



Уральский государственный
аграрный университет

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2022
№03 (218)**

ISSN (print) 1997-4868
e ISSN 2307-0005

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, вице-президент РАН (Москва, Россия)
О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского ГАУ (Екатеринбург, Россия)
П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор, Университет ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошцаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштецкий, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)
Ю. В. Плуатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)
А. Г. Самodelкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), Academician of the Russian Academy of Sciences, Vice President of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)
Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Péter Sótónyi (Deputy chief editor), doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector, University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)
Anatoliy G. Nezhdanov, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)
Vladimir S. Pashtetskiy, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)
Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia
Aleksandr G. Samodelkin, Nizhniy Novgorod State Agricultural Academy (Nizhniy Novgorod, Russia)
Anatoliy A. Stekolnikov, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)
Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)
Ivan G. Ushachev, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)
Sergey V. Shabunin, Academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)
Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Нас индексируют / Indexed

ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ (ВАК)
При Министерстве образования и науки
Российской Федерации



Food and Agriculture Organization
of the United Nations



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Contents

Агротехнологии

Agrotechnologies

<i>Г. А. Казимов</i> Влияние различных доз удобрений на динамику роста и урожайности табака	2	<i>G. A. Kazimov</i> Influence of different doses of fertilizers on the dynamics of growth and yield of tobacco
<i>О. А. Оленин, С. Н. Зудилин</i> Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья	13	<i>O. A. Olenin, S. N. Zudilin</i> Elements of organic cultivation technology of spring barley in the Middle Volga region forest-steppe
<i>L. A. Senkova, L. V. Grinets</i> Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia	24	<i>L. A. Senkova, L. V. Grinets</i> Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia
<i>Биология и биотехнологии</i>		
<i>А. Э. Панфилов, Н. Н. Зезин, П. Ю. Овчинников</i> Биологическая продуктивность ультраранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона	35	<i>A. E. Panfilov, N. N. Zezin, P. Yu. Ovchinnikov</i> Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region
<i>К. А. Пупыкина, Л. М. Абрамова, И. Е. Анищенко, О. Ю. Жигунов</i> Особенности биологии и химический состав <i>Chrysanthemum zawadskii</i> – редкого вида Республики Башкортостан	48	<i>K. A. Pupykina, L. M. Abramova, I. E. Anishchenko, O. Yu. Zhigunov</i> Features of biology and chemical composition of <i>Chrysanthemum zawadskii</i> – a rare species of the Republic of Bashkortostan
<i>В. М. Усевич, М. Н. Дрозд</i> Эффективность профилактики респираторных инфекций у сельскохозяйственной птицы с применением кормовых природных адаптогенов отечественного производства	59	<i>V. M. Usevich, M. N. Drozd</i> Effectiveness of prevention of respiratory infections in poultry with the use of natural feed adaptogens of domestic production
<i>Е. В. Шейда</i> Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома	72	<i>E. V. Sheyda</i> Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome
<i>Экономика</i>		
<i>Т. А. Мирошниченко, С. В. Подгорская</i> Оценка инклюзивного развития сельских территорий регионов России	83	<i>T. A. Miroshnichenko, S. V. Podgorskaya</i> Evaluation of inclusive development of rural areas of Russia regions
<i>М. С. Оборин</i> Методические подходы к рейтинговой оценке сельского хозяйства регионов России	95	<i>M. S. Oborin</i> Methodical approaches to the rating assessment of agriculture in the regions of Russia

Влияние различных доз удобрений на динамику роста и урожайности табака

Г. А. Казимов¹✉

¹ Научно-исследовательский институт земледелия, Баку, Азербайджанская Республика

✉ E-mail: qabil.adiloglu@yahoo.com

Аннотация. Основная цель настоящего исследования – предоставить научную основу для увеличения площади выращивания табака типа Вирджиния. Закупочные цены на табак Вирджиния выше, чем на местный табак Загатала-67. Короткий период вегетации этого табака снижает трудозатраты и затраты на единицу площади, предотвращает нитратное загрязнение почвы, так как при его возделывании требуется меньше минеральных удобрений (особенно азотных). Кроме того, пониженное содержание никотина в продукте менее вредно для здоровья курильщика. **Методы.** В 2018–2020 гг. опыт закладывался на одном агрофоне на участке с одним типом рельефа. Опыт проводился в 4-кратной повторности, в 4 ряда по 28 м² на каждом участке, длина каждого ряда – 10 м. Опыт закладывался на почве серо-лесного лугового типа в условиях орошения в Шекинском опорном пункте. Для определения динамики роста из каждого повтора отбирали по 10 растений, рост контролируемых растений измерялся и регистрировался каждые 15 дней. После сушки собранных листьев в современных сушильных камерах марок Rolla и Decloit определялась продуктивность сухих листьев. **Результаты.** По результатам исследования в вегетационный период 2020 г. выяснилось, что наибольшая динамика роста среди вариантов была получена на фоне N₄₅P₁₂₀ + 20 т навоза на площади питания 90 × 40 см. Таким образом, при норме полива 70–80–50 % высота растения составила 253,4 см, при норме полива 70–80–60 % – 255,1 см, при норме полива 70–70–60 % – 251,4 см. Общая урожайность составила 29,5 ц/га при поливной норме 70–80–50 %, 30,1 ц/га при поливной норме 70–80–60 %, 27,7 ц/га при поливной норме 70–70–60 %. **Научная новизна.** Из-за биологических свойств ароматизированного табака Вирджиния внесение азотных удобрений не считается приемлемым. Таким образом, впервые в Азербайджане было научно изучено влияние азотных удобрений на выращивание табака Вирджиния сорта Кокер 347 в условиях орошения.

Ключевые слова: Вирджиния, сорт, условия питания, схема посева, вегетация, лист.

Для цитирования: Казимов Г. А. Влияние различных доз удобрений на динамику роста и урожайности табака // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-2-12.

Дата поступления статьи: 29.11.2021, **дата рецензирования:** 17.12.2021, **дата принятия:** 01.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Благоприятные почвенно-климатические условия Азербайджана, имеющаяся рабочая сила, способность перерабатывающих предприятий удовлетворять спрос на сырье за счет местной продукции и увеличение экспортного потенциала создали благоприятные условия для более эффективного развития аграрного сектора. Выращивание табака в Азербайджане – одна из самых экономически прибыльных отраслей сельского хозяйства с важными историческими традициями.

Усиление государственной поддержки развития табаководства в стране в соответствии со Стратегической дорожной картой по производству и переработке сельскохозяйственной продукции в Азербайджанской Республике, утвержденной Указом № 1138 Президента Азербайджанской Республики от

6 декабря 2016 г., привело к росту интереса фермеров Шеки-Загатальского района к производству табака.

Наибольшее производство и поставки табака в стране приходится на Шеки-Загатальский экономический район. Таким образом, наряду с наличием в регионе богатых питательными веществами почв и природно-климатических условий исторические традиции занятости населения в этом районе также позволили сохранить табачную промышленность. В 2021 г. табак здесь был посажен на 1108 га, произведено и передано ООО Azertutun ASK 2000 ц сухих листовых продуктов [2, с. 468].

Решение Совета по аграрным субсидиям о предоставлении с 2020 г. субсидии в размере 280 манат на 1 га вне зависимости от региона с целью повышения интереса фермеров к табачной промышлен-

ности служит реализации данного мероприятия. Вот уже несколько лет производители табака по всей стране выплачивают субсидию в размере 50 манатов за 1 т сухого табака и 5 манатов за 1 т влажного табака, поставляемого на перерабатывающие предприятия [7, с. 63–67].

Методология и методы исследования (Methods)

Табак – вторая по значимости техническая культура в стране после хлопка. Поэтому выращивание табака имеет большие перспективы для экономического развития как одно из важных направлений для создания новых рабочих мест и увеличения доходов населения. Согласно проведенным исследованиям, Азербайджан является одной из первых среди стран СНГ по производству сухих листовых продуктов высочайшего качества. Самые качественные табачные изделия получают в Шеки-Загатальском районе и Нахичеванской Автономной Республике.

Целями развития этой области являются улучшение качества производимого табака (особенно табака типа Вирджиния) и защита здоровья курильщиков за счет снижения вредного воздействия табака на организм человека. Степень плодородия почвы и ее механический состав играют важную роль в получении высококачественной продукции из этого вида табака. Благодаря анатомической структуре листа табака типа Вирджиния химико-технологическая обработка очень удобна, она используется при производстве высококачественных сигарет типа Marlboro, что увеличивает экспортный потенциал.

Требования сортов табака к почвенно-климатическим условиям, технологии выращивания и сушки очень разные. Даже один и тот же ботанический сорт в различных регионах требует разных почвенно-климатических условий, разных условий питания, густоты растений, схемы посева, технологии выращивания и сушки.

Главным критерием для получения качественного табачного сырья является отобранный сорт. Однако управлять качеством сорта можно, применяя различные агротехники, удобрения, технологии сушки. Получение продукта хорошего качества из табака зависит от наличия в почве легкоусвояемых форм основных питательных веществ, а также норм и пропорций внесенных органических и минеральных удобрений.

Принимая во внимание вышеизложенное, в целях дальнейшего увеличения производства высококачественной сухолистой продукции на научной основе с применением различных методов выращивания в 2018–2020 гг. был проведен пилотный эксперимент на орошаемых землях Шеки-Загатальского района. В 2018–2020 гг. опыт закладывался на одном агрофоне на участке с одним типом рельефа. Опыт проводился в 4-кратной повторности, в 4 ряда по 28 м² на каждом участке, длина каждого

ряда – 10 м. Опыт закладывался на почве серо-лесного-лугового типа в условиях орошения в Шекинском опорном пункте Научно-исследовательского института земледелия по следующей схеме.

I. Влагоемкость поля:

1. 70–80–50 % НВ.
2. 70–80–60 % НВ.
3. 70–70–60 % НВ (контроль).

II. Условия питания:

1. N₃₀P₉₀K₉₀ (контроль).
2. N₄₅P₁₂₀ + 20 т навоза.
3. N₆₀P₁₅₀K₁₂₀.

III. Площадь питания:

1. 120 × 40 см (контроль).
2. 110 × 40 см.
3. 90 × 40 см.

Результаты (Results)

Около 90 % из 1 585 400 га пахотных земель в Азербайджане орошаются. Объем орошаемых земель в 2000 г. составил 1426,0 тыс. га. Существующие возможности для развития сельского хозяйства в Азербайджане еще не исчерпаны [12, с. 383]. Почвенно-климатические условия позволяют увеличить площадь орошаемых земель в Азербайджане до 3,0–3,5 млн га. Почвенно-климатические условия горных и предгорных районов страны позволяют выращивать высококачественный табак, соответствующий международным стандартам, и производить 50–60 тыс. т табака в год.

Основные табачные районы Азербайджана расположены в восточной части Алазанской долины и в долине Шеки-Хафтаран. Этот регион непосредственно примыкает к табачным регионам Восточной Грузии. Он окружен Большим Кавказским хребтом на севере и реками Алазань и Айри и широким плато на юге. Территория области состоит из холмов и равнин, орошаемых множеством больших и малых рек на высоте 350–800 м над уровнем моря, образованных промытыми почвами. Созданы благоприятные условия для выращивания качественной табачной продукции в районах Шеки-Загатальского района. Районные фермеры используют эту экономическую среду для повышения производительности и получения высоких доходов [5, с. 29–31].

Шеки-Загатальский район расположен на северо-западе и юге вдоль реки Алазань в граничит с Республикой Грузия, на севере вдоль южного склона Большого Кавказа до истоков реки Гейчай граничит с Республикой Дагестан и в Алазань-Хафтаранской долине на востоке граничит с Агдашским и Гейчайским районами.

Общая площадь Шеки-Загатальской экономической зоны составляет 883,5 тыс. га, или 10,2 % территории страны, охватывает Балаканский, Загатальский, Гахский, Шекинский, Огузский и Габалинский экономические районы. Рельеф преимущественно горный.

Таблица 1
Основные агрохимические показатели образцов почвы, взятых на опыте

Глубина, см	pH	Кальций (CaCO ₃), %	Общий гумус, %	Общий азот (N ₂ O), %	Подвижного фосфор (P ₂ O ₅), кг/га	Калий (K ₂ O), кг/га	Соленость (ЕС), %
0–25	8,27	33,29	2,59	0,13	38,35	258,9	199
25–50	8,44	33,44	2,88	0,27	15,45	175,8	183
50–75	8,38	32,45	1,70	0,12	26,90	163,2	218

Table 1
The main agrochemical indicators of soil samples taken from experience

Depth, cm	pH	Calcium (CaCO ₃), %	Total humus, %	Total nitrogen (N ₂ O), %	Exchangeable phosphorus (P ₂ O ₅), kg/ha	Potassium (K ₂ O), kg/ha	Salinity (EC), %
0–25	8.27	33.29	2.59	0.13	38.35	258.9	199
25–50	8.44	33.44	2.88	0.27	15.45	175.8	183
50–75	8.38	32.45	1.70	0.12	26.90	163.2	218

В Шеки-Загатальском районе встречаются высокогорные, среднегорные и предгорные зоны. Алазан-Хафтаранская долина расширяется в предгорьях параллельно горам Большого Кавказа на юге региона. Долина играет важную роль в экономике региона благодаря своим сельскохозяйственным земельным ресурсам.

Территория отличается очень сложной формой фрагментированного рельефа местности, меняющегося по высоте от 4243 м (Шахдагский хребет) до 4466 м (гора Базардюзю).

Шеки-Загатальский регион находится во влажном субтропическом поясе. Количество дней без солнца здесь колеблется от 52 до 62, а среднегодовая температура находится в пределах 11–13,2 °С. Среднегодовое количество осадков в области составляет 700–800 мм.

Относительная влажность в регионе изменяется в пределах 70–80 мм в месяц. Количество безморозных дней в основных табачководческих регионах страны с 15–30 марта до середины ноября достигает 240.

В регионах выращивания табака температура понижается с запада на восток, количество осадков уменьшается, температура повышается с севера на юг, а количество осадков увеличивается.

Кавказский хребет защищает территорию от сухих ветров, неприемлемых для сельхозпроизводства, с севера, северо-востока и востока. В долине преобладают слабые юго-западные, южные и юго-восточные ветры. Иногда отмечаются непродолжительные сильные местные ветры. В целом основные районы выращивания табака расположены в предгорьях Большого Кавказа. Поэтому климатические условия этих регионов очень благоприятны для производства высококачественного табака. Среднегодовая температура колеблется в пределах

8,0–13,2 °С. Среднемесячная температура самого холодного месяца (января) меняется от –2,7 °С до +1,0 °С. Годовое количество осадков колеблется в пределах 500–1100 мм. Температура почти равномерно распределяется в течение всего сезона. Однако несмотря на засухи в июле и августе, вегетационный период растений относительно влажный. Такие климатические условия очень благоприятны для развития табачного растения [13, с. 164–167].

Почвенный покров Шеки-Загатальского региона сформировался в результате длительного исторического процесса на аллювиальных, пролювиальных и делювиальных отложениях. В ходе многочисленных исследований С. А. Захаров в 1925–1927 гг., Х. А. Алиев в 1943–1949 гг. и другие обнаружили в зависимости от региона существование следующих типов почв: лугово-лесные, высокогумусные и умеренно гумусовые, лугово-болотные, лесные, аллювиально-луговые, каштановые.

Анализ таблицы 1 показывает, что pH почв на исследуемой территории колеблется в пределах 8,27–8,44 в зависимости от глубины. Как видно из таблицы, в пробах, отобранных на глубине, щелочность почвы высокая (pH почвы более 7,5–8,0).

Количество карбоната кальция (CaCO₃) в почвах исследуемой территории колеблется в среднем от 33,29 до 32,45 % в зависимости от глубины. Это указывает на то, что область является высококарбонатной (когда количество карбоната кальция составляет от 15 до 25 %).

Результаты анализа показали, что содержание общего гумуса в исследуемых почвах на глубине 0–25 см (пахотный слой) в среднем составляет 2,59 %, на глубине 25–50 см – 2,88 %. На глубине 50–75 см снижается до 1,75 %. В целом почвы опытного поля считаются умеренно гумусовыми.

Таблица 2
Влияние различных доз удобрений на динамику роста табака сорта Кокер 347 типа Вирджиния (в среднем за 2018–2020 гг.)

Площадь питания, см	Норма полива, %	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ (контроль)			N ₄₅ P ₁₂₀ + 20 т навоза			N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀		
		Высота растения, см			Высота растения, см			Высота растения, см		
		После посадки 30 дней	После посадки 45 дней	До I ломки	После посадки 30 дней	После посадки 45 дней	До I ломки	После посадки 30 дней	После посадки 45 дней	До I ломки
120 × 40 (контроль)	70–80–50	81,3	123,4	235,7	95,6	213,5	256,6	89,1	210,4	257,7
	70–80–60	81,8	128,2	238,2	97,3	214,5	258,2	90,0	212,3	260,5
	70–70–60 (контроль)	79,8	125,2	237,0	95,8	214,7	256,8	89,2	211,4	260,7
110 × 40	70–80–50	74,1	125,9	234,9	90,6	212,1	255,1	87,2	208,3	258,6
	70–80–60	74,6	124,0	234,1	92,3	211,9	256,5	87,0	207,6	256,8
	70–70–60	74,7	124,9	234,1	90,9	211,0	255,9	87,3	206,0	256,9
90 × 40	70–80–50	71,7	123,4	231,8	88,5	208,7	253,4	85,7	204,1	253,9
	70–80–60	72,0	124,9	234,1	89,3	207,8	255,1	84,2	205,4	255,1
	70–70–60	71,1	121,7	232,5	87,7	210,9	251,4	81,5	203,4	254,1

Таблица 2
Influence of different doses of fertilizers on the dynamics of growth of tobacco varieties Koker 347f Virginia type (average 2018–2021)

Food area, cm	Irrigation norm, %	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ (control)			N ₄₅ P ₁₂₀ + 20 tons of manure			N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀		
		Growth of plants, cm			Growth of plants, cm			Growth of plants, cm		
		After planting 30 days	After planting 45 days	Until the 1 st picking	After planting 30 days	After planting 45 days	Until the 1 st picking	After planting 30 days	After planting 45 days	Until the 1 st picking
120 × 40 (control)	70–80–50	81.3	123.4	235.7	95.6	213.5	256.6	89.1	210.4	257.7
	70–80–60	81.8	128.2	238.2	97.3	214.5	258.2	90.0	212.3	260.5
	70–70–60 (control)	79.8	125.2	237.0	95.8	214.7	256.8	89.2	211.4	260.7
110 × 40	70–80–50	74.1	125.9	234.9	90.6	212.1	255.1	87.2	208.3	258.6
	70–80–60	74.6	124.0	234.1	92.3	211.9	256.5	87.0	207.6	256.8
	70–70–60	74.7	124.9	234.1	90.9	211.0	255.9	87.3	206.0	256.9
90 × 40	70–80–50	71.7	123.4	231.8	88.5	208.7	253.4	85.7	204.1	253.9
	70–80–60	72.0	124.9	234.1	89.3	207.8	255.1	84.2	205.4	255.1
	70–70–60	71.1	121.7	232.5	87.7	210.9	251.4	81.5	203.4	254.1

Общий азот составляет 0,13 % на глубине 0–25 см (пахотный слой), 0,27 % – на глубине 25–50 см, 0,12 % – на глубине 50–75 см. Из таблицы видно, что азот в нижних слоях почвы постепенно уменьшается по сравнению с верхними слоями, по мере того как он больше усваивается растениями.

Результаты анализа показывают, что экспериментальная площадка умеренно обеспечена подвижной фосфором и обменным калием. Количество вредных солей (сухого остатка) на участке колеблется в пределах 199–218 % в зависимости от глубины. Ионы хлора (Cl^-), бикарбоната (HCO_3^-) и сульфата (SO_4^{2-}) отсутствуют. В целом здесь нет засоления.

Осенью, после того как участок был выбран для эксперимента, остатки растения-предшественника (солома) были очищены, была проведена вспашка на глубину 25–27 см.

Правильный выбор предшественников растений наряду с получением высокой урожайности также важен и для улучшения качества посева. До посадки рассады на поле для уничтожения предшественных сорняков и смягчения комков земли участок повторно обрабатывается дисковой бороной, далее проводится вспашивание борозды в соответствии со схемой посадки, предусмотренной в методике. После осуществления необходимых агротехнических мероприятий перед посадкой саженцы, выращенные в питомнике, были вручную перенесены на поле [3, с. 295–298]. В период от саженцев до цветения растения влажность почвы должна составлять 65–70 %, в третьем и последующих сборах после цветения – 50–55 % [6, с. 44–49].

Перспективы развития современного сельского хозяйства требуют минимизации использования минеральных удобрений для получения экологически чистой продукции. Верно, что некоторым развитым странам удалось в определенной степени добиться этого за счет использования органических добавок различного происхождения в качестве альтернативы минеральным удобрениям. Однако в настоящее время велика роль минеральных удобрений в повышении урожайности сельскохозяйственных культур.

Так, отмечают, что азот положительно влияет на увеличение веса и роста растения за счет повышения его зеленой массы. Соли азотной кислоты – основной источник азота для питания растений. Конечным продуктом усваиваемого растениями азота является белок [9, с. 389–394]. На основании своих исследований определили, что фосфор играет важную роль в жизни растений. Фосфор входит в состав сложных белков, участвует в делении ядра клетки и образовании новых органов, помогает накапливать крахмал, сахар и жир в растительных клетках. При отсутствии фосфора корни плохо развиваются на ранних стадиях. В результате прекращаются рост и

развитие, а на листьях, начиная с краев, появляются красные и пурпурные пятна. Урожайность снижается. Таким образом, фосфор является важным элементом для табака [4, с. 38]. Калий – важное питательное вещество для растений. Невнесение калийных удобрений в почву ограничивает урожай и урожайность сельскохозяйственных культур. Было доказано, что в таких случаях происходит деградация почвы. Однако в результате длительного отсутствия компенсации растений калием плодородие почвы снижается и ограничивается. Это происходило во многих регионах мира [10, pp. 1–4], [20, pp. 1–14].

Исследования показывают, что в течение вегетационного периода табак в отличие от других междурядных культур истощает питательные вещества, забирая из почвы больше азота, фосфора и калия [15, с. 429–435]. Табак очень требователен к питательным веществам почвы. Если за вегетационный период получить 1 т табака с 1 га, то он усвоит 60 кг азота, 16 кг фосфора и 38 кг калия. Годовая норма минеральных удобрений для табака составляет 60–90 кг азота, 120–135 кг фосфора и 80–100 кг калия на 1 га действующего вещества. 20 % минеральных удобрений, предусмотренных для сырого табака, целесообразнее вносить при посадке рассады, а 20–60 % – через 50 дней после посадки рассады при культивировании [14, с. 196–198], [17, с. 99–104]. Можно восстановить часть истощенных элементов питания с помощью органических удобрений (навоза) различного животного происхождения [8, с. 101–119], [16, с. 37–42].

Навоз – одно из питательных веществ, играющих важную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Применение навоза – лучший способ получить экологически чистый продукт. Следует отметить, что навоз различного животного происхождения содержит 25 % воды, 21 % сухого вещества, 0,5 % общего азота, 0,25 % ассимилированного фосфора, 0,6 % оксида калия [11]. Состав навоза зависит в основном от вида животного, состава кормов, условий подстилки, способа содержания. Так, много концентратов используется при кормлении свиней. По этой причине в свином навозе много калия. Недопустимо использование свежего навоза любого животного происхождения. Это связано с тем, что при добавлении в почву свежего навоза в верхних слоях могут возникнуть определенные нарушения. Поэтому свежий навоз сначала закапывают в колodцы или на глубину 10–15 см, чтобы горючие вещества в нем быстро сгорели и разложились.

Навоз использовался на протяжении всей истории выращивания табака. Но, к сожалению, с ростом производства минеральных удобрений интерес к применению навоза стал значительно снижаться. Тем не менее доктор Смит, выступая

при обсуждении Программы расширения государственного кооператива Северной Каролины, рекомендовал эффективное использование навоза при выращивании табака. По его словам, стабилизировать рН почвы для табачных растений можно при внесении 20–30 т разложившегося навоза на 1 га земли [18, pp. 134–138]. Органические удобрения обладают хорошей абсорбцией. Это объясняется способностью навоза быстро растворяться в воде. Органические удобрения являются источником питательных веществ, которые быстро усваиваются многими растениями из-за их быстрого разложения под влиянием солнечного света и совпадения параметров почвы [19, pp. 18–21; 21, pp. 877–880].

Для определения динамики роста в поле опыта в годы исследований отбирали и контролировали по 10 растений в каждый вегетационный период, измеряли их высоту и записывали данные в полевой журнал каждые 15 дней. Результаты наблюдений приведены в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольшая высота была получена на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т удобрения и на площади питания 120×40 см при норме полива 70–80–50 %, где были сформированы до первый ломки 256,6 см.

В отличие от других сельскохозяйственных культур продуктом табачного растения считаются только листья. Площадь, материал и качество листьев зависят, кроме прочих причин, также и от площади питания, нормы внесения удобрений и норм орошения.

При сборе листьев табака в период технической зрелости получается высококачественный продукт. Общий анализ, проведенный для определения продуктивности, рассчитывался на основе сухого веса листьев в воздухе и базовой влажности. После сушки влажного листового продукта на сушильном пункте в специальных камерах при температуре 60–70 °С массу сухого листа взвешивали на технических весах [1, с. 208]. Полученные цифры приведены в таблице 3.

Ссылаясь на цифры в таблице 3, можно сказать, что урожайность сухих листьев, полученная различными способами обработки, имела сопоставимый эффект между вариантами. Таким образом, наивысшая урожайность была получена на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т навоза на площади питания 120×40 см при норме полива 70–80–50 % – 22,2 ц/га.

Таблица 3
Влияние различных доз удобрений на урожайность сорта табака Кокер 347 типа Вирджиния (среднее за 2018–2020 гг.)

Площадь питания, см	Норма полива, %	$N_{30}P_{90}K_{90}$	$N_{45}P_{120} + 20$ т навоза	$N_{60}P_{150}K_{120}$
		Урожайность, ц/га	Урожайность, ц/га	Урожайность, ц/га
120 × 40	70–80–50	19,8	22,2	21,5
	70–80–60	20,9	24,3	22,8
	70–70–60	21,7	24,9	23,8
110 × 40	70–80–50	21,9	26,4	24,6
	70–80–60	23,7	27,9	26,2
	70–70–60	22,8	26,3	25,5
90 × 40	70–80–50	24,1	29,5	25,8
	70–80–60	25,9	30,1	27,6
	70–70–60	25,6	27,7	26,8

Table 3
Influence of different doses of fertilizers on the yield of tobacco variety Koker 347 of Virginia type (average for 2018–2021)

Food area, cm	Irrigation norm, %	$N_{30}P_{90}K_{90}$	$N_{45}P_{120} + 20$ tons of manure	$N_{60}P_{150}K_{120}$
		Productivity, c/ha	Productivity, c/ha	Productivity, c/ha
120 × 40	70–80–50	19.8	22.2	21.5
	70–80–60	20.9	24.3	22.8
	70–70–60	21.7	24.9	23.8
110 × 40	70–80–50	21.9	26.4	24.6
	70–80–60	23.7	27.9	26.2
	70–70–60	22.8	26.3	25.5
90 × 40	70–80–50	24.1	29.5	25.8
	70–80–60	25.9	30.1	27.6
	70–70–60	25.6	27.7	26.8

Таблица 4
Влияние норм орошения и условий питания сорта табака Кокер 347 типа Вирджиния на показатели качества (в среднем за 2018–2020 гг.)

