниковой или райграсом пастбищным.

На сегодняшний день также значительно расширен видовой состав посевных трав в разных регионах Российской Федерации и странах СНГ, разработаны теоретические основы создания зеленых и сырьевых конвейеров из травостоев, созревающих в разное время, технология выращивания которых внедрена в производство.

Также подлежит особому анализу влияние минеральных удобрений на продуктивность объектов исследований. Под действием внесенных расчетных норм минеральных удобрений на получение от 30 до 40 т/га зеленой массы урожайность в первом укосе одновидовых посевов культуры галега возрастает

## АГРОНОМИЯ

от 11,8 до 16,0 т/га, при включении в травосмесь клевера лугового – от 13,6 на контроле до 18,9 (на 39% выше контроля). Особенно на внесение минеральных удобрений отзывчив козлятниково-клеверно-кострецовый

травостой – прибавка урожайности уже в 1-ом укосе на последнем варианте опыта 83 ц/га зеленой массы, что выше контроля (без внесения минеральных удобрений) на 59% (табл. 1).

Таблица 1 - Урожайность 1-го укоса козлятника восточного в чистых и смешанных посевах на разных фонах минерального питания

Виды травостоев	Уровень питания на планируемую урожайность зеленой массы	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка	
			ц/га	%
Одновидовые посевы козлятника восточного	Контроль (без удобрений)	11,8	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	12,4	6	105
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	14,9	31	126
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	16,0	42	135
Козлятник восточный + клевер луговой	Контроль (без удобрений)	13,6	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	14,0	6	103
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	17,3	37	127
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	18,9	48	139
Козлятник восточный + клевер луговой + кострец безостый	Контроль (без удобрений)	14,0	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	17,1	31	122
	350 ц/га(N <sub>76</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	19,4	54	139
	400 ц/га(N <sub>92</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	22,3	83	159
НСР <sub>05</sub> делянок 1 порядка		9,1		
НСР <sub>05</sub> делянок 2 порядка		7,7		
НСР <sub>05</sub> А		4,6		
НСР <sub>05</sub> В		4,4		
НСР <sub>05</sub> АВ		15,2		

На основании анализа урожайности 1-го укоса и темпов накопления биомассы невозможно сделать какие-либо выводы и выработать четкие рекомендации производству по применению минеральных удобрений на посевах козлятника восточного в смеси с другими многолетними травами. Руководителей разных форм собственности на землю, фермеров и отдельных крестьян интересуют не только сроки уборки и темпы накопления зеленой

массы в первом укосе, но и в не меньшей мере им необходимо иметь представление и суммарном урожае культуры галега (табл. 2). Прибавка урожая без ощутимых материальных и денежных затрат 41 ц/га зеленой массы (урожайность одновидового травостоя 20,3 т/га, двухкомпонентного – 24,4), что характерно и для козлятниково-клеверно-кострецового сеяного луга (прибавка 47 ц/га зеленой массы).

Таблица 2 - Урожайность зеленой массы козлятника восточного в одновидовых и смешанных посевах за 2 укоса в зависимости от фона минерального питания

Виды травостоев	Уровень питания на планируемую урожайность зеленой массы	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка	
			ц/га	%
Одновидовые посевы козлятника восточного	Контроль (без удобрений)	20,3	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	21,2	9	104
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	27,6	73	136
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	30,7	104	151
Козлятник восточный + клевер луговой	Контроль (без удобрений)	24,4	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	25,3	9	104
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	31,1	67	127
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	34,8	104	143
Козлятник восточный + клевер луговой + кострец безостый	Контроль (без удобрений)	25,0	-	100
	300 ц/га (N <sub>56</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	28,9	39	116
	350 ц/га(N <sub>76</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	32,2	72	129
	400 ц/га(N <sub>92</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	35,4	104	142
НСР <sub>05</sub> делянок 1 порядка		15,7		
НСР <sub>05</sub> делянок 2 порядка		7,6		
НСР <sub>05</sub> А		7,9		
НСР <sub>05</sub> В		4,4		
НСР <sub>05</sub> АВ		14,7		

Более того, суммарная урожайность за 2 укоса у трехкомпонентного сенокоса на

всех фонах минерального питания была постоянно высокой и в зависимости

## АГРОНОМИЯ

от норм внесения удобрений составила от 25,0 до 35,4 т/га зеленой массы против 20,3-30,7 т/га одновидовых посевов этой культуры. Следует также отметить высокую отзывчивость на внесение минеральных удобрений козлятниково-клеверного травостоя, урожайность зеленой массы которого увеличивается пропорционально расчетным дозам минерального питания: прибавка

урожайности 9; 67; 104 ц/га зеленой массы, что выше контроля на 4-43% соответственно. Однако между содержанием сухого вещества и внесением расчетных норм удобрений на планируемую урожайность козлятниковых агроценозов существует обратная зависимость: чем выше планируемый урожай и расчетные нормы внесения тукосмесей, тем ниже содержание сухого вещества (табл. 3).

Таблица 3 - Влияние минеральных удобрений на содержание сухого вещества и валовой сбор сухой массы козлятниковых агроценозов

Виды травостоев	Уровень питания на планируемую урожайность зеленой массы	Содержание сухого вещества, %	Валовой сбор сухой массы, ц/га	Прибавка сухой массы	
				ц/га	%
Одновидовые посевы козлятника восточного	Контроль (без удобрений)	19,4	39,4	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	19,0	40,3	0,9	102
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	18,1	50,0	10,6	128
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	16,8	51,7	12,3	131
Козлятник восточный + клевер луговой	Контроль (без удобрений)	19,0	46,4	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	18,8	47,6	1,2	102
	350 ц/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	17,7	55,0	8,6	118
	400 ц/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	16,1	56,0	9,6	121
Козлятник восточный + клевер луговой + костреч безостый	Контроль (без удобрений)	21,7	54,2	-	100
	300 ц/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	21,1	61,0	6,8	112
	350 ц/га(N <sub>7</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	20,8	67,0	12,8	124
	400 ц/га(N <sub>9</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	20,6	72,9	18,7	135
НСР <sub>05</sub> деленок 1 порядка			2,8		
НСР <sub>05</sub> деленок 2 порядка			2,0		
НСР <sub>05</sub> А			1,9		
НСР <sub>05</sub> В			1,4		
НСР <sub>05</sub> АВ			2,6		

Так, в одновидовых посевах козлятника восточного под действием минеральных удобрений, внесенных на планируемую урожайность 40 т/га зеленой массы, содержание сухого вещества снижается от 19,4 на контроле до 16,8% (более чем на 2,5%). В зеленой массе козлятниково-клеверного травостоя снижение содержания сухого вещества составило около 3-х %. Из этого ряда исключением является бобово-мятликовые луга (козлятник восточный + клевер луговой + костреч безостый)– без применения минеральных удобрений в зеленой массе содержится 21,7% сухого вещества, а на самом высоком фоне минерального питания – 20,6% (снижение всего на 1,1%). Поэтому, валовой сбор сухой массы в первых двух травостоях на вариантах с внесением тукосмесей на получение 30 т/га зеленой массы нивелируется, и прибавка урожая находится в пределах ошибки опыта. В качестве весомого доказательства в пользу применения минеральных удобрений на чистых и смешанных посевах козлятника восточного можно рассчитать окупаемость каждого внесенного кг NPK (табл. 4). Окупаемость каждого кг NPK зеленой массой весьма высокая и составляет от 45,0 кг до 107,3 кг

в одновидовых посевах культуры галега, от 45,0 кг до 98,5 кг в двухкомпонентных травостоях и от 54,9 кг до 55,8 кг на бобово-мятликовых лугах. Однако в связи с резким снижением в зеленой массе содержания сухого вещества внесение расчетных норм минеральных удобрений на планируемую урожайность свыше 35 т/га приводит к снижению окупаемости NPK до 7,8-10 кг сухой массы против 13-15 кг на третьем варианте опыта (9-10 кг кормовых единиц на 1 кг NPK). Для сравнения отметим, что в среднем по Республике Татарстан окупаемость 1 кг д.в. на посевах яровой пшеницы не превышает 4-5 кг зерна.

**Выводы.** В целях формирования высококорослого травостоя, создания травяного звена зеленого конвейера, обеспечивающего равномерное поступление биомассы в каждом хозяйстве, необходимо иметь 3 вида козлятниковых агроценозов:

1. козлятник восточный в смеси с клевером луговым для раннего срока использования;
2. одновидовые посевы козлятника восточного для среднего срока использования;
3. козлятниково-клеверо-кострецовые луга для позднего срока использования.

Таблица 4 - Окупаемость минеральных удобрений, применяемых на козлятниковых агроценозах

Виды травостоев	Уровень питания на планируемую урожайность зеленой массы	Окупаемость NPK, кг/га	
		зеленой массой	сухой массой
Одновидовые посеы козлятника восточного	Контроль (без удобрений)	-	-
	30 т/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	45	4,5
	35 т/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	107,3	15,6
	40 т/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	84,5	10,0
Козлятник восточный + клевер луговой	Контроль (без удобрений)	-	-
	30т/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	45	6,0
	35 т/га(N <sub>15</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	98,5	12,6
	40 т/га(N <sub>25</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	84,5	7,8
Козлятник восточный + клевер луговой + кострец безостый	Контроль (без удобрений)	-	-
	30 т/га (N <sub>5</sub> P <sub>15</sub> K <sub>0</sub> )	54,9	9,6
	35 т/га(N <sub>7</sub> P <sub>24</sub> K <sub>29</sub> )	55,8	9,9
	40 т/га(N <sub>9</sub> P <sub>34</sub> K <sub>64</sub> )	54,7	9,8

Козлятниковые агроценозы, возделываемые на оптимальных фонах питания, отличаются очень высоким содержанием сырого протеина (18,6-23,4%), сырого жира (3,4-4,1%), молибдена (0,31-0,34 мг/кг абсолютно сухой массы). В то же время, в кормах снижается содержание сырой клетчатки, меди и, самое главное – суммы сахаров, что является основной причиной несбалансированности сахара-протеинового соотношения.

Козлятниковое, козлятниково-клеверное и козлятниково-клеверо-кострецовое растительное сырье с низким содержанием суммы сахаров, но высоконасыщенное переваримым протеином лучше всего использовать в качестве высокобелковой ночной подкормки животных или же для заготовки кормов (сено, сенаж, травяная мука, гранулы и др.) на зимний период, когда в рацион животных включают кормовую, сахарную свеклу, сено, силос, сенаж из сорго-суданской травы, райграса и других культур, насыщенных сахарами.

Таким образом, под действием минеральных удобрений урожайность зеленой массы изучаемых травостоев возрастает пропорционально норм их внесения, но на последнем варианте опыта (расчетные нормы

минеральных удобрений под планируемую урожайность зеленой массы 40,0 т/га) их окупаемость существенно снижается. Следовательно, в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан с точки зрения окупаемости минеральных удобрений расчетные нормы их внесения должны устанавливаться на получение не более 35 т/га зеленой массы козлятника восточного в чистых и смешанных посевах с клевером луговым или же с клевером луговым и кострцом безостым.

Кроме максимального сбора высококачественной зеленой массы в современных условиях возникает еще одна не менее важная проблема – непрерывное обеспечение животных в летний период (период большого молока) дешевыми зелеными кормами, а кормопроизводство – сырьем для заготовки кормов на зимний период. Главным условием решения данной задачи является интродукция новых видов многолетних трав, обеспечивающих получение полноценных двух укосов.

Эти качества обусловлены как биологическими особенностями многолетних трав, так и условиями внешней среды (осадки, термические ресурсы, наличие элементов питания и др.).

#### Литература

1. Вафина Л. Т., Сафиоллин Ф. Н. Сравнительная оценка продуктивности чистых и смешанных посевов козлятника Восточного на разных фонах минерального питания // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5. № 4(18). С. 134-138.
2. Сафиоллин Ф. Н., Хисматуллин М. М., Вафин Н. Ф. Уход за посевами козлятника восточного // Сельский механизатор. 2017. № 6. С. 22-24.
3. Гибадуллина Ф. С., Тагиров М. Ш. Повышение продуктивности действия кормов из многолетних трав // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 84-87.
4. Влияние минеральных удобрений на качество корма козлятниковых агроценозов / Г.С. Миннулин, Л.Т. Вафина, Н.Ф. Вафин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4(38). С. 81-83. – DOI 10.12737/17623.
5. Эффективность применения расчетных доз минеральных удобрений на люцерно-райграсовых лугах Среднего Поволжья / М.М. Хисматуллин, С.В. Сочнева, Н.В. Трофимов, Ф.Н. Сафиоллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1(48). С. 78-82.
6. Сафиоллин Ф.Н., Миннуллин Г. С., Трофимов Н. В. Основные факторы формирования урожая семян овсяницы луговой на серых лесных почвах республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 1(31). С. 144-148.
7. Экономическая эффективность использования биологических препаратов в технологии возделывания многолетних трав / М. М. Хисматуллин, Ф. Н. Сафиоллин, А. С. Лукин, Ф. Н. Мухаметгалиев // Финансовый бизнес. 2021. № 3(213). С. 183-187.

8. Хисматуллин М. М. Ресурсосберегающие технологии мелиорирования лугов лесостепи Среднего Поволжья: монография. Казань, 2012. 300 с.

9. Гибадуллина Ф. С., Алексеева М. В., Васильев С. П. Питательная ценность бобовых трав // Научное обеспечение устойчивого ведения сельскохозяйственного производства в условиях глобального изменения климата: материалы междунар. научно-практич. конф., посвященной 90-летию ТатНИИСХ. Казань: Фолиантъ, 2010. С. 711-716.

10. Зотов А. А., Хисматуллин М. М. Улучшение и использование природных сенокосов и пастбищ Среднего Поволжья. Казань, 2012. 266 с.

11. Миникаев Р. В., Фатихов Д. А. Значение предшественников в условиях интенсификации производства зерна в условиях Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1(55). С. 74-79.

12. Каримов Х. З., Валиуллин М. М., Миникаев Р. В. Технологические приемы получения устойчивых урожаев семян люцерны сорта Сарга // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4-2(47). С. 13-14.

13. Продуктивность сельскохозяйственных культур при применении биопрепаратов на основе ризосферных бактерий (PGPR) / Л. З. Каримова, Л. С. Нижегородцева, В. А. Колесар и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № S4-1(55). С. 52-58.

14. Сабирова Р. М., Шакиров Р. С., Бикмухаметов З. М. Биоплант Флора - удобрение нового поколения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14, № 2(53). С. 37-42.

15. Пахомова В. М., Даминова А.И. Микроудобрения марки ЖУСС как результат конвергентных знаний // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1(55). С. 92-95.

**Сведения об авторах:**

Вафина Лилия Талгатовна\* - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: liliya4513@mail.ru

Миникаев Рогать Вагизович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: ragat@mail.ru

Вафин Нияз Фоатович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: kgau138@mail.ru

Сочнева Светлана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: sochneva.svl@mail.ru  
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF CULTIVATION OF SINGLE-SPECIES AND MIXED CROPS OF THE EASTERN GOAT, TAKING INTO ACCOUNT THE OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION**

**L. T. Vafina, R. V. Minikaev, N. F. Vafin, S. V. Sochneva**

**Abstract.** Feeds prepared from perennial grasses are of the greatest value for animal husbandry. They are well absorbed, as they contain all the necessary nutrients in ratios that best meet the zootechnical requirements. In addition, the absence of annual costs for tillage and sowing, as well as the ability of perennial grasses to form 3 mowing with irrigation and 2 without irrigation, allow you to get feed at the lowest cost. Most importantly, perennial herbs have a unique ability to increase soil fertility and improve its structural composition, which is an invaluable advantage in conditions of exorbitant high cost and shortage of fertilizers. In this regard, it is necessary to revise the structure of the acreage of fodder crops in the direction of increasing the area of perennial grasses to 25% of arable land against 15-18% at present (0.8-0.9 hectares per 1 conditional head of cattle). Taking into account the above, this article presents the generalized results of field experiments on the study of the cenotic activity and nutritional value of goat agrocenoses in the conditions of the Republic of Tatarstan. The application of calculated norms of flour mixtures for planned yields of 300, 350, 400 c/ha of green mass proportionally increases the productivity of research objects: single-species crops of Eastern goat from 203 c/ha on control to 307 c/ha on the last version of the experiment (planned yield of 400 c/ha of green mass); goat-clover herbage from 244 c/ha under control up to 348 c/ha; bean-bluegrass meadows from 250 c/ha under control up to 354 c/ha. However, the highest payback of kg of NPK by both green mass and dry matter is provided when applying calculated fertilizer rates for the planned yield of 350 c/ha of biomass.

**Key words:** oriental goat, botanical composition, nutritional value of feed, digestible protein, sugar-protein ratio.

**References**

1. Vafina L. T., Safiollin F. N. Comparative evaluation of the productivity of pure and mixed crops of Eastern goat's rue on different backgrounds of mineral nutrition // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2010. V. 5. No. 4(18). pp. 134-138.

2. Safiollin F. N., Khismatullin M. M., Vafin N. F. Care of crops of eastern goat's rue // Rural mechanic. 2017. No. 6. S. 22-24.

3. Gibadullina F. S., Tagirov M. Sh. Increasing the productivity of fodder from perennial grasses // Achievements of science and technology of the APK. 2016. V. 30. No. 7. S. 84-87.

4. Influence of mineral fertilizers on the quality of fodder in goat's rue agrocenoses / G. S. Minnullin, L. T. Vafina, N. F. Vafin, et al. // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2015. V. 10. No. 4(38). pp. 81-83. – DOI 10.12737/17623.

5. Efficiency of application of calculated doses of mineral fertilizers on alfalfa-ryegrass meadows of the Middle Volga region / M. M. Khismatullin, S. V. Sochneva, N. V. Trofimov, F. N. Safiollin // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2018. V. 13. No. 1(48). pp. 78-82.

6. Safiollin F. N., Minnullin G. S., Trofimov N. V. The main factors in the formation of seed yield of meadow fescue on gray forest soils of the Republic of Tatarstan // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2014. V. 9. No. 1(31). pp. 144-148.

7. Economic efficiency of the use of biological preparations in the technology of cultivation of perennial grasses / M. M. Khismatullin, F. N. Safiollin, A. S. Lukin, F. N. Mukhametgaliev // Financial business. 2021. No. 3(213). pp. 183-187.

8. Khismatullin M. M. Resource-saving technologies for melioration of forest-steppe meadows of the Middle Volga region: monograph. Kazan, 2012. 300 p.

9. Gibadullina F. S., Alekseeva M. V., Vasiliev S. P. Nutritional value of legumes // Scientific support for sustainable agricultural production in the context of global climate change: materials of the international. scientific and practical. Conf. dedicated to the 90th anniversary of the TatNIISH. Kazan: Foliant, 2010. S. 711-716.

10. Zotov A. A., Khismatullin M. M. Improvement and use of natural hayfields and pastures of the Middle Volga re-



gion. Kazan, 2012. 266 p.

11. Minikaev R. V., Fatikhov D. A. The importance of precursors in the conditions of intensification of grain production in the Republic of Tatarstan // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14, no. S4-1(55). pp. 74-79.

12. Karimov H. Z., Valiullin M. M., Minikaev R. V. Technological techniques for obtaining stable yields of alfalfa seeds of the Sarga variety // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2017. Vol. 12, No. 4-2(47). pp. 13-14.

13. Productivity of agricultural crops when using biologics based on rhizospheric bacteria (PGPR) / L. Z. Karimova, L. S. Nizhegorodtseva, V. A. Kolesar, et al. // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14, no. S4-1(55). pp. 52-58.

14. Sabirova R. M., Shakirov R. S., Bikmukhametov Z. M. Bioplant Flora - a new generation fertilizer // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14, No. 2(53). pp. 37-42.

15. Pakhomova V. M., Daminova A.I. Micronutrients of the ZHUSS brand as a result of convergent knowledge // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2019. Vol. 14, no. S4-1(55). pp. 92-95.

**Authors:**

Vafina Lilia Talgatovna - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: liliya4513@mail.ru

Minikaev Rogat Vagizovich – Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department, e-mail: ragat@mail.ru

Vafin Niyaz Foatovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: kgau138@mail.ru

Sochneva Svetlana Viktorovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: sochneva.sv1@mail.ru  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ АКТАЙ-ШЕНТАЛИНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО НИЗМЕННОГО РАЙОНА****Л. Г. Гаффарова, С. М. Беляев**

**Реферат.** Показаны результаты анализа материалов крупномасштабного почвенного и агрохимического обследования, морфологического строения и свойств представителей лесостепных почв северной части Актай-Шенталинского ландшафтного низменного района Республики Татарстан. Территория представляет собой слаборасчлененную полигенетическую равнину с абсолютными высотами 140-150 м. Коренные отложения имеют песчано-суглинистые слои неогена и плейстоцена, перекрытые плащами четвертичных делювиальных суглинков, мощностью до 20-21 м. В почвенном покрове преобладают черноземы выщелоченные среднemosные, что составляет 52,6% от площади, черноземы типичные маломощные и среднemosные – 39,6%, черноземы оподзоленные среднemosные – 2,7%, серые лесные – 4,8%. Содержание гумуса в агрогенном горизонте типичных черноземов среднее – 4,2-5,2%, а в выщелоченных черноземах колеблется от 4,6% у слабосмытого аналога до 5,4% у полнопрофильных представителей, где содержание гумуса постепенно убывает к почвообразующей породе. Потенциальные запасы гумуса изучаемых подтипов черноземов по данным типичных разрезов находятся в диапазоне от 230 т/га до 462 т/га. По данным материалов агрохимического обследования за 1972-2021 годы, в пахотном горизонте динамика содержания подвижных форм фосфора составляла от 103 мг/кг до 158 мг/кг. Средневзвешенное количество подвижного калия постепенно снижалось с 140 мг/кг до 101 мг/кг почвы. Фактическая урожайность яровой пшеницы и динамика содержания подвижных форм калия за годы наблюдения имеют достоверную корреляционную связь между собой. Полученные уравнения регрессии можно применять при прогнозировании урожайности яровой пшеницы на данной территории. Согласно полученным результатам, на каждый гектар пашни за 51 год поступило с органическими и минеральными удобрениями около 149,9 кг фосфора и поскольку он малоподвижен и труднорастворим, это привело к его накоплению в почвах территории. Баланс калия отрицательный и составил – 775,9 кг.

**Ключевые слова:** морфологическое строение, гранулометрический состав, содержание гумуса, запасы гумуса, сумма поглощенных оснований, агрочерноземы.

**Введение.** Как показывает мировой опыт, сохранение и повышение плодородия почв возможно только при общем учете всех необходимых условий для роста и развития сельскохозяйственных культур и при проведении всех агротехнических, организационных, фитосанитарных, агрохимических, мелиоративных и противоэрозионных мероприятий. Только в таком случае все потребности растений в питательных элементах и условиях внешней среды будут удовлетворены, а также будет обеспечена безопасность сельскохозяйственных культур при негативных изменениях свойств почв, их деградации [1, 2, 3].

Современное земледелие должно учитывать рекомендации по адаптивному регулированию плодородия различных типов почв [4], научно обосновано применять минеральные и органические удобрения, мелиоранты, а также осуществлять регулярный мониторинг почвенного покрова [5, 6, 7]. Так, применение ресурсосберегающих технологий может негативно сказаться на плотности почвы, привести их к чрезмерному переуплотнению [8, 9].

Данные усилия дают возможность не только управлять продуктивностью агроценозов, но и повышают нагрузку на почвенный покров. По этой причине необходимо иметь точную и достоверную информацию о почвенных свойствах и морфологических измерениях объекта. В связи с этим существует необходимость проведения оценки состояния плодородия почв, а также разработки теоретических и

практических подходов к оптимизации ее свойств и признаков [10, 11].

При сельскохозяйственном использовании направленность почвообразовательного процесса может принять необратимый характер, который ведет к утрате экологических функций почвы. Другие компоненты экосистемы находясь в динамическом равновесии с антропогенно преобразованной почвой меняются, что в свою очередь может привести к эволюционным процессам в данной агроэкосистеме. Представителем почвенного эталона, который отражает в полной степени сочетание факторов почвообразования и благоприятных свойств почв является чернозем [1].

Лесостепная зона в изучаемом ландшафте характеризуется в структуре почвенного покрова четырехкомпонентной пятнистостью черноземов оподзоленных, выщелоченных и типичных подтипов и серых лесных почв.

Свойства черноземных почв зависят от различных признаков в пределах каждого подтипа. К таким признакам относятся: мощность гумусовых горизонтов, содержание гумуса, гранулометрический состав почвы, уровень окультуривания почв, степень солонцеватости и карбонатности, степень эродированности, а также свойства почвообразующих пород [2].

Обеспеченность черноземных почв общими запасами элементов питания, а также благоприятный водный режим, создают благоприятные условия для высокого запаса гумуса в почве и мощность гумусовых горизонтов.

В связи с чем в черноземах наблюдается взаимосвязь между мощностью гумусового слоя, запасами гумуса и урожаем сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – оценить состояние плодородия пахотных почв и динамику изменения агрохимических показателей представителей лесостепных почв северной части Актай-Шенталинского ландшафтного низменного района Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** Территория относится к суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоне, представляет собой слаборасчлененную полигенетическую равнину с абсолютными высотами 140-150 м. Коренные отложения имеют песчано-суглинистые слои неогена и плейстоцена, перекрытые плащами четвертичных делювиальных суглинков, мощностью до 20-21 м [12]. Благодаря широкому развитию черноземов, почвенная эрозия слабая, доминируют

слабосмытые аналоги, гранулометрический состав, преимущественно глинистый и тяжелосуглинистый (86%) с небольшими вкраплениями средних и легких суглинков, преобладают черноземные почвы [13]. Погода характерна для умеренно-континентального климата. В почвенном покрове преобладают черноземы выщелоченные среднетощные, которые составляют 52,6% от площади, черноземы типичные маломощные и среднетощные – 39,6%, черноземы оподзоленные среднетощные – 2,7%, серые лесные – 4,8 %.

**Результаты и обсуждение.** Типичные черноземы широко распространены на плоских водоразделах и прилегающих к ним склонах на породах плитняков известняка и продуктах разрушения известково-мергелистых пород пермской системы со слабовыраженным микрорельефом. Среди них чаще встречаются маломощные и среднетощные виды (табл.1).

Таблица 1 - Морфологическое строение и агрохимические свойства чернозема типичного

Таксоны почв	Горизонт	Мощность горизонта, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг
Чернозем типичный малогумусный маломощный тяжелосуглинистый	A <sub>п</sub>	0-20	4,7	5,2	103	135
	AB	20-35	3,8	5,4	99	66
	B <sub>1</sub>	35-70	1,5	5,9	111	66
Чернозем типичный малогумусный среднетощный тяжелосуглинистый	A <sub>п</sub>	0-25	5,2	5,0	144	79
	A <sub>1</sub>	25-40	4,6	5,3	141	59
	AB	40-65	3,9	5,9	121	72
	B <sub>1</sub>	65-80	2,0	6,0	152	72
Чернозем типичный малогумусный среднетощный тяжелосуглинистый слабосмытый	B <sub>2</sub>	80-120	1,2	6,3	184	66
	A <sub>п</sub>	0-25	5,0	5,4	100	62
	A <sub>1</sub>	25-50	4,6	5,4	102	59
	AB	50-60	2,0	5,5	132	72
Чернозем типичный малогумусный среднетощный среднесуглинистый	B <sub>1</sub>	60-80	1,7	6,2	141	72
	A <sub>п</sub>	0-30	4,2	5,2	163	72
	A <sub>1</sub>	30-60	4,1	5,4	163	69
	AB-78	60-78	3,6	6,0	156	79
	B <sub>1</sub> 78-120	78-120	1,5	6,1	170	76

Для данного чернозема характерно постепенное и закономерное увеличение pH солевой вытяжки от верхних горизонтов к нижним. Пахотные горизонты заметно подкисляются под воздействием агрогенеза, имея слабощелочную реакцию среды. В переходных горизонтах достигая близко к нейтральной или нейтральной реакции среды.

Содержание гумуса типичных черноземов среднее и составляет 4,2-5,2%, снижение на 0,2% в слабосмытых представителях, гумус постепенно убывает по профилю, что характерно для черноземов. Запасы гумуса в слое 0-100 см средние в интервале от 233,9 до 386 т/га. Степень обеспеченности почвы подвижным фосфором повышенная, в отдельных случаях высокая, так как находится в пределах 100-163 мг/кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, степень обеспеченности обменным калием от средних до высоких значений и равна – 62-135 мг/кг. Содержание карбонатов в виде псевдомицеля

увеличивается на глубине 70-120 см.

Выщелоченные черноземы имеют наибольшее распространение, большая часть их встречается по верхним частям пологих склонов, водораздельные неширокие увалы. По морфологическому строению, гумусовый горизонт имеет среднюю мощность от 55 до 78 см.

Содержание гумуса в выщелоченных черноземах колеблется от 4,6% у слабосмытого аналога до 5,4%, запасы гумуса в 100 см у слабосмытого аналога – 267 т/га, у полнопрофильных представителей – 325-462 т/га.

Содержание подвижного фосфора в почве существенно варьируется, т.к. составляет диапазон от 46 мг/кг до 282 мг/кг, содержание обменного калия среднее и повышенное – от 59 мг/кг до 125 мг/кг, pH<sub>KCl</sub> находится в слабощелочном интервале, на отдельных участках наблюдается близкая к нейтральной реакция среды – 5,2-6,0 (табл. 2).

## АГРОНОМИЯ

Таблица 2 - Морфологическое строение и агрохимические свойства чернозема выщелоченного

Таксоны почв	Горизонт	Мощность горизонта, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучный среднесуглинистый	A <sub>n</sub>	0-25	5,0	5,4	46	59
	A <sub>1</sub>	25-55	5,0	5,3	50	56
	AB	55-78	3,8	5,6	69	56
	B <sub>1</sub>	78-90	1,5	5,3	104	62
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучный среднесуглинистый слабосмытый	A <sub>n</sub>	0-23	4,6	5,2	99	72
	A <sub>1</sub>	23-46	4,2	5,3	103	69
	AB	46-60	2,4	5,3	144	76
	B <sub>1</sub>	60-85	1,0	5,4	113	83
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучный тяжелосуглинистый	A <sub>n</sub>	0-22	5,4	6,0	282	125
	A <sub>1</sub>	22-45	4,4	6,0	179	76
	AB	45-60	3,7	6,0	160	69
	B <sub>1</sub>	60-78	2,9	6,2	173	83
Чернозем выщелоченный малогумусный среднемогучный тяжелосуглинистый слабосмытый	A <sub>n</sub>	0-20	4,2	5,5	74	72
	A <sub>1</sub>	20-42	4,0	5,5	73	76
	AB	42-55	2,5	5,7	89	62
	B <sub>1</sub>	55-70	1,5	6,1	100	72

Черноземы оподзоленные приурочены к плоскониженным, вогнутым участкам плато или к низинным частям склонов. По морфологическому строению оподзоленные черноземы отличаются от черноземов выщелоченных лишь наличием белесой присыпки в нижней части гумусового горизонта. Содержание

гумуса в этих черноземах, по сравнению с другими подтипами несколько меньше, оно колеблется от 4,2 % в пахотном горизонте и на глубине 40 см – 1,2%, запасы гумуса в метровом слое также снижены – 230 т/га. Значение pH солевой суспензии по всему профилю почвы слабосильное в пределах 5,4-5,0 (табл. 3).

Таблица 3 - Морфологическое строение и агрохимические свойства чернозема оподзоленного

Таксоны почв	Горизонт	Мощность горизонта, см	Гумус, %	pH <sub>KCl</sub>	Фосфор, мг/кг	Калий, мг/кг
Чернозем оподзоленный малогумусный среднемогучный среднесуглинистый	A <sub>n</sub>	0-18	4,2	5,4	119	79
	A <sub>1</sub>	18-40	2,7	5,3	142	92
	AB	40-55	1,2	5,2	178	100
	B <sub>1</sub>	55-70	1,0	5,0	176	112

По данным материалов агрохимического обследования за изучаемый период (1972-2021 годы) проведено 9 туров обследования почв.

Изучена динамика содержания подвижных форм фосфора и калия, pH солевой вытяжки. Так за это время (51 год) динамика по содержанию подвижного фосфора имела волнообразный характер по турам исследования и в период с 1972 по 1999 год содержание подвижного фосфора было от 103 до 158 мг/кг. В дальнейшем наблюдается постепенное снижение содержания подвижного фосфора со 158 до 126 мг/кг, а по данным последнего тура агрохимического обследования динамика положительна (139 мг/кг.).

В ходе анализа вышеприведенный материал, который был представлен в виде временного ряда, обрабатывался методом математической статистики. При обобщении данных использовались такие статистические параметры, как средневзвешенное содержание, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации и ошибка средней арифметической. А также были рассчитаны показатели уравнений регрессии и коэффициенты парной корреляции.

Наличие калия в почвах и земной коре

очень высокое, в литосфере его содержится около 2,60%, а в почвах – 1,36%. Но вследствие промывного водного режима показатели содержания калия в почвах очень изменчивы. Этому свидетельствуют данные агрохимических обследований. За наблюдаемый период средневзвешенное количество подвижного калия постепенно снижается (с 140 мг/кг до 101 мг/кг почвы).

Реакция почвенной суспензии считается значимым фактором для развития и роста растений. При промывном типе водного режима pH водной вытяжки почвы обычно имеет кислую реакцию. В общем, почвы территории обладают оптимальной для роста и развития растений pH средой (5,5-5,8).

По данным обследований за 51 год на 1 гектар пахотных угодий территории внесено 3863,4 кг д.в. NPK, 193,7 тонны органических удобрений. Так агрохимическое состояние почв поддерживается, за счет внесения органических и минеральных удобрений и периодического известкования.

Фактическая урожайность яровой пшеницы варьирует по годам, диапазон колебания составляет 0,89-4,93 т/га. Ведущим фактором варьирования являются почвенно-климатические условия, поэтому в динамике

урожая яровой пшеницы имеются спады, резкие подъемы, что затрудняет оценку продуктивности сельскохозяйственных полей [14, 15]. Например, самая низкая урожайность яровой пшеницы наблюдалась в 1981, 1987, 1988 и 2010 года, так как эти года были засушливые. Параметры урожайности яровой пшеницы (фактической), содержания подвижных элементов - фосфора и калия, сопоставлены между собой и получены коэффициенты корреляции, указывающие на тесноту связи между ними. Средняя арифметическая фактической урожайности яровой пшеницы за 51 год составляет 3,5 т/га.

Коэффициенты корреляции (0,33) имеют умеренную корреляционную связь с фактической урожайностью яровой пшеницы, содержащей подвижные формы фосфора и калия. (статистически достоверные коэффициенты корреляции при объеме выборки 51 пар равно при уровне значимости  $0,05 = 0,29$ ).

С полученным коэффициентом корреляции также было получено уравнение регрессии (1).

$$Уф = -0,049 \times K_2O + 9,57 \text{ (т/га)}, \quad (1)$$

При помощи данных уравнений можно проводить примерное прогнозирование урожайности по данным обеспеченности подвижным калием.

**Выводы.** Потенциальные запасы гумуса изучаемых подтипов черноземов по данным типичных разрезов находятся в диапазоне от 230 т/га до 462 т/га. Согласно полученным результатам, на каждый гектар пашни поступило около 149,9 кг фосфора и поскольку он малоподвижен труднорастворим, это привело к его накоплению в почвах территории. Баланс калия отрицательный и составляет – 775,9 кг.