Площадь питания, см	Нормы полива, %	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ (контроль)						N ₄₅ P ₁₂₀ +20 т навоза						N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀								
		Никотин	Эфирное масло	Смола	Белок	Сахара	Зола	Число Шмук	Никотин	Эфирное масло	Смола	Белок	Сахара	Зола	Число Шмук	Никотин	Эфирное масло	Смола	Белок	Сахара	Зола	Число Шмук
120 × 40 (контроль)	70–80–50	2,9	2,2	6,6	10,3	12,5	16,0	1,21	1,7	2,0	6,4	10,1	12,5	15,3	1,23	2,2	2,2	6,2	10,0	12,8	15,9	1,28
	70–80–60	2,9	2,2	6,8	9,8	11,9	15,8	1,21	2,6	2,1	6,8	10,0	12,9	15,6	1,29	2,7	2,0	6,5	10,1	12,6	15,7	1,25
	70–70–60	2,9	2,3	6,9	9,7	12,4	15,9	1,27	2,6	2,2	6,7	9,7	13,0	15,4	1,34	2,8	2,3	6,5	10,5	12,8	15,9	1,22
110 × 40	70–80–50	2,7	2,2	6,5	9,7	12,0	15,8	1,23	2,6	1,7	6,1	10,0	12,3	15,7	1,23	2,7	2,2	6,2	9,7	12,4	15,7	1,28
	70–80–60	2,6	2,2	6,4	10,0	12,4	15,8	1,24	2,5	2,1	6,4	10,1	13,0	15,5	1,28	2,5	2,7	5,9	10,2	12,4	15,9	1,21
	70–70–60	2,9	2,2	6,1	9,4	12,6	15,7	1,29	2,5	1,9	5,7	9,7	13,2	15,8	1,36	2,6	2,0	5,7	9,7	12,5	15,7	1,29
90 × 40	70–80–50	2,6	2,1	6,1	9,5	12,3	15,5	1,29	2,1	1,7	5,8	9,9	13,0	15,2	1,31	2,4	1,8	5,2	10,3	12,3	15,6	1,19
	70–80–60	2,8	1,7	5,9	10,3	12,3	15,4	1,19	2,0	1,6	5,6	9,9	13,5	15,0	1,36	2,2	1,4	5,3	10,0	12,5	15,3	1,25
	70–70–60	2,5	2,1	6,0	9,4	12,5	15,6	1,32	2,5	1,9	5,8	9,8	13,1	15,3	1,33	2,6	1,9	5,0	9,8	12,5	15,7	1,28

Table 4
Influence of irrigation norms and nutritional conditions of tobacco variety Koker 347 of the Virginia type on quality indicators (average for 2018–2021)

Food area см	Field moisture capacity, %	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀ (cont)						N ₄₅ P ₁₂₀ +20 tonn manure						N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀								
		Nicotine	Essential oil	Protein	Resin	Sugar	Ash	Shmuk number	Nicotine	essential oil	Protein	Resin	Sugar	Ash	Shmuk number	Nicotine	Essential oil	Protein	Resin	Sugar	Ash	Shmuk number
120 × 40 (control)	70–80–50	2,9	2,2	6,6	10,3	12,5	16,0	1,21	1,7	2,0	6,4	10,1	12,5	15,3	1,23	2,2	2,2	6,2	10,0	12,8	15,9	1,28
	70–80–60	2,9	2,2	6,8	9,8	11,9	15,8	1,21	2,6	2,1	6,8	10,0	12,9	15,6	1,29	2,7	2,0	6,5	10,1	12,6	15,7	1,25
	70–70–60	2,9	2,3	6,9	9,7	12,4	15,9	1,27	2,6	2,2	6,7	9,7	13,0	15,4	1,34	2,8	2,3	6,5	10,5	12,8	15,9	1,22
110 × 40	70–80–50	2,7	2,2	6,5	9,7	12,0	15,8	1,23	2,6	1,7	6,1	10,0	12,3	15,7	1,23	2,7	2,2	6,2	9,7	12,4	15,7	1,28
	70–80–60	2,6	2,2	6,4	10,0	12,4	15,8	1,24	2,5	2,1	6,4	10,1	13,0	15,5	1,28	2,5	2,7	5,9	10,2	12,4	15,9	1,21
	70–70–60	2,9	2,2	6,1	9,4	12,6	15,7	1,29	2,5	1,9	5,7	9,7	13,2	15,8	1,36	2,6	2,0	5,7	9,7	12,5	15,7	1,29
90 × 40	70–80–50	2,6	2,1	6,1	9,5	12,3	15,5	1,29	2,1	1,7	5,8	9,9	13,0	15,2	1,31	2,4	1,8	5,2	10,3	12,3	15,6	1,19
	70–80–60	2,8	1,7	5,9	10,3	12,3	15,4	1,19	2,0	1,6	5,6	9,9	13,5	15,0	1,36	2,2	1,4	5,3	10,0	12,5	15,3	1,25
	70–70–60	2,5	2,1	6,0	9,4	12,5	15,6	1,32	2,5	1,9	5,8	9,8	13,1	15,3	1,33	2,6	1,9	5,0	9,8	12,5	15,7	1,28

Одним из важнейших этапов исследования является определение качества табака. Для этого листовая продукция сортировали по ГОСТ 8073-77 для изучения химического состава табака. Образцы листьев были взяты из отдельных вариантов, ферментированы, высушены, измельчены и просеяны через сито с размером ячеек 0,25 мм.

Образцы никотина – основного элемента табака – были обнаружены прибором Geneva 3606 в лаборатории анализа растений и почв Научно-исследовательского института земледелия, азот общий определяли по Кьельдалю, водорастворимые сахара – по Генненбергу и Стоману, золу-сырец – нагреванием в муфельной печи при температуре 300–500 °С. Результаты лабораторных анализов показаны в ниже таблице 4.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Исследуемое поле слабощелочное (рН в пределах 7,5–8,5). В пробах, отобранных на глубине, щелочность почвы высокая (рН превышает норму 7,5–8,0). Когда количество карбоната кальция составляет 15–25 %, почва является высококарбонатной. Процент органического углерода в почве счи-

тается адекватным. Почвы опытного участка относятся к умеренно хорошим по содержанию гумуса. Масштаб изменения общего азота в зависимости от глубины соответствует общему гумусу, территория умеренно обеспечена обменным азотом (N). Земли области обеспечены обменным фосфором (P_2O_5) на среднем уровне. Почвы в этом районе обычно снабжены заменимым калием (K_2O). Из-за отсутствия засоления на опытном поле посев считается полезным.

Наивысшая урожайность в этом варианте была получена на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т навоза на площади питания 90×40 см при норме орошения 70–80–50 % от общего урожая 29,5 ц/га, при норме орошения 70–80–60 % – 30,1 ц/га и при норме орошения 70–70–60 % – 27,7 ц/га. Рост табака среди вариантов был получен на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т навоза на площади питания 90×40 см: при норме полива 70–80–50 % высота от фазы интенсивного роста рассады до ломки первых листьев составила 253,4 см, при норме полива 70–80–60 % – 255,1 см и при норме полива 70–70–60 % – 251,4 см.

Библиографический список

1. Abbasov B. H. Tütüncülük. Bakı: Müəllim, 2003. 208 s.
2. Abbasov V. H. Aqrar iqtisadiyyat: dərslik. Bakı: Ecoprint, 2007. 468 s.
3. Əliyev A. M. Müxtəlif sələflərin səpin normaları və qidalanma şəraitinin yığım dövründə salamat qalmış bitkilərin miqdarına təsiri // Əkinçilik Elmi tədqiqat institutunun elmi əsərlərin məcmuəsi. 2016. № 27. S. 295–298.
4. İbrahimov İ. H., Vəliyeva S. İ. Məhsul istehsalı və ixracının artırılmasının prioritet istiqamətləri // Audit. 2019. T. 25. № 3. S. 63–67.
5. Qafarbəyli K. Ə. Şəki-Zaqatala kadastr rayonu torpaqlarının bioekoloji xüsusiyyətləri // Akademik Vladimir Rodionoviç Volobuyevin anadan olmasının 110 illiyinə həsr edilmiş “Torpaqların ekologiyası, meliorasiyası və energetikası” adlı beynəlxalq konfransın materialları. Bakı, 2020. S. 29–31.
6. Səriyeva G. R. Qanıx-Əyriçay vadisinin allüvial-çəmən və allüvial-çəmənmeşə torpaqlarının münbitlik səciyyəsi // Azərbaycan Aqrar Elmi. 2018. № 3. S. 164–167.
7. Məmmədov Q. Torpaqsünəsləşmə və torpaq coğrafiyasının əsasları. Dərslik. Bakı: Elm, 2007. 383 s.
8. Бубнова Н. Н. Исследования факторов, определяющих токсичность табака для кальяна, и совершенствование его технологии: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.05. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2020. 168 с.
9. Гнучих Е. В. Никотиносодержащая продукция, регулирование, идентификация, табачные изделия, электронные системы доставки никотина, табак нагреваемый, химический состав аэрозоля. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2018. С. 44–49.
10. Иваницкий К. И. Использование геномов устойчивости диких видов рода *nicotiana* в селекции табака // Состояние и перспективы мировых научных исследований по табаку, табачным изделиям и инновационной никотинсодержащей продукции: материалы I Международной научной конференции. Краснодар, 2020. С. 101–119.
11. Кубахова А. А., Хомутова С. А. Результаты селекции табака сорта типа Вирджиния // Развитие и совершенствование инновационных исследований и разработок для табачной отрасли: коллективная монография. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2019. С. 389–394.
12. Кандашкина И. Г., Самойленко Н. П., Гролеова Л. И. [и др.] Качественные характеристика табачного сырья сорта типа Вирджиния // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сборник материалов I Международной научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов. Краснодар, 2018. С. 6–9.
13. Карпук Л. Оценка внешних признаков табака для формирования коллекций.. Белая Церковь: Белоцерковский национальный аграрный университет, 2018. С. 1–7.

14. Селков К. П., Балеевских А. С. Возделывание получение различных сортов табака в зоне рискованного земледелия // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 110-летию со дня рождения профессора М. П. Петухова. Пермь, 2017. С. 196–198.
15. Сидорова Н. В., Плотникова Т. В. Современные комплексные хелатные удобрения при возделывания табака // Развитие и совершенствование инновационных исследований и разработок для табачной отрасли: коллективная монография. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2019. С. 429–435.
16. Смайлов Э. А., Самиева Ж. Т., Абдуллаева Р. А. Влияние типа почв и ее влажности на динамику накопления никотина и листья различных сортов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6. С. 37–42.
17. Самойленко Н. П., Кандашкина И. Г., Белинская Н. Г. Качество табачного сырья типа Вирджиния с разными внешними показателями // Наука, Производство, Бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере агрохолдинга «Байсерке-Агро»: сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля Республики Казахстан Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича. Алматы, 2019. С. 99–104.
18. Dimitrieski M., Miceska G., Gveroska B., Zdraveska N. Chemical composition of tobacco of the variety prilep produced by applying the measures of integrated production in comparison with the traditional production of tobacco // Global studies of tobacco, tobacco products, and innovative nicotine-containing products: status and perspectives. I International scientific conference. Krasnodar, 2020. Pp. 134–138.
19. Dauglas R. The Ecomonics of tobacco and tobacco control // Monograph ceries, National Institutes of Health, National Cancer Institute Geneva. Geneva, 2018. Pp. 19–23.
20. Guang J., Shao X., Miao Q., et. al. Effects of Irrigation. Amount and Irrigation Frequency on Flue-Cured Tobacco Evapotranspiration and Water Use Efficiency Based on Three-Year Field Drip-Irrigated Experiments // Agronomiy. 2019. No. 9 (10). Pp. 1–14.
21. Novothy E. T., Bialous S. A., Lindsay. B., et.al. The environmental and health impacts of tobacco agriculture // Bulletin of the World Health Orgonizatoin. Geneva, 2018. Pp. 877–880.

Об авторах:

Габил Адил оглы Казимов¹, старший научный сотрудник отдела устойчивого земледелия и диверсификации растений, ORCID 0000-0003-0763-8122; (+994) 50 592-82-74, qabil.adiloglu@yahoo.com

¹ Научно-исследовательский институт земледелия, Баку, Азербайджанская Республика

Influence of different doses of fertilizers on the dynamics of growth and yield of tobacco

G. A. Kazimov¹✉

¹ Research Institute of Agriculture, Baku, Azerbaijan Republic

✉E-mail: qabil.adiloglu@yahoo.com

Abstract. The main **purpose** of this study is to provide a scientific basis for increasing the area of cultivation of Virginia tobacco. The purchase prices for Virginia tobacco are higher than for the local tobacco Zagatala-67. The short growing season of this tobacco reduces labor costs and costs per unit area, prevents nitrate contamination of the soil, since less mineral fertilizers (especially nitrogen) are required for its cultivation. In addition, the reduced nicotine content in the product is less harmful to the health of the smoker. **Methods.** In 2018–2020, the experience was based on one agricultural background on a site with one type of relief. The experiment was carried out in 4 repetitions, in 4 rows of 28 m² in each area, the length of each row is 10 meters. The experiment was laid on the soil of a gray-forest-meadow type under irrigation conditions in the Sheki Refugee Point. To determine the dynamics of growth, 10 plants were selected from each repetition, the growth of controlled plants was measured and recorded every 15 days. After drying the harvested leaves in modern drying chambers of the Rolla and Decloit brands, the productivity of dry leaves was determined. **Results.** According to the results of the study in the growing season of 2020, it turned out that the greatest growth dynamics among the options was obtained against the background of N₄₅P₁₂₀ + 20 tons and manure of the feeding area 90 × 40 cm. Thus, 70–80–50 % of the irrigation norm was 253.4 cm, 70–80–60 % of the irrigation norm 255.1 cm, 70–70–60 % of the irrigation norm 251.4 cm.

The total yield was 29.5 c/ha at an irrigation norm of 70–80–50 %, 30.1 c/ha at an irrigation norm 70–80–60 %, 27.7 c/ha at an irrigation norm of 70–70–60 %. **Scientific novelty.** Due to the biological properties of Virginia flavored tobacco, nitrogen (N) fertilization is not considered acceptable. Thus, for the first time in Azerbaijan, the effect of nitrogen fertilizers on the cultivation of Virginia Koker 347 tobacco varieties under irrigation conditions was scientifically studied and recommended for production.

Keywords: Virginiya, mariety, feeding condition, sprinkle scheme, vegetation, leaf.

For citation: Kazimov G. A. Vliyanie razlichnykh doz udobreniy na dinamiku rosta i urozhaynosti tabaka [Influence of different doses of fertilizers on the dynamics of growth and yield of tobacco] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 2–12. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-2-12. (In Russian.)

Date of paper submission: 29.11.2021, **date of review:** 17.12.2021, **date of acceptance:** 01.02.2022.

References

1. Abbasov B. G. Tütünçülük [Tobaccogrowing]. Baku: Muallim, 2003. 208 p. (In Azerbaijani.)
2. Abbasov V. G. Aqrar iqtisadiyyat: dərslük [Agricultural economics: a textbook]. Baku: Ecoprint, 2007. 468 p. (In Azerbaijani.)
3. Əliyev A. M. Müxtəlif sələflərin səpin normaları və qidalanma şəraitinin yığım dövründə salamat qalmış bitkilərin miqdarına təsiri [Influence of the predecessor, nutritional conditions and seeding rate on the physical properties of grain and the quality of seeding in winter wheat varieties] // Əkinçilik Elmi tədqiqat institutunun elmi əsərlərinin məcmuəsi. 2016. No. 27. Pp. 295–298. (In Azerbaijani.)
4. İbrahimov I. G., Vəliyeva S. I. Məhsul istehsalı və ixracının artırılmasının prioritet istiqamətləri [Priority directions for increasing production and export] // Audit. 2019. Vol. 25. No. 3. Pp. 63–67. (In Azerbaijani.)
5. Qafarbəyli K. Ə. Şəki-Zaqatala kadastr rayonu torpaqlarının bioekoloji xüsusiyyətləri [Bioecological features of the lands of the Sheki-Zagatala cadastral region] // Akademik Vladimir Rodionoviç Volobuyevin anadan olmasının 110 illiyinə həsr edilmiş “Torpaqların ekologiyası, meliorasiyası və energetikası” adlı beynəlxalq konfransın materialları. Baku, 2020. Pp. 29–31. (In Azerbaijani.)
6. Səriyeva G. R. Qanıx-Əyriçay vadisinin allüvial-çəmən və allüvial-çəmənmeşə torpaqlarının münbitlik səciyyəsi [Fertility level of alluvial-meadow and alluvial forest lands of Ganikh-Ayricay valley] // Azərbaycan Aqrar Elmi. 2018. No. 3. Pp. 164–167. (In Azerbaijani.)
7. Məmmədov Q. Torpaqsünaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları: dərslük [Basics of soil science and soil geography: a textbook]. Baku: Elm, 2007. 383 p. (In Azerbaijani.)
8. Bubnova N. N. Issledovaniya faktorov, opredelyayushchikh toksichnost' tabaka dlya kal'yana i sovershenstvovaniye yego tekhnologii: dis. ... kand. tekh. nauk: 05.18.05 [Research of the factors determining the toxicity of hookah tobacco and the improvement of its technology: dissertation ... candidate of technical sciences: 05.18.05]: Krasnodar: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tabaka, makhorki i tabachnykh izdeliy. 2020. 168 p. (In Russian.)
9. Gnuchikh E. V. Nikotinosoderzhashchaya produktsiya, regulirovaniye, identifikatsiya, tabachnyye izdeliya, elektronnyye sistemy dostavki nikotina, tabak nagrevayemyy, khimicheskiy sostav aerolya [Nicotine-containing products, regulation, identification, tobacco products, electronic systems for the delivery of nicotine, heated tobacco, aerosol chemical composition] // Krasnodar: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tabaka, makhorki i tabachnykh izdeliy. 2018. Pp. 44–49. (In Russian.)
10. Ivanitskiy K. I. Ispol'zovaniye genomov ustoychivosti dikikh vidov roda nicotiana v selektsii tabaka [Use of resistance genomes of wild species of the genus nicotiana in tobacco breeding] // Sostoyaniye i perspektivy mirovykh nauchnykh issledovaniy po tabaku, tabachnym izdeliyam i innovatsionnoy nikotinosoderzhashchey produktsii: materialy I Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsi. Krasnodar, 2020. Pp. 101–119. (In Russian.)
11. Kubakhova A. A., Khomutova S. A. Rezultaty selektsii tabaka sortotipa Virdzhiniya [The results of breeding tobacco of the Virginia variety] // Razvitiye i sovershenstvovaniye innovatsionnykh issledovaniy i razrobotok dlya tabachnoy otrasli: kollektivnaya monografiya. Krasnodar: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tabaka, makhorki i tabachnykh izdeliy, 2019. Pp. 389–394. (In Russian.)
12. Kandashkina I. G., Samoilenko N. P., Groleova L. I., et. al. Kachestvennyye kharakteristika tabochnogo syr'ya sortotipa Virdzhiniya [Qualitative characteristics of raw tobacco of the Virginia variety]. Krasnodar Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tabaka, makhorki i tabachnykh izdeliy, 2018. Pp. 1–4. (In Russian.)
13. Karpuk L. Otsenka vneshnikh priznakov tabaka dlya formirovaniya kolleksiy [Assessment of external signs of tobacco for the formation of collections]. Belaya Tserkov: Belotserkovskiy Natsionalnyy Agrarnyy Universitet, 2018. Pp. 1–7. (In Russian.)

14. Selkov K. P., Baleevskikh A. S. Vozdelyvaniye polucheniye razlichnykh sortov tabaka v zone riskovannogo zemledeliya [Cultivation of obtaining various varieties of tobacco in the zone of risky farming] // Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, posvyashchennoy 110-letiyu so dnya rozhdeniya professora M. P. Petukhova. Perm, 2017. Pp. 196–198. (In Russian.)
15. Sidorova N. V., Plotnikova T. V. Sovremennyye kompleksnyye khelatnyye udobreniya pri vozdelivaniya tabaka [Modern complex chelated fertilizers for tobacco cultivation] // Razvitiye i sovershenstvovaniye innovatsionnykh isledovaniy i razrobotok dlya tabachnoy otrasli: kollektivnaya monografiya. Krasnodar: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tabaka, makhorki i tabachnykh izdeliy, 2019. Pp. 429–435. (In Russian.)
16. Smailov E. A., Samieva Zh. T., Abdullaeva R. A. Vliyaniye tipa pochv i yeye vlazhnosti na dinamiku nako-pleniya nikotina i list'ya razlichnykh sortov [Influence of the type of soil and its moisture content on the dynamics of accumulation of nicotine and leaves of various varieties] // Vestnik Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2019. No. 6. Pp. 37–42. (In Russian.)
17. Samoilenko N. P., Kandashkina I. G., Belinskaya N. G. Kachestvo tabachnogo syr'ya tipa Virdzhiniya s raznymi vneshnimi pokazatelyami [The quality of virginia-type tobacco raw materials with different external indicators] // Nauka, Proizvodstvo, Biznes: sovremennoye sostoyaniye i puti innovatsionnogo razvitiya agrarnogo sektora na primere Agrokholdinga "Bayerke-Agro": sbornik trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu zasluzhennogo deyatel'nosti Respubliki Kazakhstan Dosmukhambetova Temirkhana Mynaydarovicha. Almaty, 2019. Pp. 99–104. (In Russian.)
18. Dimitrieski M., Miceska G., Gveroska B., Zdraveska N. Chemical composition of tobacco of the variety prilep produced by applying the measures of integrated production in comparison with the traditional production of tobacco // Global studies of tobacco, tobacco products, and innovative nicotine-containing products: status and perspectives. I International scientific conference. Krasnodar, 2020. Pp. 134–138.
19. Dauglas R. The Economics of tobacco and tobacco control // Monograph series, National Institutes of Health, National Cancer Institute Geneva. Geneva, 2018. Pp. 19–23.
20. Guang J., Shao X., Miao Q, [et. al.]. Effects of Irrigation. Amount and Irrigation Frequency on Flue-Cured Tobacco Evapotranspiration and Water Use Efficiency Based on Three-Year Field Drip-Irrigated Experiments // Agronomiy. 2019. No. 9 (10). Pp. 1–14.
21. Novothy E. T., Bialous S. A., Lindsay. B, [et.al.]. The environmental and health impacts of tobacco agriculture // Bulletin of the World Health Organization. Geneva, 2018. Pp. 877–880.

Authors' information:

Gabil A. Kazimov¹, senior scientist of the department of sustainable agriculture and plant diversification, ORCID 0000-0003-0763-8122; (+994) 50 592-82-74, qabil.adiloglu@yahoo.com

¹ Research Institute of Agriculture, Baku, Azerbaijan Republic

Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья

О. А. Оленин¹✉, С. Н. Зудилин¹

¹ Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

✉E-mail: agrotonik63@mail.ru

Аннотация. Цель исследований – изучение влияния многокомпонентных полифункциональных органических удобрений и биопрепаратов на показатели агрофитоценоза и урожайность ярового ячменя в сравнении с минеральными удобрениями и пестицидами. **Методы.** Исследованы различные способы внесения органических удобрений на основе «Диатомита» и цеолита и биопрепаратов при органической технологии возделывания. Изучено влияние многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов на корневые гнили, распространенность вредителя хлебный жук и урожайность ярового ячменя в сравнении с синтетическими минеральными удобрениями и пестицидами в южной лесостепи Заволжья. **Результаты.** Применение в органической технологии возделывания ярового ячменя многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов с функциями биофунгицида и биобактерицида обеспечивает существенное снижение распространенности поражения культурных растений корневыми гнилями. Минимальная пораженность – на 28,6 % меньше по сравнению с контролем – была при совместном использовании предпосевного дражирования семян и биопрепаратов по вегетации. Органическое удобрение с зоогумусом и предпосевное дражирование семян с биоинсектицидом в составе дражировочной смеси способствовали существенному понижению количества вредителей хлебный жук на посевах ярового ячменя. Минимальное количество вредителей было отмечено при совместном применении органического удобрения с зоогумусом и пестицидов по вегетации, обеспечив на 85,7 % снижение количества имаго вредителя по сравнению с контролем. Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя обеспечили повышение урожая зерна на 7,5–11,4 % по сравнению с контролем, тогда как традиционная технология с минеральным удобрением и пестицидами – на 18,4 %. Стоимость внесенных минеральных удобрений на 1 га составляла в среднем 2000 руб., тогда как многокомпонентных органических удобрений – 600–1500, стоимость внесенных пестицидов на 1 га составляла в среднем 3000–4500 руб., тогда как многокомпонентных биопрепаратов – 600–900. **Научная новизна** заключается в сравнении органической технологии возделывания с многокомпонентными органическими удобрениями и биопрепаратами с функциями биозащиты, полученными на основе переработки местных органических отходов и сырья, с традиционной технологией с синтетическими химическими минеральными удобрениями и пестицидами.

Ключевые слова: органическое земледелие, органические удобрения и биопрепараты, яровой ячмень, корневые гнили, хлебный жук, урожайность.

Для цитирования: Оленин О. А., Зудилин С. Н. Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя в лесостепи Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 13–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-13-23.

Дата поступления статьи: 13.12.2021, **дата рецензирования:** 24.12.2021, **дата принятия:** 14.01.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

В Стратегии научно-технологического развития России (утверждена Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642) отмечаются возрастание антропогенных нагрузок на окружающую среду до масштабов, угрожающих воспроизводству природных ресурсов, и связанный с их неэффективным использованием рост рисков для жизни и здоровья граждан. Поэтому в числе приоритетов и перспектив научно-технологического развития России на

ближайшие 10–15 лет назван переход к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству [1].

Органическое сельское хозяйство – производственная система, которая улучшает экосистему, сохраняет плодородие почвы, защищает здоровье человека и, принимая во внимание местные условия и опираясь на экологические циклы, сохраняет биологическое разнообразие, не использует компоненты, способные принести вред окружающей

среде [2]. Соответственно, по ГОСТ 33980-2016 «Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации», в органическом сельском хозяйстве не допускается применение минеральных азотных удобрений (пп. 5.1.4); не допускается использование синтетических гербицидов, фунгицидов, инсектицидов и других пестицидов (пп. 5.1.5); не допускается применение синтетических регуляторов роста и синтетических красителей (пп. 5.1.6) [3].

В органических технологиях возделывания сельскохозяйственных культур одними из основных элементов являются органические удобрения, биологические и микробиологические препараты и средства биологической защиты растений [4–10].

В связи с этим научно-исследовательская лаборатория «АгроЭкология» при кафедре «Землеустройство, почвоведение и агрохимия» Самарского государственного аграрного университета ведет разработку многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов на основе переработки (утилизации) разных видов органических отходов и сырья. На опытных полях Самарского ГАУ совершенствуются технологии применения и внесения разработанных удобрений и препаратов.

Цель исследований – повышение эффективности органической технологии возделывания ярового ячменя за счет влияния многокомпонентных полифункциональных органических удобрений и биопрепаратов на показатели агрофитоценоза и урожай зерна в сравнении с традиционной технологией с синтетическими минеральными удобрениями и пестицидами.

Задачи исследований:

1. Разработать способы внесения органических удобрений на основе диатомита и биопрепаратов при органической технологии возделывания ярового ячменя.

2. Изучить влияние многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов на корневые гнили, распространенность хлебного жука и урожайность ярового ячменя в сравнении с синтетическими минеральными удобрениями и пестицидами.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследований являлись посевы сорта ярового ячменя Орлан (оригинатор: Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН, п. г. т. Безенчук).

По общепринятым методикам и ГОСТам проводились лабораторные и полевые анализы, учеты и наблюдения: урожайность (ГОСТ 12041-82 и ГОСТ 12037-81); пораженность растений зерновых культур корневыми гнилями (методика ВНИИЗР); распространенность вредителя жук хлебный (методика ВНИИЗР); методы дисперсионного и корреляционного анализа (Б. А. Доспехов, 1985).

Исследования проводили на опытном поле Самарского ГАУ в 2017–2021 гг. (центральная зона

Самарской области). Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный тяжелосуглинистый: содержание гумуса 5,3 %; pH сол. – 6,9; содержание в пахотном слое азота легкогидролизуемого – 80–120 мг/кг, фосфора подвижного – 135–145 мг/кг (ГОСТ 26204-91), калия подвижного – 150–195 (ГОСТ 26204-91) мг/кг.

Исследования проводили в полевом стационарном двухфакторном опыте, заложенном в 2017 г. в рамках научной темы «Цифровое органическое земледелие», в севообороте: 1) чистый пар; 2) озимая пшеница; 3) яровая пшеница твердая; 4) горох; 5) ячмень; 6) подсолнечник.

Норма высева ячменя ярового – 5,0 млн всхожих семян на 1 га.

Вариантов на поле – 21; повторности – 3; количество делянок на поле – 63; общая площадь поля – 0,40 га; площадь делянок первого порядка – 189 м², второго порядка – 63 м² (4,5 × 14,0 м); учетная площадь делянок – 31,5 м²; размещение делянок – систематическое.

Факторы: А – удобрения, В – препараты.

Фактор А – удобрения – вносили при посеве из сеялки в рядок на семенное ложе: А1 – контроль; А2 – 100 кг/га нитроаммофоски (16:16:16); А3 – 200 кг/га многокомпонентного органического удобрения «Диатомит» + зола древесная + калий органический (сокращенно ДЗК); А4 – 200 кг/га многокомпонентного органического удобрения «Диатомит» + зоогузмус + зола древесная (ДЗГЗ); А5 – 200 кг/га многокомпонентного органического удобрения «Диатомит» + «Фитоспорин» + гумат калия (ДФСПГк); А6 – 100 кг/га многокомпонентной органической смеси с функциями удобрения, стимулятора, фунгицида и бактерицида в виде предпосевного дражирования семян ячменя (не более чем за 10–14 дней до посева); А7 – 200 кг/га многокомпонентного органического удобрения цеолит + эффлюент + гумат калия (ЦЭГк).

Многокомпонентные удобрения А3–А7 – разработки лаборатории «АгроЭкология» Самарского ГАУ.

Норма внесения удобрения на вариантах А2–А7 определялась из расчета объема бункера, стоимости удобрения и необходимости оперативности посева, а также исходя из технических характеристик применяемой сеялки. Используемая на опытных полях сеялка Amazone Primera DMC (с шириной захвата 4,5 м) имеет максимальную устанавливаемую рабочую норму высева примерно в 450 кг/га (при норме высева ячменя ярового 200–220 кг/га).

Распространение и развитие технологий органического земледелия во многом зависит от технологичности внесения, агрономической эффективности и экономической рентабельности применения органических удобрений и биологических препаратов. Поэтому в наших исследованиях концепция

разработки и применения органических удобрений – многокомпонентные полифункциональные высококонцентрированные, максимально усвояемые, низкой дозы внесения (100–200, в отдельных случаях – до 300 кг/га) из сеялки при посеве в рядок на семенное ложе в прикорневую зону. Соответственно, органическое удобрение должно быть в виде сыпучих гранул длиной 0,5–1,0 и диаметром 0,3–0,5 см и должно вноситься в рядок при посеве из бункера сеялки, чтобы максимально сократить нормы внесения и затраты на внесение, а также доставить полезные вещества и микроорганизмы непосредственно в ризосферную зону проростков и всходов культур.

Фактор В – препараты, поперек внесения удобрений проводилось опрыскивание препаратами во время вегетации по листу: В1 – контроль; В2 – пестициды в виде фунгицида, и/или инсектицида, и/или гербицида (при достижении вредными организмами ЭПВ); В3 – многокомпонентные полифункциональные биопрепараты с функциями удобрения, биостимулятора и/или фунгицида инсектицида разработки лаборатории «АгроЭкология».

Пестициды и биопрепараты каждый год исследований применялись в виде двух обработок на всех культурах севооборота: зерновые колосовые – в фазы кущения и выхода в трубку (или колошения); горох – до фазы 5 пар листьев; подсолнечник – до наступления фазы 5 пар листьев. Пестициды применялись в нормах расхода согласно инструкции, биопрепараты – с нормой внесения 3,0 л/га при рабочем растворе 150 л/га.

Обработка почвы: основная – двукратное дискование – на 6–8-й и через 10–14 дней на 10–12 см; весенняя – ранневесеннее боронование и культивация – не ранее 1–2 дней перед посевом. Посев проводился сеялкой Amazone Primera DMC, сразу после посева – прикатывание катками ККШ-6. Опрыскивание проводилось навесным опрыскивателем Amazone UF 01 с шириной захвата 14 м; уборка – селекционным комбайном TERRION – SR2010.

Агрометеорологические данные за 2017–2021 гг. представлены в таблице 1.

В среднем годовая сумма осадков за 2017–2021 гг. превышала среднеголетние данные на 24,9 %. Но значительное увеличение количества осадков наблюдалось в период с декабря по апрель, превышение над среднеголетними показателями составило 92,7 %, тогда как в период активной вегетации полевых культур с мая по август выпало всего 86,0 % среднеголетней нормы. Среднегодовая температура воздуха за 2017–2021 гг. превышала среднеголетнюю норму на 79,0 %! При этом увеличение средней температуры наблюдалось во все периоды: сентябрь – ноябрь – на 38,1 % (что отрицательно сказывается на посеве озимых культур, их начальном росте и развитии), декабрь – апрель – на 34,2 % (с большим количеством оттепелей и резкими колебаниями температуры, что значительно ухудшает условия перезимовки озимых), май – август – на 10 % (что в сочетании со снижением количества осадков на 14 % резко повышает аридность вегетационного периода, особенно для яровых культур).

Таблица 1
Метеорологические условия за годы проведения опытов (2017–2021 гг.), по данным агрометеостанции «Усть-Кинельская»

Месяцы	Осадки				Средняя температура воздуха			
	Среднеголетняя норма		В среднем, 2017–2021 гг.		Среднеголетняя норма		В среднем, 2017–2021 гг.	
	мм	%	мм	%	°С	%	°С	%
За сентябрь – ноябрь	123	100	133,0	108,1	4,2	100	5,8	138,1
За декабрь – апрель	124	100	239,0	192,7	–7,9	100	–5,2	65,8
За май – август	163	100	140,2	86,0	18,1	100	19,9	110,0
Всего или среднее	410,0	100	512,2	124,9	3,8	100	6,8	179,0

Table 1
Meteorological conditions over the testing years (2017–2021) according to the agrometeorological station “Ust’-Kinel’skaya”

Months	Precipitation				Average air temperature			
	Average long-term norm		On average for 2017–2021		Average long-term norm		On average for 2017–2021	
	mm	%	mm	%	°C	%	°C	%
September – November	123	100	133.0	108.1	4.2	100	5.8	138.1
December – April	124	100	239.0	192.7	–7.9	100	–5.2	65.8
May – August	163	100	140.2	86.0	18.1	100	19.9	110.0
Total or average	410.0	100	512.2	124.9	3.8	100	6.8	179.0

В целом метеорологические данные за 2017–2021 гг. подтверждают тенденцию глобальных климатических изменений с увеличением количества осадков и средней температуры воздуха в зимний период, с резким увеличением аридности периода активной вегетации полевых культур, что повышает необходимость перехода к системам органического земледелия.

Результаты (Results)

Корневые гнили являются комплексным заболеванием зерновых культур, поражающим корни и прикорневую часть стеблей растений. Корневые гнили вызывают несколько видов фитопатогенных грибов, обитающих в почве и сохраняющихся в почве, на семенах и растительных остатках. Наиболее распространенными и вредоносными на посевах зерновых культур являются фузариозная, гельминтоспориозная, церкоспореллезная и офиоболезная корневые гнили. На одних и тех же посевах можно обнаружить несколько видов возбудителей. Болезнь может являться причиной выпадения всходов,

уменьшения продуктивной кустистости и числа зерен в колосе и массы 1000 зерен, а также ухудшения качества зерна. В годы сильного развития корневых гнилей потери урожайности ячменя могут составить от 15 до 40 %. Основными источниками инфекции всех видов корневых гнилей являются почва, пожнивные остатки и семена [11–13].

Интегрированная биологическая защита от болезней в системе органического земледелия включает, по нашему мнению, следующие элементы: севооборот (в том числе фитосанитарные и промежуточные культуры, смешанные посевы, насыщенные зернобобовыми до 25–30%); биопротравливание и дражирование семян с использованием биофунгицидов и биобактерицидов; внесение в почву многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов с функциями биофунгицида и биобактерицида перед посевом и во время посева; обработка по вегетации биопрепаратами с функциями биозащиты.

Таблица 2
Распространенность поражения корневыми гнилями растений ячменя ярового (2017–2021 гг.), %

Система удобрений (А)	Годы исследований					Среднее	% к контролю
	2017	2018	2019	2020	2021		
Система защиты (В)							
В1 – контроль							
А1 – контроль	37,4	31,5	29,9	28,2	21,4	29,7	100
А2 – нитроаммофоска	38,5	33,3	29,3	27,0	22,0	30,0	101,0
А3 – ДЗК	35,6	32,1	28,5	24,6	19,7	28,1	94,6
А4 – ДЗгЗ	34,7	32,7	26,6	25,6	19,2	27,8	93,6
А5 – ДФСпГк	25,5	27,0	25,3	22,9	18,9	23,9	80,5
А6 – дражирование семян	23,0	25,0	23,1	20,5	17,4	21,8	73,4
А7 – ЦЭГк	36,5	34,3	28,6	27,8	21,3	29,7	100
Среднее						27,3	91,9
В2 – пестициды							
А1 – контроль	38,0	33,9	33,2	31,4	23,8	32,1	108,1
А2 – нитроаммофоска	37,2	30,1	31,5	30,0	23,4	30,4	102,4
А3 – ДЗК	32,5	34,5	31,0	31,5	22,6	30,4	102,4
А4 – ДЗгЗ	30,8	31,6	29,5	28,4	22,1	28,5	96,0
А5 – ДФСпГк	27,6	25,6	24,2	22,9	20,5	24,2	81,5
А6 – дражирование семян	25,9	23,7	22,5	21,8	18,5	22,5	75,8
А7 – ЦЭГк	39,9	41,8	35,3	30,1	22,5	33,9	114,1
Среднее						28,9	97,3
В3 – биопрепараты							
А1 – контроль	30,2	30,9	27,9	28,3	19,9	27,4	92,3
А2 – нитроаммофоска	37,4	36,4	29,3	28,4	21,1	30,5	102,7
А3 – ДЗК	32,8	31,1	27,4	25,0	19,7	27,2	91,6
А4 – ДЗгЗ	30,5	30,6	28,4	24,0	22,0	27,1	91,2
А5 – ДФСпГк	25,5	28,4	23,4	22,0	18,7	23,6	79,5
А6 – дражирование семян	24,1	25,6	22,0	18,2	16,2	21,2	71,4
А7 – ЦЭГк	33,2	35,3	29,6	25,1	17,6	28,2	95,0
Среднее						26,5	89,2

The root rot extension on spring barley plants (2017–2021), %

Fertilizing system (A)	Testing years					Average	% to control
	2017	2018	2019	2020	2021		
Plant protection system (B)							
B1 – control							
A1 – control	37.4	31.5	29.9	28.2	21.4	29.7	100
A2 – ANP fertilizer	38.5	33.3	29.3	27.0	22.0	30.0	101.0
A3 – DAP	35.6	32.1	28.5	24.6	19.7	28.1	94.6
A4 – DZhA	34.7	32.7	26.6	25.6	19.2	27.8	93.6
A5 – DFspHp	25.5	27.0	25.3	22.9	18.9	23.9	80.5
A6 – seed coating	23.0	25.0	23.1	20.5	17.4	21.8	73.4
A7 – ZEHp	36.5	34.3	28.6	27.8	21.3	29.7	100
Average						27.3	91.9
B2 – pesticides							
A1 – control	38.0	33.9	33.2	31.4	23.8	32.1	108.1
A2 – ANP fertilizer	37.2	30.1	31.5	30.0	23.4	30.4	102.4
A3 – DAP	32.5	34.5	31.0	31.5	22.6	30.4	102.4
A4 – DZhA	30.8	31.6	29.5	28.4	22.1	28.5	96.0
A5 – DFspHp	27.6	25.6	24.2	22.9	20.5	24.2	81.5
A6 – seed coating	25.9	23.7	22.5	21.8	18.5	22.5	75.8
A7 – ZEHp	39.9	41.8	35.3	30.1	22.5	33.9	114.1
Average						28.9	97.3
B3 – bio-products							
A1 – control	30.2	30.9	27.9	28.3	19.9	27.4	92.3
A2 – ANP fertilizer	37.4	36.4	29.3	28.4	21.1	30.5	102.7
A3 – DAP	32.8	31.1	27.4	25.0	19.7	27.2	91.6
A4 – DZhA	30.5	30.6	28.4	24.0	22.0	27.1	91.2
A5 – DFspHp	25.5	28.4	23.4	22.0	18.7	23.6	79.5
A6 – seed coating	24.1	25.6	22.0	18.2	16.2	21.2	71.4
A7 – ZEHp	33.2	35.3	29.6	25.1	17.6	28.2	95.0
Average						26.5	89.2

Note. ANP – ammonium nitrate phosphate; DAP – “Diatomit” + wood ash + organic potassium; DZhA – “Diatomit” + zoohumus + wood ash; DFspHp – “Diatomit” + “Fitosporin” + potassium humate; ZEHp – zeolite + effluent + potassium humate.

В среднем за два обследования в фазы кушения и молочной спелости зерна по препаратам (фактор В) многокомпонентные биопрепараты с функциями биозащиты (биофунгицид + биобактерицид) снижали распространенность корневых гнилей на 10,8 % по сравнению с контролем (А1В1), тогда как обработки пестицидами – только на 2,7 % (таблица 2).

Из всех вариантов удобрений наибольшее снижение распространенности корневых гнилей вызывают многокомпонентные органические удобрения с функциями биофунгицида и биобактерицида (А4–А6). Так, удобрение ДФСПК (А5) уменьшает корневые гнили на 18,5–20,5 % по сравнению с контролем (А1В1), а дражировочная смесь (А6), которой покрывают семена ячменя перед посевом, на 24,2–28,6 %. Максимальное снижение (на 28,6 %) отмечается на варианте А6В3: совместное применение дражирования семян и биопрепаратов по вегетации.

Посев дражированными семенами оказался наиболее эффективным для борьбы с комплексом корневых гнилей, так как при дражировании происходит биопротравливание, а также микроорганизмы – антагонисты почвенной патогенной микрофлоры сразу попадают в ризосферную зону проростков и всходов растений ярового ячменя.

Зерновым культурам наносит ощутимые повреждения имаго вредителя хлебный жук (жук-кузка посевной, *Anisoplia austriaca*), который выедает зерна злаков в стадии молочной спелости. Затвердевшие зерна жук выбивает из колоса. Личинка второго года жизни (зимует два раза) повреждает корни растений культур.

Методы борьбы с вредителем применяются следующие:

- 1) агротехнические (лушение стерни с последующей глубокой зяблевой вспашкой, междурядные обработки пропашных культур, культивация паров);
- 2) химические (применение инсектицидов);
- 3) интегрированная биологическая защита в рамках органического земледелия [14; 15].

Интегрированная биозащита от вредителей в системе органического земледелия должна состоять из следующих элементов:

- севооборот (в том числе фитосанитарные и медоносные культуры);
- биопротравливание и дражирование семян с использованием биоинсектицидов;
- внесение в почву многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов с функциями биоинсектицида перед посевом и во время посева;
- обработка по вегетации биопрепаратами с биоинсектицидами и биорепеллентами.

Распространенность вредителя жук хлебный на посевах ячменя ярового (2017–2021 гг.), шт/м² Таблица 3

Система удобрений (А)	Годы исследований					Среднее	% к контролю
	2017	2018	2019	2020	2021		
Система защиты (В) В1 – контроль							
А1 – контроль	2	3	3	2	4	2,8	100
А2 – нитроаммофоска	1	2	3,4	3	2,9	2,5	89,3
А3 – ДЗК	1	1	2	1,8	4	2,0	71,4
А4 – ДЗгЗ	–	–	1	2	1	0,8	28,6
А5 – ДФСпГк	1	–	2	2	3	1,6	57,1
А6 – дражирование семян	–	1	2	1	3	1,4	50,0
А7 – ЦЭГк	0,4	2	5,6	3	1	2,4	85,7
Среднее						1,9	68,9
В2 – пестициды							
А1 – контроль	1	1	2	–	1	1,0	35,7
А2 – нитроаммофоска	1	2	2	–	3	1,6	57,1
А3 – ДЗК	–	–	1	3	3	1,4	50,0
А4 – ДЗгЗ	–	–	1	–	1	0,4	14,3
А5 – ДФСпГк	1	0,5	3	2	2	1,7	60,7
А6 – дражирование семян	1	–	1	2	1,4	1,1	39,3
А7 – ЦЭГк	–	1	3,6	2	1	1,5	53,6
Среднее						1,2	44,3
В3 – биопрепараты							
А1 – контроль	–	1	3,1	1,3	4,2	1,9	67,9
А2 – нитроаммофоска	1	–	3	2,4	3,3	1,9	67,9
А3 – ДЗК	1	1	3	2	–	1,4	50,0
А4 – ДЗгЗ	–	–	1,8	–	1	0,6	21,4
А5 – ДФСпГк	1	–	3	2	1	1,4	50,0
А6 – дражирование семян	1	–	2	3	–	1,2	42,9
А7 – ЦЭГк	–	1	4,5	4	1,5	2,2	78,6
Среднее						1,5	54,0
ЭПВ						3–5	

The pest “Bread beetle” extension on spring barley crops (2017–2021), pcs/m² Table 3

Fertilizing system (A)	Testing years					Average	% to control
	2017	2018	2019	2020	2021		
Plant protection system (B) B1 – control							
A1 – control	2	3	3	2	4	2.8	100
A2 – ANP fertilizer	1	2	3.4	3	2.9	2.5	89.3
A3 – DAP	1	1	2	1.8	4	2.0	71.4
A4 – DZhA	–	–	1	2	1	0.8	28.6
A5 – DFspHp	1	–	2	2	3	1.6	57.1
A6 – seed coating	–	1	2	1	3	1.4	50.0
A7 – ZEHP	0.4	2	5.6	3	1	2.4	85.7
Average						1.9	68.9
B2 – pesticides							
A1 – control	1	1	2	–	1	1.0	35.7
A2 – ANP fertilizer	1	2	2	–	3	1.6	57.1
A3 – DAP	–	–	1	3	3	1.4	50.0
A4 – DZhA	–	–	1	–	1	0.4	14.3
A5 – DFspHp	1	0.5	3	2	2	1.7	60.7
A6 – seed coating	1	–	1	2	1.4	1.1	39.3
A7 – ZEHP	–	1	3.6	2	1	1.5	53.6
Average						1.2	44.3
B3 – bio-products							
A1 – control	–	1	3.1	1.3	4.2	1.9	67.9
A2 – ANP fertilizer	1	–	3	2.4	3.3	1.9	67.9
A3 – DAP	1	1	3	2	–	1.4	50.0
A4 – DZhA	–	–	1.8	–	1	0.6	21.4
A5 – DFspHp	1	–	3	2	1	1.4	50.0
A6 – seed coating	1	–	2	3	–	1.2	42.9
A7 – ZEHP	–	1	4.5	4	1.5	2.2	78.6
Average						1.5	54.0
Economic threshold of harmfulness						3–5	

Note. ANP – ammonium nitrate phosphate; DAP – “Diatomit” + wood ash + organic potassium; DZhA – “Diatomit” + zoohumus + wood ash; DFspHp – “Diatomit” + “Fitosporin” + potassium humate; ZEHP – zeolite + effluent + potassium humate.

В наших опытах учет вредителя проводился один раз за сезон в фазу молочной спелости зерна.

В среднем по фактору В многокомпонентный биопрепарат с функцией биоинсектицида снижал количество вредителя на 46,0 % по сравнению с контролем А1В1, но увеличивал на 9,7 % по сравнению с пестицидами (таблица 3).

Из вариантов фактора А наиболее эффективными оказались удобрение ДЗгЗ (А4) с зоогуомусом и дражирование (А6) семян с биоинсектицидом (экстракт зоогуомуса) в составе дражировочной смеси. Удобрение ДЗгЗ снижало количество хлебного жука на 71,4–85,7 % по сравнению с контролем, дражирование семян – на 50,0–60,7 %, что объясняется воздействием на личинки жука природных токсинов с биоинсектицидным действием, вырабатываемых хитиноразрушающими бактериями и грибами, содержащимися в зоогуомусе. Максимальное снижение вредителей отмечено на варианте А4В2 – совместное применение удобрения ДЗгЗ и

пестицидов, в том числе инсектицида, на 85,7 % по сравнению с контролем (А1В1).

Влияние многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов на урожайность ярового ячменя представлено в таблице 4.

Влияние факторов А и В на урожайность, как и их взаимодействие, по данным математической обработки, оказалось существенным.

По фактору А в среднем за годы исследований наибольшая урожайность ячменя отмечена на вариантах А4 («Диатомит» + зоогуомус + зола древесная) и А6 (дражирование семян) – соответственно на 10,5–21,9 % и 10,5–19,9 % больше, чем на контроле А1В1 (и на 1,0–3,5 % и 1,4–1,5 % больше, чем на варианте А2 с нитроаммофоской). По фактору В применение пестицидов повышало урожайность в среднем на 10,4 % по сравнению с контролем (В1, без препаратов) и на 8,4 % по сравнению с биопрепаратами.

Таблица 4
Урожайность ячменя ярового (2017–2021 гг.), т/га

Система удобрений (А)	Годы исследований					Среднее	% к контролю
	2017	2018	2019	2020	2021		
Система защиты (В) В1 – контроль							
А1 – контроль	2,08	1,87	2,28	2,10	1,74	2,01	100
А2 – нитроаммофоска	2,26	2,25	2,40	2,33	1,72	2,19	109,0
А3 – ДЗК	2,23	2,19	2,33	2,38	1,80	2,19	109,0
А4 – ДЗгЗ	2,33	2,24	2,35	2,37	1,81	2,22	110,5
А5 – ДФСпГк	2,16	1,95	2,35	2,24	1,76	2,09	104,0
А6 – дражирование семян	2,23	2,22	2,44	2,32	1,87	2,22	110,5
А7 – ЦЭГк	2,18	1,98	2,37	2,25	1,77	2,11	105,0
Среднее						2,15	107,0
В2 – пестициды							
А1 – контроль	2,68	2,06	2,41	2,28	1,73	2,23	111,0
А2 – нитроаммофоска	2,98	2,23	2,55	2,37	1,76	2,38	118,4
А3 – ДЗК	2,95	2,29	2,50	2,37	1,85	2,39	118,9
А4 – ДЗгЗ	2,91	2,33	2,68	2,44	1,90	2,45	121,9
А5 – ДФСпГк	2,83	2,27	2,52	2,35	1,82	2,36	117,4
А6 – дражирование семян	2,90	2,25	2,56	2,45	1,88	2,41	119,9
А7 – цеолит + эффлюент	2,85	2,20	2,49	2,37	1,76	2,33	115,9
Среднее						2,36	117,4
В3 – биопрепараты							
А1 – контроль	2,22	1,94	2,34	2,21	1,83	2,11	105,0
А2 – нитроаммофоска	2,38	2,06	2,47	2,36	1,80	2,21	110,0
А3 – ДЗК	2,35	2,10	2,40	2,33	1,78	2,19	109,0
А4 – ДЗгЗ	2,44	2,11	2,42	2,31	1,88	2,23	111,0
А5 – ДФСпГк	2,38	1,96	2,40	2,28	1,88	2,18	108,5
А6 – дражирование семян	2,39	2,08	2,45	2,34	1,94	2,24	111,4
А7 – цеолит + эффлюент	2,30	1,99	2,43	2,29	1,81	2,16	107,5
Среднее						2,19	109,0
НСР ₀₅ по фактору А	0,07	0,05	0,08	0,05	0,04		
НСР ₀₅ по фактору В	0,05	0,06	0,09	0,07	0,05		
НСР ₀₅ по взаимодействию факторов А и В	0,05	0,06	0,09	0,07	0,06		
НСР ₀₅ общая	0,10	0,09	0,10	0,11	0,08		

Table 4
The yield of spring barley (2017–2021), t/ha

Агротехнологии

Fertilizing system (A)	Testing years					Average	% to control
	2017	2018	2019	2020	2021		
Plant protection system (B)							
B1 – control							
A1 – control	2.08	1.87	2.28	2.10	1.74	2.01	100
A2 – ANP fertilizer	2.26	2.25	2.40	2.33	1.72	2.19	109.0
A3 – DAP	2.23	2.19	2.33	2.38	1.80	2.19	109.0
A4 – DZhA	2.33	2.24	2.35	2.37	1.81	2.22	110.5
A5 – DFspHp	2.16	1.95	2.35	2.24	1.76	2.09	104.0
A6 – seed coating	2.23	2.22	2.44	2.32	1.87	2.22	110.5
A7 – ZEHp	2.18	1.98	2.37	2.25	1.77	2.11	105.0
Average						2.15	107.0
B2 – pesticides							
A1 – control	2.68	2.06	2.41	2.28	1.73	2.23	111.0
A2 – ANP fertilizer	2.98	2.23	2.55	2.37	1.76	2.38	118.4
A3 – DAP	2.95	2.29	2.50	2.37	1.85	2.39	118.9
A4 – DZhA	2.91	2.33	2.68	2.44	1.90	2.45	121.9
A5 – DFspHp	2.83	2.27	2.52	2.35	1.82	2.36	117.4
A6 – seed coating	2.90	2.25	2.56	2.45	1.88	2.41	119.9
A7 – ZEHp	2.85	2.20	2.49	2.37	1.76	2.33	115.9
Average						2.36	117.4
B3 – bio-products							
A1 – control	2.22	1.94	2.34	2.21	1.83	2.11	105.0
A2 – ANP fertilizer	2.38	2.06	2.47	2.36	1.80	2.21	110.0
A3 – DAP	2.35	2.10	2.40	2.33	1.78	2.19	109.0
A4 – DZhA	2.44	2.11	2.42	2.31	1.88	2.23	111.0
A5 – DFspHp	2.38	1.96	2.40	2.28	1.88	2.18	108.5
A6 – seed coating	2.39	2.08	2.45	2.34	1.94	2.24	111.4
A7 – ZEHp	2.30	1.99	2.43	2.29	1.81	2.16	107.5
Average						2.19	109.0
LSD ₀₅ by factor A	0.07	0.05	0.08	0.05	0.04		
LSD ₀₅ by factor B	0.05	0.06	0.09	0.07	0.05		
LSD ₀₅ by interaction of factors A and B	0.05	0.06	0.09	0.07	0.06		
LSD ₀₅ total	0.10	0.09	0.10	0.11	0.08		

Note. ANP – ammonium nitrate phosphate; DAP – “Diatomit” + wood ash + organic potassium; DZhA – “Diatomit” + zoohumus + wood ash; DFspHp – “Diatomit” + “Fitosporin” + potassium humate; ZEHp – zeolite + effluent + potassium humate.