Для стабилизации и повышения содержания гумуса в черноземных почвах необходимо введение комплекса мероприятий по защите почв от эрозии. В результате смыва верхнего плодородного слоя, значительно уменьшается запасы органического вещества черноземов, ухудшается водный, питательный режимы и физико-химические свойства почвы.

#### Литература

1. Справочник агрохимика / И.Д. Давлятшин, М.Ю. Гилязов, А.А. Лукманов и др. Казань: ООО «МеДДок», 2013. 300 с.
2. Справочник агрохимика Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, И.Д. Давлятшин и др.; под ред. акад. РАСХН П.А. Чекмарева. Казань, 2015. 324 с.
3. Изменение реакции среды почвенного раствора чернозема выщелоченного в связи с длительным применением систем удобрений / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида и др. // Агрохимический вестник. 2016. №3. С. 7-10.
4. Мониторинг плодородия почв Ставропольского края: динамика агрохимических показателей с учетом зональных особенностей почв / В. Н. Ситников, В. П. Егоров, А. Н. Есаулко и др. // Агрохимический вестник. 2018. №4. С. 8-13.
5. Савин И. Ю. Проблема масштаба в современной почвенной картографии // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева, 2019. №97. С. 5-20.
6. Лукин С. В. Мониторинг плодородия пахотных почв Юго-Западной части Центрально-черноземного района России // Агрохимия. 2021. №3. С. 3.
7. Бадин А. Е., Логошина Т. П. Мониторинг плодородия почв Тамбовской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. №10. С. 18-21.
8. Ивойлов А. В. Эффективность удобрения и известкования выщелоченных черноземов. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. 264 с.
9. Влияние основной обработки почв, фаз вегетации озимой пшеницы и глубины слоя почвы на уплотнение агрочернозема / А. М. Гребенников, А. С. Фрид, С. В. Сапрыкин и др. // Агрохимия. 2019. №10. С. 58-63.
10. Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation / M. Wiesmeier, R. Hübner, P. Spörlein, U. Geuß et al. // Global Change Biology. 2014. Vol. 20 (2). P. 653–665. DOI: 10.1111/gcb.12384.
11. Гаффарова Л. Г. Динамика запасов гумуса и прогноз углеродсеквестрирующего потенциала зональных почв Республики Татарстан // Вестник Казанского ГАУ. 2021. №3. С. 19-27.
12. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / О. П. Ермолаев, М. Е. Игонин, А. Ю. Бубнов и др. Казань: «Слово», 2007. 411 с.
13. Красная книга Республики Татарстан / А. Б. Александрова и др. Казань: Изд-во «Фолеант», 2012. 192 с.
14. Михайлова М. Ю., Мухамадиева Х.Х. Формирование урожая зерновых культур с использованием приемов интенсификации в условиях Арского района РТ // Материалы 78-ой студенческой (региональной) научной конференции «Студенческая наука – аграрному производству». Казань: Издательство Казанского ГАУ. 2020. Т. 1. С. 104-109.
15. Амиров М. Ф., Толокнов Д.И. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях республики Татарстан // Плодородие. 2020. №3 (114). С. 6-9.

#### Сведения об авторах:

Гаффарова Лилия Габдулбаровна – кандидат биологических наук, доцент, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru.  
 Беляев Сергей Михайлович – аспирант, e-mail: lero-12@yandex.ru.  
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE SOIL COVER OF THE NORTHERN PART  
OF THE AKTAY-SHENTALA LANDSCAPE LOW - LYING AREA

L. G. Gaffarova, S. M. Belyaev

**Abstract.** The results of the analysis of materials of a large-scale soil and agrochemical survey, morphological structure and properties of representatives of forest-steppe soils of the northern part of the Aktay-Shentalinsky landscape lowland region of the Republic of Tatarstan are shown. The territory is a poorly divided polygenetic plain with absolute heights of 140-150 m. The bedrock deposits have sandy-loamy layers of the Neogene and Pleistocene, overlain by cloaks of Quaternary deluvial loams, up to 20-21 m thick. The soil cover is dominated by leached medium-sized chernozems, which is 52.6% of the area, typical low-power and medium-sized chernozems - 39.6%, podzolized medium-sized chernozems - 2.7%, gray forest - 4.8%. The humus content in the agrogenic horizon of typical chernozems is average - 4.2-5.2%, and in leached chernozems ranges from 4.6% in a slightly washed analogue to 5.4% in full-profile representatives, where the humus content gradually decreases to the soil-forming rock. The potential reserves of humus of the studied subtypes of chernozems according to typical sections are in the range from 230 t/ha to 462 t/ha. According to the materials of the agrochemical survey for 1972-2021, the dynamics of the content of mobile forms of phosphorus in the arable horizon ranged from 103 mg/kg to 158 mg/kg. The weighted average amount of mobile potassium gradually decreased from 140 mg/kg to 101 mg/kg of soil. The actual yield of spring wheat and the dynamics of the content of mobile forms of potassium over the years of observation have a reliable correlation between each other. The obtained regression equations can be used to predict the yield of spring wheat in a given area. According to the results obtained, for each hectare of arable land for 51 years, about 149.9 kg of phosphorus was received with organic and mineral fertilizers, and since it is sedentary and difficult to dissolve, this led to its accumulation in the soils of the territory. The potassium balance is negative and amounted to -775.9 kg.

**Keywords:** morphological structure, granulometric composition, humus content, humus reserves, sum of absorbed bases, agrochernozems.

References

1. Handbook of agrochemicals / I. D. Davlyatshin, M. Y. Gilyazov, A. A. Lukmanov et al. Kazan: LLC "MeDDok", 2013. 300 p.
2. Handbook of agrochemists of the Republic of Tatarstan / P. A. Chekmarev, A. A. Lukmanov, I. D. Davlyatshin et al.; ed. acad. RASKHN P.A. Chekmareva. Kazan, 2015. 324 p.
3. Change in the reaction of the soil solution of leached chernozem in connection with the long-term use of fertilizer systems / Yu. I. Grechishkina, A. N. Esaulko, M. S. Sigida et al. // *Agrochemical Bulletin*. 2016. No. 3. pp. 7-10.
4. Monitoring of soil fertility of the Stavropol Territory: dynamics of agrochemical indicators taking into account zonal features of soils / V. N. Sitnikov, V. P. Egorov, A. N. Esaulko et al. // *Agrochemical Bulletin*. 2018. No. 4. pp. 8-13.
5. Savin I. Yu. The problem of scale in modern soil cartography // *Bulletin of the V. V. Dokuchaev Soil Institute*, 2019. No. 97. pp. 5-20.
6. Lukin S. V. Monitoring the fertility of arable soils in the Southwestern part of the Central Chernozem region of Russia // *Agrochemistry*. 2021. No. 3. p. 3.
7. Badin A. E., Logoshina T. P. Soil fertility monitoring in the Tambov region // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2019. No. 10. pp. 18-21.
8. Ivoilov A. V. Efficiency of fertilization and liming of leached chernozems. Saransk: Publishing House of Mordovians. un-ta, 2015. 264 p.
9. The influence of basic soil treatment, the phases of winter wheat vegetation and the depth of the soil layer on the compaction of agrochernozem / A. M. Grebennikov, A. S. Fried, S. V. Saprykin et al. // *Agrochemistry*. 2019. No. 10. pp. 58-63.
10. Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation / M. Wiesmeier, R. Hübnér, P. Spörlein, U. Geuß et al. // *Global Change Biology*. 2014. Vol. 20 (2). P. 653-665. DOI: 10.1111/gcb.12384.
11. Gaffarova L. G. Dynamics of humus reserves and forecast of carbon-investing potential of zonal soils of the Republic of Tatarstan // *Bulletin of the Kazan State University*. 2021. No. 3. pp. 19-27.
12. Landscapes of the Republic of Tatarstan. Regional landscape and ecological analysis / O. P. Ermolaev, M. E. Igonin, A. Y. Bubnov et al. Kazan: "Slovo", 2007. 411 p.
13. The Red Book of the Republic of Tatarstan / A. B. Alexandrova et al. Kazan: Foleant Publishing House, 2012. 192 p.
14. Mikhailova M. Yu., Mukhamadiyeva H. H. The formation of grain crops using intensification techniques in the conditions of the Arsky district of the Republic of Tatarstan // *Materials of the 78th student (regional) scientific conference "Student science – agricultural production"*. Kazan: Publishing House of Kazan State University. 2020. Vol. 1. pp.104-109.
15. Amirov M. F., Toloknov D. I. Formation of spring wheat harvest depending on the use of mineral fertilizers, trace elements and herbicide in the conditions of the Republic of Tatarstan // *Fertility*. 2020. No.3 (114). pp. 6-9.

Authors:

Gaffarova Liliya Gabdulbarovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: gaffarovalylya@mail.ru.

Beliaev Sergei Mikhailovich – graduate student of Agrochemistry and Soil Science Department, e-mail: lero-12@yandex.ru  
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ  
НА МИКРОБИОМ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ****Р. Ж. Диабанкана, Р. И. Сафин**

**Реферат.** Приводится оценка влияния опрыскивания растений биопрепаратами на суммарный микробиом семян нового урожая. Исследования проводились на трех сорта яровой пшеницы отечественной селекции – Йолдыз, Бурлак и Ульяновская-105. В качестве биологических препаратов использовались препараты на основе штаммов эндофитных бактерий выделенных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS17, *Bacillus velezensis* KS25) и ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38). Обработка посевов яровой пшеницы проводилась в фазу выхода в трубку с использованием нормы расхода биопрепарата 1,0 л/га. Оценка влияния обработок на грибной и бактериальный микробиом проводили с использованием методов количественной ПЦР с определением тотальной (суммарной) ДНК микроорганизмов на единицу веса семян. В большинстве случаев применение обработок эндофитными бактериями снижает величину тотальной ДНК микромицетов на семенах. Среди изучаемых изолятов особенно выделялся штамм *Bacillus subtilis* KS-38, который обеспечил значительное (в 7,7-11,1 раз) уменьшение данного показателя на всех сортах. На сорте Ульяновская 105, существенный эффект (снижение почти в 47 раз), оказало применение *Bacillus mojavensis* PS-17, а на сорте Бурлак – *Bacillus velezensis* KS-31. На сортах Йолдыз и Ульяновская 105 наиболее сильное снижение тотальной ДНК микромицетов отмечалось для эндофитов, полученных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), а на сорте Бурлак – эндофитов из семян ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS-31 и *Bacillus subtilis* KS-38). Снижение суммарной ДНК микромицетов в опытах было обусловлено использованием изучаемых биопрепаратов и в меньшей степени сортовыми особенностями. Для бактериального микробиома проявились сильные отличия между сортами. Достоверный рост показателя тотальной ДНК бактерий на всех изучаемых сортах был у *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Наибольший вклад в изменчивость содержания суммарной ДНК бактерий в семенах оказал сорт (29,9%), а вклад биопрепаратов был ниже (25,5%). В опытах не было обнаружена корреляция между показателями тотальной ДНК микромицетов и бактерий в семенах яровой пшеницы.

**Ключевые слова:** микробиом, бактериальный микробиом, грибной микробиом, эндофитные бактерии, семена, сорта, яровая пшеница.

**Введение.** Анализ существующих тенденций в развитии защиты сельскохозяйственных культур от фитопатогенов и абиотических стрессов позволяет сделать вывод о значительном увеличении значения биологических методов контроля [1, 2, 3]. В основе применения биопрепаратов в биологической защите растений лежит использование различных биологических агентов, представляющих собой различные микроорганизмы или их сочетание (консорциумы) [4]. Выделение и оценка эффективности различных микроорганизмов – потенциальных биоагентов биопрепаратов из различных природных источников, является одной из основных задач, стоящих перед сельскохозяйственной микробиологией и биотехнологией [5, 6].

К числу наиболее перспективных групп микроорганизмов, потенциальных биоагентов биопрепаратов, относятся эндофитные бактерии и грибы [7, 8]. Тесная связь между растением-хозяином и эндофитными микроорганизмами, обусловлена той ролью, которые они играют в различных биохимических и физиологических процессах растительного организма. В частности, установлено положительное влияние эндофитных бактерий на устойчивость растений к абиотическим стрессам и обеспеченность азотом [9], снижение развития инфекционных болезней [10, 11] и повышение урожайности сельскохозяйственных культур [12]. К числу наиболее

широко применяемых биоагентов биопрепаратов относятся и бактерии рода *Bacillus*, обладающих широким спектром активности как в отношении подавления развития фитопатогенов, так и в стимулировании роста и развития различных культурных растений [13, 14, 15].

В последние годы, все большее распространение получила концепция «микробиома», представляющего собой сообщество микроорганизмов, тесно связанное с растением хозяином и оказывающее многостороннее влияние на его рост, развитие и иммунитет [16]. Одной из проблем при применении биопрепаратов становится оценка их влияния на микробиом растений и его различных органов. В частности, отмечено положительное влияние обработки клубней на почвенный микробиом растений картофеля [17]. Вместе с тем, недостаточно изученным оказался вопрос влияния применения биопрепаратов в период вегетации на микробиом семян нового урожая, что и определило необходимость в соответствующих исследованиях.

**Условия, материалы и методы.** В качестве объекта исследований выступали сорта яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L) отечественной селекции – Йолдыз, Бурлак и Ульяновская 105. Сорта выращивались в 2022 году на опытных полях кафедры растениеводства и плодовоовощеводства (руководитель проф. М.Ф. Амиров) Агробиотехнопарка Казанского ГАУ с использованием

агротехнологий рекомендованных зональной системы земледелия. В фазу кущения проводилось опрыскивание растений биопрепаратами с нормой 1,0 л/га по следующей схеме: 1. Контроль – без обработки; 2. *Bacillus mojavensis* PS17; 3. *Bacillus velezensis* KS25; 4. *Bacillus velezensis* KS31. 5. *Bacillus subtilis* KS38. Эндوفитные бактерии *Bacillus mojavensis* PS17 и *Bacillus velezensis* KS25 были выделены из семян пшеницы, а *Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38 – из семян ярового ячменя. Через 2 месяца после уборки были отобраны пробы семян, полученные на каждом из изучаемых вариантов.

#### **Выделение тотальной ДНК из растений.**

Для выделения тотальной ДНК, растительную биомассу перемалывали в жидком азоте с использованием фарфоровой ступки и пестика. Далее 100 мг измельченной биомассы поместили в пробирку, содержащую 1 мл буфера [2% ЦТАБ, 100 mM Tris-HCl (pH 8.0), 1.4 M NaCl и 20 mM ЭДТА]. Смесь инкубировали при температуре 60 °C в течение 1 часа и центрифугировали 5 мин при 10.000 об/мин. Отобранный супернатант помещали в новую стерильную пробирку, в которую дополнительно добавляли 0,7 объема фенола и 1,4 объема хлороформа. Для разделения фаз смесь тщательно перемешивали в течение 1 мин и центрифугировали в течение 5 мин при 13000 об/мин. Полученную водную фазу отбрали и поместили в новую стерильную пробирку. К водной фазе добавили 0,6 объема изопропилового спирта. После тщательного перемешивания (в течение 1 мин), ДНК осаждали центрифугированием при комнатной температуре в режиме 13000 об/мин в течение 5 мин. Осадки дважды промывали 70%-ным этанолом, затем однократно 96%-ным этанолом путем добавления, перемешивания и последующего центрифугирования при 10000 об/мин в течение 1 мин. Осадки высушивали в твердотельном термостате при температуре 55°C и растворяли в 100 мкл ТЕ-буфера [10 mM Tris-HCl, 1 mM ЭДТА (pH 8.0)] при 60°C в течение 20 минут. Для дальнейшей очистки ДНК использовали набор cleanup mini DNA (Евроген, РФ) в соответствии с рекомендациями производителя.

**Приготовление стандартных растворов ДНК для построения калибровочной кривой.** Стандартные растворы ДНК для построения калибровочной кривой были приготовлены на основе чистого фрагмента бета-актина и переменного участка V4 гена 16S-rPHK, которые были амплифицированы из *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) ZUM2407 и *B. mojavensis* PS17, соответственно. Для этого, суммарная ДНК *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ZUM2407 и *B. mojavensis* PS17 была выделена вышеуказанным методом. Амплификацию ДНК проводили в 50 мкл реакционной смеси, содержащей 10 мкл 5X qPCRmix-HS (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией каждого праймера,

10 нг матричной ДНК и воды без нуклеаз. ПЦР амплификация была проведена с использованием прибора Thermal Cycler system (Bio-rad) со следующими условиями: начальная денатурация и активация ДНК-полимеразы при 95°C в течение 3 мин, за которыми следовали 30 ПЦР-циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига 30 сек при 55 °C для праймеров фрагмента гена бета-актина [B-act<sup>F</sup> (5'-ATGTGCAAGGCCGGTTTCGC-3')/B-act<sup>R</sup> (5'-TACGAGTCCTTCTGGCCAT-3')] или 58°C для праймеров участка V4 гена 16S-rPHK [U-F (5'-ACTCCTACGGGAGGAGCAGT-3')/U-R (5'-GTATTACCGCGGCTGTGGCAC-3')], элонгации 30 сек при 72°C с окончательным удлинением при 72°C в течение 5 мин.

Визуализация амплифицированных фрагментов проводилась в 1,25 % агарозном геле, содержащем бромистый этидий (из расчета 5 мкл на 100 мл) в 1X TBE буфере [890 mM Tris-(гидроксиметил) аминотетан, 890 mM борная кислота, 20 mM ЭДТА, pH 8.3]. После электрофореза фрагменты вырезали и очистили с помощью набора Cleanup mini DNA (Евроген, РФ) в соответствии с рекомендациями производителя.

**Оценка обработок на сообщества грибов.** Влияние обработок на растительное сообщество оценивали путем количественной оценки общей грибковой ДНК с помощью количественной ПЦР. Бета-актин был использован в качестве таргетного гена. qPCR проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 5 мкл qPCRmix-HS SYBR (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией прямого и обратного B-act<sup>F</sup>/ B-act<sup>R</sup>, 10 нг матричной ДНК, и воду без нуклеаз. Амплификацию проводили с использованием прибора CFX96 Touch Real-Time PCR (Bio-rad, США) со следующими условиями: начальная денатурация и активация ДНК-полимеразы 95°C в течение 10 мин, за которыми следовали 40 ПЦР-циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига праймеров фрагмента гена бета-актина 15 сек при 61 °C, элонгации 30 сек при 72°C с окончательным удлинением при 72 °C в течение 5 мин. Анализ кривой плавления строили при повышении температуры от 65°C до 95°C с регистрацией интенсивности флуоресценции с шагом 0,5°C (5 секунд на шаг). Стандартные кривые строили путем построения логарифмов значений шести последовательных десятичных разведений очищенного фрагмента ДНК гена бета-актина.

**Влияние обработок на сообщества бактерий.** Влияние обработок на бактериальное сообщество растений оценивали путем количественной оценки общей бактериальной ДНК с помощью количественной ПЦР. Переменный участок V4 гена 16S rPHK бактерии был использован в качестве таргетного гена. QPCR проводили в 25 мкл реакционной смеси,



содержавшей 5 мкл qPCRMix-HS SYBR (Евроген, РФ), 0,4 мкМ конечной концентрацией прямого и обратного U-F/ U-R, 10 нг матричной ДНК, и воду без нуклеаз. Амплификацию проводили с использованием прибора CFX96 Touch Real-Time PCR (Bio-rad, США) со следующими ПЦР-условиями: 95°C в течение 10 мин, за которой следовали 40 циклов включающих в себя этап денатурации по 10 сек при 95°C, отжига праймеров фрагмента гена бета-актина 15 сек при 58°C, элонгации 30 сек при 72°C с окончательным

удлинением при 72°C в течение 5 мин. Анализ кривой плавления строили при повышении температуры от 65°C до 95°C с регистрацией интенсивности флуоресценции с шагом 0,5°C (5 секунд на шаг). Стандартные кривые строили путем построения логарифмов значений пяти последовательных десятичных разведений переменного участка V4 гена 16S рРНК.

**Результаты и обсуждение.** Результаты определения суммарной ДНК грибов в семенах различных сортов яровой пшеницы представлены в таблице 1

Таблица 1 – Содержание тотальной ДНК микромицетов в семенах яровой пшеницы различных сортов (пг/нг тотальной ДНК),  $\times 10^{-7}$  2022 г

Вариант	Йолдыз	Бурлак	Ульяновская 105
Контроль	38,8 ± 1,01	28,9 ± 4,97	46,5 ± 3,52
<i>Bacillus mojavensis</i> PS-17	5,32 ± 0,42	25,6 ± 4,75	0,93 ± 0,06
<i>Bacillus velezensis</i> KS-25	7,23 ± 0,36	12,3 ± 4,99	2,56 ± 0,32
<i>Bacillus velezensis</i> KS-31	30,1 ± 2,13	2,04 ± 0,12	21,2 ± 3,64
<i>Bacillus subtilis</i> KS-38	4,99 ± 0,13	2,55 ± 0,27	5,3 ± 0,39

В результате исследований было установлено, что при применении эндофитных микроорганизмов при опрыскивании, в большинстве случаев отмечается снижение тотальной ДНК микромицетов на семенах, но степень такого воздействия различается между штаммами. Среди изучаемых изолятов особенно выделяется штамм *Bacillus subtilis* KS-38, который обеспечил значительное (в 7,7 -11,1 раз в зависимости от сорта) снижение данного показателя. Для других штаммов, на разных сортах эффект отличался. Так на сорте Ульяновская 105, существенный эффект (снижение почти в 47 раз), оказало применение *Bacillus mojavensis* PS-17, а на сорте Бурлак – *Bacillus velezensis* KS-31. При сравнении эффекта от применения штаммов с точки зрения их происхождения, то также отмечаются различия полученных результатов по сортам.

Так, если на сортах Йолдыз и Ульяновская 105 наиболее сильное снижение тотальной ДНК микромицетов отмечалось для эндофитов, полученных из семян яровой пшеницы (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), то на сорте Бурлак – для эндофитов из семян ярового ячменя (*Bacillus velezensis* KS-31 и *Bacillus subtilis* KS-38). С целью оценки вклада каждого из факторов (сорта, обработка растений) применяли дисперсионный анализ. Результаты оценки показали, что вклад сорта в изменчивость показателя составил менее 1%, а вклад биопрепаратов – 69,4%. Таким образом, снижение суммарной ДНК микромицетов в опытах было обусловлено использованием изучаемых биопрепаратов. В таблице 2 представлены данные по оценке влияния применения биопрепаратов на бактериальный микробиом семян яровой пшеницы.

Таблица 2 – Содержание тотальной ДНК бактерий в семенах яровой пшеницы различных сортов (пг/нг тотальной ДНК),  $\times 10^{-7}$  2022 г

Вариант	Йолдыз	Бурлак	Ульяновская 105
Контроль	19,82 ± 5,86	3,93 ± 0,94	4,11 ± 0,71
<i>Bacillus mojavensis</i> PS-17	38,43 ± 0,56	11,25 ± 3,15	6,29 ± 0,24
<i>Bacillus velezensis</i> KS-25	9,12 ± 1,21	3,94 ± 0,27*	5,52 ± 0,86*
<i>Bacillus velezensis</i> KS-31	47,31 ± 0,73	9,35 ± 2,36	17,64 ± 3,51
<i>Bacillus subtilis</i> KS-38	4,25 ± 0,27	2,47 ± 0,96*	28,11 ± 4,10

Примечание: \* – значения не достоверны в сравнении с контролем при  $P=0,05$ .

В отличие от показателей для микромицетов, для бактериального микробиома проявились значительные отличия между сортами. Так в контроле для сорта Йолдыз показатель содержания ДНК бактерий на семенах был в 4,8-5,0 раз выше, чем у сортов Бурлак и Ульяновская 105. Между изучаемыми штаммами проявились отличия по влиянию на показатель в зависимости от сорта. Достоверный рост показателя на всех изучаемых сортах был у *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Для *Bacillus velezensis* KS-25 показатели были ниже или

на уровне контроля, а для *Bacillus subtilis* KS-38 увеличение отмечалось только на сорте Ульяновская 105. Анализ результатов дисперсионного анализа показал, что наибольший вклад в изменчивость содержания суммарной ДНК бактерий в семенах оказал сорт (29,9%), а вклад биопрепаратов был ниже (25,5%). С точки зрения источников получения эндофитных бактерий, только на сорте Ульяновская 105 некоторое преимущество имели штаммы, выделенные из семян ярового ячменя.

Для оценки зависимости между

значениями тотальной ДНК микромицетов и бактерий был проведен корреляционный анализ, который показал отсутствие тесной корреляции между ними ( $r=0,13$ ).

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что опрыскивание растений яровой пшеницы различными биопрепаратами на основе эндофитных бактерий рода *Bacillus* оказывает различное влияние на грибной и бактериальный микробиом семян. Так, если в отношении микромицетов обработка снижает величину тотальной ДНК, независимо от сорта, то для бактериального микробиома, в первую очередь оказывает влияние сорт, а характер

действия эндофитных бактерий определялся их видом. Увеличение суммарной ДНК бактерий на всех сортах происходило для *Bacillus mojavensis* PS-17 и *Bacillus velezensis* KS-31. Зависимость величины суммарной ДНК микромицетов и бактерий в семенах яровой пшеницы в опытах не обнаружена.

*Работа выполнена в рамках реализации проекта «Генетическая технология селекции микроорганизмов и конструирования консорциумов на их основе для создания биопрепаратов в растениеводстве» (уникальный идентификатор контракта RF-1930.61321X0001).*

#### Литература

1. Петухова М. С., Орлова Н. В. Приоритетные направления научно-технологического развития защиты сельскохозяйственных растений в России и мире // IASJ. 2021. №2.
2. Козлова Е.А. Биологизация систем защиты сельскохозяйственных культур от болезней // Вестник ОрелГАУ. 2022. №1 (94). С. 17-22.
3. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests / S. K.Yuldasheva, M. F. Bekchonova, D.A. Almatova, G. Askarova, K. Numonjon //International scientific journal of Biruni. 2022. №2. С. 114-120.
4. Комарова О. П., Козенко К. Ю., Земляничина С. В. Биологическая защита растений - одно из основных направлений снижения пестицидной нагрузки на агроценозы // МНИЖ. 2021. №9-1 (111). С. 98-102.
5. Перспективы использования псевдомонад, ассоциированных с почвенными лямблицидами, против возбудителей корневых гнилей яровых зерновых / О. М. Минаева, Е. Е. Акимова, Н. Н. Терещенко, А. В. Кравец, Т. И. Зюбанова, М. В. Апеньшева // Сельскохозяйственная биология. 2019. №1. С.91-100.
6. Терлецкий В. П. Молекулярно-генетическая идентификация штаммов бактерий-антагонистов фитопатогенов // Известия НВ АУК. 2022. №3 (67). С. 298-305.
7. Культивируемые эндофитные бактерии стеблей и листьев гороха посевного (*Pisum sativum* L.) / Е. Н. Васильева, Г. А. Ахтемова, А. М. Афонин, А. Ю. Борисов, И. А. Тихонович, В. А. Жуков // Экологическая генетика. 2020. №2. С.169-184.
8. Kuramshina Z. M., Smirnova Y. V., Khairullina R. M. Influence of bacillus subtilis and cadmium on the mycorrhization of wheat plants // МНИЖ. 2022. №4-2 (118). С.103-106.
9. Эффективность биопрепаратов эндофитных бактерий на яровой пшенице и устойчивость агроэкосистемы / А. А. Алферов, А. А. Завалин, Л. С. Чернова, В. К. Чеботарь // Плодородие. 2019. №1 (106). С. 41-44.
10. Латыпова Г. Ю., Черепанова Е. А., Максимов И. В. Вредоносность септориоза пшеницы и меры борьбы с ним // Вестник науки. 2019. №5 (14). С. 75-79.
11. Влияние бактерий-эндофитов озимых зерновых культур на развитие заболевания, вызываемого *Microdochium nivale* / О. А. Гоголева, А. Р. Мещеров, Е. А. Рязанов, Д. И. Мошенская, В. Ю. Горшков // БОНЦ УрО РАН. 2021. №3. С. 1.
12. Эндофитные микроорганизмы в фундаментальных исследованиях и сельском хозяйстве/ Е.Н. Васильева, Г.А. Ахтемова, В.А. Жуков, И.А. Тихонович // Экологическая генетика. 2019. №1. С. 19-32.
13. Ласточкина О.В. Адаптация и устойчивость растений пшеницы к засухе, опосредованная природными регуляторами роста *Bacillus* spp.: механизмы реализации и практическая значимость(обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2021. №5. С. 843-867.
14. Сопрунова О. Б., Сопрунова В. Е., Байрамбеков Ш. Б., Полякова Е. В. Изучение влияния биопрепарата на основе *Bacillus atrophaeus* на урожайность картофеля // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2020. №4. С.86-95.
15. Арестова Н. О., Рябчун И. О. Возможность биологизации защиты виноградников от милдью с помощью биопрепарата // Вестник КрасГАУ. 2022. №11 (188). С.10-18.
16. Максимов И. В., Хайруллин Р. М. Фитоиммунитет и микробиом растений // Аграрная наука. 2019. №2. С.40-44.
17. Влияние бактерий рода *Bacillus* на почвенную микробиоту при предпосадочной обработке картофеля / В. С. Масленникова, В. П. Цветкова, С. М. Нерсесян, Е. В. Бедарева, И. М. Дубовский // Плодородие. 2022. №1 (124). С. 50-53.

#### Сведения об авторах:

Диабанкана Родерик Жиль Кларе – аспирант, e-mail: diabas.gilles@gmail.com

Сафин Радик Ильясович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

#### EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE USE OF BIOLOGICAL PREPARATIONS DURING THE VEGETATION PERIOD ON THE MICROBIOME OF SPRING WHEAT SEEDS

R. J. Diabankana, R. I. Safin

**Abstract.** An assessment is made of the effect of spraying plants with biological products on the total microbiome of seeds of a new crop. The studies were carried out on three varieties of spring wheat of domestic breeding - Yoldyz, Burlak and Ulyanovsk-105. Preparations based on strains of endophytic bacteria isolated from seeds of spring wheat (*Bacillus mojavensis* PS17, *Bacillus velezensis* KS25) and spring barley (*Bacillus velezensis* KS31, *Bacillus subtilis* KS38) were used as biological preparations. The treatment of spring wheat crops was carried out in the phase of entry into

the tube using the biological product consumption rate of 1.0 l/ha. The impact of treatments on the fungal and bacterial microbiome was assessed using quantitative PCR methods with the determination of the total (total) DNA of microorganisms per unit weight of seeds. In most cases, the use of treatment with endophytic bacteria reduces the amount of total micromycete DNA on seeds. Among the studied isolates, the *Bacillus subtilis* KS-38 strain was especially distinguished, which provided a significant (7.7-11.1 times) decrease in this indicator in all varieties. *Bacillus mojavensis* PS-17 had a significant effect (a decrease of almost 47 times) on the Ulyanovska 105 variety, and *Bacillus velezensis* KS-31 on the Burlak variety. On varieties Yoldyz and Ulyanovska 105, the most significant decrease in the total DNA of micromycetes was noted for endophytes obtained from spring wheat seeds (*Bacillus mojavensis* PS-17, *Bacillus velezensis* KS-25), and on variety Burlak, endophytes from spring barley seeds (*Bacillus velezensis* KS-31 and *Bacillus subtilis* KS-38). The decrease in the total DNA of micromycetes in the experiments was due to the use of the studied biological products and, to a lesser extent, varietal characteristics. For the bacterial microbiome, there were strong differences between varieties. A significant increase in the total DNA of bacteria in all studied varieties was in *Bacillus mojavensis* PS-17 and *Bacillus velezensis* KS-31. The variety (29.9%) made the greatest contribution to the variability in the content of total bacterial DNA in seeds, and the contribution of biological preparations was lower (25.5%). In the experiments, no correlation was found between the indicators of the total DNA of micromycetes and bacteria in spring wheat seeds.

**Key words:** microbiome, bacterial microbiome, fungal microbiome, endophytic bacteria, seeds, varieties, spring wheat.

#### References

1. Petukhova M. S., Orlova N. V. Priority directions of scientific and technological development of agricultural plant protection in Russia and the world // IACJ. 2021. №2.
2. Kozlova E. A. Biologization of systems for the protection of agricultural crops from diseases // Vestnik OrelGAU. 2022. No. 1 (94). pp. 17-22.
3. The importance of natural factors in controlling the number density of pest pests/ S. K. Yuldasheva, M. F. Bekchonova, D.A. Almatova, G. Askarova, K. Numonjon // International scientific journal of Biruni. 2022. №2. pp. 114-120.
4. Komarova O. P., Kozenko K. Yu., Zemlyanitsyna S. V. Biological protection of plants - one of the main directions for reducing the pesticide load on agroecosystems // MNIZH. 2021. No. 9-1 (111). pp. 98-102.
5. Prospects for the use of *Pseudomonas* associated with soil lumbricidides against root rot pathogens of spring cereals / O. M. Minaeva, E. E. Akimova, N. N. Tereshchenko, A. V. Kravets, T. I. Zyubanova, M. V. Apenysheva // Agricultural biology. 2019. No. 1. S.91-100.
6. Terletsky V. P. Molecular genetic identification of strains of bacteria-antagonists of phytopathogens // Izvestiya NV AUK. 2022. No. 3 (67). pp. 298-305.
7. Vasilyeva E. N., Akhtemova G. A., Afonin A. M., Borisov A. Yu., Tikhonovich I. A., Zhukov V. A. Cultivated endophytic bacteria of stems and leaves of common pea (*Pisum sativum* L.) // E. N. Vasilyeva, G. A. Akhtemova, A. M. Afonin, A. Yu. Borisov, I. A. Tikhonovich, V. A. Zhukov // Ecological genetics. 2020. №2. pp.169-184.
8. Kuramshina Z. M., Smirnova Y. V., Khairullina R. M. Influence of *Bacillus subtilis* and cadmium on the mycorrhization of wheat plants // MNIZH. 2022. No. 4-2 (118). pp.103-106.
9. The effectiveness of biopreparations of endophytic bacteria on spring wheat and the stability of the agroecosystem / A. A. Alferov, A. A. Zavalin, L. S. Chernova, V.K. Chebotar // Fertility. 2019. No. 1 (106). pp. 41-44.
10. Latypova G.Y u., Cherepanova E. A., Maksimov I. V. Harmfulness of wheat septoria and measures to combat it. Vestnik nauki. 2019. No. 5 (14). pp. 75-79.
11. Influence of endophyte bacteria of winter crops on the development of the disease caused by *Microdochium nivale* / O. A. Gogolev, A. R. Meshcherov, E. A. Ryazanov, D.I. Moshenskaya, V.Yu. Gorshkov // BONTs UB RAS. 2021. №3. C. 1.
12. Endophytic microorganisms in fundamental research and agriculture / E. N. Vasilyeva, G. A. Akhtemova, V. A. Zhukov, I. A. Tikhonovich // Ecological genetics. 2019. No. 1. pp. 19-32.
13. Lastochkina O. V. Adaptation and resistance of wheat plants to drought mediated by natural growth regulators *Bacillus* spp.: implementation mechanisms and practical significance (review) // Agricultural biology. 2021. №5. pp. 843-867.
14. Soprunova O. B., Soprunova V. E., Bayrambekov Sh. B., Polyakova E. V. Study of the effect of a biological product based on *Bacillus atrophaeus* on potato yield // Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and biotechnologies. 2020. №4. S.86-95.
15. Arestova N. O., Ryabchun I. O. Possibility of biologization of protection of vineyards from mildew using a biological product // Bulletin of KrasGAU. 2022. No. 11 (188). pp.10-18.
16. Maksimov I. V., Khairullin R. M. Phytoimmunity and microbiome of plants // Agrarian science. 2019. №2. pp.40-44.
17. Influence of bacteria of the genus *Bacillus* on soil microbiota during pre-planting processing of potatoes / V. S. Maslennikova, V. P. Tsvetkova, S. M. Nersesyan, E. V. Bedareva, I. M. Dubovsky // Fertility. 2022. No. 1 (124). pp. 50-53.