Максимальное повышение урожайности отмечено на варианте А4В2 – совместное применение удобрения ДЗгЗ с зоогумусом и пестицидов, на 21,9 % по сравнению с контролем (А1В1) и на 3,5 % по сравнению с вариантом А2В2 (совместное применение минеральных удобрений и пестицидов).

Однако, помимо агрономической эффективности, технология возделывания культуры должна оцениваться и по экономической эффективности, то есть рентабельности.

Стоимость внесенной нитроаммофоски составляла в среднем примерно 2000 руб./га, из расчета средней оптовой стоимости в 20 000 руб/т (цена колеблется по годам и в зависимости от условий продажи от 18 до 28 тыс. руб.).

Стоимость органических удобрений примерно 1200–1500 руб/га, а стоимость дражирования семян – примерно 600–800 руб. за гектарную норму, что даже при равной урожайности по сравнению с

минеральным удобрением является экономически эффективным агроприемом для внедрения в систему органического земледелия, и это без учета положительного экологического эффекта от биоудобрений и биопрепаратов для плодородия почвы, окружающей среды и человека, а также без учета сокращения выбросов парниковых газов и накопления углерода в органическом веществе почвы.

Оптовая стоимость многокомпонентного полифункционального биопрепарата разработки лаборатории «АгроЭкология» для сельхозпредприятий составляет 100–150 руб/л, тогда как оптовая стоимость пестицидов колеблется от 500 до 2500 руб/л и выше.

Следовательно, стоимость пестицидов превышает стоимость биопрепарата в 3–20 раз, но при этом урожайность ячменя от применения пестицидов повышается только на 8,4 % по сравнению с биопрепаратом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Применение в органической технологии возделывания ярового ячменя многокомпонентных органических удобрений и биопрепаратов с функциями биофунгицида и биобактерицида обеспечивает существенное снижение распространенности поражения культурных растений корневыми гнилями. Минимальная пораженность (на 28,6 % меньше по сравнению с контролем) была при совместном использовании предпосевного дражирования семян и биопрепаратов по вегетации.

Органическое удобрение с зоогумусом и предпосевное дражирование семян с биоинсектицидом в составе дражировочной смеси способствовали существенному понижению количества вредителя хлебный жук на посевах ярового ячменя. Минимальное количество вредителей было отмечено при

совместном применении органического удобрения с зоогумусом и пестицидов по вегетации, обеспечив снижение количества имаго вредителя по сравнению с контролем на 85,7 %.

Элементы органической технологии возделывания ярового ячменя обеспечили повышение урожайности зерна на 7,5–11,4 % по сравнению с контролем, тогда как традиционная технология с минеральным удобрением и пестицидами – на 18,4 %. Однако стоимость внесенных минеральных удобрений на 1 га составляла в среднем 2000 руб., тогда как многокомпонентных органических удобрений – от 600 до 1500 руб. в зависимости от вида органического удобрения и способа его внесения. Стоимость внесенных пестицидов на 1 га составляла в среднем 3000–4500 руб., тогда как биопрепаратов – 600–900 руб.

Библиографический список

1. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642) [Электронный ресурс]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449> (дата обращения: 11.12.2021).
2. ГОСТ 56104-2014. Продукты пищевые органические. Термины и определения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113488> (дата обращения: 11.12.2021).
3. ГОСТ 33980-2016. Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141713> (дата обращения: 11.12.2021).
4. Федеральный закон № 280 от 03 августа 2018 г. «Об органической продукции» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017 (дата обращения: 11.12.2021).
5. Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия в России [Электронный ресурс]. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_agroprom/actions/Documents/Органическое%20сельское%20хозяйство.pdf (дата обращения: 11.12.2021).
6. Органическое сельское хозяйство: инновационные технологии, опыт, перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/anons/organicheskoe-selskoe-khozyajstvo-innovatsionnye-tekhnologii-opyt-perspektivy> (дата обращения: 11.12.2021).
7. Chen H., Deng A., Zhang W., Chen F. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat // *The Crop Journal*. 2018. No. 6. Pp. 589–599.
8. Bhaskar V., Weedon O. D., Finckh M. R. Exploring the differences between organic and conventional breeding in early vigour traits of winter wheat // *European Journal of Agronomy*. 2019. No. 105. Pp. 86–95.
9. Оленин О. А., Зудилин С. Н. Разработка многокомпонентных органических удобрений на основе диатомита для органического земледелия // *Плодородие*. 2021. № 1. С. 40–45.
10. Zudilin S., Olenin O., Vasilisko A. The use of biotechnology for the production of organic fertilizers based on diatomite for crop production // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Vienna, 2020. Pp. 169–176.
11. Корневая гниль: симптомы, методы борьбы и профилактики [Электронный ресурс]. URL: <https://bizontech.ua/ru/blog/root-rot-symptoms-methods-of-control-prevention> (дата обращения: 02.12.2021).
12. Xu H., Dai X., Chu J., Wang Y., He M. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen-use efficiency of winter wheat // *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. No. 17. Iss. 2. Pp. 315–327.
13. Желтова К. В., Долженко В. И. Корневые гнили озимой пшеницы и их вредоносность // *Вестник аграрной науки*. 2017. № 1. С. 45–51.
14. Жук-кузька хлебный [Электронный ресурс]. URL: https://www.pesticidy.ru/Жук-кузька_хлебный (дата обращения: 02.12.2021)
15. Peltre C., Nielsen M., Bruun S. Straw export in continuous winter wheat and the ability of oil radish catch crops and early sowing of wheat to offset soil c and n losses: a simulation study // *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 143. Pp. 195–202.

Об авторах:

Олег Анатольевич Оленин¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории «АгроЭкология», ORCID 0000-0002-8253-1571, AuthorID 1133123; +7 996 619-83-11, agrotonik63@mail.ru

Сергей Николаевич Зудилин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID 0000-0002-6113-5043, AuthorID 636206; +7 927 262-23-82, zudilin_sn@mail.ru

¹ Самарский государственный аграрный университет, Кинель, Россия

Elements of organic cultivation technology of spring barley in the Middle Volga region forest-steppe

O. A. Olenin¹✉, S. N. Zudilin¹

¹ Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

✉E-mail: agrotonik63@mail.ru

Abstract. The **aim** of the research was to study the effect of multicomponent polyfunctional organic fertilizers and biological products on the indicators of agrophytocenosis and the productivity of spring barley compared to mineral fertilizers and pesticides. **Methods.** In the southern Middle Volga forest-steppe region, different methods of applying organic fertilizers based on “Diatomit” or zeolite or bio-products with organic cultivation technology as well as the influence of multicomponent organic fertilizers and bio-products on the root rot, pest “bread beetle” extension and the yield of spring barley were studied in comparison with synthetic mineral fertilizers and pesticides. **Results.** In organic spring barley cultivation technology, the application of multicomponent organic fertilizers and biological products with the biofungicide and biobactericide functions provided a significant reduction in the root rot extension. The minimum damage (28.6 % less compared to the control) was detected in a joint use of pre-sowing seed coating and bio-products in vegetation. The application of both organic fertilizer with zoohumus and pre-sowing seed coating with a bioinsecticide as part of the coating mixture enabled a significant reduction in bread beetle number on spring barley crops. The minimum number of pests was detected on a combined application of organic fertilizer with zoohumus and pesticides during the growing season, providing 85.7 % imago pest amount reduction compared to the control. Elements of the organic spring barley cultivation technology provided a grain yield increase by 7.5–11.4 % in comparison with the control, while the traditional technology with mineral fertilizers and pesticides – by 18.4 %. The cost of applied mineral fertilizers per one hectare was on average 2000 rubles, while the cost of multicomponent organic fertilizers was 600–1500 rubles. The cost of applied pesticides per one hectare averaged 3000–4500 rubles, while the cost of multicomponent biological products was 600–900 rubles. **The scientific novelty** is connected with the comparison of organic cultivation technology including multicomponent organic fertilizers and bio-products with biosecurity functions obtained through the processing of the local organic waste and raw materials and traditional technology that includes synthetic chemical mineral fertilizers and pesticides.

Keywords: organic farming, organic fertilizers and bio-products, spring barley, root rot, bread beetle, yield.

For citation: Olenin O. A., Zudilin S. N. Elementy organicheskoy tekhnologii vozdeleyvaniya yarovogo yachmenya v lesostepy Srednego Povolzh'ya [Elements of organic cultivation technology of spring barley in the Middle Volga region forest-steppe] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 13–23. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-13-23. (In Russian.)

Date of paper submission: 13.12.2021, **date of review:** 24.12.2021, **date of acceptance:** 14.01.2022.

References

1. Strategiya nauchno-tekhnologicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii (utv. Ukazom Prezidenta Rossiyskoy Federatsii ot 1 dekabrya 2016 g. No 642) [Strategy for scientific and technological development of the Russian Federation (approved by Decree of the President of the Russian Federation of December 1, 2016 No. 642)] [e-resource]. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41449> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
2. GOST 56104-2014. Produkty pishchevye organicheskie. Terminy i opredeleniya [GOST 56104-2014. Organic food products. Terms and definitions] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113488> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)

3. GOST 33980-2016. Produktsiya organicheskogo proizvodstva. Pravila proizvodstva, pererabotki, markirovki i realizatsii [GOST 33980-2016. Organic products. Rules for production, processing, labeling and sale] [e-resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200141713> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
4. Federal'nyy zakon "Ob organicheskoy produktsii" ot 03 avgusta 2018 g. [Federal Law "On Organic Products" of August 03, 2018] [e-resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017 (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
5. Organicheskoe sel'skoe khozyaystvo i biologizatsiya zemledeliya v Rossii [Organic agriculture and biologization of agriculture in Russia] [e-resource]. URL: http://www.eurasiancommission.org/ru/act/prom_i_agroprom/dep_agroprom/actions/Documents/Organic%20selskoe%20farm.pdf (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
6. Organicheskoe sel'skoe khozyaystvo: innovatsionnye tekhnologii, opyt, perspektivy [Organic farming: innovative technologies, experience, prospects] [e-resource]. URL: <https://rosinformagrotech.ru/data/anons/organicheskoe-selskoe-khozyaystvo-innovatsionnye-tekhnologii-opyt-perspektivy> (date of reference: 11.12.2021). (In Russian.)
7. Chen H., Deng A., Zhang W., Chen F. Long-term inorganic plus organic fertilization increases yield and yield stability of winter wheat // *The Crop Journal*. 2018. No. 6. Pp. 589–599.
8. Bhaskar V., Weedon O. D., Finckh M. R. Exploring the differences between organic and conventional breeding in early vigour traits of winter wheat // *European Journal of Agronomy*. 2019. No. 105. Pp. 86–95.
9. Olenin O. A., Zudilin S. N. Razrabotka mnogokomponentnykh organicheskikh udobreniy na osnove diatomita dlya organicheskogo zemledeliya [Creation of multicomponent organic fertilizers based on diatomite for organic farming] // *Plodorodie*. 2021. No. 1. Pp. 40–45. (In Russian.)
10. Zudilin S., Olenin O., Vasilisko A. The use of biotechnology for the production of organic fertilizers based on diatomite for crop production // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Vienna, 2020. Pp. 169–176.
11. Kornevaya gnil': simptomy, metody bor'by i profilaktiki [Root rot: symptoms, methods of control and prevention] [e-resource]. URL: <https://bizontech.ua/ru/blog/root-rot-symptoms-methods-of-control-prevention> (date of reference: 02.12.2021). (In Russian.)
12. Xu H., Dai X., Chu J., Wang Y., He M. Integrated management strategy for improving the grain yield and nitrogen-use efficiency of winter wheat // *Journal of Integrative Agriculture*. 2018. No. 17. Iss. 2. Pp. 315–327.
13. Zheltova K. V., Dolzhenko V. I. Kornevye gnili ozimoy pshenitsy i ih vredonosnost [Root rot of winter wheat and its harmfulness] // *Bulletin of Agrarian Science*. 2017. No. 1. Pp. 45–51. (In Russian.)
14. Zhuk-kuz'ka khlebnyy [Anisoplia austriaca beetle] [e-resource]. URL: https://www.pesticity.ru/Жук-кузька_хлебный (date of reference: 02.12.2021). (In Russian.)
15. Peltre C., Nielsen M., Bruun S. Straw export in continuous winter wheat and the ability of oil radish catch crops and early sowing of wheat to offset soil c and n losses: a simulation study // *Agricultural Systems*. 2016. Vol. 143. Pp. 195–202.

Authors' information:

Oleg A. Olenin¹, candidate of agriculturals, researcher of the laboratory "AgroEcology",

ORCID 0000-0002-8253-1571, AuthorID 1133123; +7 996 619-83-11, agrotonik63@mail.ru

Sergey N. Zudilin¹, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID 0000-0002-6113-5043, AuthorID 636206;

+7 927 262-23-82, zudilin_sn@mail.ru

¹ Samara State Agrarian University, Kinel, Russia

Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia

L. A. Senkova¹✉, L. V. Grinets²

¹International Business Academy, Moscow, Russia

²Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: senkova_la@mail.ru

Abstract. The basis of an information resource that answers all scientific and practical requests is the knowledge of nature-forming factors, ecosystems with their distribution patterns and ecological functions. The phenomena of landscape cover zoning are of theoretical and applied interest in connection with the development of modern farming and irrigation systems. **The purpose of the research is** to assess the soils of the transitional landscape zones of Western Siberia. **Research methods.** A complex of field and laboratory research methods was used. The objects of study are the soils of the Karasuk plain. **Results.** The problem of natural and anthropogenic extremeness of ecological conditions in Western Siberia is considered. Transitional landscapes on the border of natural zones are characterized by climate instability, variegated soil and vegetation cover. A unique diversity in combinations and complexes of soil cover and biogeocenoses is shown, which must be reflected in the development of ecological and geological certification of natural systems. The features of the soil cover with pulsating moisture and bioindication of its ecological situation have been studied. Fertile soils that can be used in irrigated agriculture are represented by southern black soils the reclamation characteristics of which show that they should be irrigated with norms that exclude unproductive losses of irrigation water due to filtration. When irrigating them, the specific properties of intrazonal soils should be taken into account. The peculiarities of the properties of the studied soils of the transitional landscape zones determine the dynamics of the dispersal of shell mites in them, as an indicator of the ecological situation of the soil cover. **Scientific novelty.** An assessment of the natural and anthropogenic extremality of the ecological conditions of Western Siberia as an information resource for rational nature management in conditions of climate change is given. The instability of climatic indicators with poor drainage of the territory and limiting moisture is determined by modern environmental conditions.

Keywords: landscape areas, environmental management, soil, chernozem, irrigation, bioindication, biogeocenosis, microarthropods.

For citation: Senkova L. A., Grinets L. V. Ecological features of transitional soils landscape zones of Western Siberia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 24–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-24-34.

Date of paper submission: 06.12.2021, **date of review:** 23.12.2021, **date of acceptance:** 31.01.2022.

Introduction

Transitional landscape zones on the border of zones with climate instability, variegation of soil and vegetation cover, and increased species diversity of flora and fauna attract attention when discussing the issues of soil cover zoning and its rational use under conditions of increased anthropogenic pressure and climate change [1; 2]. The transition zone between the forest-steppe and steppe landscape zones in Western Siberia is a typical example of natural and anthropogenic extreme environmental conditions (fig. 1).

A typical area of the Kulunda plain is the Karasuk low ridge plain, which is determined not only by its intermediate position in the north-south row of landscape zones, but also by its location in the middle part of the continentality gradient along the Voeikov baric axis. This territory is characterized by an increase in moisture, a

decrease in the continentality of the climate. Poor drainage in the south of the West Siberian Plain and limiting moisture determine the diversity of saline soils, which enhances the extreme nature of environmental conditions. The problem of nature management of such territories under the conditions of climate change concerns both theoretical and applied aspects [3–5].

The flat relief of the Karasuk plain is characterized by an ecological regime that provides a unique diversity and combination of soils and biogeocenoses [6].

Various studies of this natural object were carried out by the Institute of Animal Systematics and Ecology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Altai State University, etc. [7–11].

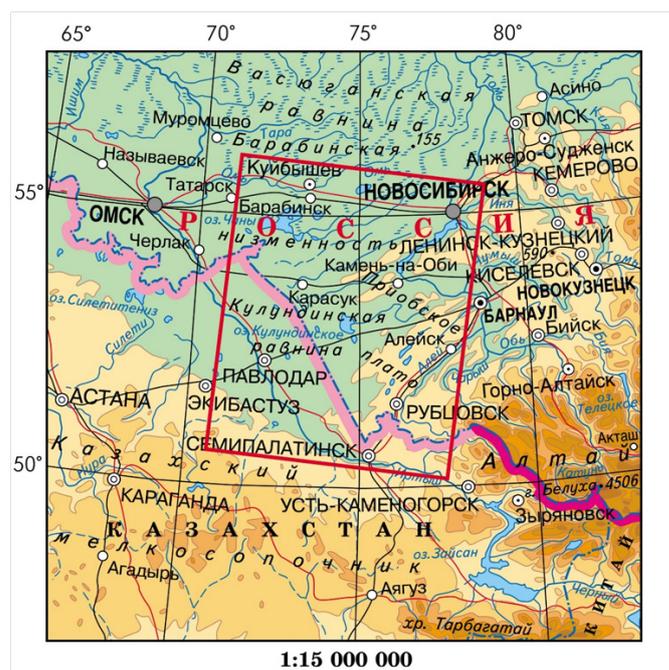


Fig. 1. Kulunda plain

At present, scientific and practical interest in similar territories is also associated with the development of ecological and geological certification of natural systems, which takes into account the biological and geological features of the territories as a complex mechanism for rational nature management [12].

The purpose of the research is to give an ecological assessment of the zonal and intrazonal soils of the transitional landscape zones of Western Siberia. The study of the features of the soil cover with pulsating moisture and bioindication of its ecological situation is the task of this study.

Methods

The objects of study were the soils of the Karasuk plain within the terraces of the lakes Krotovaya Lyaga, Maloye Chernoye, Astrody (salty), the basin of the river Karasuk.

There were used field and cameral methods. The sections were laid down to a depth of 100 cm. The analyzes of soil samples from each horizon were performed according to generally accepted methods. Vegetation is described in the places where soil sections are laid.

Bioindication is the most accessible method for diagnosing the natural environment. Microarthropods, which are very sensitive to the moisture regime, can serve as indicators of environmental conditions during climate change – animals represented by shell mites up to 1 mm in size and living in soil pores [11; 13–16]. The population of armored mites was studied by bioindication using a frame 10 × 10 cm in size. The number of microarthropods is calculated per 1 m².

Results

Soils, as the most conservative component of biogeocenosis, respond to special conditions of pulsating moisture not so much with the dynamics of their prop-

erties, but with an increased diversity of taxa in space. In the Karasuk district of the Novosibirsk region, where the research was carried out, more than 50 % of the land is occupied by a very variegated alkali soil-salt marsh complex. On the positive elements of the relief – manes and flat ridges – southern black soils (zonal soils of real prairies) are common, which make up 27.5 % of the total area. Black soils can be used for irrigated agriculture. The basis for melioration is the local water resources of small rivers, fresh lakes, groundwater. However, irregular irrigation leads to environmental risks in soil-forming processes, water and air regimes, and changes in the reclamation properties of soils. Secondary salinization, hydromorphism phenomena and other degradation of black soils occur [8; 10; 18; 19].

Morphological description of the southern basin of the river Karasuk's black soil is next.

Top of the mane, sowing wheat.

A_{max} 0–20 cm. Dark gray with a brownish tint, light loamy, lumpy-silty, slightly compacted, densely permeated with plant roots, the transition to the AB horizon is very gradual.

AB 20–50 cm. Brownish-gray, with gray tongued streaks of humic substances, light loamy, lumpy, compacted, permeated with plant roots, gradual transition to horizon B₁.

B₁ 50–70 cm. Heterogeneously colored, brown, with humus streaks, sandy loamy, compacted, permeated with plant roots, the transition to the B_{2k} horizon is noticeable.

B_{2k} 70–90 cm. Light brown, with whitish spots of carbonates, light loamy, dense, slightly penetrated by roots, effervesces from HC₁, noticeable transition.

BC_k 90–140 cm. Brownish-yellow, loosely lumpy, sandy loamy, slightly compacted, plant roots are rare,

Table 1
Particle size distribution of the Southern black soil

Depth, cm	Hygroscopic moisture, %	Number of particles with diameter (mm), %						
		1.0–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.01	< 0.001
<i>Virgin land</i>								
0–10	1.72	3.7	58.9	9.4	2.6	5.1	19.3	27.0
10–20	1.57	11.5	52.4	9.1	3.4	5.9	17.0	26.3
20–30	1.60	13.4	51.8	7.8	3.6	4.3	18.3	26.2
30–40	1.89	14.1	47.6	8.4	3.5	4.6	21.2	29.3
40–50	1.56	16.6	48.2	9.2	1.6	3.6	18.5	23.7
<i>Arable land</i>								
0–10	1.60	24.8	45.1	5.6	1.4	6.3	16.0	23.7
10–20	1.54	18.0	44.2	11.9	2.8	3.8	18.2	24.8
20–30	1.78	24.2	41.5	7.4	6.6	2.3	18.4	27.3
30–40	1.61	23.7	47.1	5.6	1.2	5.8	16.3	23.3
40–50	1.39	25.2	47.5	6.4	0.8	4.4	15.2	20.4

Table 2
The composition of the aqueous extract of southern black soil

Horizon	Depth, cm	Dense remainder, %	meq / 100 g dry soil						
			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺	pLMC
A _{arable}	0–20	0.10	0.70	0.14	0.41	0.21	0.21	0.83	6.9
B ₁	20–50	0.08	0.44	0.14	0.23	0.15	0.15	0.71	7.8
B ₂	50–70	0.10	0.80	0.12	0.67	0.27	0.19	1.13	8.2
Carbonate	70–90	0.11	0.52	0.15	1.54	0.20	0.20	0.81	8.4
Transitional carbonate	90–140	0.09	0.46	0.20	0.73	0.20	0.28	0.91	8.7
Mother breed	140–200	0.10	0.84	0.32	0.34	0.17	0.19	1.14	9.2

carbonates are found in the form of spots and pseudomycellar segregations, the transition to horizon C is clear.

C_к 140–200 cm. Light brown, loosely lumpy, compacted, sandy-loamy loamy, effervescent.

The profile of southern black soils in the upper part, as a rule, has a light loamy granulometric composition, and in the lower part – sandy loamy, with rare interlayers of light loams and sands (table 1).

The granulometric composition of these soils is characterized by the absolute predominance of sandy fractions 1.0–0.25 and 0.25–0.50 mm in size, making up to 65–77 of all particles, which ensures good natural drainage of the soil stratum. The smallest number of particles falls on medium dust (particles with a size of 0.01–0.005 mm).

When comparing the granulometric composition of virgin and arable black soils, it can be seen that the black soil in the arable land, especially in the upper layers, is depleted in silt particles, and in the 0–10 cm layer, as a result of more intensive manifestation of wind erosion processes on the arable land, it is depleted in silty particles.

Evaporation from HCl is noted in individual wedges from 57 cm, the maximum accumulation of carbonates in the B2K horizon. Groundwater is located at a depth of 5–8 m, their capillary fringe, due to the light granulometric composition of soil-forming rocks, is

only 80–100 cm, so they do not participate in modern soil-forming processes, which is a prerequisite for successful irrigated agriculture on the studied black soils. The reaction of the medium in the upper horizons is neutral (pH_б = 6.9), in carbonate – alkaline (pH_б = 8.2–9.2). Black soils are not saline with readily soluble salts (table 2).

The dense residue throughout the profile does not exceed 0.11 %.

The content of humus in the plow layer is 1.73 %, it gradually decreases down the profile and in the B₂ horizon decreases to 0.61 %. The low content of humus is due to the biological cycle of substances in an arid climate and the light granulometric composition of the soil.

Light granulometric composition and low humus content are the main factors that determine the physical and water properties of southern black soils (table 3).

These soils are characterized by high values of bulk density. Thus, in the arable layer the bulk density is 1.47 g/cm³, while in the underlying horizons it still increases. When comparing the indicators on arable land and virgin lands, it can be seen that in the subsurface layer, the addition density reaches 1.61–1.67 g/cm³. On the virgin soil at this depth, the density index is much lower (1.49–1.51 g/cm³). This caused a difference in the total porosity and porosity of soil aeration at the lowest moisture capacity (LMC): this indicator on virgin soil in a layer of 0–50 cm is 21.1 %, on arable land 18.5 %

of the soil volume. The density of the solid phase increases down the profile in line with the decrease in organic matter content.

The low content of humus and fine particles determines the weak hydrosorption capacity of light loamy southern black soils. The maximum hygroscopicity (MH) on arable land and virgin lands has similar values: in the layer of 0–50 cm – 4.4–4.9 % of the soil mass, and in the underlying layers of a lighter mechanical composition – 2.3–2.4 %. The humidity of stable wilting (SW) changes similarly: from 5.8–6.4% in the 0–50 cm layer to 3.0–3.1 % of the mass of dry soil in the underlying layers.

Studies have also shown that southern light loamy black soils have low water-retaining capacity. The lowest moisture capacity (HB) is established on the 5th day after abundant moisture and is 16.1 % on arable land in the 0–50 cm layer, and 13.4 % in the 0–100 cm layer. On virgin lands, HB is uniform throughout the profile (15.8 %). Moisture reserves at HB on arable land in a layer of 0–50 cm are 111.7 mm, and in a layer of 0–100 cm – 205.2 mm, on virgin soil, respectively, 117 and 234 mm.

At the same time, it is characteristic that, under natural conditions, the moisture content of light loamy southern black soils does not reach the HB value even in spring. This indicates the need for irrigation of these soils; at the same time, their weakly holding capacity

does not give grounds for carrying out irrigation at high rates, which can cause water erosion, secondary salinization, and hydromorphism.

Despite the low moisture capacity, the active moisture range (AMR) in these soils is quite wide: 12.3 % on arable land and 10.5–8.1 % of the mass of soil on virgin soil in the 0–50 cm layer. Moisture reserves equal to AMR in the layer 0–100 cm, are 116 mm (61 % HB).

Features of the granulometric composition, the structure of the pore space and the weak water-retaining capacity of southern light loamy black soils determine their increased water permeability and filtration, which are 154 in the 1st, 2nd and 3rd hours, respectively; 128 and 123 mm on arable land and 245; 214 and 150 mm under natural steppe vegetation (table 4).