#### Authors:

Diabankana Roderic Gilles Claret – PhD student, e-mail: diabas.gilles@gmail.com  
 Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of department, e-mail: radiksaf2@mail.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
ДЛЯ КАРБОНОВОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ****А. А. Лукманова, Ф. З. Кадырова, Р. И. Сафин**

**Реферат.** В работе приведена оценка пригодности различных генотипов (сортов) яровой пшеницы для применения в углеродном земледелии. Для этих целей определялись показатели углеродного следа (carbon footprint) и баланса парниковых газов при возделывании каждого из генотипов. Исследования проводились в 2022 году на опытных полях Казанского государственного аграрного университета, в условиях достаточного увлажнения, особенно в первой половине вегетации растений. Агротехнология возделывания сортов была рекомендованной для зоны Предкамья Республики Татарстан. Расчет углеродного следа (CFP) проводился по объему выбросов парниковых газов (ПГ) в кг эквивалента диоксида углерода (экв. CO<sub>2</sub>) на кг получаемого продукта (зерна). Для определения объемов выбросов парниковых газов использовались данные по расходу топлива, синтетических удобрений, пестицидов, а также учитывались прямые и косвенные выбросы N<sub>2</sub>O, связанные с минерализацией растительных остатков пшеницы. Объектами исследований выступали девятнадцать генотипов яровой пшеницы отечественной селекции. В условиях 2022 года урожайность различных сортов яровой пшеницы колебалась в широком диапазоне (от 2,64 т/га у сорта Тулайковская 108 до 4,75 т/га у сорта Ульяновская 105), в среднем по всем сортам достигнув уровня 3,76 т/га. Результаты оценки величины CFP показали, что в среднем он составил порядка 0,49 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>, причем коэффициент вариации показателя для всех сортов был равен 9,99%, что свидетельствует о слабой вариабельности. Минимальные значения углеродного следа были у сортов Хаят (0,40 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>), Ульяновская 105 и Уралосибирская 2 (0,42 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>). Для большинства изучаемых сортов яровой пшеницы баланс парниковых газов был отрицательным (в среднем -386,08 кг CO<sub>2</sub> экв. на га). Однако у сортов Иделле, Тулайковская надежда и Злата баланс был положительным, что связано с поступлением в почву значительного объема растительных остатков и соломы у данных сортов. Таким образом, из 19 сорта яровой пшеницы, только 3 имеют перспективы для применения в углеродном земледелии. Полученные результаты подтвердили необходимость в изучении углеродного следа и баланса парниковых газов при оценке генотипов яровой пшеницы в селекционных программах для углеродного земледелия.

**Ключевые слова:** парниковые газы, углеродное земледелие, углеродный след, селекция, оценка генотипов, яровая пшеница.

**Введение.** Среди основных рисков, оказывающих влияние на мировое сельское хозяйство, особое место занимают глобальные климатические изменения. Проблеме оценке влияния изменения климата на сельское хозяйство России посвящено большое количество исследований [1, 2, 3]. В частности, на основании анализа многолетних агрометеорологических данных, было установлено, что среднегодовая температура воздуха в РФ выросла с 1966 по 2020 гг. на 1,69°C, что привело к увеличению повторяемости опасных метеорологических явлений, в том числе и засух [4]. На территории Татарстана в XXI веке, среднегодовой рост температуры воздуха составил 0,49°C, но при этом количество осадков в период вегетации упало на 10%, что свидетельствует об усилении засушливости климата [5].

По мнению ряда ученых [6, 7, 8], в большинстве случаев, основной причиной климатических изменений выделяется деятельность человека, в том числе и в области сельского хозяйства [9]. При этом, основным механизмом антропогенного влияния на климат планеты является выделение в атмосферу парниковых газов (ПГ), важнейшими из которых являются CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и N<sub>2</sub>O [10]. На глобальную продовольственную систему приходится порядка 21–37% ежегодных выбросов парниковых газов. Так, на сельскохозяйственную

деятельность приходится около половины всех антропогенных выбросов метана и около трех четвертей антропогенных выбросов N<sub>2</sub>O [11]. В Российской Федерации объемы выбросов парниковых газов, обусловленных деятельностью сельскохозяйственного производства, за период 2015-2019 гг. составили, в среднем 112,2 млн. т CO<sub>2</sub> экв [12].

Один из инструментов, позволяющих всесторонне оценить экологические последствия производства сельскохозяйственной продукции является оценка жизненного цикла (life cycle assessment - LCA) [13]. Углеродный след (CF) используется для оценки объемов выбросов парниковых газов (ПГ), связанных с различными экономическими процессами и продуктами [14]. Его определяют как баланс выбросов ПГ за весь жизненный цикл продукта или процесса его производства.

Определение величины углеродного следа при производстве продукции растениеводства получило широкое распространение за рубежом.

В частности, в условиях Египта углеродный след для пшеницы составил 0,239, а для кукурузы 0,307 кг CO<sub>2</sub> экв на 1 кг урожая зерна [15]. В Финляндии аналогичные показатели для овса оценивались в 0,570 кг CO<sub>2</sub> экв., для ячменя в 0,570 кг CO<sub>2</sub>-экв., для пшеницы – 0,590 кг CO<sub>2</sub> экв. и для ржи в 0,87 кг CO<sub>2</sub> экв. на 1 кг зерна [16].

В Китае кукуруза имела самый низкий углеродный след – 0,48 кг CO<sub>2</sub> экв., пшеница – 0,75 кг CO<sub>2</sub> экв., а рис имел самый высокий углеродный след – порядка 1,60 кг CO<sub>2</sub> экв. на единицу урожая [17]. Для расчета углеродного следа при производстве продукции растениеводства разработаны соответствующие калькуляторы [18, 19].

Одним из наиболее интересных направлений, связанных с разработкой приемов по снижению углеродного следа при возделывании сельскохозяйственных культур является создание сортов с минимальными его значениями. Так, детальный анализ, проведенный в Германии, показал, что за более чем три десятилетия, селекционный прогресс привел к значительному сокращению углеродного следа при производстве пшеницы и ржи. Стремительно растущие урожаи компенсировали увеличивающиеся выбросы парниковых газов на единицу площади, а создание сортов с более низким углеродным следом представляет собой одну из мер по смягчению последствий изменения климата в сельскохозяйственном секторе [20]. Именно поэтому, существует необходимость в оценке генотипов (сортов, гибридов) с точки зрения углеродного следа, особенно с точки зрения их использования в системе карбонового (углеродного) земледелия.

**Условия, материалы и методы.** Расчеты велись для трех парниковых газов (ПГ) двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>), метана (CH<sub>4</sub>) и закиси азота (N<sub>2</sub>O) с коэффициентами конвертации – 1,34 и 298 в CO<sub>2</sub> эквивалент (CO<sub>2</sub>) [10]. Исследование охватывает выбросы парниковых газов в течение всего жизненного цикла (в системных границах «от начала до конца») в соответствии со стандартом DIN EN ISO 14040, который обобщает все соответствующие соотношения и коэффициенты выбросов (EF) для всех потоков ПГ [21]. При этом учитываются выбросы при производстве ресурсов (топливо, оборудование, семена, удобрения, пестициды) и выбросы на поле (выбросы от сгорания топлива при обработке почвы, посева, внесении удобрения, защите растений и уборке урожая), а также прямые и косвенные выбросы N<sub>2</sub>O согласно методологии The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

Данные по урожайности приводились к стандартной влажности – 14%. В результате определяются два показателя:

1. общие выбросы ПГ на гектар (GHGL; кг CO<sub>2</sub> экв. га<sup>-1</sup>)
2. углеродный след на единицу продукции (CFP; кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>), который рассчитывается по следующей формуле:

$$CFP = GHGL/U, \quad (1)$$

где CFP – углеродный след на единицу продукции, кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup> продукции;

GHGL – суммарный выброс ПГ на 1 га, кг CO<sub>2</sub> экв. га<sup>-1</sup>.

U – урожайность, кг/га.

Для расчетов использовали следующие коэффициенты, широко применяемые в мире для расчета углеродного следа [18, 22]:

– для дизельного топлива энергоемкость 36,3 МДж л<sup>-1</sup> и выбросы парниковых газов 98,48 г CO<sub>2</sub> МДж<sup>-1</sup>, т.е. в среднем при сгорании одного литра дизельного топлива выделяется 0,78 кг CO<sub>2</sub> экв;

– выбросы ПГ при производстве удобрений: для азота – 2,9 кг экв. CO<sub>2</sub> кг<sup>-1</sup>, для фосфора – 0,71 кг CO<sub>2</sub> экв. кг<sup>-1</sup>, для калия – 0,46 кг CO<sub>2</sub> экв. кг<sup>-1</sup>.

Выбросы N<sub>2</sub>O - от внесения азотных удобрений в почву была рассчитаны с использованием коэффициента IPCC, исходя из того, что 2,55% от внесенных в почву азотных удобрений превращается в N<sub>2</sub>O;

– выбросы, связанные с производством пестицидов в среднем оцениваются в 17,3 кг CO<sub>2</sub> экв. кг<sup>-1</sup>. Для биопестицидов аналогичные значения составляли 3,9 CO<sub>2</sub> экв. на 1 кг.

– также прямые и косвенные выбросы N<sub>2</sub>O, связанные с минерализацией растительных остатков, согласно методологии IPCC, в среднем для зерновых культур составляют 4,68 кг CO<sub>2</sub> экв. кг<sup>-1</sup> N (с учетом особенностей накопления азота различными культурами). Для более точного расчета выбросов закиси азота от поступления растительных остатков в почву использовалась следующая формула:

Прямые выбросы:

$$N_2O=(Y*R*D*DN)*0,0125*(44/28), \quad (2)$$

где Y – урожайность, кг/га;

R – отношение растительных остатков к массе растениеводческой продукции;

D – доля сухого вещества в культуре;

DN – доля азота в культуре.

Для оценки связывания CO<sub>2</sub> в почве, учитывался баланс поступления сухого органического вещества (COB).

Полевые опыты с яровой пшеницей проводились в 2022 году на опытных полях Казанского ГАУ. Выращивались следующие сорта яровой мягкой пшеницы: Архат; Екатерина. 3. Злата. 4. Иделле. 5. Йолдыз. 6. Казанская юбилейная; 7. Маргарита; Симбирцит; Тулайковская 108; Тулайковская надежда. Ульяновская 105; Уралосибирская 2; Хаят; Черноземноуральская 2; Экада 109; Экада 113; Экада 66; Экада 70; Эстер. Агротехнология возделывания всех сортов одинаковая.

Посев проводился 15 мая 2022 года с нормой высева – 5,0 млн. в.с. на 1 га. Обработка почвы – безотвальная (почвоуглубление ПП-7).

Предшественник – озимые зерновые. Согласно технологической карте, расход материальных ресурсов представлен в таблице 1.

## АГРОНОМИЯ

Таблица 1 – Расход ресурсов и выбросы парниковых газов (ПГ) при возделывании яровой пшеницы, 2022 г

Вид ресурса	Фактически использовались	Расход ресурса на 1 га, кг (л)	Коэффициент перевода в выбросы парниковых газов, кг CO <sub>2</sub> экв.	Суммарные выбросы ПГ, кг CO <sub>2</sub> экв. /га
Топливо	Дизельное топливо	41,55 л	98,48 г CO <sub>2</sub> МДж <sup>-1</sup>	150,8
Удобрения (производство)	Азофоска (N <sub>16</sub> P <sub>16</sub> K <sub>16</sub> )	150,0 кг	2,9 кг для N , для фосфора – 0,71 кг, для калия – 0,46 кг	98,4
	Аммиачная селитра (N <sub>34,4</sub> )	100,0 кг	2,9 кг для N	99,8
Пестициды (гербициды)	Балерина супер + Ластик Экстра	0,4+0,8 л/га	17,3	20,8
Удобрения (эмиссия закиси азота)	N <sub>50,4</sub>	50,4	7,6	383,0
Семена	Семена	250	0,5	125
Итого:				877,8

Кроме выбросов парниковых газов, связанных с производством и применением материальных ресурсов, при расчете углеродного следа, учитываются прямые и косвенные выбросы N<sub>2</sub>O, связанные с минерализацией растительных остатков.

**Результаты и обсуждение.** Результаты оценки урожайности и выбросов парниковых газов для различных сортов яровой пшеницы приведены в таблице 2.

В условиях 2022 года урожайность различных сортов яровой пшеницы колебалась в широком диапазоне (от 2,64 т/га у сорта

Тулайковская 108 до 4,75 т/га у сорта Ульяновская 105), в среднем по всем сортам достигнув уровня 3,76 т/га.

При этом коэффициент вариации показателя был на уровне 14,75% (средняя вариабельность), что связано с благоприятными погодными условиями для формирования урожая культуры. В тоже время, выход растительных остатков у разных сортов сильно колебался (от 4,54 т/га у сорта Тулайковская 108 до 11,48 т/га у сорта Иделле), причем величина коэффициента вариации достигла уровня 23,83% (значительная вариабельность).

Таблица 2 – Урожайность и выбросы парниковых газов, связанные с минерализацией растительных остатков различных сортов яровой пшеницы, 2022 г

Сорт	Урожайность, т/га	Выход растительных остатков, т/га*	Отношение растительных остатков/ продукция, R	Суммарные выбросы ПГ, кг CO <sub>2</sub> экв /га
Архат	3,97	6,35	1,60	884,85
Екатерина	3,02	5,25	1,74	731,19
Злата	3,31	7,33	2,22	1020,68
Иделле	4,70	11,48	2,44	1600,00
Йолдыз	3,85	7,20	1,87	1002,37
Казанская юбилейная	4,18	6,76	1,62	942,27
Маргарита	3,22	4,98	1,55	693,63
Симбирцит	3,67	6,53	1,78	909,74
Тулайковская 108	2,64	4,54	1,72	632,63
Тулайковская надежда	3,57	8,04	2,25	1120,36
Ульяновская 105	4,75	8,29	1,75	1155,32
Уралосибирская 2	4,49	7,63	1,70	1062,46
Хаят	4,08	5,38	1,32	749,86
Черноземноуральская 2	4,03	7,24	1,80	1008,39
Экада 109	3,82	6,72	1,76	936,84
Экада 113	3,80	6,79	1,79	946,16
Экада 66	3,33	4,98	1,50	693,46
Экада 70	3,53	5,96	1,69	829,80
Эстер	3,39	5,47	1,61	762,44
Среднее	3,76	6,68	1,77	930,66
Коэффициент вариации, %	14,75	23,83	15,20	23,84

Примечание: \* – выход растительных остатков определялся на основании взвешивания во время уборки урожая

Величина отношения растительных остатков/продукция (коэффициент R) в среднем для яровой пшеницы равна 1,3, тогда как в опытах в среднем она достигла уровня 1,77, что связано с благоприятными условиями для нарастания биомассы растений в условиях 2022 года.

При этом у ряда сортов показатель близок к расчетному (у сорта Хаят коэффициент R =1,32, у сорта Экада 66 R =1,50), у других различает почти в 1,5-2 раза (у сорта Иделле R =2,44, у сорта Злата R =2,22, у сорта Тулайковская надежда R =2,25).

В целом, коэффициент вариации показателя был на уровне 15,2%. С учетом различия поступления растительной массы почвы, суммарные выбросы ПГ от минерализации растительных остатков и выделения закиси азота колебались от 632,63 (у сорта Тулайковская 108) до 1600,00 (у сорта Иделле) кг CO<sub>2</sub> экв /га.

С учетом полученных данных по выбросу парниковых газов, был рассчитан показатель углеродного следа на единицу урожая (CFP) яровой пшеницы (табл. 3).

Результаты оценки величины CFP показал, что в среднем он составил порядка 0,49 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>, причем коэффициент вариации был равен 9,99%, что свидетельствует о слабой вариабельности. При этом, при сравнении показателей табл. 2 и 3, видно, что именно величина CFP является наиболее стабильной. В целом, величины CFP в опытах были на одном уровне, с показателями полученными

в других странах [15, 16, 17]. Вместе с тем, среди изучаемых сортов можно выделить сорта с минимальными значениями CFP – Хаят (0,40 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>), Ульяновская 105 и Уралосибирская 2 (0,43 кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup>). У большинства других сортов показатели были близки к средним значениям, причем показатель коэффициента вариации признака был на уровне 9,99%, что говорит о слабой вариабельности.

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что использование показателя углеродного следа на единицу продукции (CFP) может стать одним из методов оценки селекционного материала, в том числе пригодности сортов для углеродного земледелия.

Результаты расчетов поступления сухого органического вещества (СОВ) в почву и объемов связанных в ней ПГ у различных сортов яровой пшеницы представлены в таблице 4.

Как видно из данных таблицы 4, в условиях 2022 года, у большинства сортов яровой пшеницы отмечался небольшой положительный баланс поступления СОВ в почву. Однако величина такого баланса у разных сортов была различна.

Так, если в среднем для всех сортов баланс был на уровне +0,80 т/га, то для сорта Иделле он составил +2,29 т/га, для сорта Тулайковская надежда + 1,44 т/га и у сорта Злата + 1,30 т/га. У данных сортов отмечались и максимальные значения накопления в почве ПГ (кг CO<sub>2</sub> экв. на 1 га).

Таблица 3 – Углеродный след на единицу продукции (CFP), кг CO<sub>2</sub> экв. на кг<sup>-1</sup> продукции сортов яровой пшеницы, 2022 г

Сорт	Урожайность, т/га	Общие выбросы ПГ на гектар (GHGL) кг CO <sub>2</sub> экв. га <sup>-1</sup>	CFP, кг CO <sub>2</sub> экв. на кг <sup>-1</sup>
Архат	3,97	1762,65	0,44
Екатерина	3,02	1608,99	0,53
Злата	3,31	1898,48	0,57
Иделле	4,70	2477,80	0,53
Йолдыз	3,85	1880,17	0,49
Казанская юбилейная	4,18	1820,07	0,44
Маргарита	3,22	1571,43	0,49
Симбирцит	3,67	1787,54	0,49
Тулайковская 108	2,64	1510,43	0,57
Тулайковская надежда	3,57	1998,16	0,56
Ульяновская 105	4,75	2033,12	0,43
Уралосибирская 2	4,49	1940,26	0,43
Хаят	4,08	1627,66	0,40
Черноземноуральская 2	4,03	1886,19	0,47
Экада 109	3,82	1814,64	0,47
Экада 113	3,80	1823,96	0,48
Экада 66	3,33	1571,26	0,47
Экада 70	3,53	1707,60	0,48
Эстер	3,39	1640,24	0,48
Среднее	3,76	1808,46	0,49
Коэффициент вариации, %	14,75	12,27	9,99

## АГРОНОМИЯ

Таблица 4 – Баланс поступления СОВ в почву для различных сортов яровой пшеницы, 2022 г

Сорт	Урожайность, т/га	Вынос СОВ с урожаем, т/га	Поступление с корневыми и пожнивными остатками, т/га	Поступление с соломой и половой, т/га	Баланс, т/га	Связано в почве кг CO <sub>2</sub> экв. на 1 га
Архат	3,97	3,45	1,49	2,64	0,68	1213,0
Екатерина	3,02	2,63	1,03	2,18	0,58	1034,6
Злата	3,31	2,88	1,13	3,05	1,30	2319,0
Иделле	4,70	4,09	1,60	4,78	2,29	4085,0
Йолдыз	3,85	3,35	1,31	3,00	0,96	1712,5
Казанская юбилейная	4,18	3,64	1,42	2,81	0,59	1052,5
Маргарита	3,22	2,80	1,09	2,07	0,36	642,2
Симбирцит	3,67	3,19	1,25	2,72	0,78	1391,4
Тулайковская 108	2,64	2,29	0,90	1,89	0,5	891,9
Тулайковская надежда	3,57	3,11	1,21	3,34	1,44	2568,7
Ульяновская 105	4,75	4,13	1,62	3,45	0,94	1676,8
Уралосибирская 2	4,49	3,91	1,53	3,17	0,79	1409,2
Хаят	4,08	3,55	1,39	2,24	0,08	142,7
Черноземноуральская 2	4,03	3,50	1,37	3,01	0,88	1569,8
Экада 109	3,82	3,32	1,30	2,80	0,78	1391,4
Экада 113	3,80	3,31	1,29	2,82	0,8	1427,1
Экада 66	3,33	2,89	1,13	2,07	0,31	553,0
Экада 70	3,53	3,07	1,20	2,48	0,61	1088,1
Эстер	3,39	2,95	1,15	2,28	0,48	856,2
Среднее					0,80	1422,37

Примечание: \* – выход растительных остатков определялся на основании взвешивания во время уборки урожая

Для оценки пригодности определялся баланс прихода и выделения сортов для углеродного земледелия ПГ (табл. 5).

Таблица 5 – Баланс ПГ при возделывании различных сортов яровой пшеницы, кг CO<sub>2</sub> экв. на 1 га, 2022 г

Сорт	Связано в почве кг CO <sub>2</sub> экв. на 1 га	Общие выбросы ПГ на гектар (GHGL) кг CO <sub>2</sub> экв. на га	Баланс ПГ, кг CO <sub>2</sub> экв. на га
Архат	1213,0	1762,65	-549,65
Екатерина	1034,6	1608,99	-574,39
Злата	2319,0	1898,48	420,52
Иделле	4085,0	2477,80	1607,2
Йолдыз	1712,5	1880,17	-167,67
Казанская юбилейная	1052,5	1820,07	-767,57
Маргарита	642,2	1571,43	-929,23
Симбирцит	1391,4	1787,54	-396,14
Тулайковская 108	891,9	1510,43	-618,53
Тулайковская надежда	2568,7	1998,16	570,54
Ульяновская 105	1676,8	2033,12	-356,32
Уралосибирская 2	1409,2	1940,26	-531,06
Хаят	142,7	1627,66	-1484,96
Черноземноуральская 2	1569,8	1886,19	-316,39
Экада 109	1391,4	1814,64	-423,24
Экада 113	1427,1	1823,96	-396,86
Экада 66	553,0	1571,26	-1018,26
Экада 70	1088,1	1707,60	-619,5
Эстер	856,2	1640,24	-784,04
Среднее			-386,08



Для большинства сортов яровой пшеницы, баланс ПГ складывался отрицательным (в среднем -386,08 кг CO<sub>2</sub> экв. на га). Однако для сорта Иделле данный показатель был положительным (+1607,2 кг CO<sub>2</sub> экв. на га). Также положительными показателями были у сортов Тулайковская надежда (570,54 кг CO<sub>2</sub> экв. на га) и Злата (420,52 кг CO<sub>2</sub> экв. на га).

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что оценка углеродного следа и баланса парниковых газов при производстве яровой пшеницы может стать одним

из методов оценки генотипов культуры, в том числе и с точки зрения их использования в карбоновом (углеродном) земледелии.

Полевые опыты, проведенные в 2022 году показали, что с точки зрения пригодности для углеродного земледелия, из 19 сортов яровой пшеницы, преимуществу имели три – Иделле, Тулайковская надежда и Злата

Работа выполнена в рамках реализации проекта «Разработка элементов углеродного земледелия в условиях растущих климатических рисков».

#### Литература

1. Адаптация сельского хозяйства России к глобальным изменениям климата / Под ред. И.Г. Ушачева и А.Г. Папцова. М.: ВНИИЭСХ, 2015. 42 с.
2. Зинченко А. П., Демичев В. В. Изменение климата и инклюзивное развитие сельского хозяйства в регионах России // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. С. 278-281.
3. Краснощеков В. Н., Ольгаренко Д. Г., Рожкова О. Н. Изменение климата и сельское хозяйство России: проблемы и решения // Природообустройство. 2017. № 2. С. 80-88.
4. Ключеров Д. А., Баранов Д. А. Климатические изменения в России: исторические тенденции развития // Аграрная история. 2021. №8. С.57-74.
5. Шайтанов О. Л., Низамов Р. М., Захарова Е. И. Оценка влияния глобального потепления на климат Татарстана // Зернобобовые и крупяные культуры. 2021. №4 (40). С.102-112.
6. Шерстюков Б. Г. Изменения климата: причины и прогноз // Земля и Вселенная. 2017. № 3. С. 30-44.
7. Причины наблюдаемых изменений климата / П. В. Спорышев, В. М. Катцов, В. П. Мелешко [и др.] // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2014. № 574. С. 39-124.
8. Ревенко Л. С. Солдатенкова О. И., Ревенко Н. С. Глобальная продовольственная проблема: новые вызовы для мира и России // Экономика. Налоги. Право. 2022. №4. С. 54-55.
9. Константинов А. В. Роль и место антропогенного изменения климата в системе обеспечения экономической безопасности в секторах экономики // Социально-экономические явления и процессы. 2014. Т. 9. № 8. С. 61-66.
10. Anthropogenic and natural radiative forcing / G. Myhre, D. Shindell, F.-M. Bréon, et al. // Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, and J. Boschung, et al. (Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press). 2013. P.659–740.
11. Lynch J., Cain M., Frame D. and Pierrehumbert R. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO<sub>2</sub>-Emitting Sectors // Front. Sustain. Food Syst. 2021. 4:518039. doi: 10.3389/fsufs.2020.518039
12. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
13. Caffrey K. R., Veal M. V. Conducting an agricultural life cycle assessment: Challenges and perspectives // Sci. World J. 2013. Dec 10;2013:472431. doi: 10.1155/2013/472431.
14. Fantozzi F., Bartocci F. P. Carbon footprint as a tool to limit greenhouse gas emissions // Greenhouse Gases. 2016.
15. Carbon footprint for wheat and corn under Egyptian conditions. Future of Food / A.A. Farag, M. M. H.EL-Moula, M. M.Maze, R. A.El Gendy, H.A. Radwan // Journal on Food, Agriculture and Society. 2018. Vol. 6 (2). P. 41-54.
16. Rajaniemi M., Mikkola H., Ahokas J. Greenhouse gas emissions from oats, barley, wheat and rye production // Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue. 2011. Vol. 1. P. 189-195.
17. Carbon footprint of grain production in China / D. Zhang, J. Shen, F. Zhang et al. // Sci. Rep. 2017. Vol. 7. 4126 <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04182-x>
18. Ho J. A. Calculation of the carbon footprint of Ontario wheat // Studies by Undergraduate Researchers at Guelph. 2011. Vol. 4, No. 2. P. 49-55
19. Peter C. Do greenhouse gas emission calculations from energy crop cultivation reflect actual agricultural management practices? – A review of carbon footprint calculators // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. vol. 67. P. 461-476.
20. Breeding progress reduces carbon footprints of wheat and rye / L. Riedesel, F. Laidig, S. Hadasch, D. Rentel, B. Hackauf, H.-P. Piepho, T. Feike // J. Cleaner Prod. 2022. P. 377. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134326>
21. DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement – "Okobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. DIN, 2021. Beuth Verlag GmbH, p. 36.
22. Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review / Y. Gan, C. Liang, C. Hamel, H. Cutforth, H. Wang // Agronomy. Developm. 2011. Vol. 31. P.643–656.

#### Сведения об авторах:

Лукманова Айзиля Ахнаповна – аспирант, e-mail: aizilya@mail.ru  
 Кадырова Фануся Загитовна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: fanusa51@ Rambler.ru  
 Сафин Радик Ильясевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: radiksaf2@mail.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

**Abstract.** The paper presents an assessment of the suitability of various genotypes (cultivars) of spring wheat for use in carbon farming. For these purposes, indicators of the carbon footprint and the balance of greenhouse gases in the cultivation of each of the genotypes were determined. The studies were carried out in 2022 on the experimental fields of the Kazan State Agrarian University, under conditions of sufficient moisture, especially in the first half of the plant growing season. Agrotechnology for cultivation of varieties was recommended for the area of the Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan. The calculation of the carbon footprint (CFR) was carried out on the basis of greenhouse gas (GHG) emissions in kg of carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub> equivalent) per kg of product (grain). To determine the volume of greenhouse gas emissions, data on the consumption of fuel, synthetic fertilizers, pesticides were used, and direct and indirect N<sub>2</sub>O emissions associated with the mineralization of wheat plant residues were also taken into account. The objects of research were nineteen genotypes of spring wheat of domestic selection. In the conditions of 2022, the yield of various varieties of spring wheat fluctuated over a wide range (from 2.64 t/ha for the Tulaikovskaya 108 variety to 4.75 t/ha for the Ulyanovsk 105 variety), reaching an average of 3.76 t/ha for all varieties. The results of the assessment of the CFP value showed that on average it amounted to about 0.49 kg CO<sub>2</sub> eq. per kg<sup>-1</sup>, and the coefficient of variation of the indicator for all varieties was 9.99%, which indicates a weak variability. The lowest carbon footprints were found in Khayat (0.40 kg CO<sub>2</sub> eq/kg<sup>-1</sup>), Ulyanovskaia 105 and Ura-Losibirskaya 2 (0.42 kg CO<sub>2</sub> eq/kg<sup>-1</sup>). For most of the studied spring wheat varieties, the greenhouse gas balance was negative (on average -386.08 kg CO<sub>2</sub> eq. per ha). However, in the varieties Idelle, Tulaikovskaya Nadezhda and Zlata, the balance was positive, which is associated with the entry into the soil of a significant amount of plant residues and straw in these varieties. Thus, out of 19 varieties of spring wheat, only 3 have prospects for use in carbon farming. The results obtained confirmed the need to study the carbon footprint and balance of greenhouse gases when assessing spring wheat genotypes in breeding programs for carbon farming.

**Key words:** greenhouse gases, carbon farming, carbon footprint, breeding, genotyping, spring wheat.

#### References

1. Adaptation of Russian agriculture to global climate change / Ed. I.G. Ushachev and A.G. Paptsova. M.: VNIIESKh, 2015. 42 p.
2. Zinchenko A. P., Demichev V. V. Climate change and inclusive development of agriculture in the regions of Russia // Doklady TSHA, Moscow, December 02–04, 2020. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy. K.A. Timiryazev, 2021. S. 278-281.
3. Krasnoshchekov V. N., Olgarenko D. G., Rozhkova O. N. Climate Change and Agriculture in Russia: Problems and Solutions // Prirodoobustroy. - 2017. No. 2. P. 80-88.
4. Klyucherov D. A., Baranov D. A. Climate change in Russia: historical development trends // Agrarian history. 2021. No. 8. pp.57-74.
5. Shaitanov O. L., Nizamov R. M., Zakharova E. I. Assessment of the impact of global warming on the climate of Tatarstan // Leguminous and cereal crops. 2021. No. 4 (40). pp.102-112.
6. Sherstyukov B. G. Climate change: causes and forecast // Earth and Universe. 2017. No. 3. S. 30-44.
7. Causes of observed climate changes / P. V. Sporyshev, V. M. Kattsov, V. P. Meleshko [et al.] // Proceedings of the Main Geophysical Observatory im. A.I. Voeikov. 2014. No. 574. S. 39-124.
8. Revenko L. S. Soldatenkova O. I., Revenko N. S. Global food problem: new challenges for the world and Russia // Economics. Taxes. Right. 2022. №4. pp. 54-55.
9. Konstantinov A. V. The role and place of anthropogenic climate change in the system of ensuring economic security in economic sectors // Socio-economic phenomena and processes. 2014. V. 9. No. 8. S. 61-66.
10. Anthropogenic and natural radiative forcing / G. Myhre, D. Shindell, F.-M. Bréon, et al. // Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eds T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, and J. Boschung, et al. (Cambridge; New York, NY: Cambridge University Press). 2013. R. 659–740.
11. Lynch J., Cain M., Frame D. and Pierrehumbert R. Agriculture's Contribution to Climate Change and Role in Mitigation Is Distinct From Predominantly Fossil CO<sub>2</sub>-Emitting Sectors/ // Front. Sustain. food system. 2021. 4:518039. doi:10.3389/fsufs.2020.518039
12. On the state and protection of the environment of the Russian Federation in 2020. State report. Moscow: Ministry of Natural Resources of Russia; Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2021. 864 p.
13. Caffrey K. R., Veal M. V. Conducting an agricultural life cycle assessment-ment: Challenges and perspectives// Sci. World J. 2013. Dec 10;2013:472431. doi: 10.1155/2013/472431.
14. Fantozzi F., Bartocci F. P. Carbon footprint as a tool to limit greenhouse gas emissions // Greenhouse Gases. 2016.
15. Carbon footprint for wheat and corn under Egyptian conditions. Future of Food / A.A. Farag, M. M. H. EL- Moula, M. M. Maze, R. A.El Gendy, H.A. Radwan // Journal on Food, Agriculture and Society. 2018 Vol. 6(2). R. 41-54.
16. Rajaniemi M., Mikkola H., Ahokas J. Greenhouse gas emissions from oats, barley, wheat and rye production // Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue. 2011 Vol. 1. R. 189-195.
17. Carbon footprint of grain production in China / D. Zhang, J. Shen, F. Zhang et al. //Sci. Rep. 2017 Vol. 7.4126 https://doi.org/10.1038/s41598-017-04182-x
18. Ho J. A. Calculation of the carbon footprint of Ontario wheat// Studies by Undergraduate Researchers at Guelph. 2011 Vol. 4, no. 2. R. 49-55
19. Peter C. Do greenhouse gas emission calculations from energy crop cultivation reflect actual agricultural management practices? – A review of carbon footprint calculators// Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. vol. 67. R. 461-476.
20. Breeding progress reduces carbon footprints of wheat and rye / L. Riedesel, F. Laidig, S. Hadasch, D. Rentel, B. Hackauf, H.-P. Piepho, T. Feike // J. CleanerProd. 2022., P. 377. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134326
21. DIN EN ISO 14040. Umweltmanagement – "Okobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen. DIN, 2021. Beuth Verlag GmbH, p. 36.
22. Strategies for reducing the carbon footprint of field crops for semiarid areas. A review / Y. Gan, C. Liang, C. Hamel, H. Cutforth, H. Wang // Agronomy Sust. Developm. 2011 Vol. 31. R.643-656.

#### Authors:

Lukmanova Aizilya Akhnapovna – postgraduate student, e-mail: aizilya@mail.ru  
 Kadyrova Fanusya Zagitovna - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: fanusa51@rambler.ru  
 Safin Radik Ilyasovich - Doctor of Agricultural Sciences, Head of department, e-mail: radiksaf2@mail.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ  
ФГБНУ «ВНИИ КУКУРУЗЫ» В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ  
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****М. Ю. Михайлова**

**Реферат.** В статье приведены результаты проведенных исследований на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан в 2021-2022 годах по изучению продуктивности и адаптивности двенадцати разных по скороспелости гибридов кукурузы селекции ФГБНУ «ВНИИ Кукурузы» Сибирский-135, Машук-140, Нур, К-160, К-165, Байкал, К-170, Машук-171, Машук-172, Ньютон, Машук-220, Машук-250. Характеристика опытного участка: содержание гумуса низкое 3,8%, подвижного фосфора очень высокое 288 мг/кг почвы и обменного калия повышенное 153 мг/кг почвы. Реакция почвенной среды близка к нейтральной. Анализируя показатели, наиболее продуктивным оказался раннеспелый трехлинейный гибрид Байкал. Даже в стрессовых условиях по климатическим условиям средняя высота растений у гибрида составила 256,5 см, биологическая урожайность 8,29 т/га, надземная масса в фазу молочной спелости зерна была 64,30 т/га и площадь листьев 43,56 тыс. м<sup>2</sup>/га. При этом качественные характеристики зерна гибрида Байкал не были потеряны. Содержание белка составило 10,31%, крахмала 61,10%. Также высокий уровень урожайности зерна был получен у среднераннего гибрида Машук-250 – 8,13 т/га. Это на 0,16 т/га меньше, чем у гибрида Байкал. У раннеспелых гибридов Нур и Машук-171 урожайность была 7,92 т/га (на 0,37 т/га меньше максимального значения). Наибольшее содержание белка оказалось в зерне ультраскороспелого гибрида Сибирский-135 – 11,31%. Наибольшее содержание крахмала было в зерне гибрида Ньютон – 68,29%. Наименьшая урожайность зерна была получена при возделывании гибрида Машук-220 (6,07 т/га). Содержание белка и крахмала в зерне этого гибрида среднее (9,31% и 62,22%).

**Ключевые слова:** кукуруза, гибрид, фазы развития, вегетация, урожайность, белок, крахмал.

**Введение.** Одним из способов, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур, является подбор районированных и адаптированных сортов и гибридов к конкретным почвенно-климатическим условиям региона. Новые высокопродуктивные сорта и гибриды различаются по биологическим особенностям. Они более адаптированы к быстро меняющимся приемам интенсификации [1, 2, 3].

За последние 20-30 лет в Российской Федерации урожайность кукурузы значительно выросла с 2,50 т/га в 1991-2000 гг. до 5,5-6,00 т/га в настоящее время. Посевные площади, занятые кукурузой, за эти годы также растут с 730,6 тыс. га до 2706 тыс. га. Такое повышение урожайности кукурузы в 2-3 раза произошло за счет улучшения семенного фонда данной культуры [4].

Гибриды кукурузы отличаются сроками созревания и индексом ФАО. Двойные межлинейные гибриды, обеспечивающие получение до 90 ц/га зерна, содержащее 65-70% безазотистых экстрактивных веществ, 9-12% белка, 4-5% жира. Тройные линейные гибриды с интенсивным начальным развитием, холодостойкие и засухоустойчивые, способны противостоять пузырчатой головне, стеблевым гнилям и вредителям. Многие гибриды универсальны в использовании и подходят для посева, как на зерно, так и на силос. Увеличение числа ФАО на каждые 100 единиц снижает густоту посевов на 10-20 тыс. раст./га за счет увеличения облиственности позднеспелых форм [5, 6, 7].

Отечественные гибриды способны конкурировать с зарубежными сортами и гибридами высокопроизводительностью и способностью

формировать оптимальные посевы и давать стабильные урожаи не только в благоприятные годы, но и в стрессовых условиях [7, 8, 9].

Адаптивность сортов и гибридов характеризуется выделением наиболее ценных сбалансированных сочетаний признаков из большого их числа. По пластичности и стабильности гибрида можно дать ему оценку на соответствие конкретным почвенно-климатическим условиям региона [10, 11, 12].

В связи с этим, целью исследований является изучение продуктивности и адаптивности гибридов кукурузы Сибирский-135, Машук 140, Нур, К-160, К-165, Байкал, К-170, Машук-171, Машук-172, Ньютон, Машук-220, Машук-250 ФГБНУ «ВНИИ кукурузы» в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** Опыты закладывались в 2021-2022 годах на серых лесных почвах Предкамья Республики Татарстан. Общая площадь опытного участка – 1680 м<sup>2</sup>. Площадь опытных делянок – 140 м<sup>2</sup>. Повторность опыта - трехкратная. В сортоиспытание были включены 12 гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ кукурузы»: Сибирский-135, Машук-140, Нур, К-160, К-165, Байкал, К-170, Машук-171, Машук-172, Ньютон, Машук-220, Машук-250.

Технология возделывания кукурузы на зерно была общепринятой для Республики Татарстан с нормой высева 80 тыс. шт./га. Урожай в полевых опытах учитывали на пробных площадках (14,3 м) и одновременно определяли влажность зерна кукурузы при помощи влагомера «Wile - 55».

## АГРОНОМИЯ

Пересчет урожайности изучаемых вариантов проводили по базисной норме влажности зерна кукурузы - 15%. 2021 год по метеорологическим данным характеризовался

как умеренно благоприятный (табл. 1). Температура воздуха в течение вегетации кукурузы была выше нормы. Хотя осадков выпало по месяцам меньше нормы.

Таблица 1 - Метеоданные за вегетационный период 2021 года

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
Май	+13,3	+18,73	141	41	15,0	36,5
Июнь	+18,1	+23,42	129	63	15,3	24,0
Июль	+20,2	+22,46	111	67	38,6	58,0
Август	+17,6	+22,37	127	59	10,7	18,0
Сентябрь	+11,7	+9,7	83	52	53,3	103,0

2022 год оказался неблагоприятным по метеорологическим показателям (табл. 2). Если в мае выпало 206,3% осадков от средних многолетних данных (78,4 мм против 38,0 мм), то в июне выпало лишь 33,9%

от нормы (19,3%). В июле количество осадков составило близко к норме 61,61 мм.

В августе осадков не выпадало. Держалась жаркая, сухая погода. Температура была выше нормы на 4,2 °С.

Таблица 2 - Метеоданные за вегетационный период 2022 года

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	отклонение от нормы	норма	факт.	в % к норме
Май	+14,0	+10,68	-3,32	38	78,4	206,3
Июнь	+18,3	+18,56	+0,26	57	19,3	33,9
Июль	+20,5	+21,32	+0,82	62	61,61	99,4
Август	+18,3	+22,5	+4,2	55	0	0
Сентябрь	+12,3	+11,69	-0,61	50	60,32	120,6

**Результаты и обсуждение.** Ростовые показатели учитывались в фазу молочной спелости зерна (табл. 3). Большое количество осадков в мае позволило кукурузе набрать достаточную высоту к фазе молочной спелости. В среднем показатель высоты растений варьировал от 230,2 до 259,5 см. Наименьшее значение линейного нарастания растений кукурузы в высоту было у гибрида К-160 – 230,2 см, наибольшее – у гибрида Машук-220 – 259,5 см. Остальные изучаемые гибриды

уступали на 2 см (Сибирский-135), на 15,2 см (Машук-140), на 27,5 см (Нур), на 22,8 см (К-165), на 3,0 см (Байкал), на 21,7 см (К-170), на 8,2 см (Машук-171), на 9,2 см (Машук-172), на 13,5 см (Ньютон) и на 10,5 см (Машук-250).

От величины надземной массы зависит ассимиляционная поверхность листьев растений, что влияет на течение фотосинтеза и накопление сухого вещества. Наибольшая надземная масса наблюдалась у гибрида Машук-250 – 83,47 т/га.

Таблица 3 – Ростовые показатели кукурузы

Гибриды	Показатели								
	Высота растений, см			Надземная масса, т/га			Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га		
	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя	2021 г.	2022 г.	средняя
Сибирский-135	248,2	266,8	257,5	55,92	60,1	58,01	36,74	43,6	40,17
Машук-140	227,3	261,3	244,3	50,3	57,3	53,80	41,62	46,3	43,96
Нур	218,8	245,2	232,0	45,63	55,81	50,72	30,73	37,91	34,32
К-160	220,7	239,7	230,2	67,1	71,4	69,25	38,7	47,8	43,25
К-165	227,1	246,3	236,7	67,86	75,6	71,73	39,32	47,1	43,21
Байкал	243,9	269,1	256,5	59,9	68,7	64,30	40,22	46,9	43,56
К-170	233,1	242,5	237,8	57,42	70,1	63,76	38,86	45,8	42,33
Машук-171	244,2	258,4	251,3	53,46	60,3	56,88	42,1	47,1	44,60
Машук-172	243,3	257,3	250,3	68,37	77,11	72,74	51,44	58,7	55,07
Ньютон	240,8	251,2	246,0	49,52	63,84	56,68	37,14	46,3	41,72
Машук-220	252,3	266,7	259,5	49,5	60,2	54,85	37,29	40,23	38,76
Машук-250	239,6	258,4	249,0	81,54	85,4	83,47	50,85	56,51	53,68

Анализируя данные формирования надземной массы исследуемыми гибридами, можно предположить возможность использования данного гибрида на кормовые цели, так как возделывание этого гибрида в фазу молочной спелости уже обеспечивало получение 83,47 т/га сочной зеленой массы. Остальные гибриды немного уступали гибриду Машук-250 в способности формировать надземную массу такой величины. У гибрида Машук-172 надземная масса была 72,74 т/га, что на 10,73 т/га меньше гибрида Машук-250. Далее следовал по уменьшению гибрид К-165 – 71,73 т/га (на 11,74 т/га меньше). Еще у одного раннеспелого гибрида К-160 надземная масса составила 69,25 т/га (на 14,22 т/га меньше). У оставшихся гибридов надземная масса была 64,3 т/га (Байкал), 63,76 т/га (К-170), 58,01 т/га (Сибирский-135), 56,88 т/га (Машук-171), 56,68 т/га (Ньютон), 54,85 т/га (Машук-220), 53,8 т (Машук-140) и наименьшую надземную массу сформировал гибрид Нур – 32,75 т/га (в полтора раза меньше гибрида Машук-250 с наибольшей величиной надземной массы).

От площади листьев зависит интенсивность фотосинтеза в растениях, что в дальнейшем отразится на нарастании биомассы и сухого вещества, накопление питательных элементов в зерне кукурузы. Нарастание максимальной биомассы у гибрида Машук-250

обеспечило ему формирование и наибольшего листового аппарата – 53,68 тыс. м<sup>2</sup>/га. Это в очередной раз доказывает возможность использования данного гибрида на кормовые цели. Гибрид Машук-172 сформировал чуть меньше листовую поверхность – 52,07 тыс. м<sup>2</sup>/га. Уровень площади листовой поверхности остальных изучаемых гибридов был в пределах от 34,32 до 44,6 тыс. м<sup>2</sup>/га. Минимальная площадь листьев, как и наименьшая надземная масса сформировались у гибрида Нур – 34,32 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Урожайность – важнейший показатель, отражающий наилучшую продуктивность и адаптивность гибридов кукурузы к почвенно-климатическим условиям Республики Татарстан (табл. 4).

Исследуемые гибриды кукурузы раскрыли свой генетический потенциал, при соблюдении общепринятой технологии возделывания, и показали высокую биологическую урожайность зерна.

Максимальная биологическая урожайность зерна была получена при возделывании раннеспелого гибрида Байкал – 8,29 т/га. Средняя высота растений в 256,5 см, у гибрида самый длинный початок – 21,7 см, хорошая озерненность початка – 538,5 шт., большой выход зерна с початка – 74,9% и крупное зерно – 367,7 г. Что обеспечило возможность сформировать самый высокий урожай.

Таблица 4 – Урожайность кукурузы на зерно, т/га

Гибриды	2021 год	2022 год	Средняя
Сибирский-135	7,07	7,85	7,46
Машук-140	5,51	9,78	7,65
Нур	7,64	8,20	7,92
К-160	7,50	7,63	7,57
К-165	7,37	7,88	7,63
Байкал	7,98	8,60	8,29
К-170	7,18	7,91	7,54
Машук-171	7,78	8,05	7,92
Машук-172	6,65	7,38	7,02
Ньютон	7,56	8,12	7,84
Машук-220	5,90	6,24	6,07
Машук-250	7,75	8,50	8,13

Также высокий уровень урожайности зерна был получен у гибрида Машук-250 – 8,13 т/га. Это на 0,16 т/га меньше, чем у гибрида Байкал. У гибридов Нур и Машук-171 урожайность была 7,92 т/га (на 0,37 т/га меньше). Далее следует гибрид Ньютон с урожайностью 7,84 т/га (на 0,45 т/га). У остальных гибридов урожайность зерна была на уровне 7,65 т/га у гибрида Машук-140, 7,63 т/га у гибрида К-165, 7,57 т/га (К-160), 7,54 т/га (К-170), 7,46 т/га (Сибирский-135), 7,02 т/га (Машук-172). И 6,07 т/га. Это на 2,22 т/га меньше, чем у гибрида Байкал.

Оценка качества полученного урожая показала следующие результаты (табл.5). Наибольшее содержание белка оказалось в зерне гибрида Сибирский-135 – 11,31%. В зерне гибрида Байкал белка было 10,31, что на 1% меньше, чем у гибрида Сибирский-135.

Чуть меньше белка было в зерне гибрида Нур – 10,13%. У остальных гибридов содержание белка в зерне было на уровне от 8,31 до 10,28%.

Наибольшее содержание крахмала было в зерне гибрида Ньютон – 68,29%, наименьшее в зерне гибрида Сибирский-135 – 56,46%. У остальных гибридов содержание крахмала было 56,85% в зерне гибрида Нур, 61,10% в зерне гибрида Байкал, 62,22% в зерне гибрида Машук-220 и 60,44% в зерне гибрида Машук-250.

Анализируя результаты качества полученной продукции, можно сделать вывод, что между содержанием белка и крахмала в зерне кукурузы имеется обратная пропорциональная зависимость: чем больше белка, тем меньше крахмала и чем больше крахмала, тем меньше белка в зерне кукурузы.

Таблица 5 – Содержание белка и крахмала в зерне кукурузы

Гибриды	Содержание белка (протеина), %	Содержание крахмала, %
Сибирский-135	11,31	56,46
Нур	10,13	56,85
Байкал	10,31	61,10
Машук-171	8,87	63,70
Ньютон	8,31	68,29
Машук-220	9,31	62,22
Машук-250	10,28	60,44

**Выводы.** Проведенные исследования по выявлению наибольшей продуктивности и адаптивности двенадцати гибридов кукурузы ФГБНУ «ВНИИ Кукурузы» к почвенно-климатическим условиям Республики Татарстан показали значительные различия в линейных темпах роста в высоту, формировании надземной массы, листового аппарата. Наиболее существенные различия были также отмечены в биологической урожайности.

По всем анализируемым показателям гибриды Байкал и Машук-250 отличаются стабильностью, хорошо сформированными початками, крупным зерном, хорошим вызреванием зерна с пониженной влажностью. Что позволило получить высокую биологическую урожайность 8,29 т/га и 8,13 т/га.

Линейка раннеспелых гибридов кукурузы более стабильно показывает себя в условиях Республики Татарстан.

#### Литература

1. Кирячек С. А., Волчанский Н. Ю. Продуктивность гибридов кукурузы разных групп спелости в зависимости от сроков посева // Год науки и технологий 2021. Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар. 09–12 февраля 2021 года. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар. Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. 2021. С. 407-408.
2. Результаты экологического испытания гибридов кукурузы по селекционно значимым признакам / С.П. Аппаев, Б.Р. Шомахов, А.М. Кагермазов, А.В. Хачидогов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 4(108). С. 32-40.
3. Mikhailova M. U., Talanov P. I. Cultivation of corn hybrids on the expected nutritional background in the Volga region of the Republic of Tatarstan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan. 18–19 апреля 2019 года. Kurgan: IOP Publishing Ltd. 2019. P. 012008.
4. Лухменев В. П. Влияние страховых гербицидов на зерновую продуктивность гибридов кукурузы в Поволжье и на Южном Урале // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 2(88). С. 55-62.
5. Давлетшин Р. Т., Нурлыгаянов Р. Б., Прокофьева С. В. Урожайность зерна гибридов кукурузы ССКП ККЗ "Кубань" в Южной лесостепной зоне Республики Башкортостан // Российский электронный научный журнал. 2022. № 1(43). С. 18-37.
6. Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В. Влияние густоты стояния растений на урожайность гибридов кукурузы различных групп спелости // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2022. № 3(47). С. 24-32.
7. Михайлова М. Ю., Таланов И. П. Питательная ценность гибридов кукурузы при возделывании на зеленую массу // Аграрная наука. 2016. № 4. С. 9-11.
8. Сотченко Е. Ф., Орлянская Н. А., Сотченко Д. Ю. Сравнительная оценка новых раннеспелых гибридов кукурузы по урожайности и адаптивности // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1(99). С. 46-54.
9. Михайлова М. Ю. Выбор гибридов кукурузы в условиях Республики Татарстан // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г. Казань. 28–29 октября 2021 года. Казань: Казанский государственный аграрный университет. 2021. С. 413-420.
10. Богданов А. З., Надточаев Н. Ф., Зеленьяк В. В. Скороспелость гибридов кукурузы компании KWS SAAT Se по ФАО // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1. С. 93-97.
11. Потапов А. П., Дейнекина О. А., Киктев Д. А. Оценка перспективных гибридов кукурузы в условиях каменной степи // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 10-1(37). С. 157-159.
12. Афонин Н. М., Мартынов В. А. Оценка гибридов кукурузы, предназначенных для выращивания на зерно в Тамбовской области // Наука и Образование. 2022. Т. 5. № 1.

#### Сведения об авторах:

Михайлова Марина Юрьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, marisha.m.u@mail.ru  
Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

#### ANALYSIS OF PRODUCTIVITY AND ADAPTABILITY OF CORN HYBRIDS OF THE FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION CORN RESEARCH INSTITUTE IN SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

M. Y. Mikhailova

**Abstract.** The article presents the results of studies conducted on gray forest soils of the Ancestral region of the Republic of Tatarstan in 2021-2022 to study the productivity and adaptability of twelve corn hybrids of different precocity breeding FGBNU "Corn Research Institute" Siberian-135, Mashuk-140, Nur, K-160, K-165, Baikal, K-170, Mashuk-171,

Mashuk-172, Newton, Mashuk-220, Mashuk-250. Characteristics of the experimental site: humus content is low 3.8%, mobile phosphorus is very high 288 mg / kg of soil and potassium exchange increased 153 mg / kg of soil. The reaction of the soil environment is close to neutral. Analyzing the indicators, the early-maturing three-line hybrid Baikal turned out to be the most productive. Even under stressful climatic conditions, the average plant height of the hybrid was 256.5 cm, the biological yield was 8.29 t/ha, the aboveground mass in the phase of milk ripeness of grain was 64.30 t/ha and the leaf area was 43.56 thousand m<sup>2</sup>/ha. At the same time, the qualitative characteristics of the Baikal hybrid grain were not lost. The protein content was 10.31%, starch 61.10%. Also, a high level of grain yield was obtained from the average early hybrid Mashuk-250 – 8.13 t/ha. This is 0.16 t/ha less than that of the Baikal hybrid. Early-maturing Nur and Mashuk-171 hybrids had a yield of 7.92 t/ha (0.37 t/ha less than the maximum value). The highest protein content was found in the grain of the ultra-ripe hybrid Siberian-135 - 11.31%. The highest starch content was in the grain of the Newton hybrid – 68.29%. The lowest grain yield was obtained when cultivating the Mashuk-220 hybrid (6.07 t/ha). The protein and starch content in the grain of this hybrid is average (9.31% and 62.22%).

**Key words:** corn, hybrid, development phases, vegetation, yield, protein, starch.

#### References

1. Kiryachek S. A., Volchansky N. Yu. Productivity of corn hybrids of different ripeness groups depending on the timing of sowing // The Year of Science and Technology 2021. Collection of abstracts based on the materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnodar. February 09-12, 2021. Rel. for the release of A.G. Koshchaev. – Krasnodar. Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. 2021. pp. 407-408.
2. Results of ecological testing of maize hybrids by selectively significant traits / S.P. Appaev, B.R. Shomakhov, A.M. Kagermazov, A.V. Khachidogov // Izvestiya Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2022. No. 4(108). pp. 32-40.
3. Mikhailova M. U., Talanov P. I. Cultivation of corn hybrids on the expected nutritional background in the Volga region of the Republic of Tatarstan // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan. April 18-19, 2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd. 2019. P. 012008.
4. Lukhmenov V. P. The influence of insurance herbicides on the grain productivity of corn hybrids in the Volga region and the Southern Urals // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2021. No. 2(88). pp. 55-62.
5. Davletshin R. T., Nurlygayanov R. B., Prokofieva S. V. Grain yield of corn hybrids of the KSKP KKZ "Kuban" in the Southern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan // Russian Electronic Scientific Journal. 2022. No. 1(43). pp. 18-37.
6. Gubin S. V., Loginova A.M., Getz G. V. The effect of plant density on the yield of corn hybrids of various ripeness groups // Bulletin of Omsk State Agrarian University. 2022. No. 3(47). pp. 24-32.
7. Mikhailova M. Yu., Talanov I. P. Nutritional value of corn hybrids when cultivated on green mass // Agrarian Science. 2016. No. 4. pp. 9-11.
8. Sotchenko E. F., Orlyanskaya N. A., Sotchenko D. Yu. Comparative evaluation of new early-maturing corn hybrids by yield and adaptability // Izvestia of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2021. No. 1(99). pp. 46-54.
9. Mikhailova M. Yu. The choice of corn hybrids in the conditions of the Republic of Tatarstan // The current state and prospects for the development of the technical base of the agro-industrial complex: Scientific proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of Doctor of Technical Sciences, Professor P. Mudrov. Kazan. October 28-29, 2021. Kazan: Kazan State Agrarian University. 2021. pp. 413-420.
10. Bogdanov A. Z., Nadochaev N. F., Zelenyak V. V. Precocity of KWS SAAT Se corn hybrids according to FAO // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2021. No. 1. pp. 93-97.
11. Potapov A. P., Deinekina O. A., Kiktev D. A. Evaluation of promising hybrids corn in the conditions of the stone steppe // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2019. No. 10-1(37). p. 157-159.
12. Afonin N. M., Martynov V. A. Evaluation of corn hybrids intended for grain cultivation in the Tambov region // Science and Education. 2022. Vol. 5. No. 1.

#### Author:

Mikhailova Marina Yurievna - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, marisha.m.u@mail.ru  
Kazan State Agrarian University. Kazan, Russia.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ГИБРИДОВ ЯРОВОГО РАПСА КОМПАНИИ КВС  
В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

С. Р. Сулейманов, Ф. Н. Сафиоллин

**Реферат.** Исследования проводили с целью изучения продуктивности и адаптивности гибридов ярового рапса КВС Этнос КЛ, Джаз КВС, Джошуа КВС, Джангл КВС, КВС Джарус, Джером на серых лесных почвах Республики Татарстан. Полевые опыты проводили в 2021–2022 г. на базе ООО «Агробиотехнопарк» (с. Нармонка Лаишевского муниципального района Республики Татарстан), лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ. По результатам исследований было установлено, что по полевой всхожести шести сравниваемых вариантов ярового рапса отличался гибрид Днарус (полевая всхожесть – 74 %), на данном же варианте была и самая высокая мощность роста всходов – 0,18 г/растение. По устойчивости к вредителям и болезням отличались гибриды Джарус и Джаз. Так, по данным вариантам общее количество пораженных растений от общего количества всходов было минимальным и составило 30,8 и 31,5 % соответственно. На данных же вариантах была максимальная сохранность (38,4 и 36,5 шт. м<sup>2</sup>) и высота растений (128 и 119 см). Формирование высокорослых гибридов Джарус и Джаз способствовало к снижению засоренности посевов. На данных вариантах была минимальное количество сорных растений – 7,6 и 7,9 шт./м<sup>2</sup> соответственно. При анализе структуры урожая, по всем изучаемым параметрам максимальные показатели были также у гибридов Джарус и Джас, что в конечном итоге способствовало к формированию максимальной урожайности – 4,11 и 3,61 т/га соответственно по гибридам.

**Ключевые слова:** рапс, гибриды, урожайность, полевая всхожесть, мощность роста всходов, рост корневой системы, масса 1000 семян, биологическая урожайность.

**Введение.** В мировом производстве в качестве основной культуры среди масличных является соя. Рапс идет на втором месте с валовым производством порядка 70 млн. тонн [1, 2]. Россия только сейчас заявила о себе, как об одном из перспективных и потенциальных производителей рапса на международной арене, наравне с той же Канадой, являющейся лидером производства, Австралией, Китаем и Индией [3, 4].

В России на сегодняшний день в реестре селекционных достижений зарегистрированы и допущены для использования в производстве 255 сортов и гибридов рапса, в том числе, 147 сортов и гибридов ярового и 108 — озимого рапса [5, 6]. Оригинаторами этих селекционных достижений являются отечественные научно-исследовательские институты и зарубежные селекционные фирмы.

На российском рынке присутствуют более 15 иностранных фирм, зарегистрировавших свои сорта и гибриды рапса. Как правило, эти компании имеют свои подразделения в России и лаборатории, где ведут селекцию отдельных сельскохозяйственных культур, осуществляют семеноводство сортов [7, 8, 9].

В связи с вышесказанным целью наших исследований являлось изучение адаптированности гибридов зарубежного производства КВС Этнос КЛ, Джаз КВС, Джошуа КВС, Джангл КВС, КВС Джарус, Джером к почвенно-климатическим условиям Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** Стационарные полевые опыты в 2021-2022 гг. проводились на базе ООО «Агробиотехнопарк» (с. Нармонка Лаишевского муниципального района Республики Татарстан) с координатами: широта –

55.5244865824 и долгота – 48.274901646, а лабораторные анализы – в Центре агроэкологических исследований Казанского ГАУ.

Полевые опыты проводились на типичных серых лесных почвах со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса по Тюрину 3,0%, подвижного фосфора очень высокое (> 250 мг/кг) и обменного калия – повышенное (145 мг/кг по Кирсанову).

В опытах яровой рапс размещали после чистого пара. Осенью была проведена вспашка и углубление пахотного слоя. Весной при физической спелости почвы (посерение гребней) провели закрытие влаги в 2 следа тяжелыми зубowymi боронами (БЗТУ-1). Затем внесли минеральные удобрения и провели предпосевную культивацию.

Закладку полевого опыта (посев ярового рапса) провели 12 мая 2021 г. и 15 мая 2022 года селекционной сеялкой Wintersteiger. Норма высева – 750 тыс. шт. всхожих семян.

Схема опыта:

Гибрид ярового рапса КВС Этнос КЛ.

Гибрид ярового рапса Джаз КВС.

Гибрид ярового рапса Джошуа КВС.

Гибрид ярового рапса Джангл КВС.

Гибрид ярового рапса КВС Джарус.

Гибрид ярового рапса Джером.

Площадь опытных делянок – 82 м<sup>2</sup>. Повторность опыта – трехкратная.

Краткая характеристика исследуемых гибридов ярового рапса представлена в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, все исследуемые гибриды характеризуются средним и среднепоздним сроком созревания. Потенциальная урожайность колеблется от 4 до 4,5 т/га при среднем содержании сырого жира в семенах от 44 до 48 %.



## АГРОНОМИЯ

Таблица 1- Краткая характеристика изучаемых гибридов ярового рапса

Гибриды	Вегетационный период, дни	Высота растений, см	Начало цветения	Боковое ветвление	Созревание	Потенциал урожайности, т/га	Содержание сырого жира, %
Джарус	105-110	92-104	среднее	очень сильное	среднепоздний	4,5	45-48
Джаз	99-100	100-102	раннее	очень сильное	среднеспелый	4,2	44-45
Этнос	99-105	95-110	раннее	очень сильное	среднеспелый	более 4,0	44-45
Джошуа	более 105	93-98	среднее	сильное	среднепоздний	4,2	45-47
Джером	более 105	108-117	среднее	очень сильное	среднепоздний	более 4,0	47,3
Джангл	более 105	93-98	среднее	очень сильное	среднепоздний	более 4,2	45-47

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2021 г. были неблагоприятными для роста и развития ярового рапса, поскольку температура воздуха с мая по август превышала среднегодовалые данные от 11 до 41%, что способствовало массовому

развитию вредителей объекта исследований, а сумма осадков за данные месяца составила всего 18-58 % от нормы (табл. 2) что, в конечном итоге негативно отразилось на развитии вегетационной массы растений ярового рапса.

Таблица 2 - Метеоданные за вегетационный период 2021-2022 гг.

Месяц, декада	Температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	норма	факт.	в % к норме	норма	факт.	в % к норме
<b>2021 г.</b>						
Май	+13,3	+18,7	141	41	20	48,7
Июнь	+18,1	+23,4	129	63	15	24,3
Июль	+20,2	+22,5	111	67	39	58,0
Август	+17,6	+22,4	127	59	11	18,0
Сентябрь	+11,7	+9,7	83	52	53	103,0
<b>2022 г.</b>						
Май	+13,3	+14,0	105	41	78	190,2
Июнь	+18,1	+18,3	101	63	19	30,1
Июль	+20,2	+20,5	101	67	62	92,5
Август	+17,6	+18,3	104	59	0	0,0
Сентябрь	+11,7	+12,3	105	52	60	115,3

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2022 г. были весьма благоприятными для формирования высокопродуктивного агроценоза ярового рапса, прежде всего с точки зрения влагообеспеченности, которая в лесостепной зоне Среднего Поволжья является первым ограничивающим фактором продуктивности пашни. Так, зимний период 2021-2022 г. отличался толщиной снежного покрова в 1,5 раза больше по сравнению со среднегодовалыми показателями. Более того, в мае выпало 78 мм осадков, что на 190,2 % выше нормы. Запасов влаги, накопленной при снеготаянии и в результате обильных осадков в мае, хватило для интенсивного роста и развития ярового рапса в июле. Более того, в критический период потребление воды в июле выпало 62 мм осадков.

**Результаты и обсуждение.** Полевая всхожесть. Одним из первых анализируемых показателей после появления всходов является полевая всхожесть. Полевая всхожесть была определена через 12 суток после посева, поскольку полные всходы рапса в почвенно-климатических условиях Республики

Татарстан появляются обычно через 10-12 дней в зависимости от влажности и температуры почвы [10, 11]. Как отмечают многие ученые, изучающие технологию возделывания этой культуры, полевая всхожесть ярового рапса значительно уступает яровым зерновым и зернобобовым культурам и в среднем составляет не более 60-65 процентов [12, 13]. Из 75 шт./м<sup>2</sup> высеванных всхожих семян гибридов Джаз и Джарус полноценные всходы были получены 53,3 и 55,5 шт./м<sup>2</sup>, что составляет 71 и 74% соответственно. Полевая всхожесть остальных 4-х гибридов не превышала 68-70 процентов (табл. 3). С другой стороны, интенсивность формирования высокопродуктивного рапсового агроценоза зависит не только от полевой всхожести, но и в большей степени от мощности роста всходов и в переходе растений на автономное питание. Она определяется по сухой массе растений в фазе 2-х пар настоящих листьев в десятикратной повторности. Измерения показали, что первые 2 гибрида (Джаз и Джарус) отличаются мощным ростом всходов – 0,16 и 0,18 г/растение против 0,14 г/растение у гибрида Джером.

## АГРОНОМИЯ

Таблица 3 – Полевая всхожесть и мощность роста всходов ярового рапса (среднее 2021-2022 гг.)

Гибриды	Количество всходов, шт./м <sup>2</sup>	Полевая всхожесть, %	Мощность роста всходов, г/растение в фазе 2-х пар настоящих листьев
Джарус	55,5	74	0,18
Джаз	53,3	71	0,16
Этнос	52,5	70	0,15
Джошуа	52,5	70	0,15
Джангл	52,5	70	0,15
Джером	51,0	68	0,14
НСР <sub>05</sub>	1,8		

**Динамика формирования корневой системы гибридов ярового рапса.** Между мощностью роста всходов и глубиной проникновения корневой системы растений существует прямая зависимость: чем выше первый показатель, тем больше

ускоряется линейный прирост корневой системы [14, 15]. Корневая система ярового рапса в начальном этапе развивается очень медленно. В фазе посев-всходы за 12 дней она проникает в почву всего на 5,8 (гибрид Джером) до 7,2 см (гибрид Джарус) (табл. 4).

Таблица 4 – Линейный прирост корней ярового рапса в зависимости от биологических особенностей изучаемых гибридов, см (2021-2022 гг.)

Гибриды	Посев-всходы	Всходы-бутонизация	Бутонизация-цветение	Цветение-созревание
Джарус	7,2	40,1	49,4	53,3
Джаз	6,7	38,3	48,1	52,0
Этнос	6,2	36,4	46,7	48,0
Джошуа	6,0	35,5	45,3	48,0
Джангл	6,0	35,0	44,2	47,1
Джером	5,8	32,6	42,7	45,5

Более интенсивный рост происходит в фазе всходы-бутонизация. В этот период основная масса корней гибрида Джарус занимает 40,1 см активного слоя почвы против 32,6 см у гибрида Джером. К концу вегетационного периода активный слой почвы, в котором находится основная масса корней составляет 45,5-53,3 см.

Для сравнения отметим, активный слой почвы под яровой пшеницей составляет всего 20-25 см. В связи с этим, яровой рапс

потребность во влаге обеспечивает за счет глубокопроникающей физиологически активной корневой системы и лучше переносит низкую влагообеспеченность по фазам развития.

**Вредители и болезни.** Изучение вредителей и болезней ярового рапса показывает, что они больше всего появляются в начальном этапе органогенеза растений, что становится причиной существенного снижения плотности стеблестоя перед уборкой урожая (табл.5).

Таблица 5 – Сравнительная оценка устойчивости гибридов ярового рапса к вредным объектам (2021-2022 гг.)

Гибриды	Общее количество пораженных растений		Количество растений к уборке, шт./м <sup>2</sup>	Высота растений, см
	шт./м <sup>2</sup>	в % к всходам		
Джарус	17,1	30,8	38,4	128
Джаз	16,8	31,5	36,5	119
Этнос	16,8	32,0	35,7	110
Джошуа	17,7	33,7	34,8	108
Джангл	18,6	35,4	33,9	96
Джером	18,0	35,3	33,0	95

Расчеты показали низкую сохранность изучаемых гибридов ярового рапса к уборке. Так, из 75 шт./м<sup>2</sup> высеянных всхожих семян полноценные всходы дали от 51,0 до 55,5 шт./м<sup>2</sup>. Из них до уборки дошли 33,0-38,4 шт./м<sup>2</sup> растений. Выпад растений в процессе боронования по всходам с целью уничтожения сорняков, поражения его вредителями (особенно в 2022 г. скрытохоботником) и болезнями у гибрида Джангл составил 35,4 % к полученным всходам.

В тех же погодных-климатических условиях и прочих одинаковых условий (фон питания, уход за посевами и др.) у гибрида Джарус общее количество пораженных растений составило 17,1 шт./м<sup>2</sup>, что на 4,6 % ниже по сравнению с гибридом Джангл. Чем выше плотность стеблестоя, тем больше усиливается конкуренция между растениями за свет и подобно древесной растительности высота стеблестоя достигает максимальной величины гибридного ярового рапса Джарус – 128 см.

Высота растений играет как положительную, так и отрицательную роль. В качестве недостатка высокого стеблестоя следует подчеркнуть образование дисбаланса между прочностью стебля и давлением на него большого количества стручков. В результате в фазе хозяйственной спелости стебли переламываются и резко увеличиваются потери биологической урожайности объекта наших исследований.