The duration of soaking on virgin soil is much longer than on arable land, which is probably due to the formation of a compacted subsurface layer.

The growth of both cultivated and natural vegetation depends not only on the downward movement of moisture and its accumulation in the soil profile, but also on the ability of stored moisture to move from the lower soil layers to the upper ones, which are most involved in the nutrition of plant roots. Experiments with chlorine-labeled water on southern light loamy black soil showed that after wetting the profile of this soil to the state of HB, the upward movement of moisture in liquid form occurs only in a layer of 0–30 cm on the 1st

Table 3
Physical and water properties of southern black soil

Depth, cm	Soil density, g/cm ³		Porosity, %		Lowest moisture capacity	Maximum hygroscopicity	Wilting moisture	Active moisture range
	Additions	Solid phase	General	Aeration				
Virgin land								
0–10	1.42	2.65	46.4	20.8	18.0	5.8	7.5	10.5
10–20	1.51	2.62	42.4	17.7	16.4	4.6	6.0	10.4
20–30	1.49	2.69	44.6	20.9	15.9	4.6	6.0	9.9
30–40	1.51	2.70	44.1	21.5	15.0	5.3	6.9	8.1
40–50	1.49	2.69	44.6	24.5	13.9	4.5	5.8	8.1
60–70	1.49	2.70	44.8	23.8	14.1	5.1	6.6	7.5
70–80	1.55	2.70	42.6	20.1	14.5	4.1	5.3	9.2
80–90	1.60	2.70	40.7	18.6	14.2	4.3	5.6	8.6
90–100	1.63	2.70	39.6	13.7	15.9	2.9	3.8	12.1
Arable land								
0–10	1.40	2.59	55.0	29.1	18.5	6.7	6.2	12.3
10–20	1.54	2.60	40.7	13.1	17.9	7.5	6.4	11.5
20–30	1.61	2.62	40.0	16.8	14.4	8.0	6.5	7.9
30–40	1.67	2.63	36.5	15.1	12.8	6.7	5.3	7.5
40–50	1.65	2.65	37.7	18.2	11.9	5.8	4.6	7.3
50–60	1.48	2.61	43.2	25.6	11.9	5.2	4.6	7.3
60–70	1.51	2.64	42.8	24.4	12.2	10.3	8.8	3.4
70–80	1.60	2.67	40.1	19.5	12.9	8.8	7.2	5.7
80–90	1.64	2.64	37.9	16.6	13.0	6.1	4.8	8.2
90–100	1.6	2.64	39.4	25.8	8.5	3.7	3.0	5.3

day of evaporation. In the following days, the evaporative consumption of moisture from the soil is carried out by intrasoil evaporation and paradiffuse movement of moisture, which is provided due to the physical properties of the soil discussed above.

The amount of moisture moving to the surface from the lower layers in the form of steam does not make up for its deficit in the active soil layer. In addition, part of the vapor-forming moisture migrates to deeper, less warm layers. Therefore, due to the peculiarities of the water regime of southern light loamy black soils, their irrigation should be carried out in accordance with the norms that exclude unproductive losses of irrigation water due to filtration.

In the soil cover of the river basin. In Karasuk, along with southern black soils, soils of the intrazonal series are also widely developed – meadow-black soil, alkali soils and salt marches. They are located on slopes and in depressions in concentric belts around lakes.

The highest areas from the lake are occupied by meadow-black soils, usually alkaline.

Here is a morphological description of the meadow-black soil.

Lake terrace Krotovaya Lyaga, lower part of mane with northern exposure, pasture. Vegetation: fescue, licorice, thyme, plantain.

A 0–2 cm. Sod.

A 2–20 cm. Dark gray, lumpy, dry, slightly compacted, densely permeated with plant roots, gradual transition.

AB 20–43 cm. Brownish-gray, with humus streaks, lumpy-nutty, dry, compacted, many roots, gradual transition.

B₁ 43–56 cm. Brown, with gray streaks of humic substances, nutty, dense, gloss along the edges of structural units, fewer roots than in the AB horizon, gradual transition.

B₂ 56–75 cm. Brown, with slight streaks of humic substances, dense, the transition is noticeable in color.

BC_{1к} 75–100 cm. Brownish-whitish, finely nutty, dense, many plant roots, effervescent from HC1, the transition is noticeable in color and density.

Table 4
Water permeability of light loamy southern black soils

Section, land	Absorption time 100 mm, min	Water permeability from the surface, mm		
		1 st hour	2 nd hour	3 rd hour
R-3, arable land	45	154	128	123
R-2, virgin land	30	245	214	150

Table 5
Granulometric composition of meadow black soil (pasture)

Depth, cm	Hygroscopic moisture, %	Number of particles with diameter (mm), %						
		1.0–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.01	< 0.001
0–20	2.48	8.2	33.9	18.2	6.3	9.2	22.4	37.9
20–43	1.92	13.2	35.5	13.8	4.6	7.8	24.2	36.6
43–56	1.76	11.2	44.4	12.3	4.4	3.8	23.2	31.4
56–75	1.67	13.3	47.4	10.8	3.9	3.5	20.6	28.0
75–100	2.11	9.2	34.7	17.0	3.0	4.3	23.4	30.7
100–120	2.66	2.6	10.4	17.6	8.6	12.7	28.0	49.3
130–140	2.68	2.4	11.1	17.7	7.7	12.8	31.2	51.7
170–180	2.50	4.2	21.1	19.9	5.5	8.7	29.2	43.4
200–210	2.50	4.5	21.0	21.5	4.7	13.0	25.4	43.1

Table 6
Water-physical properties of meadow black alkali soil

Depth, cm	Soil density, g/cm ³		Porosity, %		Lowest moisture capacity	Maximum hygroscopicity	Wilting moisture	Active moisture range
	Additions	Solid phase	General	Aeration				
0–20	1.25	2.59	51.7	28.0	19.0	7.7	9.9	9.1
20–43	1.43	2.66	46.2	24.3	15.3	6.6	8.6	6.6
43–56	1.51	2.69	43.9	25.2	12.4	6.0	7.8	4.6
56–75	1.57	2.67	41.2	21.4	12.6	5.9	7.7	4.9
75–100	1.62	2.68	39.6	23.1	10.2	6.2	8.1	2.1
100–120	1.57	2.72	43.2	24.7	11.2	8.4	10.9	0.3
120–180	1.71	2.73	37.4	18.4	11.1	8.0	10.4	0.7
180–210	1.70	2.71	37.3	18.4	11.1	8.0	10.4	0.7

C_{1K} 100–120 cm. Brown, finely nutty, slightly compacted, moist, effervescent, carbonates in the form of a white-eye, few roots, the transition is noticeable in color.

C_2 120–230 cm. Brown, finely nutty, slightly compacted, moist, wet at the bottom, effervescent from HCl, carbonates are scattered.

The granulometric composition of the meadow-black soil is medium loamy, in the deep layers it is heavy loamy (table 5).

The soil profile is noticeably differentiated both in terms of the amount of silt particles (< 0.001 mm) and the content of physical clay (< 0.01 mm). In the upper parts of the meadow black soil soil, as in zonal soils (southern black soil), the fine sand fraction (0.25–0.50 mm) predominates, in the deep layers of the soil – the silt fraction, and fine sand and coarse dust are also noticeably represented. (0.05–0.01 mm).

The bulk density in horizon A is 1.25 g/cm³, in horizon B the bulk density increases to 1.57 , and in horizon C to 1.70 g/cm³ (table 6). The last two values indicate salinization of the profile of this soil.

The density of the solid phase in the upper soil horizons is 2.59 g/cm³, gradually increasing with depth up to 2.71 – 2.73 g/cm³. The total porosity varies from 51.7 in horizon A to 37 % of the soil volume in horizon C, from satisfactory in terms of agro-reclamation to low values, which indicates insufficient soil aeration.

The porosity of aeration at the lowest moisture capacity in the upper 50 cm layer, the most enriched with roots, is on average 20 % of the soil volume, in the layer of 50–100 cm 23 %, and in the parent rock – 18 % of the soil volume.

The water-physical properties of the meadow-black soil are characterized by increased moisture values compared to the southern black soils, corresponding to the maximum hygroscopicity (MH) of the soil, especially in the humus horizon, which is explained by its enrichment with organic matter.

HB meadow-black soil is low, and AMR is satisfactory (44–48 % HB) only in horizon A. In general, the AMR of the meadow-black soil is significantly lower than in the black soils that are distributed higher in relief.

In the humus horizon, MH makes up 6.6–7.6 % of the soil mass (40–43 % HB), in the middle part of the profile – about 6 %, and in the parent rock, more enriched in silt particles – 8 %.

SW in the humus horizon is 8.6–9.9 % of the soil mass (52–56 % HB), in horizon B – 8 %, or 62 % HB, in the soil-forming rock the amount of moisture inaccessible to plants increases to 94 % HB, and the AMR is only 6 % HB (table 6).

Water permeability of meadow-black soils is satisfactory. On the pasture from the surface, it was 176 mm for the 1st hour, 110 – for the 2nd hour and 82 for the 3rd hour.

Meadow-black soils are characterized by a significant accumulation of humus (up to 6–9 %) and its gradual decrease down the soil profile. This is facilitated

by the abundance of herbaceous vegetation, increased moisture content of the soil profile due to closely spaced groundwater, and a rich world of microorganisms. Meadow-black soils have a high exchange capacity, which in the upper horizon is 40–50 meq/100 g of soil.

The exchange bases are dominated by Ca^{2+} and Mg^{2+} ; absorbed Ca^+ is up to 8 % of the exchange capacity, depending on the degree of soil alcalinization.

Ground waters here are at a depth of 2.3–2.5 m from the soil surface, they are highly mineralized (table 7) and, if they occur close to each other, have an impact on soil-forming processes. At present, the upper part of the meadow-black soil profile is practically not saline.

Water-soluble salts are present in small amounts – 0.06 %, pH_b is 6.9. However, groundwater is highly saline with chloride salts, which should be taken into account when using these soils, in particular for irrigation. Shallow highly saline groundwater can quickly saline the surface horizons of the soil.

The considered meadow-black soils are currently used as pastures. Considering that they are found in the river basin. Karasuk is usually combined with saline soils; this method of using meadow black soils is obviously the most expedient.

At the same time, it should be taken into account that excessively high knocking out of the vegetation cover by animals should not be allowed, otherwise the rise of highly mineralized groundwater and salinization of the upper soil layers may occur. The features of meadow black soils discussed above should be taken into account when irrigating them. It should be carried out under strictly observed scientifically based regimes.

The strip of meadow-black soils is replaced towards the lake by a concentric belt of alkali soils. At the beginning there is a belt of alkali soils with individual patches of salt marches. Salt licks are diverse in generic and species composition, and similar in morphological features.

Below is a morphological description of the most common meadow-steppe alkali soils here.

The slope of the mane, 100 m southeast of the lake. Black. Pasture.

AO 0–1 cm. Sod.

A 1–11 cm. Dark gray, light loam, cloddy-silty, dense, dry, weak silica powder, permeated with plant roots, noticeable transition.

B_1 11–35 cm. Dark gray, coarsely cloddy-prismatic, very dense, fissured, dry, roots in structural units, the transition is noticeable in structure and density.

B_2 35–70 cm. Brown, with dark streaks of humic substances, nutty-prismatic, compacted, luster according to structural units, gradual transition.

BC 70–110 cm. Heterogeneously colored, brown, with rare humus tongues, loosely lumpy-prismatic, rarely plant roots, moist, noticeable transition.

C_{1K} 110–150 cm. Brownish-whitish, prismatic-lumpy, carbonates violently effervesce from HCl in the form of veins, spots, moist, gradual transition.

Table 7

Salinization of soils, ground waters and waters of the lakes of the Karasuk water system

Place position	The soil, water	pLMC	Solid residue, %	Mineralization of water, g/l	Salinization	
					Degree	Type
Lake Krotovaya Lyaga, terrace	Meadow black alcali easily loamy	6.9	0.0580	–	Non-salted	Sulfate soda
	Groundwater	7.8	–	27.6	Strongly mineralized	Chloride
Lake Maloe Chernoe, terrace	Salt lick meadow medium loamy	7.4	0.0200	–	Non-salted	Chloride
	Groundwater	7.9	–	2.7	Slightly mineralized	Chloride
Lake Krotovaya Lyaga, terrace	Salt lick meadow medium loamy	7.9	0.678	–	Average salted	Chloride-sulfate
Lake Astrodyd (salty), terrace	Typical salt marsh meadow medium loamy	8.0	3.672	–	Saline	Chloride
	Groundwater	7.4	–	75.0	Brines	Sulfate chloride
Lake Maloe Chernoe, terrace	Typical salt marsh meadow medium loamy	7.3	4.894	–	Saline	Chloride
Lake Krotovaya Lyaga, terrace	Typical salt marsh meadow medium loamy	7.5	3.500	–	Saline	Sulfate
	Groundwater	8.0	–	8.3	Average mineralized	Sulfate
Lake Astrodyd (salty)	Water	7.1	–	26.3	Highly mineralized	Sulfate soda
Lake Maloe Chernoe	Water	7.3	–	10.1	Highly mineralized	Chloride-sulfate
Lake Krotovaya Lyaga, terrace	Water	8.0	–	0.5	Fresh	Sulfate soda

C_{2K} 150–260 cm. Brown, loosely lumpy-prismatic, moderately compacted, moist, wet below.

The groundwater level is at a depth of 2.5 m and salinized to varying degrees. The type of salinity is chloride and sulfate. The reaction of the alkali soil environment is alkaline (table 7).

The type and degree of salinity of alkali soils influence the formation of vegetation in the lake basin: the less salts, the more often fescue occurs along with wormwood and other salt-tolerant plants. So, on the steppe meadow alkali soil, almost non-saline (dense residue 0.02 %), wormwood and fescue grow, and on the meadow alkali soils with an average degree of salinity with chloride-sulfate salts (dense residue 0.678 %), fescue is replaced by a more salt-tolerant plant, the fescue.

The considered alkali soil has a light loamy-sandy loamy granulometric composition (table 8).

A feature of these alkali soils is the unexpressed differentiation of the soil profile in terms of the content of silt particles and physical clay, which is explained by the predominance of fine sandy fraction (particles 0.25–0.50 mm in size) in it, constituting from 50 to 70 % of all particles.

The parent rocks are layered, sandy-loamy, carbonate. The light granulometric composition determines the good natural drainage of these soils.

The volumetric mass of the alkali soil is increased even in the above alkali horizon (A) (1.42 g/cm³ (table 9)). This is explained not only by the lighter granulometric composition of the soil, but also by some of its compaction as a result of the use of alkali soils as pastures.

The studied alkali soil is characterized by a high differentiation of the profile and density of composition.

The density of the solid phase varies from 2.58 g/cm³ in the above alkali soil layer to 2.70 g/cm³ in the lower part of the profile.

The total porosity in the above alkali soil horizon is satisfactory (45 % of the soil volume); in the subalkali horizon and in the parent rock, it decreases to 38–35 %. Correspondingly, the aeration porosity changes in the alkali soil profile at HB, which decreases from 21 % in the upper horizon to values that hinder aeration in the lower part of the soil profile (up to 12.5 % of the soil volume).

The studied light loamy sandy alkali soils are characterized by low values of MH and SW, constituting 3–4 and 4–5 % of the dry soil mass, respectively.

The HB of these soils is also directly dependent on the granulometric composition: 16 % in the upper horizons and 12–13 % of the mass of dry soil in deeper ones, which corresponds to 20–23 % of the soil volume

Table 8

Granulometric composition of alkali soil

Depth, cm	Hygroscopic moisture, %	Number of particles with diameter (mm), %						
		1.0–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	< 0.01	< 0.001
0–1	1.93	17.2	50.3	9.3	2.4	4.1	16.1	22.6
1–11	1.00	22.5	57.9	4.0	1.3	1.0	12.8	15.1
11–35	1.17	16.8	56.2	7.8	2.1	1.9	14.7	18.7
35–70	1.23	14.6	34.4	4.1	0.6	0.1	14.3	15.1
70–110	1.10	12.4	68.3	2.4	0.8	–	12.9	13.7
110–150	1.12	21.5	56.5	3.4	0.1	0.1	12.8	13.0
150–260	1.10	21.5	61.2	1.7	0.7	3.9	8.4	13.0

Table 9

Water-physical properties of meadow medium loamy alkali soil (pasture)

Depth, cm	Soil density, g/cm ³		Porosity, %		Lowest moisture capacity	Maximum hygroscopicity	Wilting moisture	Active moisture range
	Additions	Solid phase	General	Aeration				
1–11	1.42	2.58	44.9	21.4	16.6	3.0	3.9	12.7
11–35	1.46	2.66	45.1	21.7	16.0	3.3	4.3	11.7
35–70	1.66	2.69	38.3	16.7	13.0	4.0	5.2	10.8
70–110	1.67	2.69	37.9	17.4	12.3	3.9	5.1	7.2
110–150	1.63	2.70	39.6	17.4	13.6	3.2	4.1	9.5
150–260	1.74	2.68	35.1	12.5	13.0	3.0	3.9	9.1

(table 9). As a result, the moisture reserves at HB in the 50 cm layer are only 110 mm, in the 100 cm layer 219 mm. Such values of moisture reserves at HB are not typical for alkali soils of Siberia, they are usually much higher [2], which is explained by the light granulometric composition of this alkali soil and the poorly pronounced capillary inflow of groundwater moisture into the upper soil layers. However, the AMR of the alkali soil under consideration is not less than in alkali soil with a heavy granulometric composition: 12.7 % in the humus and 9.1 % of the soil mass in the C horizon, which corresponds to 76 mm in the 0–50 cm layer and 149 mm in the 0–100 layer. cm.

The water permeability of meadow-steppe alkali soils is quite high, which is explained by the features of its granulometric composition discussed above. In the pasture soil, water permeability from the surface was 95 mm for the 1st, 85 – 2nd and 84 mm for the 3rd hour.

The strip adjacent to the lakes is often occupied by salt marches with patches of alkali soils. The structure of salt marches, common around the lakes Krotovaya Lyaga, Maloe Chernoe, Astrodyum (salty) are generally similar.

As an example of the morphological structure of the salt march, we present a description of the section laid out on the lower terrace of the lake. Astrodyum (salty), in a depression, under a salty association.

A 0–10 cm. Dark gray, medium loamy, lumpy-prismatic, compacted, moist, salts in the form of pseudomycelium, there are other spots and plant roots, boils from hydrochloric acid, the transition to the next horizon is gradual.

B 10–20 cm. Bluish-dark brown, medium loamy, powdery, dense moist, salts in the form of pseudomycelium, with ocher spots and plant roots, gradual transition.

BC 20–30 cm. Bluish-brown, heavy loamy, finely nutty, very moist, salts, rusty spots, effervescent, gradual transition.

C₁ 30–150 cm. Brown, heavy clay, finely nutty, dense, with bluish ocher spots, carbonates in the form of spots, boils violently from hydrochloric acid.

Groundwater in the studied salt marches is at a shallow depth – about 150 cm. They are highly mineralized – 26–75 g/l (table 7). This leads to a constant high moistening of the profile and the transfer of salts to the upper layers. The composition of salts is varied, the most frequent are chloride, sulfate-chloride, sulfate and chloride-sulfate types of salinization.

The type and degree of salinity strongly influence the nature of the vegetation cover. For example, in the case of a soda-free sulfate-chloride type of salinity, communities of sarzasan, saltwort, and quinoa develop. During the spring flood of the lakes, the transfer and redistribution of salts over the area are carried out. So, salt marches, directly adjacent to the lake. Astrodyum (salty), whose water is sulfate-chloride with a mineralization of 26.3 g/l, have a chloride type of salinity, and those located higher up the slope - sulfate-chloride.

Salt marshes around the lake. Maloe Chernoe chloride-type salinity with a very high salt content – up to 4.89 %. The mineralization of water in the lake is 10.1 g/l, the type of salinity is chloride-sulfate. These data indicate an intensive process of soil salinization.

Lake Krotovaya Lyaga is fresh (0.5 g/l), the salt marches surrounding it have a sulfate type of salinity with a salt content of up to 3.5 %. During the spring flooding of salt marshes with lake waters, they are washed away from easily soluble salts, however, in dry periods, the capillary inflow of groundwater again brings salts into the upper layers of the soil. The salinity of groundwater here is 8.3 g/l, the type of salinity is sulfate.

Around the lake Krotovaya Lyaga is also quite common and alkali soil – salt marches, which have a markedly pronounced illuvial horizon, and the supra-alkali soil horizon is enriched with readily soluble salts that are toxic to plants, as a result of which vegetation is often almost completely absent on them. Soda, which is present in the lake and groundwater of nearby soils, takes part in the formation of these soils. All considered saline soils have an alkaline reaction (table 7).

Salt marshes are overcompacted, waterlogged, poorly aerated, most of the moisture in them is firmly bound and inaccessible to plants. Unsatisfactory physical properties, high salt content – all this leads to very low natural fertility and their use as unproductive pastures.

The peculiarities of the properties of the studied soils determine the distribution of armored mites in them. The distribution of shell mites along the soil profile depends on the humus content, plant roots and soil moisture. In the soils of the Karasuk plain, 155 species of oribatids were identified [20].

In the European part of Russia, 267 species are recorded, the habitat of which is described here mostly in

the taiga-forest and tundra zones. The issues of migration of oribatid mites from soils not only to grasses as a result of the influence of environmental factors, but also to trees are considered [21].

The results of our studies of the soils of the Karasuk plain showed that the dynamics of armored mites along the profile is determined by the dynamics of soil moisture, which in turn depends on their physical properties and soil-hydrological parameters. In southern black soils on virgin lands and pastures, the species distribution of shell mites along the soil profile is different. On virgin lands, more than 80% falls on the surface layer of the soil (0–1 cm), with depth their number evenly decreases (table 10).

The plowing of southern black soils changes the species abundance of shell mites. Their number decreases both in the surface layer and with depth. Moreover, most of them are concentrated in the soil layer deeper than 15 cm, in which moisture is less dynamic.

Their distribution is similar in the meadow-black soil with well-developed sod under moderate grazing. However, the better water regime of these soils increases the species diversity and abundance of mites.

The vertical distribution depends on the density of the soil; therefore, the alkali soil's nature of the southern black soil prevents the dispersal of oribatids (table 10).

In the soils of the saline series with a weakly expressed sod, the dynamics of the species of armored mites is more pronounced than in the black soils, which is associated with the weak development of the sod and, as a result, the instability of the hydrothermal regime.

In alkali soils, the largest number of species is concentrated below the 0–1 cm layer.

Table 10
Distribution of shell mites in soils (June, 2018)

The soil	Humus horizon, cm	Sod and litter character	Soil density, g/cm ³	Usage	Total species	Species deeper, cm		Number, thousand copies/m ²
						1	15	
Southern black, basin of the Karasuk river	20	Expressed	Poorly compacted	Virgin land	23	20	15	50
Southern black, basin of the Karasuk river		No	Poorly compacted	Arable land	17	9	14	30
Southern black earth, near lake Krotova Lyaga	38	Expressed	Compacted	Moderate grazing	19	15	10	34
Southern black, near lake Maloe Chernoe	20	Poorly expressed	Strongly compacted	Intensive grazing	16	13	9	18
Southern alkali black near lake Krotovaya Lyaga	25	Poorly expressed	Poorly compacted	Haymaking	20	11	9	45
Meadow-black near lake Krotovaya Lyaga	20	expressed	Compacted	moderate grazing	24	21	17	52
Alkali soil near lake Maloe Chernoe	11	Poorly expressed	Strongly compacted	Intensive grazing	12	5	5	15
Saline by the lake Astrodim (salty)	10	Fragmentarily	Poorly compacted	Not used	9	5	0	10

The constant waterlogging of salt marches, on the contrary, determines the concentration of shell mites in the upper layer.

Discussion and Conclusion

The Karasuk plain is characterized by a wide variety of soils. The southern black soils of light loamy granulometric composition have favorable agrophysical and reclamation properties and are currently all plowed. They are not saline, highly permeable, characterized by a wide range of active moisture and are a good object for irrigation, but irrigation rates should be small, excluding water loss for filtration beyond the root layer of the soil.

Meadow-black soils are medium loamy, characterized by increased sorption properties compared to southern black soils and, as a result, a significantly lower range of active moisture. The surface horizons of the meadow-black soil are not saline, but the groundwater is highly mineralized. Therefore, when irrigating

them, scientifically based irrigation norms should be especially strictly observed in order to avoid secondary soil salinization.

Soils of the saline series (alkaline soils, salt marches), due to their unfavorable physical and chemical properties, are used as unproductive pastures. Ways to improve their productivity are associated with a number of appropriate reclamation techniques.

The ecological situation of soils can be diagnosed by the shell mites living in them. Moisture fluctuations in these soils cause the dynamics of shell mites along the profile even in an insignificant surface soil layer.

Thus, the basic principle of information support for rational nature management lies in the knowledge of natural objects represented by ecosystems with their ecological components, the patterns of their distribution, the characteristics of ecological functions and the main nature-forming factors, which together constitute an information resource that answers all scientific and practical requests.

References

1. Tokarev K. E., Rogachev A. F., Protsyuk M. P., Rudenko A. Y., Chernyavsky A. N., Tokareva Y. M. Analysis of promising methods of irrigation and melioration techniques of crops in arid climate // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 488 (1). Article number 012047. DOI: 10.1088/1755-1315/488/1/012047.
2. Sen'kova L. A., Grinets L. V. Rol' edaficheskogo faktora i korneoborota v sovremennom rasteniyevodstve [The role of edaphic factor and root turnover in modern crop production] // Selektsiya i semenovodstvo v rasteniyevodstve: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskiye zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK". 2018. Pp. 282–296. (In Russian.)
3. Plutalova T. G. Geoekologicheskaya otsenka sostoyaniya i razvitiya sistemy zemlepol'zovaniya v usloviyakh transgranichnosti (na primere transgranichnoy territorii "Kulunda"): dis. ... kand. geogr. nauk: 25.00.36 [Geological assessment of the state and development of the land use system in transboundary conditions (on the example of the transboundary territory "Kulunda"): dissertation ... candidate of geographic sciences: 25.00.36]. Barnaul, 2018. 140 p. (In Russian.)
4. Senkova L., Grinets L., Vyatkina G., Tarbeeva D. Soil bank models for information support for the training of agrarian specialists // Advances in Intelligent Systems Research: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Digitization of Agriculture – Development Strategy" (ISPC 2019). 2019. Pp. 168–173.
5. Tanasienko A. A., Chumbaev A. S., Yakutina O. P., Almendros G., Klenov V. Rainfall patterns associated with runoff and erosion levels in West-Siberian Black soils // Pochvy y u okružauśaa sreda. 2021. Vol. 4. No. 2. Pp. 53–67.
6. Belyayev V. I., Bondarovich A. A., Pon'kina E. V., Shcherbinin V. V., Shmidt G., Matsyura A. V., Kozhanov N. A., Rudev N. V. Temperaturnyy rezhim vozdukh i pochvy po dannym meteorologicheskoy i pochvenno-gidrologicheskoy monitoringovoy seti v Kulundinskoy ravnine za vegetatsionnyye periody 2013–2016 gg. [Temperature regime of air and soil according to the meteorological and soil-hydrological monitoring network in the Kulunda Plain for the growing seasons of 2013–2016 gg.] // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 3 (149). Pp. 30–37. (In Russian.)
7. Trofimova I. E., Balybina A. S. Rayonirovaniye Zapadno-Sibirskoy ravniny po termicheskomu rezhimu pochv [Zoning of the West Siberian Plain according to the thermal regime of soils] // Geografiya i prirodnyye resursy. 2015. No. 3. Pp. 27–38. (In Russian.)
8. Shmidt G., Bondarovich A. A., Shcherbinin V. V., Pon'kina E. V., Kharlamova N. F., Matsyura A. V., Shtefan E., Illiger P., Rudev N. V., Kozhanov N. A. Rezul'taty funktsionirovaniya mezhdunarodnoy agrometeorologicheskoy i pochvenno-gidrologicheskoy monitoringovoy seti v predelakh Kulundinskoy ravniny na yuge Zapadnoy Sibiri za 2013–2015 gg. [Results of the functioning of the international agrometeorological and soil-hydrological monitoring network within the Kulunda Plain in the south of Western Siberia for 2013–2015.] // Acta Biologica Sibirica. 2016. Vol. 2. No. 2. Pp. 89–102. (In Russian.)
9. Silant'yeva M. M., Kharlamova N. F., Elesova N. V., Speranskaya N. Yu., Gal'tsova T. V., Solomonova M. Yu., Kurepina N. Yu., Plutalova T. G., Grebennikova A. Yu. Restavratsiya stepnykh ekosistem sukhostepnoy zony Kulundy s uchetom istoricheskoy rekonstruktsii rastitel'nogo pokrova [Restoration of steppe ecosystems in the

dry-steppe zone of Kulunda, taking into account the historical reconstruction of the vegetation cover] // Vestnik Altayskoy nauki. 2015, No. 1 (23). Pp. 241–245. (In Russian.)