В то же время, в результате формирования плотного высокорослого рапсового агроценоза сорным растениям меньше жизненного пространства.

Засоренность посевов. Как было отмечено выше в начальном этапе агроценоза яровой

рапс развивается очень медленно. Поэтому защита ярового рапса от сорной растительности имеет высокое значение в формировании высокопродуктивных посевов этой культуры. Для достижения этой цели в фазе 2-3 пар настоящих листьев рапсовое поле обрабатывается гербицидами, ассортимент которых обширен. Единственное требование - их надо выбирать исходя из доминирующих видов сорных растений (одно- или двудольные сорняки). При смешанном типе засоренности норму расхода гербицидов необходимо уменьшить на 15-20 процентов. После этого посевы ярового рапса способны противостоять сорным растениям (табл. 6).

Таблица 6 - Засоренность посевов ярового рапса в зависимости от биологических особенностей изучаемых гибридов (2021-2022 гг.)

Гибриды	Шт./м <sup>2</sup>	Г/м <sup>2</sup>	Группа засоренности по В.В. Исаеву
Джарус	7,6	8,7	слабая
Джаз	7,9	9,2	слабая
Этнос	8,1	9,8	слабая
Джошуа	8,7	10,4	слабая
Джангл	9,4	10,9	слабая
Джером	10,6	11,8	средняя
НСР <sub>05</sub>	10,9	12,4	средняя

В.В. Исаев (1999) разработал шкалу засоренности посевов сельскохозяйственных культур на основе их учета в шт./м<sup>2</sup>:

- до 10 шт./м<sup>2</sup> – слабая засоренность;
- 11-20 шт./м<sup>2</sup> – средняя засоренность;
- свыше 20 шт./м<sup>2</sup> – сильная засоренность.

По этой шкале гибридные посевы ярового рапса Джарус, Джаз, Этнос, Джошуа, Джангл относятся к группе слабозасоренных. Джером переходит к группе среднезасоренных посевов.

Такое различие объясняется плотностью стеблестоя и его высотой: чем больше первый

показатель, тем меньше второй.

**Структура урожая.** Согласно методике полевой опыт проводится с соблюдением принципа единственного различия. Основная и предпосевная обработка почвы были совершенно идентичными, агрохимическая характеристика почвы и фон минерального питания ничем не отличились, посев проводили одной и той же сеялкой, и с одной и той же нормой высева в один и тот же день, но продуктивное ветвление, количество стручков, семян в стручке и масса 1000 семян совершенно разными (табл. 7).

Таблица 7 – Структура урожая различных гибридов ярового рапса (2021-2022 гг.)

Гибриды	Количество продуктивных ветвей, шт./растение	Количество стручков шт./растение	Количество семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га
Джарус	10,2	100,2	20,1	5,32	4,11
Джаз	9,9	96,1	19,8	5,23	3,61
Этнос	9,1	90,8	18,4	5,15	3,07
Джошуа	8,8	87,9	18,0	4,98	2,74
Джангл	8,7	85,4	17,8	4,91	2,53
Джером	8,7	85,0	17,9	4,90	2,46

Формирование высокопродуктивного рапсового агроценоза, кроме плотности стеблестоя, зависит от таких плодоеlementов этой культуры как количество стручков на 1 растение и семян в стручке, также массы 1000 семян. В свою очередь на количество стручков в одном растении прямое воздействие оказывает интенсивность ветвобразования, которая у гибридного ярового рапса превышает сорта этой культуры в 2,0-2,5 раза. По этой причине в Татарстане норма высева у сортов ярового рапса составляет 2,5 млн. шт./га всхожих семян, а изучаемые гибриды высевались

из расчета 700 тыс. шт./га. Из них всходы дали 51-55 тыс. шт./га, а к уборке сохранились 33,0-38,4 тыс. шт./га растений.

Столь большой выпад растений объясняется, прежде всего, усиленным ветвлением (8,7-10,2 шт./растение продуктивных ветвей первого порядка). Другими словами, гибриды ярового рапса обладают чрезвычайно высокой способностью саморегулирования плотности стеблестоя.

Наряду с этим ради справедливости, следует отметить чрезвычайно высокую влагообеспеченность вегетационного периода

2022 году, что несомненно оказало влияние не только на ветвление, но и на количество стручков и семян в стручке. Несмотря на это разница в образовании плодэлементов была существенной.

Так, у гибрида Джарус, количество продуктивных ветвей составило 10,2 шт./растение, в которых образовывались 100,2 шт. полноценных стручков с содержанием 20,1 шт. семян в каждом стручке. Масса 1000 семян составила 5,32 г против 8,7; 85,0; 17,9; 4,90 соответственно у гибрида Джером. В результате биологическая урожайность у гибрида Джарус превышает урожайность Джерома на 1,65 т/га (на 67%).

Сравнительная оценка продуктивности изучаемых гибридов ярового рапса. Биологическая и бункерная урожайность не являются основой для объективной оценки изучаемых гибридов, поскольку:

- при уборке урожая они отличаются по влажности масличного сырья;

- засоренность бункерного урожая зависит от влажности производимой продукции;

- потери урожая при уборке происходят по принципу: чем выше биологическая урожайность, тем выше потери.

В связи с этим, бункерную урожайность необходимо перевести на базисные показатели, по которым хлебоприемные пункты рассчитываются с товаропроизводителями:

- влажность 7%;

- сорность 2%;

- содержание масличной примеси 6%.

Если продукция не соответствует базисным показателям, ХПП не только снижают зачетный вес, но и предъявляют счет на расходы за сушку и сортировку его масличного сырья. И тогда дело доходит до абсурда. Вы сдали рапсовое масличное сырье, засоренное и в итоге товаропроизводитель остается в минусе. С учетом вышеотмеченного в таблице 8 фактическая урожайность приведена с переводом на базисные показатели.

Таблица 8 - Сравнительная оценка урожайности изучаемых гибридов ярового рапса (2021-2022 гг.)

Гибриды	Валовой сбор товарного масличного сырья, т/га	Потери биологической урожайности	
		т/га	%
Джарус	3,62	0,49	12
Джаз	3,14	0,47	13
Этнос	2,68	0,39	13
Джошуа	2,41	0,33	12
Джангл	2,34	0,19	8
Джером	2,30	0,16	7
НСР <sub>05</sub>	0,26		

Все гибриды ярового рапса обеспечили высокие валовые сборы масличного сырья (рис. 1).

Несмотря на это разница урожайности между гибридами была весьма существенной

и составила 1,32 т/га.

Например, самые высокие результаты по урожайности после перевода ее на базисные показатели были у гибрида Джарус – 3,62 т/га против 2,30 т/га у Джерома.



Рис. 1 - Поделяночная уборка и учет бункерной урожайности изучаемых гибридов ярового рапса (31 августа 2022 года)

Вторую позицию занимает гибрид Джаз с валовым сбором масличного товарного сырья 3,14 т/га, затем Этнос - 2,68 т/га. Затем урожайность между последующими тремя гибридами нивелируются на уровне 2,30-2,41 т/га, то есть разница между ними (0,11 т/га) математически не доказуема (НСР<sub>05</sub> 0,26 т/га).

**Выводы.** В хозяйствах с высокой культурой земледелия в целях получения более 3 т/га товарного рапсового масличного сырья в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан рекомендуется расширить посевные площади гибридного ярового рапса Джарус и Джаз.

Литература

1. Сафиоллин Ф. Н. Вахитов Р. К. Масличные культуры. Казань: Матбугат йорты, 2000. 272 с.
2. Сафиоллин Ф. Н. Рапс в лесостепи Поволжья. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 406 с.
3. Файзрахманов Д. И., Сафиоллин Ф. Н., Низамов Р. М. 62 полезных совета по технологии возделывания масличных культур. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2013. 68 с.
4. Габбасов И. И. Влияние удобрений марки Изagri на ростовые процессы и продуктивность ярового рапса / И. И. Габбасов, Р. М. Низамов, С. Р. Сулейманов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 5. – С. 34-38. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-10508.
5. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края / Е. Н. Олейникова, М. А. Янова, Н. И. Пыжикова и др. // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (142). С. 74–80.
6. Нурлыгаянов Р. Б. Яровой рапс поддерживает земледельцев // Аграрная тема. 2012. № 10 (39). С. 43.
7. Цыбулько Н. Н., Пунченко С. С. Эффективность применения дифференцированных доз минеральных удобрений под яровой рапс на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах разной степени эродированности // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 1 (54). С. 189–200.
8. Интенсификация технологии возделывания ярового рапса на маслосемена / С. В. Гольцман, Т. В. Горбачева, Н. А. Рендов и др. // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (17). С. 12–14.
9. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake / M. Halpern, U. Yermiyahu, A. Bar-Tal, et al. // Advances in Agronomy. 2015. Т. 130. С. 141–174.
10. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating red signaling as a possible unifying mechanism / A. K. Srivastava, P. Suprasanna, R. Pasala, et al. // Advances in Agronomy. 2016. Т. 137. S. 237–278.
11. Антистрессовые и фитогормонные препараты в технологии возделывания ярового рапса на серых лесных почвах Республики Татарстан / Д. Г. Гагауллин, Ф. Н. Сафиоллин, Г. С. Миннуллин и др. // Агрохимический вестник. – 2021. – № 2. – С. 45-49. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-2-009.
12. The influence of spring barley extracts on pseudomonas putida PCL1760 / R.I. Safin, L.Z. Karimova, F.N. Safiollin, et al. // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 91. S. 185–193.
13. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov, F. N. Safiollin, M. M. Khismatullin, et al. // International journal of advanced biotechnology and research. 2019. Т. 10. № 1. S. 341–347.
14. Суханова С. Ф., Постовалов А. А., Григорьев Е. В. Продуктивность и устойчивость сортов ярового рапса к фузариозу в условиях Курганской области // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 1(49). С. 65-70. DOI 10.18286/1816-4501-2020-1-65-70.
15. Старикова Д. В., Горлова Л. А. Влияние среды и генотипа на хозяйственно ценные признаки рапса ярового в условиях центральной зоны Краснодарского края // Масличные культуры. 2021. № 4(188). С. 71-77. DOI 10.25230/2412-608X-2021-4-188-71-77.

Сведения об авторах:

Сулейманов Салават Разяпович – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: dusai@mail.ru

Сафиоллин Фаик Набиевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: faik1948@mail.ru  
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

RESULTS OF TESTING OF SPRING RAPESEED HYBRIDS OF KWS COMPANY IN SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

S. R. Suleymanov, F. N. Safiollin

**Abstract.** The research was carried out to study the productivity and adaptability of hybrids of spring rapeseed KWS Ethnos KL, Jazz KWS, Joshua KWS, Jungle KWS, KWS Jarus, Jerome on gray forest soils of the Republic of Tatarstan. Field experiments were carried out in 2021-2022 on the basis of Agrobiotechnopark LLC (Narmonka village, Laishevsky municipal District of the Republic of Tatarstan), laboratory analyses were carried out at the Agroecological Research Center of the Kazan State Agrarian University. According to the research results, it was found that according to the field germination of 6 compared variants of spring rapeseed, the hybrid Dnarus differed (field germination - 74%), this variant also had the highest seedling growth rate – 0.18 g/plant. In terms of resistance to pests and diseases, the hybrids Jarus and Jazz differed. Thus, according to these variants, the total number of affected plants from the total number of seedlings was minimal and amounted to 30.8 and 31.5%, respectively. On the same variants, there was maximum safety (38.4 and 36.5 pcs. m<sup>2</sup>) and plant height (128 and 119 cm). The formation of tall hybrids of Jarus and Jazz contributed to a decrease in the contamination of crops. In these variants, there was a minimum number of weeds – 7.6 and 7.9 pcs/m<sup>2</sup>, respectively. When analyzing the structure of the crop, the maximum indicators for all studied parameters were also in the hybrids Jarus and Jas, which ultimately contributed to the formation of maximum yields – 4.11 and 3.61 t/ha, respectively, for hybrids.

**Key words:** rapeseed, hybrids, yield, field germination, seedling growth rate, root system growth, weight of 1000 seeds, biological yield.

References

1. Safiollin F. N. Vakhitov R. K. Oilseeds. Kazan: Matbugat yorty, 2000. 272 p.
2. Safiollin F. N. Rapeseed in the forest-steppe of the Volga region. Kazan: Publishing House of the Kazan State University, 2008. 406 p.
3. Fayzrakhmanov D. I., Safiollin F. N., Nizamov R. M. 62 useful tips on the technology of cultivation of oilseeds. Kazan: Publishing House of Kazan State University, 2013. – 68 p.
4. Gabbasov I. I. The influence of Izagri brand fertilizers on the growth processes and productivity of spring rape / I. I. Gabbasov, R. M. Nizamov, S. R. Suleymanov // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2019. – Vol. 33, No. 5. – pp. 34-38. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-10508.
5. Spring rape - a promising culture for the development of the agro-industrial complex of the Krasnoyarsk Territory / E. N. Oleinikova, M. A. Yanova, N. I. Pyzhikova, et al. // Bulletin of the Krasnoyarsk State agricultural university. 2019. No. 1 (142). pp. 74-80.

6. Nurlygayanov R. B. Spring rape supports farmers // Agrarian theme. 2012. No. 10 (39). p. 43.
7. Tsybulko N. N., Punchenko S. S. The effectiveness of the use of differentiated doses of mineral fertilizers for spring rape on sod-podzolic light loamy soils of varying degrees of erosion // Soil science and agrochemistry. 2015. No. 1 (54). pp. 189-200.
8. Intensification of technology of cultivation of spring rapeseed on oil seeds / S. V. Goltsman, T. V. Gorbacheva, N. A. Rendov, et al. // Bulletin of Omsk State Agrarian University. 2015. No. 1 (17). pp. 12-14.
9. The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake / M. Halpern, U. Yermiyahu, A. Bar-Tal etc. // Advances in Agronomy. 2015. Vol. 130. pp. 141-174.
10. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating red signaling as a possible unifying mechanism / A. K. Srivastava, P. Suprasanna, R. Pasala, et al. // Advances in Agronomy. 2016. Vol. 137. S. 237-278.
11. Antistress and phytohormone preparations in the technology of cultivation of spring rape on gray forest soils of the Republic of Tatarstan / D. G. Gataullin, F. N. Safiollin, G. S. Minnullin, et al. // Agrochemical Bulletin. 2021. No. 2. pp. 45-49. – DOI 10.24412/1029-2551-2021-2-009.
12. The influence of spring barley extracts on pseudomonas putida PCL1760 / R.I. Safin, L.Z. Karimova, F.N. Safiollin, et al. // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 91. S. 185–193.
13. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov, F. N. Safiollin, M. M. Khismatullin, et al. // International journal of advanced biotechnology and research. 2019. Vol. 10. No. 1. S. 341-347.
14. Sukhanova S. F., Postovalov A. A., Grigoriev E. V. Productivity and resistance of spring rapeseed varieties to fusariosis in the conditions of the Kurgan region // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2020. - No. 1 (49). – pp. 65-70
15. Starikova D.V., Gorlova L.A. Influence of the environment and genotype on economically valuable traits of spring rapeseed in the central zone of the Krasnodar Territory // Oil cultures. - 2021. - No. 4 (188). - S. 71-77

**Authors:**

Suleymanov Salavat Razyapovich – Ph.D. of Agricultural sciences, head of department, e-mail: [dusai@mail.ru](mailto:dusai@mail.ru)  
 SafiollinFaikNabievich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, -mail: [faik1948@mail.ru](mailto:faik1948@mail.ru)  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОНА ПИТАНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ НОРМАХ ВЫСЕВА  
В УСЛОВИЯХ ПРЕДКАМСКОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН****Ф. Ш. Шайхутдинов, М. Ф. Амиров, И. М. Сержанов, Р. И. Гараев, П. Г. Семенов**

**Реферат.** В статье приведен экспериментальный материал по изучению нормы высева семян при различных фонах питания на развитие яровой мягкой пшеницы и пшеницы полбы, характер формирования стеблестоя, что оказывает немаловажное влияние на формирование урожайности зерна. Целью данной работы является изучение реакции видов яровой пшеницы на уровень применения минеральных удобрений при различных нормах высева в условиях серой лесной почвы Республики Татарстан. Полевые исследования выполнены на территории ООО «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ. Материал для исследований яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) сорта Ульяновская 105 и Тулайковская Надежда и пшеница полба (*Triticum dicoccum*) сорта Средневожская и Руно. В 2022 году метеорологические условия во время вегетации яровой пшеницы характеризовались достаточным увлажнением почвы и температурным режимом. За весь период вегетации яровой пшеницы выпало 158,9 мм осадков (ГТК-1,35). Формирование агроценоза видов яровой пшеницы в основном определялись нормами высева, а также полевой всхожестью и биологической стойкостью растений в течении вегетации. На обоих уровнях питания по мере увеличения нормы высева от 4 до 7 млн всхожих семян на 1 га, количество всходов как у мягкой, так и пшеницы полбы повышается. На контроле (естественный фон) у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 от 347 до 539 шт/м<sup>2</sup>, на удобренном варианте 344-534 шт/м<sup>2</sup>, у сорта Тулайковская Надежда 340-528 шт/м<sup>2</sup> и 336-522 шт/м<sup>2</sup> соответственно. Внесение удобрений повысило урожайность обоих видов пшеницы при всех нормах высева: у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 при 4 млн. 0,93 т, 5 млн. – 1,15 т, 6 млн. – 1,17 т и 7 млн. – 1,16 т с га. Сорта Тулайковская Надежда 1,08; 1,1, 1,1; и 1,15 т/га соответственно. У пшеницы полбы сорта Средневожская – 0,14; 0,34; 0,45 и 0,3 т/га с га. Руно 0,37; 0,23; 0,22 и 0,35 т/га соответственно. Наивысший урожай у обоих видов яровой пшеницы по изучаемым сортам в условиях вегетации 2022 года формировались как на контроле, так и на удобренном варианте опыта при посеве 5 млн. всхожих семян на 1 гектар.

**Ключевые слова:** яровая пшеница, пшеница полба, полевая всхожесть, биологическая стойкость, сорт, норма высева, удобрение, урожайность.

**Введение.** В государственной программе развития сельского хозяйства Российской Федерации на 2030-е годы главным направлением в растениеводстве остается производство зерна [1, 2, 3]. Вместе с тем, реализация прогнозируемых параметров сопряжена с необходимостью решения ряда научно-производственных задач. Важнейшими из них являются:

- увеличение доли продукции с высшими оценками по показателям, характеризующим технологические, диетические и экологические свойства зерна.

- повышение разнообразия зерновых культур, в том числе и за счет расширения доли крупяных и уникальных по направлению использованию зерновых культур [4, 5, 6].

Яровая пшеница является основной продовольственной культурой в условиях Республики Татарстан, которая ежегодно засеивается на площади более 400 тыс. га.

Повышение урожайности и улучшение качества зерна этой важнейшей культуры, в условиях рыночной экономики имеет решающее значение в социально-экономическом развитии республики. В последние годы вследствие ограниченного применения средств химизации, нарушения научно-обоснованного чередования культур и структуры посевов урожайность зерновых культур во многих хозяйствах снизилась [7, 8, 9].

Одним из основных направлений повышения эффективности производства яровой пшеницы является внедрение новых сортов, размещение их по лучшим предшественникам в оптимальные сроки с оптимальной нормой высева.

Поэтому поиск агротехнических приемов совершенствования земледелия, переход на адаптивные ресурсосберегающие технологии имеет важное научно-практическое значение в решении зерновой проблемы [10, 11, 12].

Полба – это перспективная культура, которая обладает широкой генетической базой адаптации, она хорошо адаптирована к биологизации сельского хозяйства и должна занять определенное место в комплексе решения задач адаптивной интенсификации земледелия [13, 14, 15].

В современных условиях увеличение товарных ресурсов зерна невозможно обеспечить без интенсификации производства растениеводческой отрасли. Она предусматривает применение дифференцированного подхода использования технологий возделывания зерновых культур [16, 17, 18].

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является изучение реакции видов яровой пшеницы на уровни применения минеральных удобрений при различных нормах высева в условиях серой лесной почвы Предкамья Республики Татарстан.

**Условия, материалы и методы.** Полевые исследования выполнены в 2022 году на территории ООО «Агробиотехнопарк» Казанского ГАУ. Почва опытного участка серая лесная среднесуглинистая со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 3,4 % сумма поглощённых оснований 27,0 мг-экв/1000 г. почвы, азота легкогидролизуемого – 110 мг/1000 г почвы (по Корнфилду), подвижного фосфора и калия (по Кирсанову), соответственно 240 и 189 мг/1000 г почвы, рН сол. – 5,7.

Материал для исследований – яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) сорта Ульяновская 105 и Тулайковская Надежда, пшеница полба (*Triticum dicoccum*) сорта Средневожская и Руно. Схема опыта предусматривало внесение расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности 3 т зерна с 1 га, которые вносились под предпосевную культивацию  $N_{80}P_{54}K_{40}$  кг в д.в., и фон без удобрений (контроль).

На каждом фоне питания испытывались 4 нормы высева: 4, 5, 6 и 7 млн. всхожих семян на 1 га. Повторность опытов четырехкратная, площадь делянки (1,15\*45) 52 м<sup>2</sup>. Размещение делянок различных фонов рендомизированное, нормы высева – последовательное. Во всех опытах яровая пшеница размещалась после озимой ржи, которая возделывалась после удобренного чистого пара.

Посев проводили в первые дни сева яровых зерновых культур семенами первого класса, сеялкой «Деметра» на тракторе МТЗ-80. Уход за посевами проводился в соответствии с требованиями прогрессивной технологии возделывания яровой пшеницы: прикатывание после посева; боронование до всходов, обработка посевов гербицидом Пума-супер 1-1,5 л/га; против злаковой тли, пьявицы и трипсов применялся БИ-58 новый (40% к.э) 0,7-1,0 кг препарата на гектар; против ржавчины, мучнистой росы – Байлетон (20 % с.п.) 0,5 кг/га, ТИЛТ - 0,25-0,4 кг/га и Цинеб (80% с.п.) – 3 кг/га. Уборка опытов проводилась в фазу полной спелости комбайном САМПО-500. Статическую обработку результатов исследований проводили по Б.А. Доспехову (2012) с использованием программ для Microsoft Excel [19].

**Результаты и обсуждение.** В 2022 году метеорологические условия по данным метеорологической станции «Агробиотехнопарка» Казанского ГАУ характеризовались достаточным увлажнением почвы и повышенным температурным режимом в отдельные периоды вегетации яровой пшеницы. 2022 году весна началась с опозданием. Почва поспевала к физической обработке медленно, часто выпадали осадки. Май месяц характеризовался пониженным тепловым режимом воздуха (на 3,3°C). Осадков выпало 78 мм, что выше нормы на 40 мм. В июне месяце наблюдалось теплая погода. Среднесуточная температура находилась в пределах среднесезонных

данных 18,2°C. Осадков выпало 19,3 мм (34%) от нормы.

Июль характеризовался повышенным тепловым режимом (среднесуточная температура воздуха 21,3°C) выше на 1,0°C средних значений. Осадков выпало 26 мм, что на 30% больше средних значений.

Весь август был засушливым и жарким. Среднесуточный температурный режим превышало средних значений на 4°C, а осадков вообще не наблюдалось.

За вегетационный период яровой пшеницы выпало 158,9 мм осадков (ГТК – 1,35).

На обоих фонах питания всходы у обоих видов пшеницы появились через 11 дней после посева (24 мая), различия в сроках наступления последующих фаз были существенными (4-5 дней) у пшеницы полбы, как у сорта Средневожская и Руно. Продолжительность вегетационного периода всходы-полная спелость у этих сортов полбы составила при норме высева 6 и 7 млн. всхожих семян на 1 га - 78, 4-5 млн – 82 дней. У сортов мягкой пшеницы, Ульяновская 105, Тулайковская Надежда 88-92 дней, соответственно. Формирование агроценоза видов яровой пшеницы в основном определялась нормами высева, а также полевой всхожестью и биологической стойкостью растений в течении вегетации (табл. 1 и 2). На обоих уровнях питания по мере увеличения нормы высева от 4 до 7 млн всхожих семян на 1 га, количество всходов как у мягкой, так и пшеницы полбы повышается. На контроле (естественный фон) у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 от 347 до 530 шт/м<sup>2</sup>, на удобренном варианте 344-534 шт/м<sup>2</sup>, у сорта Тулайковская Надежда 340-528 шт/м<sup>2</sup> и 336-522 шт/м<sup>2</sup> соответственно.

Повышенные нормы высева пшеницы полбы на обоих фонах питания снижали показатель полноты всходов. Однако посевы пшеницы полбы сорта Средневожская обладали более высокими адаптивными способностями к агрометеорологическим условиям года. Показатель полноты всходов у пшеницы полбы при посеве 5 млн. всхожих семян на гектар на удобренном фоне (81,6%) превышал на 4,6-4,8%, чем у мягкой пшеницы. Однако, по мере завышения норм высева, у обоих видов пшеницы несмотря на снижение полноты всходов, густота стеблестоя существенно не уменьшается. Следовательно, норма высева является весьма существенным фактором регулирования густоты стеблестоя и одним из основных элементов технологии возделывания яровой пшеницы. На всех уровнях питания у обоих видов пшеницы по мере уменьшения площади питания в следствии увеличения нормы высева снижается показатель биологической стойкости растений. Выпад растений от числа всходов у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 составил 6,9-7,8%, Тулайковская Надежда – 6,6-8,7%. У пшеницы полбы сорта Средневожская 7,6-10,3% и Руно 8,5-9,6%.



## АГРОНОМИЯ

Таблица 1 - Полевая всхожесть посевов яровой пшеницы при различных фонах питания и нормах высева (2022 г.)

Фон питания	Норма высева, млн/га	Мягкая пшеница				Пшеница полба			
		Ульяновская 105		Тулайковская Надежда		Средневолжская		Руно	
		количество растений на 1 м <sup>2</sup> (всходы)	%	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (всходы)	%	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (всходы)	%	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (всходы)	%
Без удобрений (контроль)	4	347	86,7	340	85,0	350	87,5	338	84,5
	5	409	81,8	403	80,0	410	82,0	381	76,2
	6	464	77,3	466	77,7	485	80,8	437	72,8
	7	530	75,7	528	5,4	560	80,0	503	71,4
НРК на 3 т зерна с 1 га	4	344	86,0	336	84,0	351	87,8	343	85,7
	5	413	82,6	406	81,2	418	83,6	382	76,4
	6	462	77,0	461	76,8	490	81,6	444	74,3
	7	534	76,2	522	74,6	566	80,8	509	72,7

Удобрения оказали положительное влияние на биологическую стойкость растений у обоих видов пшеницы. На удобренном варианте опыта сохранность растений яровой мягкой пшеницы при различных нормах высева увеличилась от числа всходов на 1,2-2,1% у сорта Ульяновская 105, 2,1-4,2% у Тулайковская Надежда. У пшеницы полбы –

0,4-3,1% и 1,5-2,6% соответственно.

Оптимальной густотой стеблестоя к фазе полной спелости на неудобренном варианте опыта у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 оказалось 357 растений на 1 м<sup>2</sup>, Тулайковская Надежда-372, а у пшеницы полбы сорта Средневолжская – 370, Руно – 315 растений на 1 м<sup>2</sup>.

Таблица 2 - Биологическая стойкость различных видов яровой пшеницы под влиянием фона и площади питания (2022 г.)

Фон питания	Норма высева, млн/га	Мягкая пшеница						Пшеница полба					
		Ульяновская 105			Тулайковская Надежда			Средневолжская			Руно		
		количество растений на 1 м <sup>2</sup> (полная спелость)	% от числа всходов	% от высеянных семян	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (полная спелость)	% от числа всходов	% от высеянных семян	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (полная спелость)	% от числа всходов	% от высеянных семян	количество растений на 1 м <sup>2</sup> (полная спелость)	% от числа всходов	% от высеянных семян
Без удобрений (контроль)	4	312	89,9	78,0	326	95,8	81,5	322	92,0	80,5	291	86,0	72,3
	5	357	87,2	71,4	372	92,0	74,4	370	90,2	74,0	315	82,6	63,0
	6	390	84,0	65,0	419	89,9	69,8	417	86,0	69,5	348	79,6	58,0
	7	440	83,0	62,9	460	87,1	65,7	474	84,4	67,6	390	77,5	55,7
НРК на 3 т зерна с 1 га	4	318	92,0	80,0	329	97,9	82,3	334	95,1	83,5	304	88,6	76,0
	5	370	89,6	74,0	381	93,8	76,2	383	91,6	76,6	325	85,0	65,0
	6	400	86,5	66,7	427	92,6	71,1	429	87,5	71,5	354	79,3	59,0
	7	450	84,2	64,3	477	91,3	68,1	480	84,8	68,6	407	79,0	58,1

## АГРОНОМИЯ

На удобренном варианте – 370, 381 и 383, 325 соответственно.

Основным критерием, характеризующим эффективность изучаемых факторов при возделывании различных видов яровой пшеницы, является урожайность зерна.

Результаты наших исследований показали, что внесение удобрений повысило урожайность обоих видов пшеницы при всех нормах высева: у мягкой пшеницы сорта Ульяновская 105 при 4 млн. – 0,93 т, 5 млн. – 1,15 т,

6 млн. 1,17 т и 7 млн. – 1,16 т с га. Сорта Тулайковская Надежда – 1,08; 1,1; 1,1; и 1,15 т/га соответственно. У пшеницы полбы сорта Средневолжская – 0,14; 0,34; 0,45 и 0,3 т с га, Руно 0,37; 0,23; 0,22 и 0,35 т/га, соответственно (табл. 3).

Наивысший урожай у обоих видов яровой пшеницы по изучаемым сортам в условиях вегетации 2022 года формировались как на контроле, так и на удобренном варианте опыта при посеве 5 млн. всхожих семян на 1 га.

Таблица 3 - Урожайность видов яровой пшеницы на различном фоне и площади питания, т/га (2022 г.).

Фон питания	Норма высева	Мягкая пшеница		Пшеница полба		Отклонение от контроля т/га			
		сорт		сорт		Ульяновская 105	Тулайковская Надежда	Средневолжская	Руно
		Ульяновская 105	Тулайковская Надежда	Средневолжская	Руно				
Без удобрений (контроль)	4	3,27	3,62	3,47	2,68	-	-	-	-
	5	3,46	3,63	3,75	2,94	-	-	-	-
	6	3,49	3,90	3,38	2,88	-	-	-	-
	7	3,41	3,43	3,26	2,74	-	-	-	-
НРК на 3 т зерна с 1 га	4	4,20	4,70	3,61	2,85	0,93	1,08	0,14	0,17
	5	4,61	4,93	4,09	3,27	1,15	1,10	0,34	0,33
	6	4,66	5,0	3,73	3,10	1,17	1,10	0,35	0,22
	7	4,57	4,58	3,59	3,09	1,16	1,15	0,33	0,35
НСР <sub>0,5</sub>	A	0,035	0,061	0,036	0,068				
	B	0,021	0,031	0,023	0,021				
	AB	0,021	0,031	0,023	0,021				

Таким образом, обобщая приведенных результатов исследований можно сделать следующие предварительные выводы.

Условия вегетационного периода отразились на показателях полевой всхожести и сохранности растений видов и сортов яровой пшеницы, что по-видимому связано с уровнем их адаптивности.

Оптимальной нормой высева изучаемых

видов яровой пшеницы при возделывании их на сером лесном посеве Предкамья РТ на обоих фонах питания оказалось 5 млн. всхожих семян на гектар. Внесение удобрений на 3 т зерна с гектара при оптимальной норме высева дала прибавку по сорту Ульяновская 105 – 1,15 т/га, Тулайковская Надежда – 1,10 т/га, у пшеницы полбы по сорту Средневолжская – 0,34 т/га и Руно – 0,33 т/га.

### Литература

1. Современное состояние зернового производства в Российской Федерации / Д. И. Файзрахманов, А. Р. Валиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 138-142. DOI 10.12737/2073-0462-2021-138-142.
2. Синешков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. №. 4. С. 160-167. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5c3de3a7e063f6.62004014](https://doi.org/10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014)
3. Сабитов М. М. Экономическая эффективность технологий возделывания культур в зернопаровом севообороте // Достижения науки и техники АПК. – 2021. Т. 35, № 2. С. 13-18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202.
4. Авхадиев Ф. Н., Мухаметгалиев Ф. Н., Ситдикова Л. Ф. Повышение устойчивости производства зерна (на материалах Республики Татарстан) // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11, № 4(42). С. 104-108. DOI 10.12737/article\_592fc86c9e0ae1.14332306.
5. Система земледелия Республики Татарстан / А. Р. Валиев, И. Х. Габдрахманов, Р. И. Сафин, Б. Г. Зиганшин. Том Часть 3. Казань: ООО "Центр инновационных технологий", 2014. 280 с.
6. Особенности фотосинтетической деятельности растений пшеницы dicossum (полба) при различных сроках посева, предшественников и фона питания / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. В. Миникаев, Д. Х. Зиннатуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. Т. 14. № 1(52). С. 58-64. DOI 10.12737/article\_5ccedbb0947037.19618721
7. Амиров М. Ф., Толочков Д. И. Формирование урожая яровой пшеницы в зависимости от использования минеральных удобрений, микроэлементов и гербицида в условиях республики Татарстан // Плодородие.

2020. № 3(114). С. 6-9. DOI 10.25680/S19948603.2020.114.01.

8. Адаптивные технологии возделывания полевых культур: монография / М. Ф. Амиров, В. П. Владимиров, И. М. Сержанов, Ф. Ш. Шайхутдинов. Казань: Бриг, 2018. 123 с.

9. Minikayev R., Gaffarova L. The effect of bacterial preparations on the growth, development and quality indicators of sugar beet yield // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 00250. DOI 10.1051/bioconf/20201700250

10. Ганиева И. С., Блохин В. И., Сержанов И. М. Сравнительная оценка сортов ярового ячменя по количеству и качеству белка // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 17-21. DOI 10.12737/article\_5ccedeb791c96f2.14695900.

11. Лукманов А. А., Логинов Н. А., Сафиоллин Ф. Н. Приемы повышения ресурсного потенциала выщелоченных черноземов Среднего Поволжья // Нива Поволжья. 2021. № 3(60). С. 22-28. DOI 10.36461/NP.2021.60.3.014.

12. Сабитов М. М., Науметов Р. В. Влияние засоренности посевов овсягом и осотом желтым на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Зерновое хозяйство России. 2022. № 1 (79). С. 70-76. DOI 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76.

13. Simulating Soil Organic Carbon in a Wheat–Fallow System Using the Daycent Model / P. Bista, S. Machado, R. Ghimire, S.J. Del Grosso, M. Reyes-Fox // Agronomyjournal / Vol.108. No. 6. p. 2554-2565.

14. Петров С. В., Сержанов И. М., Шайхутдинов Ф. Ш. Формирование урожая яровой пшеницы DICOC-CUM (полба) в условиях предкамской зоны Республики Татарстан // Зерновое хозяйство России. 2014. № 6. С. 31-38.

15. Муслимов М. Г., Исмаилов А. Б. Полба - ценная зерновая культура // Зерновое хозяйство России. 2012. № 3. С. 40-42.

16. Шакиров Р. С., Тагиров М. Ш. Ресурсосберегающие технологии возделывания основных зерновых культур // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 11. С. 8-10.

17. Возделывание яровой твёрдой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Предуралья / В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров, Н. А. Максютов [и др.] // Земледелие. 2022. № 1. С. 19-22. DOI 10.24412/00443913-2022-1-19-22.

18. Эффективность азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы на супесчаных почвах / П. В. Лекомцев, Т. С. Рутковская, А. В. Пасынков, Ю. В. Хомяков // Плодородие. 2022. № 1(124). С. 9-13. DOI 10.25680/S19948603.2022.124.03.

19. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию, 2013. 349 с.

**Сведения об авторах:**

Шайхутдинов Фарит Шарипович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: faritshay@kazgau.com

Амиров Марат Фуатович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: m.f.amirof@mail.ru

Сержанов Игорь Михайлович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: igor.serzhanov@kazan.com

Гараев Разиль Ильсурович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Семенов Павел Геннадьевич - аспирант

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

**PRODUCTIVITY OF VARIOUS TYPES OF SPRING WHEAT DEPENDING ON THE BACKGROUND OF NUTRITION AT DIFFERENT SEEDING RATES IN THE CONDITIONS OF THE PRE-KAMA ZONE OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN**

**F. Sh. Shakhutdinov, M. F. Amirov, I. M. Serzhanov, R. I. Garaev, P. G. Semenov**

**Abstract.** The article presents experimental material on the study of the seeding rate for various nutrition backgrounds on the development of spring soft wheat and spelt wheat, the nature of stem formation, which has an important effect on the formation of grain yield. The purpose of this work is to study the reaction of spring wheat species to the level of application of mineral fertilizers at different seeding rates in the conditions of gray forest soil of the Republic of Tatarstan. Field studies were carried out on the territory of Agrobiotechopark LLC of the Kazan State Agrarian University. The material for research is spring soft wheat (*Triticum aestivum*) varieties Ulyanovsk 105 and Tulaykovskaya Nadezhda and spelt wheat (*Triticum dicoccum*) varieties Srednevolzhskaya and Fleece. In 2022, meteorological conditions during the growing season of spring wheat were characterized by sufficient soil moisture and temperature conditions. During the entire growing season of spring wheat, 158.9 precipitation fell (GTK-1.35). The formation of the agrocenosis of spring wheat species is mainly determined by seeding rates, as well as field germination and biological resistance of plants during the growing season. At both nutrition levels, as the seeding rate increases from 4 to 7 million germinating seeds per 1 ha, the number of seedlings of both soft and spelt wheat increases. On control (natural background) soft wheat varieties Ulyanovsk 105 from 347 to 539 pcs / m<sup>2</sup>, fertilized version 344-534 pcs / m<sup>2</sup>, Tulaykovskaya Nadezhda 340-528 pcs / m<sup>2</sup> and 336-522 pcs / m<sup>2</sup>, respectively, fertilization increased the yield of both types of wheat at all seeding rates: soft wheat varieties Ulyanovsk 105 at 4 million 0.93 tons, 5 million - 1.15 tons, 6 million - 1.17 tons and 7 million - 1.16 tons per ha. Varieties Tulaykovskaya Nadezhda 1.08; 1.1, 1.1; and 1.15 t/ha, respectively. Spelt wheat of the Srednevolzhskaya variety has 0.14; 0.34; 0.45 and 0.3 t/ha per ha. Fleece 0.37; 0.23; 0.22 and 0.35 t / ha, respectively. The highest yield of both types of spring wheat for the studied varieties in the growing season of 2022 was formed both on the control and on the fertilized version of the experiment when sowing 5 million germinating seeds per 1 hectare.

**Key words:** spring wheat, spelt wheat, field germination, biological resistance, variety, seeding rate, fertilizer, yield.

**References**

1. The current state of grain production in the Russian Federation / D. I. Fayzrakhmanov, A. R. Valiev, B. G. Ziganshin [et al.] // Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2021. Т. 16. № 2(62). PP. 138-142. DOI 10.12737/2073-0462-2021-138-142.

2. Sineschekov V. E., Vasilyeva N. V., Dudkina E. A. Economic efficiency of grain production // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2018. No. 4. pp. 160-167. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5c3de3a7e063f6.62004014](https://doi.org/10.12737/article_5c3de3a7e063f6.62004014)
3. Sabitov, M. M. Economic efficiency of crop cultivation technologies in grain-steam crop rotation // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2021. Vol. 35, No. 2. pp. 13-18. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10202.
4. Avkhadiev F. N., Mukhametgaliev F. N., Sitdikova L. F. Increasing the sustainability of grain production (based on the materials of the Republic of Tatarstan) // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2016. Vol. 11, No. 4(42). pp. 104-108. – DOI 10.12737/article\_592fc86c9e0ae1.14332306.
5. The system of agriculture of the Republic of Tatarstan / A. R. Valiev, I. H. Gabdrakhmanov, R. I. Safin, B. G. Ziganshin. Volume Part 3. Kazan: Center for Innovative Technologies LLC, 2014. 280 p.
6. Features of photosynthetic activity of dicoccum wheat plants (spelt) at different sowing dates, precursors and nutrition background / F. Sh. Shaikhutdinov, I. M. Serzhanov, R. V. Minikaev, D. H. Zinnatullin // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2019. T. 14. № 1(52). P. 58-64. DOI 10.12737/article\_5ccedbb0947037.19618721
7. Amirov M. F., Toloknov D. I. Formation of spring wheat harvest depending on the use of mineral fertilizers, trace elements and herbicide in the conditions of the Republic of Tatarstan // *Fertility*. 2020. № 3(114). Pp. 6-9. DOI 10.25680/S19948603.2020.114.01.
8. Adaptive technologies of cultivation of field crops: monograph / M. F. Amirov, V. P. Vladimirov, I. M. Serzhanov, F. Sh. Shaikhutdinov. Kazan: Brig, 2018. 123 p.
9. Minikayev R., Gaffarova L. The effect of bacterial preparations on the growth, development and quality indicators of sugar beet yield // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019); International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, November 13-14, 2019. Vol. 17. Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 00250. DOI 10.1051/bioconf/20201700250
10. Ganieva I. S., Blokhin V. I., Serzhanov I. M. Comparative evaluation of spring barley varieties by quantity and quality of protein // *Bulletin of Kazan State Agrarian University*. 2019. T. 14. № 1(52). P. 17-21. DOI 10.12737/article\_5ccedb791c96f2.14695900.
11. Lukmanov A. A., Loginov N. A., Safiollin F. N. Techniques for increasing the resource potential of leached chernozems of the Middle Volga region // *Niva of the Volga region*. 2021. № 3(60). P. 22-28. DOI 10.36461/NP.2021.60.3.014.
12. Sabitov M. M., Naumetov R. V. The influence of the contamination of crops with oatmeal and yellow osot on the yield of spring wheat in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region // *Grain farming of Russia*. 2022. № 1(79). – P. 70-76. DOI 10.31367/2079-8725-2022-79-1-70-76.
13. Simulating Soil Organic Carbon in a Wheat-Fallow System Using the Daycent Model / P. Bista, S. Machado, R. Ghimire, S.J. Del Grosso, M. Reyes-Fox // *Agronomyjournal*/ Vol.108. No. 6. p. 2554-2565.
14. Petrov S. V., Serzhanov I. M., Shaikhutdinov F. S. The formation of the harvest of DICOCCUM spring wheat (spelt) in the conditions of the pre-Kama zone of the Republic of Tatarstan // *Grain farming of Russia*. 2014. No. 6. pp. 31-38.
15. Muslimov M. G., Ismailov A. B. Polba - valuable grain culture // *Grain economy of Russia*. 2012. No. 3. pp. 40-42.
16. Shakirov R. S., Tagirov M. Sh. Resource-saving technologies of cultivation of the main grain crops // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2009. No. 11. pp. 8-10.
17. Cultivation of spring durum wheat in conditions of unstable moistening of the Orenburg Urals / V. Yu. Skorokhodov, A. A. Zorov, N. A. Maksyutov [et al.] // *Agriculture*. 2022. No. 1. PP. 19-22. DOI 10.24412/00443913-2022-1-19-22.
18. The effectiveness of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat on sandy loam soils / P. V. Lekomtsev, T. S. Rutkovskaya, A.V. Pasyukov, Yu. V. Khomyakov // *Fertility*. 2022. № 1(124). P. 9-13. DOI 10.25680/S19948603.2022.124.03.
19. Dospikhov B. A. Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results. M.: Book. on Demand, 2013. 349 p.

**Authors:**

Shaikhutdinov Farit Sharipovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: [faritshay@kazgau.com](mailto:faritshay@kazgau.com)  
 Amirov Marat Fuatovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: [m.f.amirof@mail.ru](mailto:m.f.amirof@mail.ru)  
 Serzhanov Igor Mikhailovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, e-mail: [igor.serzhanov@kazan.com](mailto:igor.serzhanov@kazan.com)  
 Garaev Razil IIsurovich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor  
 Semenov Pavel Gennadievich - postgraduate student  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**ВЛИЯНИЕ ГЕНОВ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА И ВОЗРАСТА ПЕРВОГО ОТЁЛА НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ ТАТАРСТАНСКОГО ТИПА**

**М. Ламара, Л. Р. Загидуллин, Т. М. Ахметов, Р. Р. Шайдуллин, С. В. Тюлькин**

**Реферат.** Выявление оптимального возраста первого отёла для коров конкретного стада, позволяет более эффективно эксплуатировать их в течение длительного времени. Оптимальный возраст первого отёла коров является косвенным критерием раннего прогнозирования молочной продуктивности и показателей пожизненного использования коров. В связи с этим целью исследований было изучение влияния возраста первого отёла на показатели молочной продуктивности коров татарстанского типа с разными генотипами по генам липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*). Исследования проведены на 79 первотёлках холмогорской породы татарстанского типа в условиях СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан. Генотипы по генам липидного обмена у животных определяли молекулярно-генетическими методами, а именно: ПЦР-ПДРФ-анализ (*OLRI*, *DGATI*) и АС-ПЦР-анализ (*LEP*). Проведен анализ по комплексному влиянию возраста первого отёла и генотипов по генам рецептора липопротеина низкой плотности (*OLRI*), диацилглицерол-О-ацилтрансферазы (*DGATI*) и лептина (*LEP*) на проявление молочной продуктивности (удой, массовая доля жира и белка в молоке, выход молочного жира и белка) коров татарстанского типа. Исследования показали, что с увеличением возраста первого отёла до 24,1-26,0 мес., 26,1 мес. и больше у коров татарстанского типа с генотипами *OLRI/AC*, *OLRI/CC*, *DGATI/AK*, *DGATI/AA*, *LEP/CC* и *LEP/CT* повышались показатели молочной продуктивности (удой, выход молочного жира и белка). Противоположная тенденция была характерна для особей с генотипом *LEP/TT*, у кот орых наибольшую молочную продуктивность имели животные с наименьшим возрастом первого отёла (до 24,0 мес.).

**Ключевые слова:** корова, возраст первого отёла, молочная продуктивность, ген *OLRI*, *DGATI*, *LEP*.

**Введение.** Здоровье животных, репродуктивное состояние и удои считаются важными показателями для надлежащего управления стадом [1]. С другой стороны, некоторые методы управления стадом, такие как сокращение возраста первого отёла, направленные на снижение затрат на выращивание, могут оказать негативное влияние на здоровье животных, репродуктивные показатели и надоев молока. Ранее сообщалось, что отёл в очень раннем возрасте может отрицательно сказаться на молочной продуктивности и что телки более восприимчивы к определённым проблемам со здоровьем, особенно к дистоции (патология сократительной деятельности матки), из-за того, что они физически недостаточно развиты в начале первой лактации [2]. Хотя для некоторых пород и систем разведения для первого отёла рекомендуется более длительный возрастной интервал, различные исследования показали, что отёл в возрасте 22-24 мес. с целью снижения затрат на разведение подходит без каких-либо неблагоприятных последствий для надоев и здоровья животных на протяжении всей продуктивной жизни телки. В соответствии с этим обеспечение оптимального баланса между экономической выгодой, здоровьем животных и надоем молока является обязательным [3]. Большинство исследователей приходят к выводу, что коровы, имеющие более высокий возраст первого отёла, как правило, наиболее продуктивны по молочным показателям [4, 5, 6]. Другая группа исследователей утверждает, что возраст первого отёла оказывает действие на продуктивное долголетие, в частности на пожизненный удой буйволиц [7] и коров [8, 9, 10]. Так, уменьшение возраста при первом отёле снижает затраты

на подготовку коров до продуктивной жизни, увеличивает ежегодный генетический прирост и увеличивает среднюю продуктивную жизнь животного [11]. Наблюдалась слабо позитивная корреляция между возрастом первого отёла и удоём за лактацию у помесных молочных коров в Эфиопии [12]. В других исследованиях у бразильских коров имелась противоположная тенденция, так негативная генетическая и фенотипическая корреляция ( $r = -0,28$  и  $r = -0,06$ ) отмечалась между возрастом первого отёла и удоём за 305 дней лактации [13].

Также исследования показывают, что первый отёл коров в более молодом возрасте действительно сопряжён с рисками, связанными с ними потерями мясной продуктивности, но эти риски и потери должны быть сведены к минимуму при надлежащем управлении данным процессом [14].

Более высокий возраст при первом отёле у коров выступал одним из факторов риска развития кетоза в молочных стадах Северной Америки [15].

Исследования по выявлению взаимосвязи таких показателей, как возраст первого отёла и молочная продуктивность коров с разными генотипами по генам белковости, жирности молока (*CSN3* и *DGATI*) и соматотропинового каскада (*PIT1*, *PRL*, *GH*, *GHRH*, *IGF1*) показали, что у молочного скота чёрно-пёстрой породы с увеличением возраста при первом отёле повышаются индексы молочности, а также выход молочного жира и белка [16, 17].

Из нескольких генов, ассоциированных с продуктивными качествами крупного рогатого скота, для исследований нами выбраны гены липидного обмена, такие как: рецептор липопротеина низкой плотности (*OLRI* или

*LOXI*), диацилглицерол-О-ацилтрансфераза (*DGATI*) и лептин (*LEP*).

Цель исследований - изучение влияния возраста первого отёла на показатели молочной продуктивности коров татарстанского типа с разными генотипами по генам липидного обмена (*OLRI*, *DGATI*, *LEP*).

**Условия, материалы и методы.** Исследования проводились на отобранной половозрастной группе, представленной 79 коровами татарстанского типа в СХПК «Агрофирма Рассвет» Кукморского района Республики Татарстан. В расчётах использовали только результаты исследований по первому отёлу и лактации.

В качестве ДНК образцов при проведении молекулярно-генетических исследований использовали индивидуальные пробы цельной крови, изначально отобранные из хвостовой вены животных и потом экстрагированные коммерческим набором «ДНК-сорб В» (ЦНИИ Эпидемиологии, Россия).

Генотипирование первотёлков татарстанского типа по генам *OLRI*, *DGATI* и *LEP*

выполнили методами ПЦР-ПДРФ [18, 19] и АС-ПЦР [20], соответственно.

Определяли показатели молочной продуктивности коров, такие как удой за 305 дней лактации (учёт включал ежедекадные контрольные доения), массовая доля жира и белка в молоке (измерение на анализаторе «ЛАКТАН 1-4»). Статистическую обработку результатов исследований проводили общепринятой методикой вариационной статистики. Достоверность результатов подтверждалось с учётом критерия Стьюдента. Полученные цифровые значения обработаны биологической статистикой с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

**Результаты и обсуждение.** Для изучения зависимости молочной продуктивности первотелок разных генотипов по генам *OLRI*, *DGATI*, *LEP* от возраста первого отёла было проведено распределение их на 3 группы в зависимости от величины признака. В I группу вошли коровы, имеющие возраст первого отёла менее 24,0 месяцев, во II – 24,1 – 26,0 мес., в III – более 26,1 мес. (табл. 1-3).

Таблица 1 - Молочная продуктивность первотёлков разными генотипами по гену *OLRI* в зависимости от возраста первого отёла

Генотип по гену <i>OLRI</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
AC	n	37	14	16	7
	%	100	37,9	43,2	18,9
	удой, кг		7421±133,5	7430±225,2	7621±256,0
	жир, %		3,68±0,02	3,70±0,02	3,71±0,02
	молочный жир, кг		273,1±4,36	274,9±7,42	282,7±8,05
	белок, %		3,23±0,01	3,23±0,01	3,22±0,03
	молочный белок, кг		239,7±3,86	240,0±6,69	245,4±6,61
CC	n	39	11	25	3
	%	100	28,2	64,1	7,7
	удой, кг		6682±394,7	7053±219,5	7713±657,7
	жир, %		3,69±0,03	3,67±0,01	3,65±0,03
	молочный жир, кг		246,6±13,86	258,8±7,99	281,5±21,20
	белок, %		3,22±0,02	3,22±0,01	3,20±0,05
	молочный белок, кг		215,2±12,35	227,1±6,84	246,8±16,75

В результате исследований установлено, что с увеличением возраста первого отёла повышались продуктивные молочные качества у опытных первотёлков с разными генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC*.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *OLRI/AC* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и большее мес., III группа). Так, первотёлки данной группы с удоём (7621 кг), количеством молочного жира (282,7 кг) и белка (245,4 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 200 кг молока, 9,6 кг жира, 5,7 кг белка (по I группе) и 191 кг молока, 7,8 кг жира, 5,4 кг белка (по II группе), соответственно.

Схожая тенденция была у животных с генотипом *OLRI/CC*. Первотёлков с генотипом

*OLRI/CC*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группами, разница составила 1031 кг молока, 34,9 кг жира, 31,6 кг белка (по I группе) и 660 кг молока, 22,7 кг жира, 19,7 кг белка (по II группе), соответственно.

Также исследованиями установлено, что с увеличением возраста первого отёла повышались продуктивные молочные качества у опытных первотёлков с разными генотипами *DGATI/AA* и *DGATI/AK* (табл. 2).

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *DGATI/AA* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и большее мес., III группа).

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ**

Таблица 2 - Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *DGATI* в зависимости от возраста первого отёла

Генотип по гену <i>DGATI</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
<i>AA</i>	n		14	28	3
	%		31,1	62,2	6,7
	удой, кг		7164±283,4	7200±216,4	8069±570,6
	жир, %		3,66±0,01	3,67±0,01	3,65±0,03
	молочный жир, кг		262,2±10,17	264,2±7,66	294,5±18,29
	белок, %		3,22±0,01	3,23±0,01	3,17±0,05
	молочный белок, кг		230,7±8,88	232,6±6,78	255,8±14,21
<i>AK</i>	n	32	12	13	7
	%	100	37,5	40,6	21,9
	удой, кг		6915±277,7	7283±245,8	7468±251,3
	жир, %		3,72±0,02	3,70±0,01	3,71±0,02
	молочный жир, кг		257,2±9,54	269,5±8,95	277,1±8,17
	белок, %		3,23±0,02	3,21±0,02	3,23±0,02
	молочный белок, кг		223,4±8,74	233,8±7,00	241,2±6,76

Так, первотёлки данной группы с удоём (8069 кг), количеством молочного жира (294,5 кг) и белка (255,8 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 905 кг молока, 32,3 кг жира, 25,1 кг белка (по I группе) и 869 кг молока, 30,3 кг жира, 23,2 кг белка (по II группе), соответственно.

Аналогичная тенденция была у животных с генотипом *DGATI/AK*. Первотёлоч с генотипом *DGATI/AK*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного

жира и белка в сравнении с I и II группам, разница составила 553 кг молока, 19,9 кг жира, 17,8 белка (по I группе) и 185 кг молока, 7,6 кг жира, 7,4 кг белка (по II группе), соответственно.

Аналогичными исследованиями показано, что с увеличением возраста первого отёла выявлялось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *LEP/CC* и *LEP/CT*, тогда как у животных с генотипом *LEP/TT* молочная продуктивность снижалась (табл. 3).

Таблица 3 - Молочная продуктивность первотёлок разными генотипами по гену *LEP* в зависимости от возраста первого отёла

Генотип по гену <i>LEP</i>	Показатель		Группа коров по возрасту 1-го отёла, месяцев		
			I; до 24,0	II; 24,1-26,0	III; 26,1 и более
<i>CC</i>	n	24	8	11	5
	%	100	33,3	45,9	20,8
	удой, кг		7456±393,8	7133±399,3	7931±316,9
	жир, %		3,69±0,04	3,65±0,01	3,67±0,02
	молочный жир, кг		275,1±12,48	260,4±14,58	291,1±9,86
	белок, %		3,20±0,02	3,21±0,02	3,19±0,03
	молочный белок, кг		238,6±11,99	229,0±12,24	253,0±7,63
<i>CT</i>	n	45	13	27	5
	%	100	28,9	60,0	11,1
	удой, кг		6675±272,1	7378±164,8	7366±357,7
	жир, %		3,68±0,02	3,69±0,01	3,71±0,03
	молочный жир, кг		245,6±9,95	272,2±5,68	273,3±11,67
	белок, %		3,23±0,01	3,21±0,01	3,24±0,03
	молочный белок, кг		215,6±8,65	236,8±5,05	238,7±9,52
<i>TT</i>	n	10	4	6	0
	%	100	40	60	0
	удой, кг		7360±325,4	6624±486,9	-
	жир, %		3,70±0,01	3,72±0,02	-
	молочный жир, кг		272,3±12,21	246,4±18,02	-
	белок, %		3,21±0,04	3,26±0,02	-
	молочный белок, кг		236,3±10,83	215,9±15,86	-

Исследованиями показано, что с увеличением возраста первого отёла выявлялось повышение продуктивных молочных качеств первотёлок разных генотипов *LEP/CC* и *LEP/CT*, тогда как у животных с генотипом *LEP/TT* молочная продуктивность снижалась.

Преимуществом по величине молочной продуктивности характеризовались коровы с генотипом *LEP/CC* и с наибольшим возрастом первого отёла (26,1 и большее мес., III группа). Так, первотёлки данной группы с удоем (7931 кг), количеством молочного жира (291,1 кг) и белка (253,0 кг) выгодно отличались от сверстниц I и II групп на 475 кг молока, 16,0 кг жира, 14,4 кг белка (по I группе) и 798 кг молока, 30,7 кг жира, 24,0 кг белка (по II группе), соответственно.

Схожая тенденция была у животных с генотипом *LEP/CT*. Первотёлки с генотипом *LEP/CT*, относящиеся к III группе (возраст первого отёла 26,1 и более мес.), имели выше молочность, количество молочного жира и белка в сравнении с I и II группами, разница составила 691 кг молока, 27,7 кг жира, 23,1 кг белка (по I группе) и -12 кг молока, 1,1 кг жира, 1,9 кг белка (по II группе), соответственно.

Противоположная тенденция была у животных с генотипом *LEP/TT*. Наибольшая молочная продуктивность была у первотёлок с наименьшим возрастом первого отёла

до 24,0 мес. (I группа), с показателями удоя – 7360 кг молока, количеством молочного жира – 272,3 кг и количеством молочного белка – 236,3 кг, они превосходили аналогов II группы на 736 кг молока, 25,9 кг жира, 20,4 кг белка, соответственно.

**Выводы.** 1. У первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *OLRI/AC* и *OLRI/CC* по гену рецептора липопротеина низкой плотности с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

2. У первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *DGATI/AA* и *DGATI/AK* по гену диацилглицерол-О-ацилтрансферазы с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка.

3. У первотёлок татарстанского типа с разными генотипами *LEP/CC* и *LEP/CT* по гену лептина с увеличением возраста первого отёла повышаются показатели молочной продуктивности, в частности удой, количество молочного жира и белка. Однако у животных с генотипом *LEP/TT* наибольшая молочная продуктивность была с возрастном первым отёлом до 24 мес., то есть повышение возраста первого отёла приводит к снижению показателей молочной продуктивности.

#### Литература

1. Okuyucu I. C., Erdem H., Atasever S. Determination of herd management level by some reproduction and milk yield traits of Simmental cows at intensive conditions in Turkey // *Sci. Pap. Ser. D. Anim. Sci.* 2018. V. 61. P. 135-139.
2. Hoffman P. C., Funk D. A. Applied dynamics of dairy replacement growth and management // *J. Dairy Sci.* 1992. V. 75. P. 2504-2516. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78012-6.
3. Kara N.K. Relationship of Age at First Calving, First Lactation Milk Yield, Reproductive Performance and Diseases in Simmental Dairy Cows in Turkey // *Pakistan J. Zool.* 2022. P. 1-7. DOI: 10.17582/journal.pjz/20210714120751.
4. Atashi H., Asaadi A., Hostens M. Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows // *PLoS ONE.* 2021. V. 16 (1): e0244825 DOI: 10.1371/journal.pone.0244825.
5. Milk production potential and reproductive performance of Egyptian buffalo cows / M. H. Eldawy, M. El-Saeed Lashen, H. M. Badr, M. H. Farouk // *Tropical Animal Health and Production.* 2021. 53: 282. DOI: 10.1007/s11250-021-02722-2.
6. Sezer Ö. Z., Kürşat A., Seher K. Effects of calving year, season, and age on some 4 lactation traits of Anatolian buffaloes reared at 5 farmer conditions in Turkey // *Ankara Univ. Vet. Fak. Derg.* 2021. DOI: 10.33988/aufd.813234.
7. El-Awady H. G., Ibrahim A. F., El-Naser I.A.M.A. The effect of age at first calving on productive life and lifetime profit in lactating Egyptian buffaloes // *Buffalo Bulletin.* 2021. V. 40. № 1. P. 71-85.
8. Загороднев Ю. П. Влияние возраста первого отёла на функциональные свойства коров и их пожизненную продуктивность // *Международ. науч. практ. конф. «Актуальные вопросы и достижения современной науки».* Астана, Казахстан, 2018. С. 141-144.
9. Almasri O., Abou-Bakr S., Ibrahim M.A.M. Effect of age at first calving and first lactation milk yield on productive life traits of Syrian Shami cows // *Egyptian J. Anim. Prod.* 2020. V. 57 (2). P. 81-87.
10. Influence of paratypical factors on the productive longevity and lifelong productivity of Holstein cows of the Dutch selection of different generations / O. Sheveleva, M. Chasovshchikova, A. Bakharev, et al. // *Amazonia Investiga.* 2020. V. 9. № 25. P. 176-181.
11. Genetic study of important economic traits in Harijana cattle / M. Shetkar, V. Kumar, S P Singh, et al. // *Indian Journal of Animal Sciences.* 2023. V. 93 (1). P. 56-61. DOI: 10.56093/ijans.v93i1.120089.
12. Getahun K., Beneberu N. Genetic and phenotypic relationship between fertility and lactation traits in crossbred dairy cows in Ethiopia // *Livestock Research for Rural Development.* 2023. V. 35 (2).
13. Genomic prediction in Brazilian Guzerá cattle: application of a single-step approach to productive and reproductive traits / E.R. Carrara, M.G.C.D. Peixoto, A.A. da Silva, et al. // *Tropical Animal Health and Production.* 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2061251/v1.
14. Twomey A. J., Cromie A. R. Impact of age at first calving on performance traits in Irish beef herds // *Journal of Animal Science.* 2023. V. 101. DOI: 10.1093/jas/skad008.



15. Characteristics of Holstein cows predisposed to ketosis during the post-partum transition period / S. Ha, S. Kang, M. Jeong, et al. // Veterinary Medicine and Science. 2022. V. 9 (1). DOI: 10.1002/vms3.1006.
16. Ганиев А. С. Молочная продуктивность коров с разными генотипами CSN3 и DGAT1 в зависимости от возраста первого отёла // Ученые записки Казанской ГАВМ. 2018. Т. 233. С. 30-34.
17. Влияние возраста первого отёла и генотипа у коров на молочную продуктивность и качество молока / И. Ю. Гилемханов, Л. Р. Загидуллин, Т. М. Ахметов и др. // Научный альманах. 2021. № 7-1 (81). С. 98-102.
18. Komisarek J., Dorynek Z. Effect of ABCG2, PPARGC1A, OLR1 and SCD1 gene polymorphism on estimated breeding values for functional and production traits in Polish Holstein-Friesian bulls // J. Appl. Genet. 2009. V. 50 (2). P. 125-132.
19. Разработка способа проведения ПЦР-ПДРФ на примере DGAT1-гена крупного рогатого скота / С. В. Тюлькин, Р. Р. Вафин, А. В. Муратова и др. // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-17. С. 3773-3775.
20. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers / P. M. Corva, G.V.F. Macedo, L. A. Soria, et al. // Genet. Mol. Res. 2009. V. 8. № 1. P. 105-116.

**Сведения об авторах:**

Ламара Мохаммед – аспирант, e-mail: madenideniden@gmail.com

Загидуллин Ленар Рафикович – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой, e-mail: zaglenar@yandex.ru

Ахметов Тахир Мунавирович – доктор биологических наук, заведующий кафедрой, e-mail: ahmetov-tahir@mail.ru

Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Бауман, г. Казань, Россия

Шайдуллин Радик Рафаилович – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, e-mail: tppi-kgau@bk.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

Тюлькин Сергей Владимирович\* – доктор биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: tulsv@mail.ru

Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова Российской Академии Наук, г. Москва, Россия.

**THE INFLUENCE OF LIPID METABOLISM GENES AND THE AGE OF THE FIRST CALVING ON THE DAIRY PRODUCTIVITY OF TATARSTAN-TYPE COWS**

M. Lamara, L. R. Zagidullin, T. M. Akhmetov, R. R. Shaidullin, S. V. Tyulkin

**Abstract.** Identification of the optimal age of the first calving for cows of a particular herd allows them to be operated more efficiently for a long time. The optimal age of the first calving of cows is an indirect criterion for early prediction of dairy productivity and indicators of lifetime use of cows. In this regard, the aim of the research was to study the influence of the age of the first calving on the indicators of dairy productivity of Tatarstan-type cows with different genotypes by lipid metabolism genes (*OLR1*, *DGAT1*, *LEP*). The research was carried out on 79 first-class heifers of the Tatarstan type in the conditions of the agricultural company "Agrofirma Rassvet" of the Kukmorsky district of the Republic of Tatarstan. Genotypes of lipid metabolism genes in animals were determined by molecular genetic methods, namely: *PCR-RFLP* analysis (*OLR1*, *DGAT1*) and *AS-PCR* analysis (*LEP*). The analysis of the complex effect of the age of the first calving and the genotypes of the genes of the low-density lipoprotein receptor (*OLR1*), diacylglycerol-O-acyltransferase (*DGAT1*) and leptin (*LEP*) on the manifestation of milk productivity (yield, mass fraction of fat and protein in milk, milk fat and protein yield) of cows of the Tatarstan type was carried out. Studies have shown that with an increase in the age of the first calving to 24.1-26.0 months, 26.1 months and more, Tatarstan-type cows with the genotypes *OLR1/AC*, *OLR1/CC*, *DGAT1/AK*, *DGAT1/AA*, *LEP/CC* and *LEP/CT* increased milk productivity (yield, milk fat and protein). The opposite trend was typical for individuals with the *LEP/TT* genotype, in which the animals with the lowest age of the first calving (up to 24.0 months) had the highest milk productivity.

**Key words:** cow, age of the first calving, milk productivity, *OLR1*, *DGAT1*, *LEP* gene.

**References**

- Okuyucu I. C., Erdem H., Atasever S. Determination of herd management level by some reproduction and milk yield traits of Simmental cows at intensive conditions in Turkey // Sci. Pap. Ser. D. Anim. Sci. 2018. V. 61. P. 135-139.
- Hoffman P. C., Funk D. A. Applied dynamics of dairy replacement growth and management // J. Dairy Sci. 1992. V. 75. P. 2504-2516. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(92)78012-6.
- Kara N. K. Relationship of Age at First Calving, First Lactation Milk Yield, Reproductive Performance and Diseases in Simmental Dairy Cows in Turkey // Pakistan J. Zool. 2022. P. 1-7. DOI: 10.17582/journal.pjz/20210714120751.
- Atashi H., Asaadi A., Hostens M. Association between age at first calving and lactation performance, lactation curve, calving interval, calf birth weight, and dystocia in Holstein dairy cows // PLoS ONE. 2021. V. 16 (1): e0244825 DOI: 10.1371/journal.pone.0244825.
- Milk production potential and reproductive performance of Egyptian buffalo cows / M. H. Eldawy, M. El-Saeed Lashen, H. M. Badr, M. H. Farouk // Tropical Animal Health and Production. 2021. 53: 282. DOI: 10.1007/s11250-021-02722-2.
- Sezer Ö. Z., Kürşat A., Seher K. Effects of calving year, season, and age on some 4 lactation traits of Anatolian buffaloes reared at 5 farmer conditions in Turkey // Ankara Univ. Vet. Fak. Derg. 2021. DOI: 10.33988/auvfd.813234.
- El-Awady H. G., Ibrahim A. F., El-Naser I.A.M.A. The effect of age at first calving on productive life and lifetime profit in lactating Egyptian buffaloes // Buffalo Bulletin. 2021. V. 40. № 1. P. 71-85.
- Zagorodnev Yu. P. The influence of the age of the first calving on the functional properties of cows and their lifelong productivity // International scientific and practical conference "Topical issues and achievements of modern science". Astana, Kazakhstan, 2018. P. 141-144.
- Almasri O., Abou-Bakr S., Ibrahim M.A.M. Effect of age at first calving and first lactation milk yield on productive life traits of Syrian Shami cows // Egyptian J. Anim. Prod. 2020. V. 57 (2). P. 81-87.
- Influence of paratypical factors on the productive longevity and lifelong productivity of Holstein cows of the Dutch selection of different generations / O. Sheveleva, M. Chasovshchikova, A. Bakharev, et al. // Amazonia Investiga. 2020. V. 9. № 25. P. 176-181.
- Genetic study of important economic traits in Harijana cattle / M. Shetkar, V. Kumar, S P Singh, et al. // Indian

Journal of Animal Sciences. 2023. V. 93 (1). P. 56-61. DOI: 10.56093/ijans.v93i1.120089.

12. Getahun K., Beneberu N. Genetic and phenotypic relationship between fertility and lactation traits in crossbred dairy cows in Ethiopia // *Livestock Research for Rural Development*. 2023. V. 35 (2).

13. Genomic prediction in Brazilian Guzerá cattle: application of a single-step approach to productive and reproductive traits / E. R. Carrara, M.G.C.D. Peixoto, A. A. da Silva, et al. // *Tropical Animal Health and Production*. 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2061251/v1.

14. Twomey A. J., Cromie A. R. Impact of age at first calving on performance traits in Irish beef herds // *Journal of Animal Science*. 2023. V. 101. DOI: 10.1093/jas/skad008.

15. Characteristics of Holstein cows predisposed to ketosis during the post-partum transition period / S. Ha, S. Kang, M. Jeong, et al. // *Veterinary Medicine and Science*. 2022. V. 9 (1). DOI: 10.1002/vms3.1006.

16. Ganiev A. S. Milk productivity of cows with different CSN3 and DGAT1 genotypes depending on the age of the first calving // *Scientific notes of the Kazan GAVM*. 2018. V. 233. P. 30-34.

17. The influence of the age of the first calving and genotype in cows on milk productivity and milk quality / I. Yu. Gilemhanov, L. R. Zagidullin, T. M. Akhmetov, et al. // *Scientific Almanac*. 2021. № 7-1 (81). P. 98-102.

18. Komisarek J., Dorynek Z. Effect of ABCG2, PPARGC1A, OLR1 and SCD1 gene polymorphism on estimated breeding values for functional and production traits in Polish Holstein-Friesian bulls // *J. Appl. Genet*. 2009. V. 50 (2). P. 125-132.