10. Kurepina N. Yu., Tsimbaley Yu. M., Plutalova T. G., Tsilikina S. V. Otsenka dinamiki opustynivaniya territorii na osnove retrospektivnogo analiza topo- i kosmokatmaterialov (na primere ob'yektov Kulundinskoy stepi) [Assessment of the dynamics of desertification of the territory on the basis of a retrospective analysis of topo- and space-map materials (on the example of objects of the Kulunda steppe)] // Izvestiya Altayskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva. 2016. No. 4 (43). Pp. 30–43. (In Russian.)

11. Yakutin M. V., Andriyevskiy V. S., Anopchenko L. Yu. Osobennosti parallel'nykh suksessiy mikroorganizmov i patsirnykh kleshchey (Akari: Oribatida) na pervykh etapakh pochvoobrazovaniya na zasolennykh substratakh v lesostepnoy zone Zapadnoy Sibiri [Features of parallel successions of microorganisms and patient mites (Akari: Oribatida) at the first stages of soil formation on saline substrates in the forest-steppe zone of Western Siberia] // Evraziatskiy entomologicheskiy zhurnal. 2017. T. 16. № 5. Pp. 470–475. (In Russian.)

12. Sen'kova L. A., Kiseleva A.O., Tskhovrebov V. S. Ekologo-geologicheskaya pasportizatsiya prirodnykh sistem Novosibirskogo Priob'ya [Ecological and geological certification of natural systems of the Novosibirsk Ob region] // Zhizn' Zemli. 2019. T. 41. No. 4. Pp. 398–410. (In Russian.)

13. Grishina L. G., Andriyevskiy V. S. Pantsirnyye kleshchi stepey Zapadnoy Sibiri i Kazakhstana [Armored mites of the steppes of Western Siberia and Kazakhstan] // Chlenistonogiye Sibiri i Dal'nego Vostoka. Novosibirsk: Nauka. 1985. Pp. 28–39. (In Russian.)

14. Lyubchanskiy I. I., Zalish L. V., Marchenko I. I., Bespalov A.N. Kolonizatsiya pochvennymi mikroartropodami obraztsov s raznymi edaficheskimi svoystvami na kamennougol'nykh vyrabotkakh v Kuzbasse (Zapadnaya Sibir') [Colonization by soil microarthropods of samples with different edaphic properties on coal mines in Kuzbass (Western Siberia)] // Evraziatskiy Entomologicheskiy zhurnal. 2019. T. 18. No. 2. Pp. 84–90. (In Russian.)

15. Vladimirova N. V., Marchenko I. I., Belanov I. P., Novgorodova T. A. Soobshchestva pochvennykh mikroartropod (Acari, Collembola) zolootvalov T-ETs v usloviyakh raznoy stepeni konservatsii [Communities of soil microarthropods (Acari, Collembola) ash dumps of thermal power plants under conditions of varying degrees of conservation] // Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal. 2021. T. 28. No. 1. Pp. 101–114. (In Russian.)

16. Andriyevskiy V. S., Barsukov P. A. Izmeneniye naseleniya pantsirnykh kleshchey (oribatid) v pochvakh Tazovskogo poluostrova v usloviyakh atmosfernogo zagryazneniya [Changes in the population of shell mites (oribatids) in the soils of the Taz Peninsula under conditions of atmospheric pollution] // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. No. 4. Pp. 63–70. (In Russian.)

17. Skipin L. N., Udartseva O. V., Petuhova V. S., Zhilyakov E. V. Possibilities of saline soil use for the development of Ural and Siberia environment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 177 (1). Article number 012038. DOI: 10.1088/1755-1315/177/1/012038.

18. Ustinov M. T., Gavrilov D. A., Elizarov N. V. Istoricheskiye aspekty razvitiya melioratsii zemel' v Zapadnoy Sibiri [Historical aspects of the development of land reclamation in Western Siberia] // Pochvy y u okružausáa sreda. 2021. Vol. 4. No. 2. Pp. 68–80. (In Russian.)

19. Sayb E. A., Shaporina N. A. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy oroshayemogo zemledeliya yuga Zapadnoy Sibiri [Current state and prospects of irrigated agriculture in the south of Western Siberia] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2019. No. 4. Pp. 177–183. (In Russian.)

20. Yakutin M. V., Andriyevskiy V. S., Anopchenko L. Yu. Osobennosti parallel'nykh suksessiy mikroorganizmov i patsirnykh kleshchey (Akari: Oribatida) na pervykh etapakh pochvoobrazovaniya na zasolennykh substratakh v lesostepnoy zone Zapadnoy Sibiri [Features of parallel successions of microorganisms and patient mites (Akari: Oribatida) at the first stages of soil formation on saline substrates in the forest-steppe zone of Western Siberia] // Evraziatskiy entomologicheskiy zhurnal. 2017. T. 16. No. 5. Pp. 470–475. (In Russian.)

21. Mordkovich V. G., Lyubchanskiy I. I. Pochvennyye bespozvonochnyye Russkogo lesostep'ya (obzor publikatsiy XX–XXI vv. i reviziya rezul'tatov) [Soil invertebrates of the Russian forest-steppe (review of publications of the XX–XXI centuries and revision of the results)] // Pochvy y u okružausáa sreda. 2021. T. 3. No. 4. Pp. 6–40. (In Russian.)

Authors' information:

Lidiya A. Senkova¹, doctor of biological sciences, expert of the Councils for the priority of scientific and technological development of the Russian Federation, ORCID 0000-0002-2597-662X, AuthorID 433356; +7 902 500-80-74, senkova_la@mail.ru

Larisa V. Grinets², candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0003-3723-7784, AuthorID 148353; +7 964 241-96-33, grinez.larisa@mail.ru

¹ International Business Academy, Moscow, Russia

² Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Биологическая продуктивность ультраранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона

А. Э. Панфилов¹✉, Н. Н. Зезин², П. Ю. Овчинников²

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

² Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: al_panfilov@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – выявление зависимости урожайности и параметров качества кукурузы от условий вегетации и оценка продуктивного потенциала культуры в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона. **Научная новизна.** В контрастных почвенно-климатических зонах на сопоставимом агротехническом фоне определены факторы, лимитирующие величину и качество урожая кукурузы. **Методы.** Исходные данные для анализа получены в 2019–2021 гг. путем закладки модельных площадок в производственных посевах ультраранних гибридов кукурузы. Исследования проведены в 5 почвенно-климатических зонах Южного и Среднего Урала (горно-лесной зоне, лесолуговой, северной лесостепной, южной лесостепной и степной) на территории 4 субъектов федерации в 16 географических пунктах. Учет биологического урожая кукурузы сопровождался его структурным анализом с выделением фракций (стебель, листья, зерно, стержень, обертка, ножка початка) и отбором образцов для зоотехнического анализа. **Результаты.** Максимальную урожайность зерна кукурузы и сбор крахмала с 1 га обеспечили условия южной лесостепной зоны, которые характеризовались значениями гидротермического коэффициента от 0,8 до 1,0. Отрицательное влияние на продуктивность и качество урожая оказали как повышенное увлажнение в условиях дефицита тепла горно-лесной и лесолуговой зон, так и недостаток влаги на фоне высокой теплообеспеченности степной зоны. Условием повышения качества урожая и сбора крахмала кукурузы на севере региона является выращивание гибридов с наиболее ранним созреванием, относящихся к группе ФАО 100–120, а также использование прогрессивных технологий уборки культуры, обеспечивающих заготовку и консервирование влажного зерна и початков без листостебельной массы. Для повышения продуктивности кукурузы в степной зоне необходимы подбор гибридов с пониженной эвапотранспирацией, применение влагосберегающих агротехнологий, обоснование приемов агротехники, позволяющих повысить эффективность использования атмосферной влаги.

Ключевые слова: кукуруза, ультра ранние гибриды, почвенно-климатические зоны, ресурсы тепла и влаги, биологическая продуктивность, структура урожая, обменная энергия, крахмал.

Для цитирования: Панфилов А. Э., Зезин Н. Н., Овчинников П. Ю. Биологическая продуктивность ультра ранних гибридов кукурузы в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 35–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47.

Дата поступления статьи: 01.12.2021, **дата рецензирования:** 20.12.2021, **дата принятия:** 20.01.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Посевы кукурузы на Южном и Среднем Урале размещаются в границах пяти почвенно-климатических зон (степной, южной и северной лесостепной, лесолуговой и горно-лесной) и входят в обширный ареал, имеющий меридиональную протяженность около 650 км. Этим обусловлена контрастность гидротермических условий, на фоне которых формируется урожай культуры: так, средняя многолетняя сумма активных температур выше

10 °С за период вегетации при продвижении с юга на север снижается с 2200–2400 до 1800–1900 °С на фоне увеличения суммы осадков со 162–168 до 230–280 мм и роста средних многолетних значений гидротермического коэффициента с 0,8–0,9 до 1,2–1,7 [1, с. 16–18]. Как следствие, разнообразны и абиотические факторы, лимитирующие продукционный процесс культуры: если на севере региона наиболее вероятная причина низкой урожайности кукурузы заключается в дефиците тепла, то на юге

главным источником риска является периодическая засушливость. Следовательно, необходимое условие адаптации кукурузы в регионе – изучение ее реакции на варьирование ресурсов тепла и влаги во времени и в пространстве.

С точки зрения эффективности кормопроизводства ресурсы тепла важны как фактор, определяющий вероятность созревания зерна до хозяйственно значимых фаз. При этом требования к состоянию зерна к началу уборки мало зависят от вида заготавливаемого корма (зерно, зерно-стержневая смесь, дерть из початков, высокоэнергетический силос), так как целевым компонентом при выращивании кукурузы во всех случаях является крахмал [2, с. 25; 3, с. 15]. Тесная корреляционная зависимость содержания крахмала от уборочной влажности зерна [4, с. 55] определяет высокие требования к подбору адаптированных гибридов по признаку скороспелости [5, с. 57]. Создание образцов кукурузы ранних групп созревания (ФАО 120–170) составляет значительную часть российских селекционных программ [6, с. 34, 36; 7, с. 19; 8, с. 630], результатом реализации которых за последние десятилетия стал ряд гибридов, обеспечивающих стабильное достижение зерном фаз восковой и полной спелости в различных почвенно-климатических условиях Уральского региона (Кубанский 101 МВ, Росс 130 МВ, Обский 140 СВ, Уральский

150 и др.) [9, с. 13]. Отметим, что в зарубежной селекции приоритетными целевыми признаками являются высокая продуктивность и качество (химический состав) растений [10, с. 466; 11, р. 7; 12, р. 5]. Исследования, проведенные в условиях Южного и Северного Зауралья, показывают, что на фоне дефицита тепла любые хозяйственно полезные признаки проявляются лишь в сочетании с достаточной скороспелостью гибридов [5, с. 56; 13, с. 28–29].

Помимо общего дефицита тепла, климат Южного и Среднего Урала характеризуется спорадическими похолоданиями до уровня субоптимальных температур и температур охлаждения в течение периода вегетации, что определяет высокие требования к холодостойкости адаптированных гибридов [16, с. 40]. Механизмы холодостойкости кукурузы связаны с различными биохимическими и физиологическими признаками: с уровнем непредельных жирных кислот в зародыше, с возникающим при охлаждении пулом «стрессовой м-РНК», со способностью к быстрому гидролизу проламинов и др. [14; 15]. Реакция растений кукурузы на длительное воздействие низких температур относится к широко варьирующим признакам, что обеспечивает высокую результативность селекции на холодостойкость [5, с. 57; 16, с. 41].

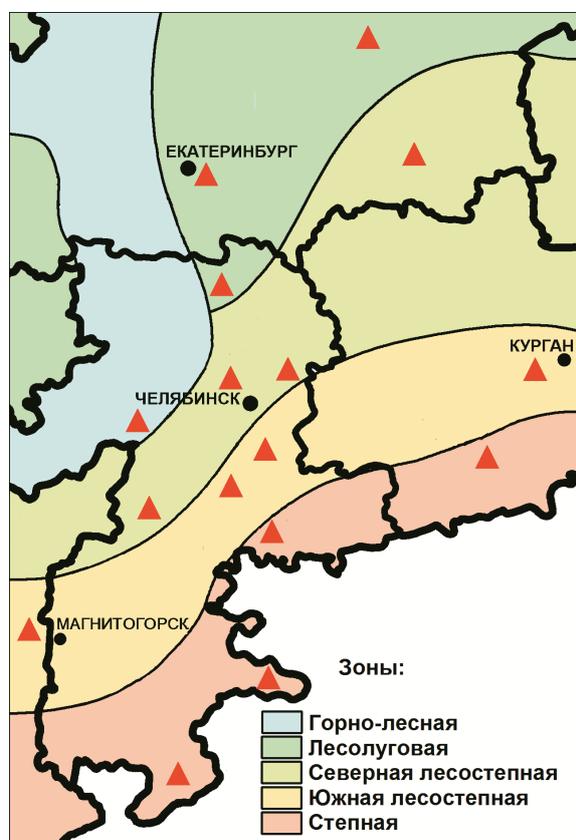


Рис. 1. Расположение географических пунктов исследования

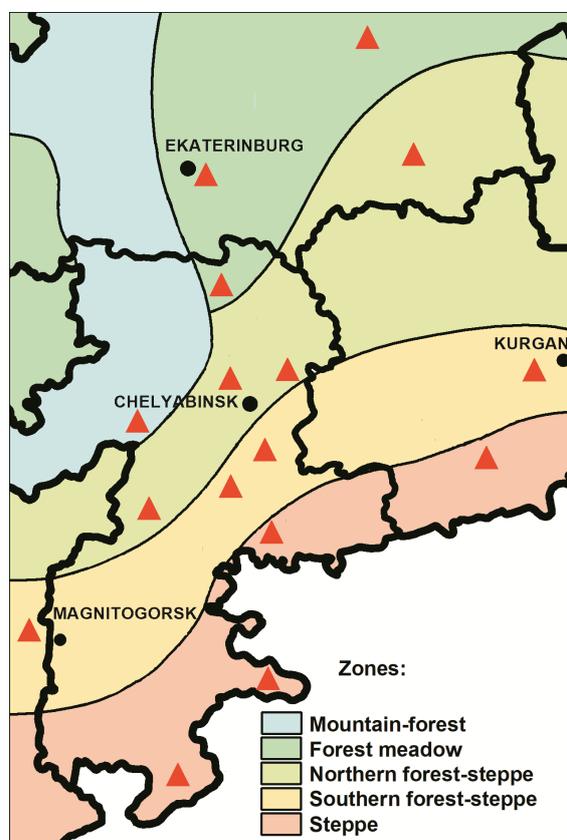


Fig. 1. Location of geographic points of study

Как уже отмечено, в южной части региона основным лимитирующим фактором для кукурузы является дефицит влаги, что делает актуальной задачу создания и подбора засухоустойчивых гибридов кукурузы. Признак засухоустойчивости является полигенным и реализуется через обширный комплекс механизмов, к которым относятся особенности корневой системы, стабильность фотосинтетических и дыхательных процессов, в частности, скорости карбоксилирования, реактивность транспирации, динамика поглощения азота и др. [17, р. 6; 18, с. 269; 19, с. 1604].

Полигенный характер признаков, обеспечивающих адаптацию кукурузы в условиях Южного и Среднего Урала, а также сложный характер взаимодействия генотипа со средой затрудняют прогнозирование реакции гибридов на основные абиотические факторы [20, с. 64]. Поэтому цель представленной работы заключалась в выявлении зависимости урожайности и параметров качества кукурузы от условий вегетации и оценке продуктивного потенциала культуры в различных почвенно-климатических зонах Уральского региона [20, с. 64].

Методология и методы исследования (Methods)

Основной метод исследований – экспедиционно-маршрутный. Экспериментальный материал получен в 2019–2021 гг. в 16 географических пунктах, расположенных в административных границах Свердловской, Челябинской, Курганской областей и Республики Башкортостан и равномерно охватывающих обследуемую территорию: 1 пункт – в горно-лесной зоне, 3 – в лесолуговой, по 4 пункта – в северной лесостепной, южной лесостепной и степной зонах (рис. 1).

Для получения сопоставимых результатов в каждом из пунктов в течение весенне-летнего сезона в производственных посевах ультраанних гибридов кукурузы Кубанский 141 СВ и Росс 130 МВ закладывались модельные участки площадью 84 м² в трехкратной повторности. На участках был создан следующий агрофон: дозы азотно-фосфорного удобрения – N₈₀P₄₀, густота растений – 60 тыс./га, для контроля засоренности в фазу 4–5-го листа посевы обработаны гербицидом «МайсТер Пауэр» с нормой расхода 1,5 л/га. Сроки посева – с 12 по 16 мая, сроки учета урожая – с 16 по 23 сентября.

При учете исследована структура урожая растений с выделением следующих органов (фракций): стебель, листья, зерно, стержень, обертка и ножка початка. После взвешивания и измельчения перечисленных фракций были подготовлены смешанные образцы для проведения следующих анализов: определение влажности гравиметрическим методом (ГОСТ 29305-92); азота – титриметриче-

ским методом по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93); сырого жира – методом экстракции диэтиловым или петролейным эфиром по Сокслету (ГОСТ 13496.15-2016); сырой клетчатки – по Геннебергу и Штоману (ГОСТ 31675-2012), золы – методом сухого озоления (ГОСТ 32933-2014); содержание крахмала – поляриметрическим методом (ГОСТ ISO 6493-2015); безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – расчетным методом.

Проверку статистических гипотез проводили методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. О достоверности различий между групповыми средними судили по критерию Фишера (F) и наименьшей существенной разности (НСР). Значимость коэффициента корреляции оценивали по величине ошибки этого параметра (S_r) и критерию Стьюдента (t). Уровень значимости критических значений статистических параметров $p < 0,05$.

Период и географические пункты исследований отличались контрастностью по гидротермическим условиям (таблица 1). 2017 и 2018 гг. в северной лесостепной зоне, где в этот период проводились исследования, отличались общим дефицитом тепла и небольшим превышением суммы осадков за май – сентябрь по сравнению со средними многолетними показателями.

2019 г. во всех пяти зонах по общей сумме активных температур, которая колебалась от 1963 °С в лесолуговой зоне до 2297 °С в степной, приближался к норме, однако распределение этих ресурсов по периодам роста и развития кукурузы отличалось неравномерностью. Так, с середины мая и практически до конца июня среднесуточные температуры были на 0,5–1,4 °С ниже средних многолетних, что создало локальный дефицит тепла и привело к задержке развития кукурузы на 4–8 суток. Увлажнение в горно-лесной и лесолуговой зонах было достаточным, в северной и южной лесостепной – удовлетворительным, в степной – дефицитным. В 2020 г. по всем зонам наблюдался общий дефицит влаги на повышенном температурном фоне, однако засушливые явления июня – начала июля сменились обильными осадками во второй половине июля, что обеспечило удовлетворительное увлажнение критического периода водопотребления кукурузы, в том числе в степной зоне. Для 2021 г. характерна длительная засуха на всей территории исследований, однако влияние ее на рост и развитие растений в горно-лесной, лесолуговой и северной лесостепной зонах периодически смягчалось выпадением осадков во второй половине лета. Наиболее жесткие условия сложились в южной лесостепи и степи, где эффективные осадки практически не наблюдались до середины августа.

Таблица 1

Гидротермические условия периода вегетации за 2019–2021 г.

Биология и биотехнологии

Годы	Сумма $t > 10$ °С, °С		Сумма осадков, мм		Гидротермический коэффициент Селянинова
	Фактическая	Отклонение от средней многолетней	Фактическая	Отклонение от средней многолетней	
Горно-лесная зона					
2019	1971	-12	379	56	1,92
2020	2131	148	296	-27	1,39
2021	2349	366	142	-181	0,60
Лесолуговая зона					
2019	1963	-35	391	82	1,99
2020	2164	166	282	-27	1,30
2021	2362	364	131	-178	0,55
Северная лесостепная зона					
2019	2116	20	222	-20	1,05
2020	2219	123	160	-82	0,72
2021	2458	362	117	-125	0,48
Южная лесостепная зона					
2019	2236	42	186	-40	0,83
2020	2408	214	149	-77	0,62
2021	2552	358	102	-124	0,40
Степная зона					
2019	2297	74	118	-69	0,51
2020	2490	267	105	-82	0,42
2021	2597	374	76	-111	0,29

Table 1

Hydrothermal conditions of the growing season for 2019–2021

Years	Sum of temperatures > 10 °C, °C		Rainfall, mm		Selyaninov's hydrothermal coefficient
	Actual	Deviation from the long-term average	Actual	Deviation from the long-term average	
Mountain forest zone					
2019	1971	-12	379	56	1.92
2020	2131	148	296	-27	1.39
2021	2349	366	142	-181	0.60
Forest meadow zone					
2019	1963	-35	391	82	1.99
2020	2164	166	282	-27	1.30
2021	2362	364	131	-178	0.55
Northern forest-steppe zone					
2019	2116	20	222	-20	1.05
2020	2219	123	160	-82	0.72
2021	2458	362	117	-125	0.48
Southern forest-steppe zone					
2019	2236	42	186	-40	0.83
2020	2408	214	149	-77	0.62
2021	2552	358	102	-124	0.40
Steppe zone					
2019	2297	74	118	-69	0.51
2020	2490	267	105	-82	0.42
2021	2597	374	76	-111	0.29

Анализ погодных условий периода исследований показывает их достаточное разнообразие (до контрастности), что позволяет сделать заключение о типичности гидротермического фона исследований для климата региона. При этом для горно-лес-

ной и лесолуговой зон выявлен в целом удовлетворительный фон увлажнения с периодическим дефицитом тепла, для северной и южной лесостепи – периодическая засушливость, для степной зоны – хронический дефицит влаги.

Результаты (Results)

В связи с невозможностью прямых фенологических наблюдений за растениями о темпах созревания кукурузы судили по величине уборочной влажности зерна (таблица 2). Наиболее контрастны различия по данному параметру в 2019 г., когда на фоне дефицита тепла в горно-лесной и лесолуговой зонах влажность зерна составила в среднем 57 %. Достаточная обеспеченность теплом в степной зоне обеспечила снижение влажности до 37 %. Общая амплитуда колебаний влажности по зонам составила 20 процентных пунктов. Исходя из знаний о связи фазы развития кукурузы с содержанием влаги в зерне [4, с. 60], разницу в сроках созревания между степной и лесолуговой зонами можно оценить в 10–12 дней. Высокий температурный фон 2020 г. способствовал ускоренному развитию растений кукурузы, о чем позволяет судить снижение влажности зерна по сравнению с дефицитным фоном на 5 процентных пунктов в степи и на 10–12 пунктов – в остальных зонах. При этом разрыв между контрастными зонами сократился до 13 пунктов.

Воздействие аномально высокой теплообеспеченности 2021 г. на развитие растений и влажность зерна было неоднозначным. В горно-лесной и лесолуговой зонах она стимулировала более раннее созревание зерна и снижение влажности на 3 процентных пункта по сравнению с 2020 г. В остальных зонах, напротив, наблюдалось увеличение влажности зерна: в лесостепи – на 3 пункта, в степи – на 6 пунктов. Это связано с торможением развития растений в результате отрицательного влияния дневных температур выше 30 °С [21, с. 27], которое периодически наблюдалось в течение календарного месяца (со второй декады июня по первую декаду июля). Наибольший стресс растения испытывали в степной зоне, что привело к нелинейной зависимости влажности зерна от суммы активных температур: если в 2019 и 2020 гг. она закономерно снижалась с севера на юг региона, то в 2021 г. минимальные значения выявлены в южной лесостепи.

Таблица 2
Распределение уборочной влажности и урожайности зерна кукурузы по почвенно-климатическим зонам, 2019–2021 гг.

Зона	Год исследований			В среднем
	2019	2020	2021	
Влажность зерна при уборке, %				
Горно-лесная и лесолуговая	56,9	45,2	42,2	48,1
Северная лесостепная	47,1	37,5	40,1	41,5
Южная лесостепная	43,1	32,7	35,3	37,0
Степная	36,8	31,9	38,1	35,6
Урожайность зерна при 14-процентной влажности, т/га				
Горно-лесная и лесолуговая	3,11	3,91	3,83	3,62
Северная лесостепная	4,91	5,68	3,25	4,61
Южная лесостепная	5,63	5,29	3,21	4,71
Степная	3,84	4,80	2,14	3,59
НСР ₀₅	0,36	0,42	0,29	0,20

Table 2
Distribution of grain moisture and corn grain yield by soil and climatic zones, 2019–2021

Zone	Year of research			Average
	2019	2020	2021	
Grain moisture during harvesting, %				
Mountain-forest & forest-meadow	56.9	45.2	42.2	48.1
Northern forest-steppe	47.1	37.5	40.1	41.5
Southern forest-steppe	43.1	32.7	35.3	37.0
Steppe	36.8	31.9	38.1	35.6
Grain yield at 14% humidity, t/ha				
Mountain-forest & forest-meadow	3.11	3.91	3.83	3.62
Northern forest-steppe	4.91	5.68	3.25	4.61
Southern forest-steppe	5.63	5.29	3.21	4.71
Steppe	3.84	4.80	2.14	3.59
LSD ₀₅	0.36	0.42	0.29	0.20

Таблица 3

Показатели качества урожая при выращивании кукурузы на корм, 2019–2021 г.

Биология и биотехнологии

Зона	Год исследований			В среднем
	2019	2020	2021	
Содержание сухого вещества в зеленой массе, %				
Горно-лесная и лесолуговая	20,2	31,1	36,2	29,2
Северная лесостепная	26,3	36,9	41,8	35,0
Южная лесостепная	29,9	42,3	42,1	38,4
Степная	34,1	41,7	42,3	39,4
Содержание крахмала в сухом веществе, %				
Горно-лесная и лесолуговая	26,2	29,8	30,9	29,0
Северная лесостепная	30,5	35,3	31,0	32,2
Южная лесостепная	34,2	41,6	32,2	36,0
Степная	34,9	41,0	30,4	35,4
Концентрация обменной энергии в сухой массе, МДж/кг				
Горно-лесная и лесолуговая	10,0	10,5	10,3	10,3
Северная лесостепная	10,2	10,7	10,3	10,4
Южная лесостепная	10,4	11,3	10,4	10,7
Степная	10,4	11,3	10,3	10,7

Table 3

Crop quality indicators for growing corn for fodder 2019–2021

Zone	Year of research			Average
	2019	2020	2021	
Dry matter content in the green mass, %				
Mountain-forest & forest-meadow	20.2	31.1	36.2	29.2
Northern forest-steppe	26.3	36.9	41.8	35.0
Southern forest-steppe	29.9	42.3	42.1	38.4
Steppe	34.1	41.7	42.3	39.4
Starch content in dry matter, %				
Mountain-forest & forest-meadow	26.2	29.8	30.9	29.0
Northern forest-steppe	30.5	35.3	31.0	32.2
Southern forest-steppe	34.2	41.6	32.2	36.0
Steppe	34.9	41.0	30.4	35.4
The concentration of the exchange energy in the dry mass, MJ/kg				
Mountain-forest & forest-meadow	10.0	10.5	10.3	10.3
Northern forest-steppe	10.2	10.7	10.3	10.4
Southern forest-steppe	10.4	11.3	10.4	10.7
Steppe	10.4	11.3	10.3	10.7

Уровень уборочной влажности оказывает прямое влияние на результативность выращивания кукурузы не только на зерно, но и для производства объемистых кормов, так как коррелирует с химическим составом сухого вещества растений, в частности, содержанием в нем транзитного крахмала [10, с. 465]. Как правило, формирование амилопектиновой фракции крахмала завершается с достижением зерном физиологической спелости, которая сопоставляется с влажностью зерна от 40 до 35 % [4, с. 59]. Стабильное созревание до физиологической спелости у гибридов группы ФАО 140 характерно лишь для степной зоны. В северной и южной лесостепи этот результат был получен лишь в два года из трех, при достаточной и высо-

кой теплообеспеченности. В лесолуговой и горно-лесной зонах гибриды указанной группы созревания не способны достичь физиологической спелости даже на высоком температурном фоне.

Урожайность зерна – основного источника крахмала – формировалась под влиянием взаимодействия ресурсов тепла и влаги. Общая закономерность распределения урожайности на территории региона заключалась в следующем: максимум достаточно регулярно наблюдался в северной и южной лесостепных зонах; в горно-лесной и лесолуговой зонах снижение урожайности связано с дефицитом суммы активных температур, препятствующим полноценному наливу зерна; в степной зоне основной лимитирующий фактор – недо-

статок влаги. Эта закономерность в большей или меньшей степени корректировалась колебаниями тепло- и влагообеспеченности по годам. Так, наиболее контрастные различия между зонами в виде отчетливо выраженного максимума в южной лесостепи наблюдались на фоне дефицита тепла 2019 г., характерного в основном для северных районов. Напротив, в условиях аномально высокой теплообеспеченности 2021 г. максимальный урожай был сформирован в горно-лесной и лесолуговой зонах благодаря не только более удовлетворительному увлажнению, но и относительно благоприятному их распределению: в первой декаде июля (начало критического водопотребления кукурузы) выпало 27 мм осадков. В северной и южной лесостепной зонах был сформирован практически одинаковый уровень урожайности зерна – на 0,6 т/га ниже, чем в северных районах; в степной зоне, где сумма осадков за период вегетации составила лишь 76 мм, наблюдалось дальнейшее снижение продуктивности на 1,1 т/га.

Таким образом, максимальная урожайность зерна кукурузы достигается при сбалансированном соотношении ресурсов тепла и влаги, которое соответствует значениям гидротермического коэффициента от 0,8 до 1,0 (рис. 2). Улучшение условий увлажнения на дефицитном температурном фоне, так же как недостаток влаги в условиях высокой обеспеченности теплом, отрицательно сказываются на урожайности.

Фаза развития растений и доля зернового компонента урожая оказали влияние на показатели качества урожая кукурузы при выращивании на корм (таблица 3). Одно из условий получения качественного силоса – содержание сухого веще-

ства в зеленой массе не менее 25 % (оптимум – 30–35 %). Минимальный порог для данного показателя гарантирован для всей территории региона, за исключением горно-лесной и лесолуговой зон. Здесь на фоне дефицита тепла 2019 г. зеленая масса гибрида группы ФАО 140 к середине сентября содержала лишь 20 % сухого вещества. Необходимо отметить, что в лесостепной и степной зонах на повышенном температурном фоне затягивание уборки кукурузы на корм с большой вероятностью приводит к чрезмерной потере влаги растениями, что требует ежегодного мониторинга влажности зеленой массы для выбора оптимальных сроков уборки.

Содержание основного целевого показателя при выращивании кукурузы – крахмала – также тесно связано с урожайностью зерна. Считается, что выращивание кукурузы на корм оправдано при содержании крахмала в целых растениях не менее 35–40 % [22, с. 135]. Как показывает варьирование данного показателя во времени и по территории, риски по нему связаны с дефицитом как тепла (2019 г.), так и влаги (2021 г.). Причины низкого содержания крахмала в различных условиях имеют разную природу: пониженный температурный фон в период вегетации не обеспечивает полноценного налива зерна, тогда как засуха приводит к перераспределению ограниченных ресурсов воды в пользу листостебельной массы. Наиболее стабильное содержание крахмала наблюдается в южной лесостепной и степной зонах: производственный риск здесь связан лишь с аномальной засушливостью, когда дефицит влаги наблюдается не только в первой половине лета, но и в критический период водопотребления кукурузы.

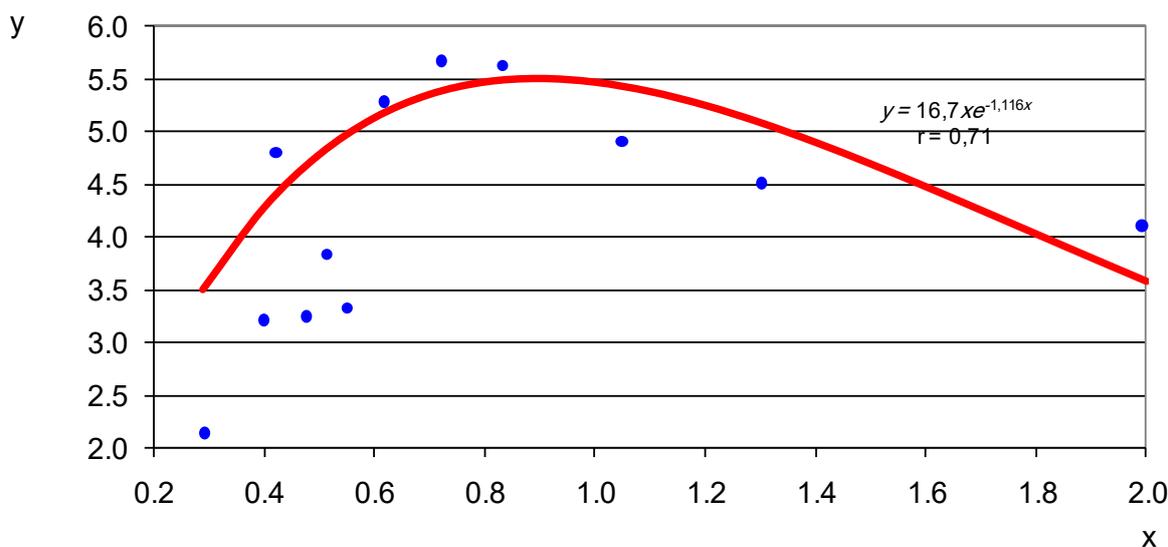


Рис. 2. Зависимость урожайности зерна (y, т/га) от величины гидротермического коэффициента (x), 2019–2021 гг.
Fig. 2. Dependence of grain yield (y, t/ha) on the value of the hydrothermal coefficient (x), 2019–2021

Функцией содержания крахмала в растения является концентрация обменной энергии в урожае, величина которой распределялась по годам и географическим пунктам в той же закономерности. Учитывая инертность этого показателя, необходимо рассматривать варьирование его средней величины по зонам как значительное. Выявленная тенденция увеличения содержания крахмала и концентрации обменной энергии с севера на юг говорит о том, что оба параметра качества обусловлены в основном ресурсами тепла (рис. 3).

Несмотря на выявленную прямую зависимость параметров качества от суммы активных темпера-

тур, оценка продуктивности кукурузы показывает устойчивое снижение урожайности сухой массы и сбора обменной энергии с 1 га с севера на юг, а также по мере ухудшения условий увлажнения во времени (таблица 4). Во все три года исследований между северной и южной лесостепной зонами различия по продуктивности статистически не доказаны, тогда как для горно-лесной и лесолуговой зон (за исключением 2021 г.) характерен существенный прирост обоих параметров. Напротив, в степной зоне наблюдается достоверное снижение продуктивности.

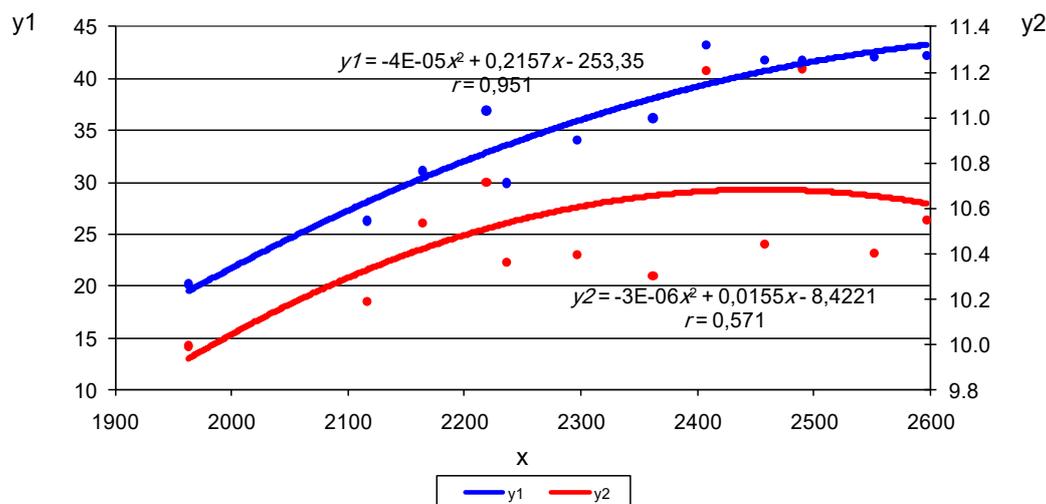


Рис. 3. Зависимость содержания крахмала (y1, %) и концентрации обменной энергии (y2, МДж/кг) в сухом веществе кукурузы от суммы температур выше 10 °С (x), 2019–2021 гг.
Fig. 3. Dependence of starch content (y1, %) and the concentration of exchange energy (y2, MJ/kg) in the dry matter of corn on the sum of temperatures above 10 °C (x), 2019–2021

Таблица 4
Продуктивность кукурузы при выращивании на корм, 2019–2021 гг.

Зона	Год исследований			В среднем
	2019	2020	2021	
Урожайность сухой массы, т/га				
Горно-лесная и лесолуговая	10,38	9,37	6,62	8,79
Северная лесостепная	9,29	8,44	6,57	8,10
Южная лесостепная	8,89	7,96	6,47	7,77
Степная	6,04	6,10	4,39	5,51
НСР ₀₅	0,79	0,71	0,64	0,44
Сбор обменной энергии, ГДж/га				
Горно-лесная и лесолуговая	103,7	98,7	67,1	89,9
Северная лесостепная	94,7	90,4	67,8	84,3
Южная лесостепная	92,1	89,8	65,9	82,6
Степная	62,8	80,4	46,1	63,1
НСР ₀₅	7,5	6,9	6,5	4,6
Сбор крахмала, т/га				
Горно-лесная и лесолуговая	2,72	2,79	1,81	2,44
Северная лесостепная	2,83	2,72	2,04	2,53
Южная лесостепная	3,04	3,31	2,08	2,81
Степная	2,11	2,46	1,46	2,01
НСР ₀₅	0,23	0,17	0,14	0,09

Table 4
Corn productivity when grown for fodder, 2019–2021

Zone	Year of research			
	2019	2020	2021	Average
<i>Yield of dry mass, t/ha</i>				
<i>Mountain-forest & forest-meadow</i>	10.38	9.37	6.62	8.79
<i>Northern forest-steppe</i>	9.29	8.44	6.57	8.10
<i>Southern forest-steppe</i>	8.89	7.96	6.47	7.77
<i>Steppe</i>	6.04	6.10	4.39	5.51
<i>LSD₀₅</i>	0.79	0.71	0.64	0.44
<i>Collection of exchange energy, GJ/ha</i>				
<i>Mountain-forest & forest-meadow</i>	103.7	98.7	67.1	89.9
<i>Northern forest-steppe</i>	94.7	90.4	67.8	84.3
<i>Southern forest-steppe</i>	92.1	89.8	65.9	82.6
<i>Steppe</i>	62.8	80.4	46.1	63.1
<i>LSD₀₅</i>	7.5	6.9	6.5	4.6
<i>Starch collection, t/ha</i>				
<i>Mountain-forest & forest-meadow</i>	2.72	2.79	1.81	2.44
<i>Northern forest-steppe</i>	2.83	2.72	2.04	2.53
<i>Southern forest-steppe</i>	3.04	3.31	2.08	2.81
<i>Steppe</i>	2.11	2.46	1.46	2.01
<i>LSD₀₅</i>	0.23	0.17	0.14	0.09

Вместе с тем сбор основного целевого компонента – крахмала – находится в тесной корреляции с урожайностью зерна ($r = 0,904$), а наиболее благоприятные условия для выращивания кукурузы на корм по данному показателю складываются в южной лесостепной зоне. В северной лесостепи близкие результаты могут быть получены на фоне высокой обеспеченности влагой (2019 г.) или теплом (2021 г.). Для горно-лесной и лесолуговой зон наблюдается регулярное снижение сбора крахмала по сравнению с южной лесостепью на 0,27–0,52 т/га, а дополнительный выход сухого вещества здесь может рассматриваться как увеличение балластной части урожая. Минимальная продуктивность отмечается в степной зоне.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Изложенный материал позволяет заключить, что стабильное созревание ультраранних гибридов группы ФАО 140 до физиологической спелости достигается в южной лесостепи и степи Уральского региона, что обеспечивает преимущества этих

зон по качественным показателям урожая кукурузы. В северной лесостепи аналогичные результаты получены в два года из трех на фоне достаточной и повышенной обеспеченности теплом. Условия горно-лесной и лесолуговой зон не удовлетворяют потребности гибридов указанной группы созревания в тепле. К этим же выводам приводит оценка продуктивности кукурузы при выращивании на корм, включающая учет качественных показателей урожая.

Для повышения качества урожая и сбора крахмала кукурузы в северной части региона необходимы создание и подбор гибридов более ранних групп созревания (ФАО 100–120), а также использование «корнажной» технологии уборки культуры. Повышение урожайности в степной зоне может быть достигнуто за счет подбора засухоустойчивых гибридов с низким удельным водопотреблением и разработку агротехнологий, обеспечивающих эффективное использование почвенной и атмосферной влаги.

Библиографический список

1. Нагибин А. Е., Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Травы в системе кормопроизводства Урала. Екатеринбург: ОАО «ИПП «Уральский рабочий», 2018. 784 с.
2. Hartings H., Lazzaroni N., Balconi C. Quality related traits of the maize (*Zea mays* L.) grain: gene identification and exploitation // *Maydica*. 2013. Vol. 58. No. 3-4. Pp. 201–217.
3. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства // *Кормопроизводство*. 2019. № 6. С. 12–17. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187.
4. Berardo N., Mazzinelli G., Valoti P., Lagana P., Redaelli R. Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2009. Vol. 57. Pp. 2378–2384. DOI: 10.1021/jf803688t.

5. Panfilov A. E., Zezin N. N., Kazakova N. I., Namyatov M. A. Adaptive approach in maize breeding for the Urals Region // *International Journal of Biology and Biomedical Engineering*. 2020. Vol. 14. Pp. 55–62. DOI: 10.46300/91011.2020.14.9.
6. Губин С. В., Логинова А. М., Гетц Г. В. Новые инбредные линии кукурузы Сибирского филиала Всероссийского НИИ кукурузы // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021. № 2 (42). С. 33–40. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_2_33.
7. Супрунов А. И., Петряков А. П., Перевязка Д. С., Терещенко А. А. Селекция раннеспелых гибридов кукурузы с быстрой отдачей влаги зерном при созревании // *Рисоводство*. 2019. № 4 (45). С. 19–24.
8. Орлянский Н. А., Орлянская Н. А. Оценка комбинационной способности новых линий кукурузы европейской кремнистой плазмы // *АПК России*. 2020. Т. 27. № 4. С. 629–635.
9. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Результаты внедрения зерновой технологии возделывания кукурузы на Среднем Урале // *Кормопроизводство*. 2018. № 3. С. 11–15. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.11695.
10. Vancetovic J., Ignjatovic-Micic D., Trbovic D., Delic N., Bozinovic S., Nikolic A., Kostadinovic M. Biochemical and physical kernel properties of a standard maize hybrid in different TopCross™ Blends // *Scientia Agricola*. 2017. Vol. 74. No. 6. Pp. 461–468. DOI: 10.1590/1678-992X-2016-0302.
11. Kahrman F., Akbulut Ş., Düz G., Songur U., Egesel C. Ö. Screening of genetic variability in Turkish maize landraces for protein and starch related traits [e-resource] // *Maydica*. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2035/1266> (date of access: 12.01.2022).
12. Sofy S. O., Hamakareem H. F., Abdulla S. M., Sheikh, Ahmad K. R., Abdulla A. S., Omer D. A., Rahim D. A., Faraj J. M., Trojan V., Tahir N. A. Exploring chemical composition and genetic dissimilarities between maize accessions [e-resource] // *Maydica*. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2050/1271> (date of access: 12.01.2022).
13. Демин Е. А., Еремина Д. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зеленой массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 10 (163). С. 27–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33.
14. Dar A. A., Choudhury A. R., Kancharla P. K., Arumugam N. The FAD2 gene in plants: Occurrence, regulation, and role [e-resource] // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article number 1789. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01789/full> (дата обращения: 26.12.2021). DOI: 10.3389/fpls.2017.01789.
15. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identification of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature [e-resource] // *Genes*. 2019. Vol. 10 (6). Article number 445. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23b-dd9cde7c19b2177be4ad301cb72a.pdf?_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245 (date of access: 16.01.2022). DOI: 10.3390/genes10060445.
16. Сотченко В. С., Горбачева А. Г., Панфилов А. Э., Казакова Н. И., Ветошкина И. А. Норма и стабильность реакции раннеспелых гибридов кукурузы на условия вегетации // *Кормопроизводство*. 2020. № 4. С. 39–43. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63669.
17. Akinwale R. O., Awosanmi F. E., Ogunniyi O. O., Fadoji A. O. Determinants of drought tolerance at seedling stage in early and extra-early maize hybrids [e-resource] // *Maydica*. 2017. Vol. 62. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/1563/1073> (date of access: 19.10.2021).
18. Ao S., Russelle M. P., Varga T., Feyereisen G. W., Coulter J. A. Drought tolerance in maize is influenced by timing of drought stress initiation // *Crop Science*. 2020. Vol. 60 (3). Pp. 1591–1606. DOI: 10.1002/csc2.20108.
19. Nória Júnior R. D. S., do Amaral G. C., Pezzopane J. E. M., Toledo J. V., Xavier T. M. T. Ecophysiology of c3 and c4 plants in terms of responses to extreme soil temperatures // *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 2018. Т. 30. No. 3. Pp. 261–274. DOI: 10.1007/s40626-018-0120-7.
20. Ильин В. С., Логинова А. М., Губин С. В., Гетц Г. В. Экологическое испытание новых гибридов кукурузы, созданных с участием омских инбредных линий, с использованием селекционных индексов // *Успехи современного естествознания*. 2017. № 12. С. 61–65.
21. Li Y., Zhou K., Jiang M., Zhang B., Zou H., Aslam M. Assessment of drought tolerance based impacts with over-expression of *zmltp3* in maize (*Zea mays* L.) // *Cereal research communications*. 2019. Vol. 47 (1). Pp. 22–31. DOI: 10.1556/0806.46.2018.062.
22. Демин Е. А., Еремин Д. И. Влияние минеральных удобрений на содержание белка и крахмала в зерне кукурузы, выращиваемой в лесостепной зоне Зауралья // *Вестник АПК Ставрополя*. 2018. № 2 (30). С. 130–133. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-130-133.

Об авторах:

Алексей Эдуардович Панфилов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник инновационного научно-исследовательского центра, ORCID 0000-0001-5026-1274,

AuthorID 404183; +7 909 081-21-141, al_panfilov@mail.ru

Никита Николаевич Зезин², доктор сельскохозяйственных наук, исполняющий обязанности директора, ORCID 0000-0002-7208-3904, AuthorID 642213; +7 922 293-36-67, nikitazezin@yandex.ru

Павел Юрьевич Овчинников², аспирант, ORCID 0000-0003-0074-3878, AuthorID 1097437; +7 992 015-18-52, ovchinnikov-paha@mail.ru

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

² Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region

A. E. Panfilov¹✉, N. N. Zezin², P. Yu. Ovchinnikov²

¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

²Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: al_panfilov@mail.ru

Abstract. The purpose of the research is to identify the dependence of corn's yield and quality parameters on its vegetation conditions and assess the crop's productive potential in various soil and climatic zones of the Ural region. **Scientific novelty.** In contrasting soil and climatic zones on a comparable agrotechnical background, the factors limiting the size and quality of the corn harvest are determined. **Methods.** The initial data for the analysis were obtained in 2019-2021 by laying model sites in production crops of ultra-early corn hybrids. The research was carried out in five soil-climatic zones of the Southern and Middle Urals (mountain-forest zone, forest-meadow, northern forest-steppe, southern forest-steppe and steppe) on the territory of four subjects of the Federation in 16 geographical locations. Accounting for the biological harvest of corn was accompanied by its structural analysis with the allocation of fractions: stem, leaves, grain, rod, wrapper, cob leg and sampling for zootechnical analysis. **Results.** The maximum yield of corn grain and starch harvesting from 1 ha were provided by the conditions of the southern forest-steppe zone, which were characterized by the values of the hydrothermal coefficient from 0.8 to 1.0. Both increased moisture in the conditions of heat deficiency of the mountain-forest and forest-meadow zones and lack of moisture against the background of high heat supply of the steppe zone had a negative impact on the productivity and quality of the crop. The condition for improving the quality of the harvest and the collection of corn starch in the north of the region is the cultivation of hybrids with the earliest ripening belonging to the FAO group 100-120, as well as the use of advanced crop harvesting technologies that ensure the harvesting and preservation of wet grain and cobs without leaf-stem mass. To increase the productivity of corn in the steppe zone, it is necessary to select hybrids with reduced evapotranspiration, the use of moisture-saving agricultural technologies, the justification of agricultural techniques that allow to increase the efficiency of the use of atmospheric moisture.

Keywords: corn, ultra-early hybrids, soil and climatic zones, heat and moisture resources, biological productivity, crop structure, exchange energy, starch.

For citation: Panfilov A. E., Zezin N. N., Ovchinnikov P. Yu. Biologicheskaya produktivnost' ul'trarannikh gibridov kukuruzy v razlichnykh pochvenno-klimaticheskikh zonakh Ural'skogo regiona [Biological productivity of ultra-early corn hybrids in various soil and climatic zones of the Ural region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 35–47. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-35-47. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.12.2021, **date of review:** 20.12.2021, **date of acceptance:** 20.01.2022.

References

1. Nagibin A. E., Tormozin M. A., Zyryantseva A. A. Travy v sisteme kormoproizvodstva Urala [Grasses in the forage production system of the Urals]. Ekaterinburg: OAO "IPP Uralskiy Rabochiy", 2018. 784 p. (In Russian.)
2. Hartings H., Lazzaroni N., Balconi C. Quality related traits of the maize (*Zea mays* L.) grain: gene identification and exploitation // *Maydica*. 2013. Vol. 58. No. 3-4. Pp. 201–217.