19. Development of a method for PCR-RFLP on the example of DGAT1 gene in cattle / S. V. Tyulkin, R. R. Vafin, A. V. Muratova, et al. // *Fundamental research*. 2015. № 2-17. P. 3773-3775.

20. Effect of leptin gene polymorphisms on growth, slaughter and meat quality traits of grazing Brangus steers / P. M. Corva, G.V.F. Macedo, L. A. Soria, et al. // *Genet. Mol. Res*. 2009. V. 8. № 1. P. 105-116.

**Authors:**

Lamara Mohammed – graduate, e-mail.ru: madenideniden@gmail.com

Zagidullin Lenar Rafikovich – Candidate of Biological Sciences, head of department, e-mail: zaglenar@yandex.ru

Akhmetov Tahir Munavirovich – Doctor of Biological Sciences, head of department, e-mail: ahmetov-tahir@mail.ru

Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman, Kazan, Russia

Shaydullin Radik Rafailovich – Doctor of Agricultural Sciences, head of department, e-mail: tppi-kgau@bk.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Tyulkin Sergei Vladimirovich – Doctor of Biological Sciences, Senior researcher, e-mail: tulsv@mail.ru

V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences.

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ  
ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЧЕЛОВОДСТВЕ

Н. А. Логинов, С. В. Сочнева, Н. В. Трофимов

**Реферат.** В данной статье рассматривается современное применение цифровых технологий при наблюдении и защите пчёл. Традиционное пчеловодство сталкивается с рядом вопросов по сохранению от негативного воздействия средств химизации. Применение в растениеводстве химических препаратов для роста растений оказывает губительное воздействие на них. Сегодня большое количество агрохолдингов применяют средства химизации в сельском и лесном хозяйствах, при этом, не согласовывая правила обработки вблизи находящихся пасек. На основании принятого Федерального закона от 30.12.2020 N 490-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "О пчеловодстве в Российской Федерации". По правилам сельскохозяйственные предприятия и организации, в результате применения химических средств для обработки медоносных растений, обязаны за 5 дней до начала работы письменно или через местную печать предупредить об этом предприятия, учреждения, организации и пчеловодов, имеющих пасеки в радиусе до 7 км от обрабатываемых участков, сообщить о применяемом препарате, его токсичности и сроках изоляции. Но в связи с тем, что согласованность между сельскохозяйственными предприятиями и пасечными хозяйствами отсутствует, возникает необходимость применения современного цифрового сервиса для своевременного выявления и предотвращения причин гибели пчёл. Рассматривая традиционное содержание пчелосемей в статье приводится применение современных цифровых технологий для защиты пчёл от внешних климатических и внутренних факторов содержания пчелосемей. По результатам анализа данных предлагается применение аналитических данных для своевременного решения вопросов жизнеобеспечения пчелосемей. В то же время рассматривается система цифрового сервиса по наблюдению и контролю за пчелосемьями, проводится применение цифрового сервиса в пчеловодстве: умный улей, программы цифровой пчеловод.

**Ключевые слова:** пчеловодство, цифровой сервис, карты, цифровые технологии, умный улей, датчики, влажность, данные, атмосферное давление.

**Введение.** На сегодняшний день в Республике Татарстан насчитывается около 14 тысяч пасек, на которых вместе с членами семей трудятся около 100 тысяч человек.

Сегодня мы вынуждены наблюдать, как безответственные и безнаказанные аграрии с утра и до вечера в большинстве районов и без оповещения должным образом проводят обработки посевов гербицидами. По официальным данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, только в 2019 году в Татарстане погибло свыше 4,7 тыс. пчелосемей, или 1,9% от общего числа пчелосемей в республике.

Все это вызвано тем, что пчеловоды не владеют достаточной информацией по обрабатываемым территориям. В связи с этим в статье предложено внедрение цифрового сервиса для управления по размещению пасеки. В результате решения данного вопроса предложено применение современных технологий программного сервиса цифровой пчеловод [1, 2].

Пчеловодство — это не только старейший промысел, но и динамично развивающаяся отрасль современного сельского хозяйства, в котором кустарные методы постепенно вытесняются прогрессивными технологиями, позволяющими не только увеличить добычу продуктов пчеловодства, но и максимально щадяще подходить к пчелиным семьям и окружающей среде.

На сегодняшний день достаточно много работ посвящено результатам российских пчеловодов, но достаточно и не мало информации о проблемах в современном пчеловодстве. Поэтому есть необходимость рассмотреть

вариант по решению вышесказанного вопроса, поговорим о проблемах, с которыми сталкиваются пчеловоды.

Говоря о современном пчеловодстве, технология содержания и разведения пчёл за свою историю совершила огромный прыжок с изобретением и развитием улья с подвижными рамками, центробежной медогонки и современных ручных пасечных дымарей. На эти основные методики пчеловодство полагается и сейчас.

Но с развитием цифровых технологий в последнее десятилетие происходят инновации и в пчеловодческой отрасли: возникают изобретения, оптимизирующие добычу меда и снижающие человеческие усилия, повышается популяция пчел, устойчивых к заболеваниям. Достигнуть хорошей рентабельности в сборе меда стало возможно благодаря тому, что появились новые технологии в пчеловодстве [1, 2].

Сегодня трудно представить эффективные пасеки, на которых в той или иной мере не используют современные технологии и инновации. Новейшие разработки генетиков и фармацевтов в области ветеринарии, инженерные новинки и кропотливый труд учёных-селекционеров позволяют не только получать богатый медосбор, но и минимизировать человеческое участие в укладе пчелиных сообществ.

Изучая современные тенденции развития пчеловодства, а также применения цифровых технологий на сегодняшний день применяются современные ульи для мониторинга за состоянием пчел [3].

**Условия, материалы и методы.** В данной работе применялся анализ разработки системы цифрового сервиса по наблюдению и контролю (Кононова В.М. и Широбокова А.А. организации ООО «АВК»), рассматривались исследования по применению цифровых технологий в пчеловодстве: умный улей, программы цифровой пчеловод.

В качестве исходных данных в данной работе применялись следующие материалы: тестовые данные, полученные при помощи датчиков, установленных на улье и применение цифрового сервиса для безопасного размещения пасеки.

Для выполнения данной работы применялось следующее оборудование: Цифровой сервис «Умный улей», «Цифровой пчеловод».

**Результаты и обсуждение.** Технологии выращивания пчел и сбора меда практически не менялась. Пчелы очень привередливые насекомые, которым нужно создавать идеальные условия для жизни, подбирать натуральные материалы и оптимальные локации.

Но и в этой сфере нашлись энтузиасты. Если говорить о разработке и практике умного улья, то в первые о проекте заговорили еще в 2000-х годах, но действительно работающий улей авторы смогли представить в 2015 году. Наиболее известные иностранные австралийские пчеловоды новаторы по имени Седар и Стюарт Андерсоны. Они прославились на весь мир за счет своего инновационного проекта – автоматизированный улей для сбора меда.

В 2019 году в России наблюдалась повальная гибель пчел. По официальным данным, пчеловоды потеряли свыше 4000 семей. Больше всего пострадали Сибирь, центрально-черноморская зона и ряд других регионов.

Из-за этого производители меда понесли очень большие убытки. В связи с этим ученые из Новосибирска приступили к разработке «умного улья», который позволит создать хорошие условия для пчел и предотвратить потери в области пчеловодства.

Основное предназначение системы заключается в том, чтобы улучшить условия проживания пчел и минимизировать воздействие на насекомых негативные факторы окружающей среды, в том числе и пагубной деятельности человека.

В настоящее время проблемы пчеловодства — это падение численности пчел при содержании и убытки пасечников являются результатом интенсификации сельского хозяйства. Медоносные пчелы также страдают не только от химических средств, используемых в растениеводстве, но также потери связаны с непрофессионализмом пчеловода.

Поэтому возник вопрос как заблаговременно и оперативно предотвратить гибель пчелосемей. Решением данной задачи стала разработанная система наблюдения и контроля по применению цифровых технологий в современном пчеловодстве. На рисунке 1 представлен умный улей с установленными датчиками контроля.

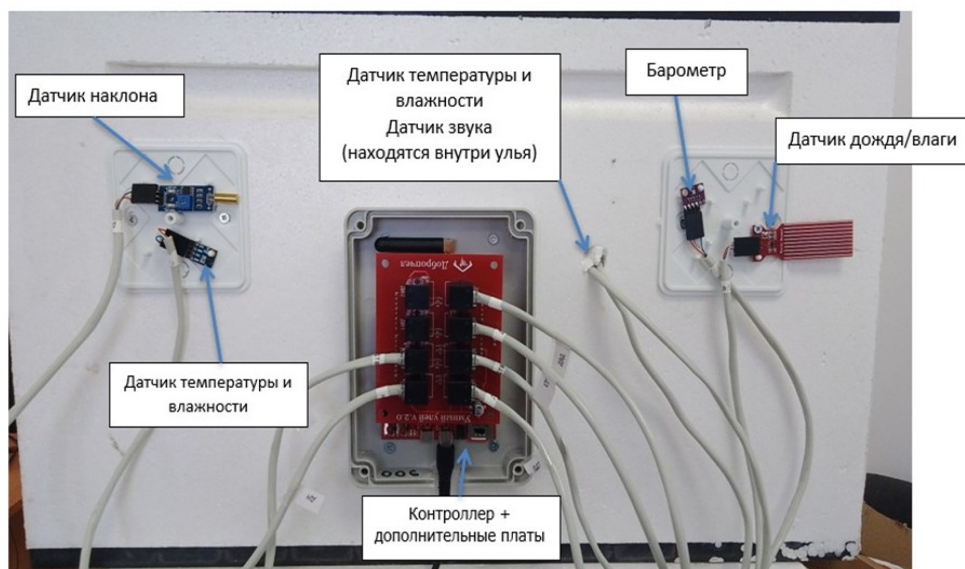


Рис. 1 - Умный улей

Данная система состоит из «Умного улья», предназначенного для получения пчеловодом необходимых данных с датчиков улья, позволяющих в любой момент времени определить причину тревожности обитателей улья, вовремя среагировать и принять нужные меры.

Работа с «Умным Ульем» позволяет пчеловодам:

- наблюдать жизнь и изучать поведение

- пчел при помощи современных технологий;
- собирать и анализировать данные и вести точную аналитику;
- охранять улей и получать оповещение о вторжении или превышении критических параметров внутри улья;
- получать базовые навыки при работе с «интернетом вещей».

Датчики улья, подключенные к плате

## ЦИФРОВОЕ СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

контроллера, позволяют собрать также информацию о температуре и влажности внутри и снаружи улья, информацию атмосферном давлении, наличии осадков, производить контроль открытия крышки улья и передавать

информацию в центр обработки данных.

На рисунке 2 представлены параметры подключённых датчиков, которые позволяют ежедневно контролировать ульи и происходящие в них процессы.

Период	Tamb_degC	GNSS_data_valid	EP_T	EP_P	EH1_T	EH1_RH	EH2_T	EH2_RH	EW	ES
19.05.2022 5:29:22	12,000	1,000	9,700	995,400	6,600	85,100	6,300	62,300	5,323	768,000
19.05.2022 5:28:21	12,000	1,000	9,700	995,400	6,500	85,000	6,300	62,200	5,335	771,000
19.05.2022 5:27:20	12,000	1,000	9,700	995,400	6,500	85,100	6,300	62,300	5,329	769,000
19.05.2022 5:26:19	12,000	1,000	9,700	995,400	6,500	85,100	6,300	62,300	5,318	770,000
19.05.2022 5:25:18	12,000	1,000	9,700	995,400	6,400	85,100	6,300	62,300	5,343	768,000
19.05.2022 5:24:17	12,000	1,000	9,700	995,300	6,400	85,100	6,300	62,300	5,325	767,000
19.05.2022 5:23:16	12,000	1,000	9,700	995,400	6,400	85,100	6,300	62,300	5,340	770,000
19.05.2022 5:22:15	12,000	1,000	9,800	995,400	6,400	85,200	6,200	62,300	5,328	766,000
19.05.2022 5:21:14	12,000	1,000	9,800	995,400	6,300	85,100	6,300	62,300	5,328	769,000
19.05.2022 5:20:13	12,000	1,000	9,800	995,400	6,300	85,200	6,300	62,300	5,329	770,000
19.05.2022 5:19:12	12,000	1,000	9,800	995,400	6,300	85,200	6,300	62,200	5,329	769,000
19.05.2022 5:18:11	12,000	1,000	9,800	995,300	6,300	85,200	6,300	62,300	5,330	770,000
19.05.2022 5:17:10	12,000	1,000	9,800	995,300	6,300	85,300	6,300	62,300	5,329	772,000
19.05.2022 5:16:09	12,000	1,000	9,800	995,400	6,200	85,200	6,300	62,200	5,337	769,000

Рис. 2 - Параметры датчиков

Датчики улья, подключенные к плате контроллера, собирают информацию о температуре и влажности внутри и снаружи улья, атмосферного давления, наличие осадков, контроля открытия крышки улья и передают информацию в центр обработки данных.

Получение наборов данных от датчиков, их

расшифровка, понимание проблемы и генерация предложений для ее решения [5].

По данным полученным с умного улья можно установить причину отклонения параметров от нормы за определенный период. В таблице 1 представлена расшифровка параметров датчиков.

Таблица 1 - Расшифровка параметров

период	- дата и время переданных данных
Tamb_degC	- температура с основной платы, в градусах Цельсия.
GNSS_data_valid	- датчик передачи GPS координат (1 передает координаты, пусто – не передает)
EP_T	- температура с датчика барометра, в градусах Цельсия.
EP_P	- данные с барометра, атмосферное давление в гПа.
EH1_T	- температура внутри улья, в градусах Цельсия.
EH1_RH	- влажность внутри улья, в %
EH2_T	- температура снаружи улья, в градусах Цельсия.
EH2_RH	- влажность снаружи улья, в %
EW	- вес улья, в кг.
ES	- уровень звука внутри улья, в у.е.
is_flipped	- датчик переверота, если стоит, галочка - то сработал датчик
is_raining	- датчик дождя, если стоит, галочка - то сработал датчик

Таким образом, своевременно получая оповещение о наличии угрозы, пчеловоды смогут оперативно предпринять необходимые меры по ее ликвидации, что позволит «спасти» пчелосемьи.

По результатам данных ставится задача анализа и обработки информации:

- выявляются отклонения показателей от нормы;
- моделируется ситуация;
- устанавливается причина возникновения отклонений от нормы;
- предполагаются варианты решения.

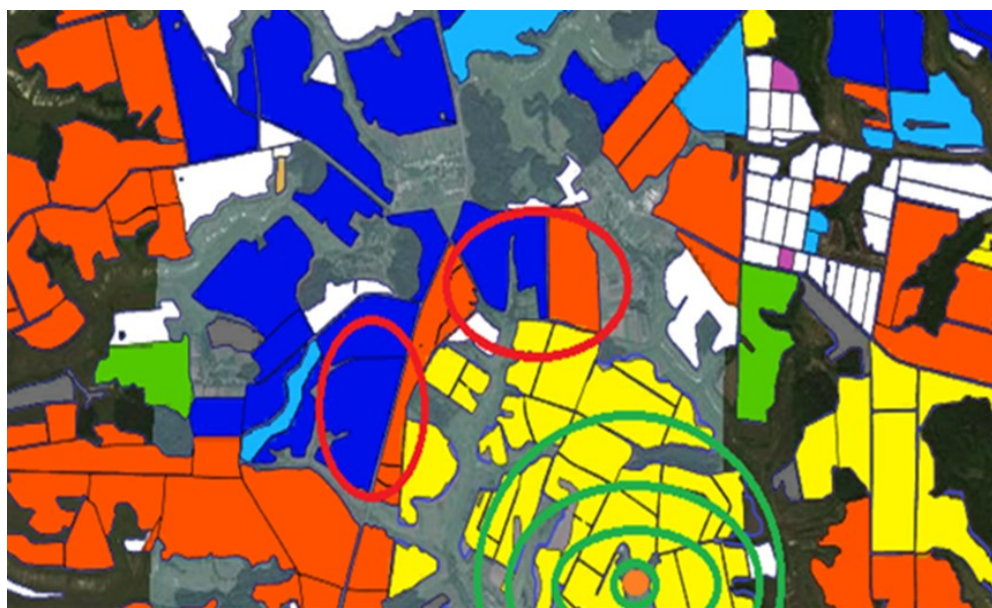
В получении больших данных при помощи современной цифровой техники также есть свои недостатки. Одними из них являются эксплуатация системы не одного улья, а целой пасеки. Подключение целой сети и каждого улья - это дорогое удовольствие, требующее больших затрат на закупку датчиков.

Также у большинства пчеловодов, которые планируют внедрить данную технологию возникает вопрос подачи электроэнергии для круглосуточного мониторинга. Большинство пасек ведут сезонную кочевую работу

перемещаясь с одного места на другое. Альтернативой можно применить солнечные батареи, установленные на крышке улья [6, 7].

Уже сегодня появляется большое количество компаний, разрабатывающих и производящих современные доступные пасечнику устройства для автоматизации процессов пчеловодства и удаленного наблюдения за пасекой.

Следующим вопросом в данной работе также является одна из самых часто встречающихся и распространённых проблем это размещение пасек на недоступном расстоянии от обрабатываемых территорий гербицидами. При правильном размещении пасеки пасечник должен владеть своевременной информацией, на каком участке сельхозпроизводитель планирует проводить обработку полей ядохимикатами. Применяя цифровой сервис, пчеловод может выявить участки полей, обрабатываемые гербицидами. При раскрытии ленты полей можно видеть размещённые культуры, а также при включении слоя обработки гербицидами можно правильно разместить пасеку как это показано на рисунке 3.



- территория, обработанная пестицидами
- расстояние полета пчелы
- размещение пасеки

Рис. 3 - Карта программы по размещению культур

На карте поля окрашиваются в определенный цвет в зависимости от степени опасности. Расшифровка степени опасности присутствует на легенде карты.

Исходя из полученных данных, пасечник должен принять решение о степени опасности и, определить зону поражения. На основании чего он принимает необходимые меры, переноса пасеки на безопасное расстояние или

принимает решение перекрытия летка в момент обработки.

**Выводы.** Сегодня при применении современных химических препаратов в растениеводстве и тесном соседстве с пчеловодством стоит острый вопрос как сохранить равновесие в той или иной отрасли. На помощь приходят современные цифровые технологии.

Таким образом, современное пчеловодство

не стоит на месте и развивается. Современные программы по цифровому пчеловодству могут оказать помощь по размещению пасек в безопасном месте в радиусе недосягаемости

полета пчёл до обрабатываемой химическими препаратами территории. Также можно осуществлять контроль за состоянием и жизнеобеспечением пчелосемей.

#### Литература

1. Вавилова Д. С., Найденышева Е. А., Шашкова И. Г. Цифровые технологии в пчеловодстве // Цифровая экономика: новые вызовы в повышении финансовой грамотности населения: материалы студенческой научно-практической конференции. Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. 2020. С. 22-24.
2. Глотова Н. И. Потенциал развития пчеловодства посредством создания единой цифровой платформы // Наука, образование и бизнес: новый взгляд или стратегия интеграционного взаимодействия: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики Валерия Мухамедовича Кокова. Нальчик: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова". 2021. С. 179-182.
3. Глотова Н. И. Создание единой цифровой платформы - механизм повышения эффективности пчеловодства (на материалах Алтайского края) // Современные тенденции и перспективы развития агропромышленного и транспортного комплексов России: материалы международной научной конференции. Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос". 2021. С. 330-333.
4. Рыбочкин А. Ф., Пугачев М. П., Юхлин В. И. Контроль состояний пчелиных семей по их акустическим шумам // Пчеловодство. 2020. № 4. С. 48-51.
5. Управление поведением живых существ с помощью цифровых технологий / Н. П. Кондратьева, Д. В. Бузмаков, И. Р. Ильясов [и др.] // Евразийское Научное Объединение. 2020. № 8-2(66). С. 107-110.
6. Большин Р. Г., Кондратьева Н. П., Краснолуцкая М. Г. Разработка цифровых автоматизированных систем для управления поведением живых объектов // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 65-1. С. 126-129.
7. Мухаметзянов Э. В., Родионов А. С. Автоматизированная система мониторинга и анализа состояния ульев на пасеке // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13. № 3. С. 51-55.
8. Рыбочкин А. Ф. Автоматизированный контроль состояний пчелиных семей по их акустическим шумам, электрическим и температурным полям // Промышленные асу и контроллеры. 2018. № 1. С. 40-49.
9. Чупахина О. К., Беспалова Т. С. Проблемы современного пчеловодства России // Пчеловодство. 2020. № 3. С. 3-4.
10. Современные проблемы пчеловодства и пути их решения / С. Антимиров, О. Верещака, А. Маннапов, О. Антимирова // Пчеловодство. 2016. № 4. С. 9-11.
11. Рахматуллин И. Х. Роль пчеловодства в современном мире // Актуальные исследования. 2020. № 23-1(26). С. 23-25.
12. Пантохина С. Современные тенденции научного пчеловодства // Пчеловодство. 2007. № 8. С. 60-61.
13. Кулагин И. С. Проблемы современного пчеловодства // Пчеловодство. 2016. № 2. С. 30-32.
14. Логинов Н. А., Сулейманов С. Р., Сафиоллин Ф. Н. Роль цифровых технологий в сохранении и повышении плодородия почв Республики Татарстан // Плодородие. 2020. № 3(114). С. 26-28.
15. Актуальность разработки экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / А. М. Сабирзянов, С. В. Сочнева, Н. А. Логинов, Н. В. Трофимов // Зерновое хозяйство России. 2017. № 2(50). С. 26-29.

#### Сведения об авторах:

Логинов Николай Александрович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: loginov\_2311@mail.ru  
 Сочнева Светлана Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: sochneva.svl@mail.ru  
 Трофимов Николай Валерьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент e-mail: nik.trofimow@mail.ru  
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия.

#### SCIENTIFIC SUPPORT OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN BEEKEEPING N. A. Loginov, S. V. Sochneva, N. V. Trofimov

**Abstract.** This article discusses the modern application of digital technologies in the monitoring and protection of bees. Traditional beekeeping is faced with a number of issues of conservation from the negative impact of chemicals. The use of chemical preparations for plant growth in crop production has a detrimental effect on them. Today, a large number of agricultural holdings use chemicals in agriculture and forestry, while not coordinating the processing rules in the vicinity of apiaries. On the basis of the adopted Federal Law of December 30, 2020 N 490-FZ (as amended on June 11, 2021) "On beekeeping in the Russian Federation". According to the rules, agricultural enterprises and organizations, as a result of the use of chemicals for the treatment of honey plants, are obliged to notify enterprises, institutions, organizations and beekeepers that have apiaries within a radius of up to 7 km from the treated areas in writing or through the local press 5 days before the start of work. , report on the drug used, its toxicity and the timing of isolation. But due to the fact that there is no consistency between agricultural enterprises and apiary farms, it becomes necessary to use a modern digital service to timely identify and prevent the causes of bee death. Considering the traditional maintenance of bee colonies, the article provides the use of modern digital technologies to protect bees from external climatic and internal factors of keeping bee colonies. Based on the results of the data obtained, it is proposed to use analytical data for the timely resolution of life support issues for bee colonies. At the same time, a system of digital service for monitoring and controlling bee colonies is being considered, and the use of a digital service in beekeeping is being carried out: a smart hive, digital beekeeper programs.

**Key words:** beekeeping, digital service, maps, digital technologies, smart hive, sensors, humidity, data, atmospheric pressure.

## References

1. Vavilova D. S., Naydenysheva E. A., Shashkova I. G. Digital technologies in beekeeping // Digital economy: new challenges in improving financial literacy of the population: materials of the student scientific and practical conference. Ryazan: Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2020. pp. 22-24.
2. Glotova N. I. The potential of beekeeping development through the creation of a single digital platform // Science, education and business: a new view or strategy of integration interaction: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the birth of the first President of the Kabardino-Balkarian Republic Valery Mukhamedovich Kokov. Nalchik: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov". 2021. pp. 179-182.
3. Glotova N. I. The creation of a single digital platform - a mechanism for improving the efficiency of beekeeping (based on the materials of the Altai Territory) // Modern trends and prospects for the development of agro-industrial and transport complexes of Russia: materials of the international scientific conference. Novosibirsk: Publishing Center of Novosibirsk State Agrarian University "Golden Ear". 2021. pp. 330-333.
4. Rybochkin A. F., Pugachev M. P., Yukhlin V. I. Control of the states of bee colonies by their acoustic noises // Beekeeping. 2020. No. 4. pp. 48-51.
5. Managing the behavior of living beings using digital technologies / N. P. Kondratieva, D. V. Buzmakov, I. R. Ilyasov, et al. // Eurasian Scientific Association. 2020. No. 8-2(66). pp. 107-110.
6. Bolshin R. G., Kondratieva N. P., Krasnolutskaya M. G. Development of digital automated systems for controlling the behavior of living objects // Trends in the development of science and education. 2020. No. 65-1. pp. 126-129.
7. Mukhametzyanov E. V., Rodionov A. S. Automated system for monitoring and analyzing the condition of beehives in the apiary // Electrotechnical and information complexes and systems. 2017. Vol. 13. No. 3. pp. 51-55.
8. Rybochkin A. F. Automated control of bee colonies by their acoustic noise, electrical and temperature fields // Industrial automated control systems and controllers. 2018. No. 1. pp. 40-49.
9. Chupakhina O. K., Bepalova T. S. Problems of modern beekeeping in Russia // Beekeeping. 2020. No. 3. pp. 3-4.
10. Modern problems of beekeeping and ways to solve them / S. Antimirov, O. Vereshchaka, A. Mannapov, O. Antimirova // Beekeeping. 2016. No. 4. pp. 9-11.
11. Rakhmatullin I. H. The role of beekeeping in the modern world // Actual research. 2020. No. 23-1(26). pp. 23-25.
12. Pantyukhina S. Modern trends in scientific beekeeping // Beekeeping. 2007. No. 8. pp. 60-61.
13. Kulagin I. S. Problems of modern beekeeping // Beekeeping. 2016. No. 2. pp. 30-32.
14. Loginov N. A., Suleymanov S. R., Safiollin F. N. The role of digital technologies in preserving and increasing soil fertility of the Republic of Tatarstan // Fertility. 2020. No. 3(114). pp. 26-28.
15. Relevance of the development of environmentally safe technologies for the cultivation of agricultural crops / A.M. Sabirzyanov, S. V. Sochneva, N. A. Loginov, N. V. Trofimov // Grain farming of Russia. 2017. No. 2(50). pp. 26-29.

**Authors:**

Loginov Nikolai Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: loginov\_2311@mail.ru  
 Sochneva Svetlana Viktorovna – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: sochneva.svl@mail.ru  
 Trofimov Nikolai Valerievich – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, e-mail: nik.trofimow@mail.ru  
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.



СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ НАВОЗА

С. Н. Савдур

**Реферат.** Описывается технологический процесс анаэробного сбраживания навоза (далее АСН). Благодаря наличию биогазовых установок, возможно уменьшить риски вредного действия на водоемы, а также на их обитателей, установки восстанавливают природное насыщение вод кислородом и уменьшают загрязнение от солей аммония. Результативность действия подобных систем достигается с помощью новых способов переработки информации и математической характеристике процессов технологии. На основании исследования главных методов создания дискретных химических и технологических систем (далее ХТС) была выработана целесообразность применения конструкции сетей Петри, чтобы симитировать процесс (АСН). Чтобы охарактеризовать систему мы применяем N-схемы, в основе которых лежит математическая система СП, которая может формировать сетевую конструкцию как в аналитической форме для автоматизации работы при анализе, так и в графической форме для создания наглядности создаваемой модели. Анализируя технологические и химические процессы важно учитывать условие формальности N-схем, которое предполагает, что схемы не принимают свойства симитированных систем во времени, поскольку тайминг срабатывания перехода принято принимать за нуль. Мы учли данные условия и предложили обновленные сети Петри, которые ориентированы на анализ и имитацию дискретных ХТС, с помощью изменения времени в задержке меток на переходах и позициях, а также с помощью включения переходов, стоящих в приоритете. Мы создали модель в форме модифицированной обновленной сети Петри (далее МСП). С помощью SCADA TRACE MODE технологий мы разработали целый программный комплекс для системы управления в процессе АСН. Данная система может совершать диспетчерское наблюдение за основными частями аппарата управления, а также останавливать АСН и проводить анализ и контроль ее состояния, это осуществимо и в целом, и в рамках прогноза появления внештатных ситуаций.

**Ключевые слова:** модифицированные сети Петри, технологический процесс анаэробного сбраживания навоза, моделируемые системы, химико-технологическая система, компьютерное моделирование.

**Введение.** На сегодняшний день новейшие технологические линии, которые занимают переработкой и утилизацией биологических отходов, состоят из довольно сложной структуры с разными уровнями, а потому их можно расценивать в виде кибернетических, достаточно непростых систем. В нашем исследовании применяется систематический анализ. Из-за сложного анализа и имитации рассматриваемых систем, для решения задач необходимо использовать принципы компьютерной и математической имитации.

**Цель исследований.** Повысить эффективность процесса (АСН) на основе системного анализа.

**Условия, материалы и методы.** Для решения задач, которые мы поставили, были применены такие методы исследования как: теория графов, компьютерное моделирование, системный анализ, теория сетей Петри.

**Теория.** Процесс эволюции российского АПК, особенно в части реформирования сельскохозяйственного направления, представляет собой неоднозначное, но тем не менее интересное явление. Логичное развитие мощных предприятий, занятых в сфере производства растительной и мясо-молочной продукции, позволило ощутить качественный скачок, при этом сократив возможности для воспроизведения ресурсов и сокращения издержек [1].

Постоянная положительная тарификация на возобновляемые источники энергии, кризисы энергетических отраслей и

общемировой дефицит ресурсов, вынуждают аграриев рассматривать различные нетрадиционные методы получения углеводородных источников топлива как преобладающие, причем методы эти простираются от использования солнечной энергии до пиролизных установок [2].

Особенное значение получил так называемый биогаз, который не только позволяет обеспечить полноценную работу энергетических установок, но и значительно сокращает издержки предприятий по утилизации биоорганических отходов животноводства. Учитывая, что побочный продукт производства биогаза является ценнейшим органическим удобрением, данные методы выводят сельскохозяйственные предприятия на качественно новый уровень в области «бережливого производства», превращая фермы мясо-молочной отрасли в практически автономные и безотходные производства. Получаемые удобрения повышают урожайность сельскохозяйственных культур почти на треть, при этом безвредны для окружающей среды, что дает дополнительную прибыль в виде всевозможных грантов и дотаций [3].

Благодаря биогазовым установкам, удастся митигировать вредное воздействие на водоемы и их обитателей, сокращает загрязнение солями аммония и восстанавливает естественное кислородное насыщение вод. Идея использования навоза в качестве источника энергии не является новой, издревле

в степных и пустынных районах нашей планеты люди использовали навоз в качестве топлива. Прямое сгорание навоза позволяло компенсировать отсутствие традиционных видов топлива – дров и угля, однако данный метод не позволял использовать навоз в качестве питательного компонента для восстановления и удобрения почвы [4].

Технологический процесс (АСН) является структурно сложной системой. Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса [5].

Одним из основных направлений исследования сложных систем, является информационный подход на основе математического моделирования объекта. Моделирование и компьютерные эксперименты с моделью-заменителем объекта являются эффективным средством, позволяющим создавать системы управления, рассматривать поведение объекта во внештатных ситуациях, оценивать его структуру и законы управления, а также учитывать стохастическую природу возмущающих воздействий [6, 7].

На основе сравнительного анализа в качестве основного аппарата математического моделирования выбран аппарат теории СП. СП позволяют моделировать дискретные параллельные асинхронные процессы, получать графическое представление сети, описать системы на различных уровнях абстракции, представить системную иерархию, анализировать модели с помощью современных пакетов прикладных программ [8, 9].

**Сети Петри в виде математического аппарата с целью исследования параметров БОСВ.** Теория сетей Петри впервые была представлена миру в середине прошлого столетия. В частности, её автор К.А. Петри, предложил для проектирования прерывистых систем использовать не только параллельные, но и асинхронные действия и процессы.

Отметим, что теория сетей Петри является одной из наиболее удобных моделей для анализа параллельных систем, обладающих признаками асинхронности. Достаточно лаконично эта модель демонстрирует коммуникацию между компонентами системы. не говоря уже о том, что эти явления можно отследить в динамике.

Систему сетей Петри рационально использовать для анализа эффективности функционирования непростых систем. Не говоря уже о том, что она даёт возможность моделировать прототипы, детально анализировать специфику иного оборудования, проектировать возможные сценарии для ПО, которые функционируют асинхронно с электронными вычислительными машинами и сетями. Достаточно интенсивно внедряются всё более современные приложения для интеграции с сетями

Петри. Что даёт возможность углубить анализ, а также проектировать гибкие автоматизированные производственные системы (ГАПС) и многое другое.

Если сравнить сети Петри с сетями окончательных автоматов, то они обладают идентичным потенциалом для синхронной демонстрации последовательных процессов. При этом, данные сохраняются и в последующем их удобно анализировать. Помимо этого, достаточно удобно и просто анализировать отдельные действия частей, которые взаимосвязаны между собой, изучать протекающие там процессы. Не говоря уже о том, что эти разработки имеют широкий спектр возможностей для индивидуальной адаптации. Сети Петри максимально последовательно демонстрируют формирование цикла действий в динамической системе с дискретными событиями (ДСДС), учитывая модели других видов.

Существует ряд идентичных значений для сетей Петри. Мы же будем использовать термины, которые приведены в работах.

Формальность СП генерального вида базируется на определении комплекта, который определяется обобщением для понятия больших чисел. Как и в случае с множеством, такой комплект представляет собой количество элементов, однако любой из них способен входить туда не чаще одного раза.

Положения, в которых дуги направляются внутрь перехода  $t_j$ , принято именовать входными. Очевидно, что в положении, где они движутся изнутри, такие позиции принято именовать выходными для  $t_j$ . Комплекс входных значений детализируют, как  $I(t_j)$ , а выходных -  $O(t_j)$  [10].

Использование таких комплексов позволяет представленные позиции приравнять к кратным выходам, а также переходам. При этом, значения кратности для  $p_i$  в состоянии перехода  $t_j$  принято считать суммой формирования положения в позиции ввода. Если идёт речь о комплексе перехода. Данное значение отображается, как  $\#(p_i, I(t_j))$ .

Аналогичным образом определяется кратность выхода состояния  $p_i$ , если переход  $t_j$  равен сумме выявленных чисел и позиций относительно 1-го выходного комплекта, в состоянии перехода. То, здесь принято использовать такое обозначение:  $\#(p_i, O(t_j))$ .

Переход  $t_j$  есть вход для позиции  $p_i$ , возможен только в том случае, когда значение  $p_i$  относится к выходу  $t_j$ .

Переход  $t_j$  является выходом для позиции  $p_i$ , когда значение  $p_i$  относится ко входу  $t_j$ .

Детализация по  $O(p_i)$  и  $I(p_i)$  свидетельствует о том, что комплект входа и выхода отображается в положении  $p_i$ .

Такую форму сетей Петри также можно именовать, как аналитическое задание для сетей Петри.

Графовой трактовкой сетей Петри принято представлять двудольный направленный мультиграф таким образом:  $G = (V, A)$ , где:

$V = P \cup T$  – это большое число вершин;

$P \cap T = \emptyset$  – это большое число вершин;  
это совокупность ориентированных дуг;

$ai = \{Vj, Vк\}$ , где  $Vj, Vк \in V$

Для каждой направленной дуги в виде

$ai \subset A$ , в случае, если  $ai = \{Vj, Vк\}$ , тогда

либо  $Vj \subset P, Vк \subset T$

либо  $Vj \subset T, Vк \subset P$

Фактически, организационная структура сетей Петри представляет собой множество взаимосвязанных переходов и позиций. Учитывая данный факт, граф сетей Петри приобретает 2 вершины: где планка является переходом, а эллипс вершиной. При этом, сонаправленные дуги соединяют между собой и первых и вторых. Очевидно, что кратные переходы и входы принято обозначать кратным дугами.

ГСП представляет собой мультиграф, поскольку он разрешает наличие кратных относительно друг друга дуг между вершинами. А поскольку дуги ориентированы, то ГСП является направленным мультиграфом. Вершины его мы можем поделить на два разных множества, а потому ГСП – это также двудольный мультиграф.

СП имеют колеблющиеся значения. И, тогда целесообразно использовать такой термин, как «метка». Её обычно располагают внутри позиции. Колебания «меток» внутри демонстрируют трансформации изучаемого объекта при различных состояниях. Также, используется такой термин, как «маркировка». Здесь подразумевается, что метки должны быть равномерны распределены в сети, учитывая её положение. При этом, данное значение представляется возможным выбрать в виде функции  $M$ . Она демонстрирует высокую концентрацию позиций среди ряда целых положительных чисел в виде  $N = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$ :  $M: p \rightarrow N$ . Т. Данное явление также именуют, как  $n$ -мерный вектор в виде  $M = (M1, M2, \dots, Mn)$ . Эти значения идентичны количеству меток, которые уже имеют своё точное расположение. Есть определённые взаимосвязи в самой маркировке и качестве вектора, а также функции. При этом, она обозначается в виде  $M(pi) = Mi$ .

Маркированная СП равна  $(N, M)$ , она является совокупностью так называемой структуры  $N = (P, T, I, O)$ , а также маркировки  $M$ , она может записываться как  $C = (P, T, I, O, M)$ . Маркировка СП может меняться в случае срабатывания переходов. Внутри ГСП маркировка отображается при помощи точек, которые помещаются в позицию.

Возможности для имитации при помощи

СП реальных систем имеют довольно сильное ограничение. Это объясняет установление тенденции для увеличения модели. Ученые, которые применяли СП, создали свои вариации для решения своих собственных задач. В процессе проведения анализа разных вариаций, которые базируются согласно теории для СП, было сформулировано обозначение для общей СП, согласно которому на динамические качества и структуру нельзя наложить ограничения. Данный класс сетей стоит на центральном положении в системе различных модификаций СП [10].

Исследователи, которые развивают и изучают методики для анализа СП, говорят о том, что, будучи высокоэффективным методом изучения для СП, они являются пригодными и для СП в случае с накладываемыми ограничениями. А потому были классифицированы подтипы СП, которые отображают поведенческие и структурные ее свойства: простые, безопасные, устойчивые, бесконфликтные, ординарные, автоматные, нереклексивные, правительные, живые сети Петр и СП, имеющие свободный выбор.

Живые СП – сети Петри, которые удовлетворяют условию: в случае каждого перехода  $t \in T$  происходит его потенциальное срабатывание при условии любой маркировки при выборе из большого количества допускаемых маркировок.

Автоматные СП являются ординарными сетями, где каждый переход может иметь единственную выходную или входную позицию, это значит для всех  $t \in T$ ,  $|I(t)| = 1$  и  $|O(t)| = 1$ . Это значит, что количество меток в данной сети неизменно. Автоматные сети могут показывать принятие решений, однако они не могут использоваться в качестве средства имитации параллельных процессов.

Маркированные графы являются СП, где каждая позиция есть выход или вход для единственного перехода. Маркированные графы являются двойственными для автоматных СП в графовом и теоретическом смысле, так как внутри автоматных СП есть возможность переходов только с одним входом или выходом, в то же время маркированные графы имеют один выход или вход для позиции. Они разрешают отображать параллельные процессы, чаще всего применяются для имитации систем, которые не требуют принятия решений [10].

Модификации, которые направлены на расширение возможностей для моделирования СП при помощи добавления структурных особенностей, называются расширением СП. Они представлены большим количеством, которое постоянно растёт, при этом увеличивая возможности для имитации СП разных типов сложных систем. Наиболее простые из них – это СП, которые содержат в себе ингибиторные дуги. Они соединяют между собой позиции и переходы, имеют изображение в виде заканчивающихся кружочков, а также могут

разрешать контроль позиции  $p$  на значение, равное нулю. Данные дуги вводятся при помощи особой функции инцидентности:  $F_i: T \rightarrow P$  – показ из большого количества переходов в большое количество позиций. Кратность одной такой дуги равняется числу 1. В таком случае переход  $t_j$  можно считать допустимым в случае, когда метки есть во всех входных положениях, которые объединены с переходом посредством простых дуг, и их нет во всех позициях, которые объединены с переходом посредством контролируемой дуги:

$$p_i \in I(t_j) \text{ и } p_j \in F_i(t_j): \\ M(p_i) \geq (p_i, I(t_j)) \text{ и } M(p_j) = 0.$$

Есть наиболее общий случай увеличения СП, его ввёл Патил и назвал СП, которая имеет области ограничения. Областью ограничения называют большое число позиций  $Q$ , которые принадлежат  $P$ . Правило старта модифицируется так, что переход возможно запустить только тогда, когда внутри результирующей маркировки есть присутствие в одно время не каждой  $p_j(Q)$ .

Приоритетными СП называют сети, внутри которых элементы упорядочены частично при помощи некоторого отношения, а при каждом переходе  $t$  СП связываются приоритетами  $np(t)$ . В таком случае мы можем дополнить закон срабатывания перехода условием: переход  $t$  имеет право сработать в том случае, если для иного любого перехода  $t$  данной сети, который возможно сработает согласно стандартному условию:  $np(t) \leq np(t)$ , а именно, если не один переход, а несколько могут сработать, то в таком случае сработает тот, чей приоритет не менее приоритетов других готовых к работе переходов.

Управляющие СП – это направленный двудольный графы, который состоит из заполненных непересекающихся множеств в количестве двух: переходов  $T = \{t, z\}$  и позиций  $P = \{p\}$ , которые связаны дугами между собой согласно особым функциональным правилам  $S$ .  $T$  есть множество макропереходов  $z$  и простых переходов  $t$ . Основное отличие таких СП – это введение в них дополнительных макропереходов  $z$  управлением. Такие переходы включают в себя простые:  $z = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ , чье срабатывание осуществляется согласно управляющим сигналам. Такой вид сетей может быть применен для алгоритмической характеристики обширного круга задач, а также для моделирования алгоритмов для управления во время создания параллельных программ, а также параллельных алгоритмов внутри.

Разноцветными СП и СП высокого класса называют сети, которые определены кортежем в виде  $(A, T, C, P, I, O)$ . В нем:

- $A$  – это большое число дуг;
- $T$  – это большое число переходов;
- $C$  – это большое число цветов меток;

$P$  – множество позиций;

$I$  и  $O$  – это выходная и входная функции, которые встают в соответствие положениям, дугам соответствующего цвета меток и перехода, которые нужны для входа либо созданы для выхода. Основная особенность разноцветных СП – это присутствие внутри позиций сети меток разнообразных цветов, которые можно интерпретировать. К примеру, в качестве непрерывных материальных потоков, которые являются качественно разных типов. Метки принимают переменные, а кратности дуг можно интерпретировать в виде функций от данных переменных. Выходной и входной функциям  $I, O$  присуще наличие элементами не в качестве чисел, а функции, зависящие от переменных. Сети этого типа применяются для систем вместе с очередями, имитации сетевых протоколов и автоматизированных производств.

Есть два вида временных СП. В первых позициям приписывают длительность наличия внутри них меток, во-вторых, переходам приписывают длительность срабатывания. Первые применялись в качестве определения критериев функционирования с наличием «максимальной скорости». Вторые в качестве определения условий для реализуемости конкретных режимов: с наличием максимальной скорости, периодического, а также с наличием заданного вектора [10].

Итак, мы описали главные классы СП. Различные их модификации все время расширяются и дополняются. Каждый ученый вводит собственные расширения для собственного круга задач. Так как в ДНБХТС общее число элементов формирует параллельную и последовательную схему одинаковых по функциям аппаратов, которые работают одновременно и вступают между собой во взаимодействие с помощью коммутации связей, то конструкция теории СП является самым удобным инструментом для функционирования ДНБХТС и моделирования его структуры. Из-за того, что циклы внутри смежных аппаратов рассогласованы и есть «неудачные» графики при запуске аппаратов, существующие мощности ДНХТС могут реализоваться не до конца. Таким образом, во время анализа эффективности работы ДНХТС время его функционирования может выступать в качестве одного из самых важных критериев. А потому для имитации ДНБХТС важны модификации СП, которые учитывают параметры во времени (временные СП). При взаимодействии обычно контактируют свободный аппарат и аппарат вместе с готовым переходным продуктом, в таком случае важно наличие механизма распознавания либо занятости, либо незанятости аппарата. Внутри СП данную задачу выполняет проверка на ноль. Простейшими расширениями в таком случае выступают ингибиторные СП. А так как в ДНБХТС, подобно любой системе, могут образовываться возмущения потоков или создаваться «узкие места», которые лимитируют

стадии, то может возникнуть так называемый конфликт внутри очереди аппаратов, которые готовы к взаимодействию. Важна также система приоритетов, которая реализует функцию выбора аппаратов прямо из очереди. Также на какой-либо стадии возможно наличие функционально схожих аппаратов, но с разной производительностью или характеристиками по качественным или экологическим показателям. И в таком случае также важна система приоритетов.

А потому для имитации ДНХТС мы решили применять временные детерминированные СП, которые разрешают приоритетные

переходы и так называемые контролируемые дуги. Важно заметить, что эти модификации применялись нами только в качестве удобства реализации и имитации сетевых моделей. Аппарат классических СП разрешает имитировать функционирование ДНБХТС, однако в таком случае модель станет ненаглядной и слишком громоздкой [10].

**Результаты и обсуждение.** Применение методик системного анализа разрешает создать систему управления для процесса (рисунок 1), она предполагает создание математической модели, в основе которой лежит СП [11].

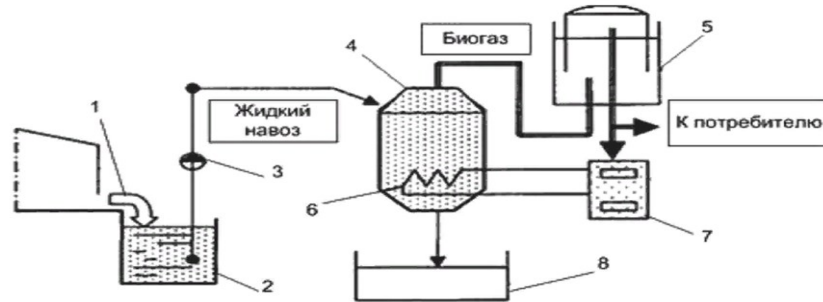


Рис. 1 - Схема процесса АСН

1 - питатель; 2 – канистра для гидратации навоза; 3 - нагнетатель; 4 – метановая канистра для сбраживания, которая имеет разделитель сред и накопитель биогаза; 5 — газгольдер; 6 – подогреватель непрямого нагрева; 7 – утилизатор; 8 – площадка для хранения биоудобрений.

Процесс утилизации биологических отходов можно представить, как цепочка технологических и функциональных зависимостей: отходы животноводства изнутри питателя идут в емкость для гидратации, где происходит перемешивание биомасс вместе с водой. Далее созданный гидратированный субстрат с помощью питателя отправляется внутрь метановой емкости с целью сбраживания вместе с накоплением биогаза и разделителем сред, там происходит ликвидация субстрата благодаря действию бактерий внутри анаэробной среды. Данный биогаз можно применять и в качестве средства прямого нагрева как топлива для различных котлов, и для когенерации, точнее создания электрической и тепловой энергий, которые используются для нужд сельскохозяйственных предприятий, а также социальных объектов. Управление силы выработки биогаза случается с помощью непрямого нагрева субстрата, важно заметить, что как топливо для котлов-утилизаторов используется указанный ранее биогаз. Субстрат, который прекратил реакции, направляется к площадке для хранения биоудобрений с целью дальнейшего использования для сельского хозяйства и хранения [11].

Такая технология разрешает утилизировать все типы органических отходов сельского хозяйства, она повсеместно распространена, поскольку довольно проста и эффективна.

Для детализации данных по представленной системе, целесообразно использовать N-схемы. К слову, они формируются как

раз-таки на конструкции сетей Петри. Что касается преимуществ представленного метода, то стоит обратить внимание на потенциал демонстрации сетевого прототипа. Он, может быть представлен в графическом виде. А это уже даёт возможность спроектировать наглядно формируемую модель. Она будет иметь аналитический вид и в последующем даст возможность провести анализ в автоматизированном режиме [12, 13].

Детально изучая как химические, так и технологические схемы, необходимо брать во внимание, что сокращение формальности N-схемы. Оно включает в себя несовершенства учёта свойств имитирующей системы в хронологии. Ввиду того, что временной интервал такого перехода всегда остаётся равным 0. Учитывая данный факт, усовершенствованные сети Петри можно представить следующим образом:  $S = \langle P, T, I, O, M, L, t_1, t_2 \rangle$  [13], где:

$T = \{t_j\}$  – финальное определённое количество символов. Их принято именовать переходами. Чтобы проанализировать данные значения, учитывая условное число порций от конечного продукта, а также беря во внимание стабильность подачи в оборудование используемой технологической схемы.  $P = \{p_i\}$  – финальное определённое количество символов. Их принято именовать позициями.

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$  – функция входа, она задаёт значения для последующих переходов  $t_i$  вариативность позиций, которые имеют вид:

$$p_i \in I(t_j).$$

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$  – опция выхода, которая демонстрирует переходы в множество чисел выходных позиций. Отображается в таком виде:

$$p_i \in O(t_j).$$

Обобщая всё изложенное выше следует сказать, что множественность выходных позиций представляется возможным рассчитать, учитывая, что  $O(t_j)$  и входных позиций в виде  $I(t_j)$  в качестве:

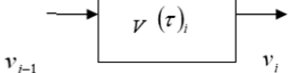
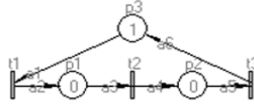
$$\begin{aligned} I(t_j) &= \frac{p_i \in P}{I(p_i, t_j)} = 1 \\ O(t_j) &= \frac{p_i \in P}{O(p_i, t_j)} = 1 \end{aligned} \quad (1)$$

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$  – данное действие необходимо для разметки сети, согласно каждому положению целое число + будет равным числу меток в самой позиции. При этом, возможны колебания в процессе функционирования этой сети. Действие перехода быстро меняет разметку в виде  $M(p) = (M(p1), M(p2), M(p3) \dots M(pn))$  на разметку в виде  $M(p)$  согласно закону:

$$M(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (2)$$

Представленное обозначение, как это показано выше, демонстрирует переход  $t_j$  и забирает единственную метку из общего числа выходных позиций, после чего её суммирует к каждому выходу.

Таблица 1 - Положение отдельных аппаратов в ходе технологического процесса, представленных в виде графической и аналитической формы

Технологическая модель конструкции	Схема конструкции в форме СП
 <p>где <math>v_{i-1}, v_i</math> – объемная скорость для потока на выходе и входе <math>i</math>-го аппарата (<math>M^3/сек</math>);  <math>V(\tau)_i, V_{0i}</math> – текущий и полный объем для <math>i</math>-го аппарата (<math>M^3</math>).  <math>I(t_i) = v_{i-1} \Delta \tau</math>  <math>O(t_i) = v_i \Delta \tau</math>  <math>V(\tau)_i \leq V_{0i}</math></p>	 <p><math>p1</math> – позиция, информирующая об объеме порций полупродукта в конструкции;  <math>M(p1) = V_{0i}</math>;  <math>p2</math> – позиция, информирующая о текущем объеме переработанной порции внутри аппарата;  <math>p3</math> – позиция, информирующая о присутствии свободного места внутри аппарата;  <math>M(p2) = V_{0i} - V(\tau)_i</math>;  <math>t1</math> – переход, который моделирует погрузку порций полупродукта внутрь аппарата;  <math>t2</math> – переход, который моделирует переработку загруженной порции;  <math>t3</math> – переход, который моделирует выгрузку переработанной порции.</p>

$t1: T \rightarrow N$  и  $t2: P \rightarrow N$  функции, которые вычисляют время для задержки во время действия перехода, также время для задержки внутри позиции. Колебания деятельности МСП представляется возможным определить за счёт движения меток, которые формируют баланс прерывистых потоков для полупродуктов при условии запрограммированных ограничений исходя из их объемов аппаратов для реализации технологической работы во время анаэробного сбраживания. Реально для ХТП в виде графической и аналитической формы можно представить состояние отдельно стоящих аппаратов внутри технологического процесса (табл. 1).

Указанная модификация СП разрешает сделать анализ работы аппаратов системы при возникновении внештатных ситуаций, а также изменения на уровне сетей и дискретных производств в рамках создания стабильного и устойчивого положения системы [14, 15]. Для работы рассматриваемого процесса была создана математический прототип на основе технологической схемы, а затем ее запрограммированная реализация. Данный математический прототип был создан как МСП. При этом, воплощение в жизнь даёт возможность лучше и исчерпывающе проанализировать принципы функционирования установок и внутрисистемных коммуникаций. Отметим, что удалось разработать прототипы ключевого оборудования, благодаря которому воссоздаётся технологический процесс. Учитывая данные СП-прототипов представилось возможным спроектировать модель общей установки. Как это показано на рисунке 2.

С применением СП-прототипа сформирован запрограммированный комплекс для работы технологического аппарата, который создаст имитацию работы в режиме запрограммированного времени. С помощью SCADA TRACE MODE технологий создан программный комплекс для структуры управления

внутри технологического процесса. Данная система может исполнять диспетчерское наблюдение за главными элементами внутри системы управления, проводить анализ состояния системы и останавливать ее, постоянно и для прогнозирования случайного развития экстренных ситуаций.

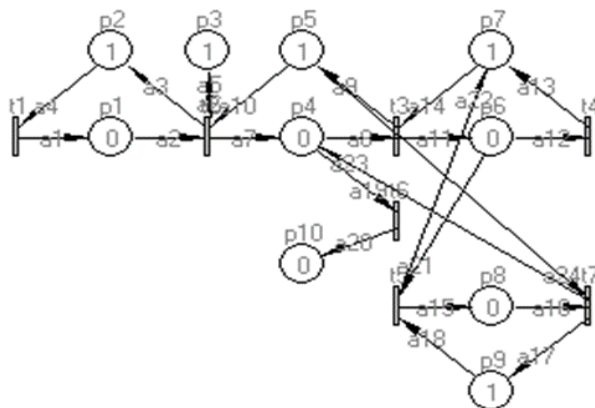


Рис. 2 - Модель технологического модуля в виде МСП

**Выводы.** При анализе химико-технологических систем установлено основное ограничение формализма N-схем, заключающееся в отсутствии учета N-схемами временных характеристик моделируемых систем. Все это вынуждает применять вариации СП, которые направлены на анализ и имитацию дискретных ХТС, с помощью добавления приоритетных переходов, а также времени задержки меток в позициях и переходах.

Создание математической структуры для работы систем, которые реализованы как модифицированная СП, разрешает изучать правила функционирования установки и системные связи. Созданный запрограммированный комплекс системы разрешает проводить

анализ состояния системы и в целом, а также предопределять появление внештатных ситуаций.

Современные технологии не только встали на страже окружающей среды, но и привели к лучшему использованию полезных свойств биологических отходов. Биологическая конверсия на основе анаэробных технологий легла в основу производства биогаза для нужд сельхозпредприятий.

Высокие технологии позволили не только добывать ценное биологически безопасное топливо, но и прогнозировать внештатные ситуации, а также поставить управление данными процессами на современный высокоэффективный лад.

**Литература**

1. Акопян Д. Г. Особенности использования биогаза // Современные инновации. 2020. №1 (35). С. 23-26
2. Давронов Ф. Ф. У., Хужжиев М. Я. Состав и качество биогаза // Вопросы науки и образования. 2018. - №2 (14). С. 24-25
3. Электроэнергия из биогаза / И.Ю. Александров, В.П. Друзьянова, И.А. Савватеева, Г.Е. Кокиева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. - №5 (187). С. 139-145
4. Давронов Ф. Ф. У., Тиллоев Л. И. Сырьё для получения биогаза // Вопросы науки и образования. 2018. - №2 (14). С. 33-34
5. Анализ перспектив использования биогаза в России / А. Ф. Зайнутдинова, А. Р. Садыкова, Л. Ф. Ильгамова, И. В. Мухаметова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. - №5-2(56). С. 181-183
6. Утилизация отходов животноводства с получением биогаза / А. К. Апажев, Б. А. Фиापшев, А. А. Кумахов, О. Х. Кильчукова, М. М. Хамоков // International agricultural journal. 2022. №5(65). 34
7. Шеногин М. В., Худобина К. В. Проблемы использования биогаза, полученного в индивидуальных установках // Вестник магистратуры. 2021. №9-2 (120). С. 33-34
8. Сарыев К. А., Оразбердиева М. Р., Матякубов А. А. Альтернативный метод получения биогаза из отходов животноводства // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 2. Биология. Геология. Химия. Экология. 2021. №2 (18). С. 81-87
9. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Network simulation of the sewage treatment system in machine-building enterprises // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things, ICRDREIOT 2020". 2020. P. 012044.
10. Савдур С. Н., Воронцова В. Л. Моделирование информационных и материальных потоков интернет-магазина в цифровой экономике // В книге: Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации. Санкт-Петербург, 2018. С. 632-655.
11. Рязанова Г. Н. Организационное решение проблемы координации спроса и потребления альтерна-

тивной энергии на промышленных предприятиях России // Управление. Научно-практический журнал. 2016. № 3 (13). С. 46-56.

12. Guest E., MengChu Z., Li Z. Special issue on «Petri nets for system control and automation» // Asian Journal of Control. 2010. 12 (3). pp.237-239.

13. Barzegar, B., Motameni, H. Modeling and Simulation Firewall Using Colored Petri Net // World Applied Sciences Journal. 2011. 15 (6). pp.826-830.

14. Vorontsova, V. L., Savdur, S. N., Galemzianov, A. F. Network modeling of systemwastewater treatment at the enterprises of the metal processing industry // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. 11(5). pp. 1–6.

15. Modeling of wastewater treatment system of car parks from petroleum products / S. N. Savdur, Y. V. Stepanova, I. A. Kodolova, E. L. Fesina // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1015(3). P. 032121.

**Сведения об авторах:**

Савдур Светлана Николаевна - кандидат технических наук, доцент; e-mail: Savdur.svetlana@yandex Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

**NETWORK MODELING OF THE PROCESS OF ANAEROBIC DIGESTION OF MANURE  
S. N. Savdur**

**Abstract.** The article discusses the technological complex of anaerobic digestion of manure (ASN). Thanks to biogas plants, it is possible to mitigate the harmful effects on reservoirs and their inhabitants, reduces pollution with ammonium salts and restores the natural oxygen saturation of waters. The effectiveness of such systems can be ensured with the help of modern methods of information processing, using methods of system analysis of complex objects based on a mathematical description of the technological process. Based on the review of the main methods of modeling discrete-continuous chemical-technological systems (CTS), the expediency of using the apparatus of the theory of Petri nets (SP) for process modeling (ASN) is substantiated. To describe the system, we propose the use of N-schemes based on the mathematical apparatus of Petri nets, one of the advantages of which is the possibility of presenting the network model both in analytical form, with the possibility of automating the analysis process, and in graphical form to ensure the visibility of the model being developed. When analyzing chemical-technological schemes, the main limitation of the N-scheme formalism should be taken into account, which is that they do not take into account the time characteristics of the simulated systems, since the transition response time is considered to be zero. Taking into account these conditions, we have proposed modified Petri nets focused on modeling and analysis of discrete-continuous CTS by including priority transitions, delay time of labels in positions and transitions. A model in the form of a modified Petri net (SME) is constructed. By means of the TRACE MODE SCADA technology, a software package of the process control system (ASN) has been developed. The process control system allows you to perform dispatching control of the main elements of the control system, stop the system (ASN) and analyze its condition, both as a whole and in order to predict the development of emergency situations.

**Key words:** modified Petri nets, technological process of anaerobic digestion of manure, simulated systems, chemical-technological system, computer modeling.

**References**

1. Hakobyan D. G. Features of the use of biogas // Modern innovations. 2020. No.1 (35). pp. 23-26
2. Davronov F. F. U., Khuzhzhiev M. Ya. Composition and quality of biogas // Issues of science and education. 2018. - No.2 (14). pp. 24-25
3. Electricity from biogas / I.Y. Alexandrov, V.P. Druzyanova, I.A. Savvateeva, G.E. Kokieva // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2020. - No. 5 (187). pp. 139-145
4. Davronov F. F. U., Tilloev L. I. Raw materials for biogas production // Issues of science and education. 2018. - No.2 (14). pp. 33-34
5. Analysis of prospects for the use of biogas in Russia / A.F.Zaynutdinova, A.R. Sadykova, L.F. Ilgamova, I.V. Mukhametova // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. - №5-2(56). pp. 181-183
6. Utilization of animal husbandry waste with biogas production / A. K. Apazhev, B. A. Fiapshev, A. A. Kumakhov, O. H. Kilchukova, M. M. Khamokov // International agricultural journal. 2022. №5(65). P. 34
7. Shenogin M. V., Khudobina K. V. Problems of using biogas obtained in individual installations // Bulletin of Magistracy. 2021. No.9-2 (120). pp. 33-34
8. Saryev K. A., Orazberdieva M. R., Matyakubov A. A. Alternative method of biogas production from animal husbandry waste // Bulletin of Syktyvkar University. Series 2. Biology. Geology. Chemistry. Ecology. 2021. No.2 (18). pp. 81-87
9. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Network simulation of the sewage treatment system in machine-building enterprises // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Ser. "International Conference on Recent Developments in Robotics, Embedded and Internet of Things, ICRDREIOT 2020". 2020. P. 012044.
10. Savdur S. N., Vorontsova V. L. Modeling of information and material flows of an online store in the digital economy // In the book: Methodology of economic development, industry and services in the conditions of digitalization. Saint Petersburg, 2018. pp. 632-655.
11. Ryazanova G. N. Organizational solution to the problem of coordination of demand and consumption of alternative energy at industrial enterprises of Russia // Management. Scientific and practical journal. 2016. No. 3 (13). pp. 46-56.
12. Guest E., MengChu Z., Li Z. Special issue on «Petri nets for system control and automation» // Asian Journal of Control. 2010. 12 (3). pp.237-239.
13. Barzegar, B., Motameni, H. Modeling and Simulation Firewall Using Colored Petri Net // World Applied Sciences Journal. 2011. 15 (6). pp.826-830.
14. Vorontsova, V. L., Savdur, S. N., Galemzianov, A. F. Network modeling of systemwastewater treatment at the enterprises of the metal processing industry // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems. 2019. 11 (5). pp. 1–6.
15. Modeling of wastewater treatment system of car parks from petroleum products / S.N. Savdur, Y.V. Stepanova, I.A. Kodolova, E.L. Fesina // Journal of Physics: Conference Series. 2018. 1015(3). P. 032121.

**Authors:**

Savdur Svetlana Nikolaevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; e-mail: Savdur.svetlana@yandex Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.



## Требования к оформлению статьи в журнале «АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ»

Предоставляемые к публикации статьи, должны содержать результаты научных исследований в области сельскохозяйственной биотехнологии, агрономии, зоотехнии, ветеринарии и цифрового земледелия. Статьи проходят отбор на критерий актуальности и новизны рассматриваемых научных проблем. Журнал имеет следующие основные рубрики:

- Сельскохозяйственная биология
- Агрономия
- Зоотехния и ветеринария
- Цифровое сельское хозяйство.

Предполагается проверка предоставленного авторами материала в системе «Антиплагиат». Рекомендуемый объем статьи, включая приложения, должен составлять не менее 10 и не более 14 страниц. Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля (обычные) сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см справа – 1,5 см, абзац (отступ) – 0,5 см (не задавать пробелами), формат – книжный.

**Если статья была или будет отправлена в другое издание, то она не может быть принята к рассмотрению в журнале.**

### Оформление статьи

1. Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского Института Научной и Технической Информации – ВИ-НиТИ).

2. Ниже, по центру строки название статьи (название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

3. Затем жирными строчными буквами – фамилия и инициалы автора(ов). Пропускается одна строка. **Количество авторов не более 5.** Список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали согласие на ее публикацию.

4. После этого через пробел – реферат статьи (**рекомендуемый объем – 200–250 слов**) отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований. Запрещается разбивка реферата на абзацы, использование вводных слов и оборотов. Реферат может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к тексту статьи. По реферату публикации читатель должен иметь возможность определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации.

5. С нового абзаца – ключевые слова (**не более 9 слов**).

Слева строчными буквами печатается «Ключевые слова:» (без кавычек) и через запятую приводятся ключевые слова или словосочетания. Пропускается одна строка.

6. При написании научной статьи необходимо придерживаться следующей структуры изложения: **«Введение», «Цель исследований», «Условия, материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».**

7. В случае если ваша статья подготовлена при поддержке и есть необходимость прописать данный источник, добавляем после выводом раздел, **«Благодарности»**. **К примеру – Сведения об источнике финансирования:** Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

В разделе «Введение» предлагается постановка проблемы, должна быть сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, рассмотрена ее связь с важными научными и практическими направлениями, дается теоретическое обоснование исследования. Должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, в данной области включая зарубежных авторов.

Далее необходимо четко сформулировать **цель исследований** (для чего проводятся исследования результаты, которых приводятся в статье?) без использования таких расплывчатых формулировок как «изучить», «определить» и др., которая будет раскрыта в последующем тексте.

В следующем разделе раскрываются особенности данного исследования, приводятся условия, материалы и методы исследований. Место исследования уточняется до области (края). Следует отразить время, место, методику и условия проведения опытов.

Главный раздел статьи посвящается представлению, анализу и обсуждению результатов. Полученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

В завершении представляются выводы и рекомендации.

Подзаголовки и заголовки набираются жирным шрифтом с заглавной буквы. Нумерация ссылок на библиографический список в тексте располагается в порядке упоминания источников. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например: [1].

8. После основного текста статьи пропускается одна строка и по центру печатается заглавие «Литература» (без кавычек). Через одну строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту.

Список литературы (не менее 15 источников и не более 30) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и требованиями журнала, тщательно проверяется авторами и приводится в конце статьи. Нумерация ссылок в списке приводится в соответствии с порядком их упоминания в тексте. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Доля ссылок на собственные публикации авторов должна составлять не более 30 % списка литературы. Цитирование работ какого-либо одного автора, не входящего в состав авторского коллектива рукописи, также не должно превышать 30 %. Рекомендуется ссылаться не более чем на 2 публикации каждого из авторов. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна превышать 30 % списка литературы. Доля ссылок на публикации в журналах из ядра РИНЦ за последние 8 лет должна составлять не менее 30 % списка литературы. Ссылки на материалы конференций старше 3 лет не должны превышать 20 % списка литературы. Ссылки на учебники, учебные пособия, авторефераты диссертаций не принимаются. Число источников в «серийных» ссылках должно быть не более трех.

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

Необходимо правильно оформить ссылку на источник. Следует указать фамилии авторов, журнал, год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет. Интересующийся читатель должен иметь возможность найти указанный литературный источник в максимально сжатые сроки.

**Примеры оформления ссылок в конце документа.**

9. «Сведения об авторах» Ф.И.О. (полностью), ученая степень, должность, e-mail, с новой строки, полное наименование организации. **Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку.**

Пропускается одна строка.

10. На английском языке печатается по центру печатается название статьи.

Так же на английском языке слева печатается реферат, затем ключевые слова.

11. «Authors:» – информация на английском языке.

**Иллюстрации к статье** (при наличии) в формате JPEG, PNG, TIF должны быть четко выполненными, хорошего качества, наглядно иллюстрирующими текст. В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Нумерация рисунков производится в порядке ссылок по тексту. Нумерационный заголовок набирается выравниванием по центру. Тематический заголовок в той же строке, сразу после нумерационного (например: Рис. 1 – Ссылка на рисунок в основном тексте оформляется в скобках: (рис. 1), если в тексте только один рисунок, то не нумеруется.

**Таблицы** представляются в редакторе WORD. Нумерация таблиц производится в порядке ссылок по тексту. В тексте статьи обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные таблицы. Нумерационный заголовок набирается с выравниванием по центру (например: Таблица 1. ...). Ссылка на таблицу в основном тексте оформляется в скобках, например: (табл. 1), если в тексте только одна таблица, то не нумеруется.

**Простые формулы**, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или Math Typeequation. Не допускается набор части формулы символами, а части – в редакторе формул. Не рекомендуется вставлять в текст формулы в виде рисунков. Ссылка на формулы в основном тексте оформляется в скобках, например: (1). В тексте обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные формулы. Если в тексте статьи формулы нумеруются, то эту нумерацию следует выполнить ручным набором чисел. Автоматическая нумерация не допускается.

**Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):**

– электронная версия статьи (по электронной почте: [agrobiotech@kazgau.com](mailto:agrobiotech@kazgau.com)) **Шаблон ниже.** Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Опрделение силы);

– сведения об авторах (в электронном виде) **Шаблон ниже:** Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, полное наименование организации, телефон и адрес для связи, e-mail; эти же сведения на английском языке. **Звездочкой отмечается фамилия автора, с которым необходимо вести переписку;**

– сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала, с подписями всех авторов. **Шаблон ниже**

– аспиранты предоставляют справку подтверждающую место учебы.

**Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.**

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию, представленная автором рукопись статьи рецензируется, согласно установленного порядка

рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлегией в целом.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража. Рукописи статей подвергаются редакционной обработке. Редакция оставляет за собой право вносить изменения, имеющие редакционный характер и не затрагивающие содержания статьи. Все статьи проходят институт рецензирования (экспертной оценки), по результатам которого редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования. За содержание статей юридическую и иную ответственность несут авторы. Статьи, направленные в редакцию без выполнения основных требований к публикуемым статьям, не рассматриваются. В случае отклонения статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

Публикация статей в журнале бесплатно.

Статьи необходимо отправлять на электронный адрес: [agrobiotech@kazgau.com](mailto:agrobiotech@kazgau.com)

Научный журнал

**Агробиотехнологии  
и цифровое земледелие**  
№ 1 (5), 2023 г.

**Редактор** – Михайлова Л.В.  
**Технический редактор** – Файзрахманов И.И.  
**Коррекция переводов** – Галлямова Н.Р.  
**Корректор** – Барсукова Р.С.

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 13.03.2023 год  
Печать офсетная. Усл. п. л. 9,5 Заказ 11. Цена свободная.  
Издательство Казанского ГАУ / 420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.  
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД № 06342 от 28.11.2001.  
Отпечатано в типографии Казанского ГАУ.  
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.  
Казанский государственный аграрный университет