3. Zezin N. N., Namyatov M. A. Belkovo-energeticheskiy koeffitsiyent kak pokazatel' effektivnosti otrasli kor-moproizvodstva [Protein-energy ratio for forage production efficiency] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 12–17. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187. (In Russian.)
4. Berardo N., Mazzinelli G., Valoti P., Lagana P., Redaelli R. Characterization of maize germplasm for the chemical composition of the grain // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2009. Vol. 57. Pp. 2378–2384. DOI: 10.1021/jf803688t.
5. Panfilov A. E., Zezin N. N., Kazakova N. I., Namyatov M. A. Adaptive approach in maize breeding for the Urals Region // International Journal of Biology and Biomedical Engineering. 2020. Vol. 14. Pp. 55–62. DOI: 10.46300/91011.2020.14.9.
6. Gubin S. V., Loginova A. M., Getts G. V. Novyye inbrednyye linii kukuruzy Sibirskogo filiala Vserossiyskogo NII kukuruzy [New inbred lines of corn created at the Siberian branch of the All-Russian research institute of corn] // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. No. 2. (42). Pp. 33–40. DOI: 10.48136/2222-0364_2021_2_33. (In Russian.)
7. Suprunov A. I., Petryakov A. P., Perevyazka D. S., Tereshchenko A. A. Seleksiya rannespelykh gibridov kukuruzy s bystroy ot-dachey vlagi zernom pri sozrevanii [Selection of early maturing maize hybrids with quick return of moisture by grain at maturation] // Rice growing. 2019. No. 4 (45). Pp. 19–24. (In Russian.)
8. Orlyanskiy N. A., Orlyanskaya N. A. Otsenka kombinatsionnoy sposobnosti novykh liniy kukuruzy yev-ropeyskoy kremnistoy plazmy [Evaluating the combining ability of the new corn lines of european flint plasma] // Agro-industrial complex of Russia. 2020. Vol. 27. No. 4. Pp. 629–635. (In Russian.)
9. Zezin N. N., Namyatov M. A. Rezul'taty vnedreniya zernovoy tekhnologii vzdelyvaniya kukuruzy na Sred-nem Urale [Introduction of maize cultivation technology for grain production in the Middle Urals] // Fodder Production. 2018. No. 3. Pp. 11–15. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.11695. (In Russian.)
10. Vancetovic J., Ignjatovic-Micic D., Trbovic D., Delic N., Bozinovic S., Nikolic A., Kostadinovic M. Bio-chemical and physical kernel properties of a standard maize hybrid in different TopCross™ Blends // Scientia Agricola. 2017. Vol. 74. No. 6. Pp. 461–468. DOI: 10.1590/1678-992X-2016-0302.
11. Kahrman F., Akbulut Ş., Düz G., Songur U., Egesel C. Ö. Screening of genetic variability in Turkish maize landraces for protein and starch related traits [e-resource] // Maydica. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2035/1266> (date of reference: 12.01.2022).
12. Sofy S. O., Hamakareem H. F., Abdulla S. M., Sheikh, Ahmad K. R., Abdulla A. S., Omer D. A., Ra-him D. A., Faraj J. M., Trojan V., Tahir N. A. Exploring chemical composition and genetic dissimilarities between maize accessions [e-resource] // Maydica. 2020. Vol. 65. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/2050/1271> (date of reference: 12.01.2022).
13. Demin E. A., Eremina D. V. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy i srokov poseva na urozhaynost' zelenoy massy kukuruzy v lesostepnoy zone Zaural'ya [The influence of mineral fertilizers and sowing terms on the yield of green mass of corn in the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // Bulletin of KSAU. 2020. No. 10 (163). Pp. 27–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-27-33. (In Russian.)
14. Dar A. A., Choudhury A. R., Kancharla P. K., Arumugam N. The FAD2 gene in plants: Occurrence, regula-tion, and role [e-resource] // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. Article number 1789. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.01789/full> (date of reference: 26.12.2021). DOI: 10.3389/fpls.2017.01789.
15. Zhao X., Wei J., He L., Zhang Y., Zhao Y., Xu X., Wei Y., Ge S., Ding D., Liu M., Gao S., Xu J. Identifica-tion of fatty acid desaturases in maize and their differential responses to low and high temperature [e-resource] // Genes. 2019. Vol. 10 (6). Article number 445. URL: https://pdfs.semanticscholar.org/4a01/f613f23bdd9cde7c19b-2177be4ad301cb72a.pdf?_ga=2.145849140.1853357814.1647712271-1636624732.1641282245 (date of reference: 16.01.2022). DOI: 10.3390/genes10060445.
16. Sotchenko V. S., Gorbacheva A. G., Panfilov A. E., Kazakova N. I., Vetoshkina I. A. Norma i stabil'nost' reaktsiy rannespelykh gibridov kukuruzy na usloviyakh vegetatsii [Reaction norm and stability of short-sea-son maize hybrids as affected by environment] // Fodder Production. 2020. No. 4. Pp. 39–43. DOI: 10.25685/KRM.2020.2020.63669. (In Russian.)
17. Akinwale R. O., Awosanmi F. E., Ogunniyi O. O., Fadoji A. O. Determinants of drought tolerance at seedling stage in early and extra-early maize hybrids [e-resource] // Maydica. 2017. Vol. 62. No. 1. URL: <https://journals-crea.4science.it/index.php/maydica/article/view/1563/1073> (date of reference: 19.10.2021).
18. Ao S., Russelle M. P., Varga T., Feyereisen G. W., Coulter J. A. Drought tolerance in maize is influenced by timing of drought stress initiation // Crop Science. 2020. Vol. 60 (3). Pp. 1591–1606. DOI: 10.1002/csc2.20108.
19. Nôia Júnior R. D. S., do Amaral G. C., Pezzopane J. E. M., Toledo J. V., Xavier T. M. T. Ecophysiology of c3 and c4 plants in terms of responses to extreme soil temperatures // Theoretical and Experimental Plant Physiol-ogy. 2018. T. 30. No. 3. Pp. 261–274. DOI: 10.1007/s40626-018-0120-7.

20. Il'in V. S., Loginova A. M., Gubin S. V., Getts G. V. Ekologicheskoye ispytaniye novykh gibridov kukuruzy, sozdannykh s uchastiyem omskikh inbrednykh liniy, s ispol'zovaniyem selektsionnykh indeksov [Ecological testing of new maize hybrids developed with the involvement of Omsk inbred lines and by using selection indexes] // Advances in current natural sciences. 2017. No. 12. Pp. 61–65. (In Russian).

21. Li Y., Zhou K., Jiang M., Zhang B., Zou H., Aslam M. Assessment of drought tolerance based impacts with over-expression of *zmltp3* in maize (*Zea mays* L.) // Cereal research communications. 2019. Vol. 47 (1). Pp. 22–31. DOI: 10.1556/0806.46.2018.062.

22. Demin E. A., Eremin D. I. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na sodержaniye belka i krakhmala v zerne kukuruzy, vyrashchivayemoy v lesostepnoy zone Zaural'ya [Influence of mineral fertilizers on protein and starch content in corn grain grown in forest-steppe zone of Trans-Urals] // Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. No. 2 (30). Pp. 130–133. DOI: 10.31279/2222-9345-2018-7-30-130-133. (In Russian.).

Authors' information:

Aleksey E. Panfilov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher, ORCID 0000-0001-5026-1274, AuthorID 404183; +7 909 081-21-141, al_panfilov@mail.ru

Nikita N. Zezin², doctor of agricultural sciences, acting director, ORCID 0000-0002-7208-3904, AuthorID 642213; +7 922 293-36-67, nikitazezin@yandex.ru

Pavel Yu. Ovchinnikov², postgraduate, ORCID 0000-0003-0074-3878, AuthorID 1097437; +7 992 015-18-52, ovchinnikov-paha@mail.ru

¹South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

²Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Особенности биологии и химический состав *Chrysanthemum zawadskii* – редкого вида Республики Башкортостан

К. А. Пупыкина¹, Л. М. Абрамова², И. Е. Анищенко², О. Ю. Жигунов^{2✉}

¹ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

² Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

E-mail: zhigunov2007@yandex.ru

Аннотация. Цель – изучение особенностей биологии (основные фенологические фазы сезонного роста и развития, морфология вегетативной и генеративной сфер, лабораторная всхожесть семян, вегетативное размножение) и химического состава (надземной части в различных фазах вегетации) *Chrysanthemum zawadskii* Herbig в условиях Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. **Методы.** Интродукционные испытания (изучение фенологии, морфометрии и др.) проведены согласно стандартным методикам. Проращивание семян собственной репродукции выполнено в соответствии с методикой в лабораторных условиях в чашках Петри в двух вариантах: без стратификации и с предварительной стратификацией. Качественное и количественное определение золы, макро- и микроэлементов и некоторых биологически активных веществ, содержащихся в надземной части *Ch. zawadskii*, проводили с использованием известных и модифицированных методик. **Результаты.** *Ch. zawadskii* характеризуется прохождением полного жизненного цикла развития, длительно вегетирующее растение (155 дней), с поздневесенним отращиванием побегов, из группы длительноцветущих растений (более 20 дней). Семена массово созревают в середине сентября. Изученный редкий вид обладает лекарственными свойствами за счет содержания в надземной части растений некоторых групп биологически активных веществ. Изучение химического состава в различные фенофазы развития показало, что наибольшее содержание аскорбиновой кислоты и флавоноидов наблюдается у травы, собранной в фазу цветения, дубильные вещества в большем количестве накапливаются в листьях, собранных в фазу плодоношения, а в меньшем количестве – в цветках, собранных в фазу цветения. Наибольшее накопление органических кислот и экстрактивных веществ наблюдается в цветках растений, собранных в фазу цветения. Больше количество макро- и микроэлементов у *Ch. zawadskii* накапливается в траве и листьях независимо от фенологической фазы развития. Установлено наличие 8 незаменимых и 6 заменимых аминокислот. **Научная новизна.** Впервые в Республике Башкортостан изучен химический состав хризантемы Завадского – редкого ресурсного лекарственного растения, интродуцированного из природной флоры.

Ключевые слова: *Chrysanthemum zawadskii*, фенология, сырье, химический состав, флавоноиды, дубильные вещества, аминокислоты.

Для цитирования: Пупыкина К. А., Абрамова Л. М., Анищенко И. Е., Жигунов О. Ю. Особенности биологии и химический состав *Chrysanthemum zawadskii* – редкого вида Республики Башкортостан // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 48–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-48-58.

Дата поступления статьи: 01.12.2021, **дата рецензирования:** 15.12.2021, **дата принятия:** 14.01.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Ввиду усиления антропогенного фактора (сокращение лесных массивов, техногенная распашка земель, использование химических средств защиты культурных растений, интенсивное градостроительство и др.) на природные экосистемы Южного Урала наблюдается истощение в природных условиях запасов растений, имеющих хозяйственно цен-

ное значение. Среди них – лекарственные растения, изучение которых в природе и условиях культуры при интродукции позволяет расширить номенклатуру лекарственного растительного сырья. Отсутствие данных об их биологии, химическом составе и фармакологических свойствах определяет актуальность настоящего исследования.

На протяжении последних лет усилилась активность населения к стихийному сбору лекарственных видов флоры, что приводит к постепенному сокращению численности, а впоследствии – к исчезновению редких лекарственных видов, среди которых эндемичные и реликтовые. Для регулирования численности природных популяций таких видов создают особо охраняемые природные территории (ООПТ). Роль в сохранении редких видов растений, в числе которых – лекарственные, принадлежит и ботаническим садам, занимающимся введением в культуру видов растений иноземной и природной флоры (интродукция).

Среди растений, представляющих интерес использования в медицинских целях, есть *Chrysanthemum zawadskii* Herbich (семейство Asteraceae Dumort. (астровые)). Вышеуказанный вид, согласно литературным источникам, ранее имел применение лишь тибетскими монахами для снятия симптомов простуды, устранения болей в мочевом пузыре, избавления от глистных инвазий, снижения давления, повышения тонуса организма и др. Наряду с лекарственными свойствами вид характеризуется также и декоративными качествами (как красивоцветущее растение) [1, с. 64].

Ch. zawadskii – редкий восточноевропейско-сибирско-азиатский вид, имеющий дизъюнктивный ареал, сокращающийся в численности (статус в РБ – II категория). Жизненная форма – рыхлокустовой дерновью летнезеленый травянистый тонко-длиннокорневищный симподиально нарастающий поликарпик с полурозеточными прямостоячими побегами высотой до 60 см, с очередными цельными и перисто-лопастными листьями, образующий в начале развития прикорневую розетку из перисторассеченных листьев. Корзинки одиночные или немногочисленные, язычковые цветы белые или розоватые, плод – семянка [2, с. 1283; 3, с. 16; 4, с. 4].

Нативно *Ch. zawadskii* распространена в Средней и Восточной Европе, Сибири, на Дальнем Востоке, в Монголии и Китае. В Республике Башкортостан, согласно современным исследованиям ученых-ботаников, вид встречается в шести локалитетах (Уфимское плато и среднее течение р. Белой). Ранее было отмечено 12 пунктов произрастания, половина из них попала в зону затопления при строительстве Юмагузинского водохранилища. Вид приурочен к выходам известняков на склонах гор, степным сообществам и светлохвойным основным лесам. Лимитирующий фактор – антропогенный [5, с. 42; 6, с. 221].

Таблица 1
Природно-климатические условия района исследования

Критерии	Характеристика
Среднегодовая температура воздуха	+2,6 °
Диапазон среднемесячной температуры воздуха зимой	От -12 °
Абсолютный минимум	-42 °
Диапазон среднемесячной температуры воздуха	От +17,1 °
Абсолютный максимум	+ 37 °
Среднемесячное количество осадков летом	54–69 мм
Среднегодовое количество осадков	580 мм
Количество весенних осадков	28–42 мм
Безморозный период	144 дня
Почвы	Лесные серые, в перегнойно-аккумулятивном горизонте содержание гумуса составляет 3–5,5 %
Реакция среды почвы	Слабокислая или близкая к нейтральной

Table 1
Natural and climatic conditions of the study area

Criteria	Characteristic
Average annual air temperature	+2.6 C
Average monthly air temperature range in winter	From -12 °
Absolute minimum	-42 °
Average monthly air temperature range	From +17.1 °
Absolute maximum	+ 37 °
Average monthly rainfall in sum	54–69 mm
Average annual rainfall	580 mm
Spring rainfall	28–42 mm
Frostless season	144 days
Soils	Gray forest, strongly compacted, in the overflow-accumulative horizon, the content of humus is 3–5.5 %
Reaction of soil environment	Slightly acidic or close to neutral

Цель исследования – изучение особенностей биологии (наступление основных фенологических фаз сезонного роста и развития, морфология вегетативной и генеративной сфер, лабораторная всхожесть семян, вегетативное размножение) и химического состава (надземной части в различных фазах вегетации) *Ch. zawadskii* в условиях ЮУБСИ.

Методология и методы исследования (Methods)

Природные условия района расположения ботанического сада (Уфа, северная лесостепь Башкирского Предуралья) представлены в таблице 1 [7, с. 11].

Ch. zawadskii интродуцирована в ЮУБСИ в 1995 г. из природных местообитаний (Башкирское

Предуралье, Кугарчинский район) в виде живых растений, в культуре устойчив [8, с. 97]. Интродукционные испытания *Ch. zawadskii* (изучение фенологии, морфометрии и др.) проведены согласно стандартным методикам [9, с. 566; 10, с. 89].

Проращивание семян собственной репродукции выполнено в соответствии с методикой в лабораторных условиях в чашках Петри в предварительно прокаленном песке, обработанном раствором перманганата калия в двух вариантах: без стратификации (температура +18...+20 °С) и с предварительной стратификацией (температура +5...+6 °С в течение 30 дней) [11, с. 24].

Таблица 2
Оценка перспективности интродукции

Вид	Интенсивность плодоношения	Всхожесть семян	Семенное размножение	Вегетативное размножение	Габитус в культуре	Повреждаемость болезнями и вредителями	Зимостойкость	Сумма баллов	Перспективность
<i>Ch. zawadskii</i>	3	3	3	3	3	3	3	21	ОП

Примечание. ОП – очень перспективные.

Table 2
Assessment of the prospects of introduction

Species	Fruiting intensity	Seed germination	Seed reproduction	Vegetative reproduction	Habitus in culture	Damage by diseases and pests	Winter hardiness	Total points	Perspective
<i>Ch. zawadskii</i>	3	3	3	3	3	3	3	21	VP

Note. VP – very promising.

Таблица 3
Содержание золы в образцах *Ch. zawadskii*

Исследуемый объект в различной фенофазе развития	Зола общая ($x \pm \Delta x$), %	Зола нерастворимая в 10 % HCl ($x \pm \Delta x$), %
Трава в период бутонизации	6,49 ± 0,28	1,63 ± 0,19
Цветки в период цветения	5,37 ± 0,27	1,58 ± 0,18
Листья в период цветения	6,42 ± 0,32	1,66 ± 0,18
Трава в период цветения	6,93 ± 0,35	1,76 ± 0,19
Цветки в период плодоношения	7,30 ± 0,36	1,78 ± 0,19
Листья в период плодоношения	8,78 ± 0,34	1,84 ± 0,14
Трава в период плодоношения	8,96 ± 0,41	1,93 ± 0,20

Table 3
Ash content in samples of *Ch. zawadskii*

Object under study in different developmental phenophase	Total ash ($x \pm \Delta x$), %	Ash insoluble in 10 % HCl ($x \pm \Delta x$), %
Grass during the period of butonization	6.49 ± 0.28	1.63 ± 0.19
Flowers during flowering	5.37 ± 0.27	1.58 ± 0.18
Leaves during flowering	6.42 ± 0.32	1.66 ± 0.18
Grass during flowering	6.93 ± 0.35	1.76 ± 0.19
Flowers during fruiting	7.30 ± 0.36	1.78 ± 0.19
Leaves during fruiting	8.78 ± 0.34	1.84 ± 0.14
Grass during fruiting	8.96 ± 0.41	1.93 ± 0.20

Качественное и количественное определение золы, макро- и микроэлементов и некоторых биологически активных веществ, содержащихся в образцах надземной части *Ch. zawadskii*, проводили с использованием известных и модифицированных методик. [12, с. 37; 13, с. 22; 14, с. 93; 15, с. 97].

Результаты (Results)

Ch. zawadskii в ЮУБСИ выращивается на коллекции редких и исчезающих растений (в том числе эндемики и реликты), которая включает более 130 видов, интродуцированных из нативных мест произрастания (Республика Башкортостан). Сбор посадочного материала редких видов, который представляет собой семена и живые растения, проводится научными сотрудниками в ходе полевых экспедиций.

В условиях культуры в ботаническом саду хризантема Завадского характеризуется прохождением полного жизненного цикла развития. Является длительно вегетирующим растением (155 дней), отличается поздневесенним отрастанием побегов (10–12.05), в фазу бутонизации вид вступает в третьей декаде июля, цветет продолжительно – с первых дней августа до конца месяца на протяжении более 20 дней. По срокам цветения вид отнесен к группе длительноцветущих растений. Семена начинают созревать во второй декаде августа (13–15.08), когда цветение подходит к концу, массово семена созревают во второй декаде сентября (17–19.09). Растения данного вида заканчивают вегетировать с наступлением холодов, в наших климатических условиях этот период отмечен в середине октября.

При проращивании семян *Ch. zawadskii* собственной репродукции в лабораторных условиях получены следующие результаты: при комнатной температуре без стратификации лабораторная всхожесть семян составила 74,0 %, с предварительной стратификацией – 84,6 %. В первом случае семена проросли в течение четырех дней, во втором – в течение двух дней. Прорастание семян с учетом стратификации в течение одного месяца выше. Отмечено, что влияние низкой положительной температуры способствует более быстрому прорастанию семян (как в природе).

Вегетативное размножение в весенний период (путем деления куста и отделения прикорневых розеток) показало стопроцентную приживаемость растений.

Некоторые морфобиологические параметры особей хризантемы Завадского, культивируемых на коллекционной экспозиции лекарственных растений, следующие (средние значения): высота особей достигает 40,5 см, толщина стебля – 0,3 см, число листьев на стебле – 46,5 шт., длина листа – 4,5 см, ширина листа – 24 см, диаметр соцветия – 4 см.

Проведена комплексная оценка успешности введения в культуру *Ch. zawadskii*, при этом учитывались семь критериев, оценка дана по шкале от 1 до 3 баллов (таблица 2). В ходе многолетних исследований интродукента нами установлено, что хризантема Завадского является перспективным растением для введения в культуру, проходит все фазы развития, устойчива в культуре и успешно размножается семенами и вегетативно.

В настоящей работе представлены данные изучения содержания в надземной части растений хризантемы Завадского некоторых групп БАВ, которые проводили в различные фенологические фазы развития.

Результаты выявления золы отражены в таблице 3.

При исследовании аминокислотного состава *Ch. zawadskii* нами выявлено 14 аминокислот: 8 незаменимых и 6 заменимых (таблица 4).

Макро- и микроэлементный состав в растительном сырье *Ch. zawadskii* отражен в таблице 5.

Из табличных данных выявлено, что большее количество макро- и микроэлементов у *Ch. zawadskii* накапливается в вегетативных частях растения (траве и листьях) независимо от фенологической фазы развития.

Результаты количественного определения аскорбиновой кислоты в надземной части *Ch. zawadskii* приведены в таблице 6.

Изученные особенности накопления аскорбиновой кислоты в образцах хризантемы Завадского выявили различие ее содержания в образцах растений в различные периоды роста и развития. В ходе исследований установлено, что наибольшее содержание аскорбиновой кислоты наблюдается у травы, собранной в фазу цветения.

Нами отмечено, что накопление свободных органических кислот (таблица 7) различно в зависимости от части растения и фазы вегетации – больше всего их содержится в корзинках данного вида во время массового цветения.

Был установлен высокий уровень выхода суммы экстрактивных веществ с использованием реагента – этиловый спирт (40 %) в траве и цветках в фазе цветения.

Дубильных веществ в большем количестве накапливается в листьях, собранных в фазу плодоношения, в меньшем количестве – в цветках, собранных в фазу цветения (таблица 9).

Экстрактивные вещества, выделенные из образцов *Ch. zawadskii* при использовании этилового в разных концентрациях, отражены в таблице 8.

По данным количественного определения суммы флавоноидов надземной части хризантемы Завадского установлено (таблица 10), что содержание флавоноидов преобладает в траве, собранной в фазу цветения.

Таблица 4

Показатели содержания аминокислот

Биология и биотехнологии

Аминокислоты	Числовые показатели аминокислот, %						
	1	2	3	4	5	6	7
Cysteine	0,79	0,90	0,71	0,76	0,95	0,92	0,94
Histidine*	0,05	0,59	0,06	0,08	0,44	0,12	0,56
Arginine	0,94	0,42	0,81	0,94	0,27	0,73	0,21
Threonine*	0,50	0,22	0,42	0,52	0,07	0,34	0,03
Serine	0,68	0,08	0,58	0,71	0,28	0,56	0,13
Proline	2,56	1,98	2,46	2,40	1,90	2,30	1,99
Glycine	1,12	1,00	1,14	1,14	0,91	0,99	0,99
Valine*	0,27	1,40	0,66	0,6	0,46	0,25	1,03
Izoleytsin*	0,52	0,44	0,43	0,39	0,73	0,61	0,51
Leucine*	0,03	1,10	0,19	0,68	0,86	0,32	1,05
Tyrosine	0,15	0,29	0,23	0,23	0,14	0,11	0,23
Phenylalanine*	0,59	0,14	0,53	0,62	0,33	0,42	0,15
Lysine*	0,25	0,93	0,09	0,29	0,93	0,26	0,98
Methionine*	0,27	0,10	0,21	0,27	0,18	0,11	0,10
Суммарное содержание аминокислот	9,84	10,12	8,82	10,19	9,46	8,41	9,98

Примечание. 1 – трава в фазу бутонизации, 2 – листья в фазу цветения, 3 – цветки в фазу цветения, 4 – трава в фазу цветения, 5 – листья в фазу плодоношения, 6 – цветки в фазу плодоношения, 7 – трава в фазу плодоношения, * – незаменимые аминокислоты.

Table 4
Amino acid indicators

Amino acids	Amino acid numbers, %						
	1	2	3	4	5	6	7
Cysteine	0.79	0.90	0.71	0.76	0.95	0.92	0.94
Histidine*	0.05	0.59	0.06	0.08	0.44	0.12	0.56
Arginine	0.94	0.42	0.81	0.94	0.27	0.73	0.21
Threonine*	0.50	0.22	0.42	0.52	0.07	0.34	0.03
Serine	0.68	0.08	0.58	0.71	0.28	0.56	0.13
Proline	2.56	1.98	2.46	2.40	1.90	2.30	1.99
Glycine	1.12	1.00	1.14	1.14	0.91	0.99	0.99
Valine*	0.27	1.40	0.66	0.6	0.46	0.25	1.03
Izoleytsin*	0.52	0.44	0.43	0.39	0.73	0.61	0.51
Leucine*	0.03	1.10	0.19	0.68	0.86	0.32	1.05
Tyrosine	0.15	0.29	0.23	0.23	0.14	0.11	0.23
Phenylalanine*	0.59	0.14	0.53	0.62	0.33	0.42	0.15
Lysine*	0.25	0.93	0.09	0.29	0.93	0.26	0.98
Methionine*	0.27	0.10	0.21	0.27	0.18	0.11	0.10
Total amino acid content	9.84	10.12	8.82	10.19	9.46	8.41	9.98

Note. 1 – grass in the butonization phase, 2 – leaves in the flowering phase, 3 – flowers in the flowering phase, 4 – grass in the flowering phase, 5 – leaves in the fruiting phase, 6 – flowers in the fruiting phase, 7 – grass in the fruiting phase, * – essential amino acids.

Таблица 5
Макро- и микроэлементы в образцах *Ch. zawadskii*

Элементы	Содержание в разные фенологические фазы развития						
	1	2	3	4	5	6	7
Макроэлементы, мг%							
K	0,97	0,87	1,23	1,83	0,71	0,43	2,15
Na	0,29	0,30	0,22	0,24	0,11	0,10	0,21
Ca	1,30	1,54	1,10	1,42	1,95	2,23	1,11
P	0,14	0,19	0,14	0,03	0,47	0,31	0,03
Микроэлементы, мг%							
Zn	55,44	78,03	72,38	28,20	15,39	29,42	27,56
Fe	105,25	438,55	422,99	889,33	136,10	43,43	898,60
Cu	9,26	6,72	4,83	4,14	5,10	7,12	4,31
Mn	442,37	578,98	502,68	754,92	124,68	151,16	702,08
I	0,20	0,22	0,16	0,21	0,08	0,33	0,19

Примечание. 1 – трава в фазу бутонизации, 2 – листья в фазу цветения, 3 – цветки в фазу цветения, 4 – трава в фазу цветения, 5 – листья в фазу плодоношения, 6 – цветки в фазу плодоношения, 7 – трава в фазу плодоношения.

Table 5

Macro- and trace elements in *Ch. zawadskii* samples

Elements	Content in different phenological phases of development						
	1	2	3	4	5	6	7
Macroelements, mg%							
<i>K</i>	0.97	0.87	1.23	1.83	0.71	0.43	2.15
<i>Na</i>	0.29	0.30	0.22	0.24	0.11	0.10	0.21
<i>Ca</i>	1.30	1.54	1.10	1.42	1.95	2.23	1.11
<i>P</i>	0.14	0.19	0.14	0.03	0.47	0.31	0.03
Trace elements, mg%							
<i>Zn</i>	55.44	78.03	72.38	28.20	15.39	29.42	27.56
<i>Fe</i>	105.25	438.55	422.99	889.33	136.10	43.43	898.60
<i>Cu</i>	9.26	6.72	4.83	4.14	5.10	7.12	4.31
<i>Mn</i>	442.37	578.98	502.68	754.92	124.68	151.16	702.08
<i>I</i>	0.20	0.22	0.16	0.21	0.08	0.33	0.19

Note. 1 – grass in the butonization phase, 2 – leaves in the flowering phase, 3 – flowers in the flowering phase, 4 – grass in the flowering phase, 5 – leaves in the fruiting phase, 6 – flowers in the fruiting phase, 7 – grass in the fruiting phase.

Таблица 6

Показатели содержания аскорбиновой кислоты

Наименование пробы сырья	Содержание аскорбиновой кислоты, %
Трава в фазу бутонизации	0,30 ± 0,012
Листья в фазу цветения	0,38 ± 0,012
Цветки в фазу цветения	0,17 ± 0,008
Трава в фазу цветения	0,44 ± 0,015
Листья в фазу плодоношения	0,21 ± 0,009
Цветки в фазу плодоношения	0,18 ± 0,009
Трава в фазу плодоношения	0,24 ± 0,010

Table 6

Ascorbic acid content indicators

Name of raw material sample	Ascorbic acid content, %
Grass in the butonization phase	0.30 ± 0.012
Leaves in the flowering phase	0.38 ± 0.012
Flowers in the flowering phase	0.17 ± 0.008
Grass in the flowering phase	0.44 ± 0.015
Leaves in the fruiting phase	0.21 ± 0.009
Flowers in the fruiting phase	0.18 ± 0.009
Grass in the fruiting phase	0.24 ± 0.010

Таблица 7

Содержание органических кислот

Наименование пробы сырья	Содержание органических кислот, %
Трава в фазу бутонизации	4,96 ± 0,25
Листья в фазу цветения	3,06 ± 0,10
Цветки в фазу цветения	6,09 ± 0,30
Трава в фазу цветения	5,40 ± 0,27
Листья в фазу плодоношения	4,15 ± 0,20
Цветки в фазу плодоношения	5,37 ± 0,22
Трава в фазу плодоношения	5,12 ± 0,18

Table 7

Organic acid content

Name of raw material sample	Organic acid content, %
Grass in the butonization phase	4.96 ± 0.25
Leaves in the flowering phase	3.06 ± 0.10
Flowers in the flowering phase	6.09 ± 0.30
Grass in the flowering phase	5.40 ± 0.27
Leaves in the fruiting phase	4.15 ± 0.20
Flowers in the fruiting phase	5.37 ± 0.22
Grass in the fruiting phase	5.12 ± 0.18

Таблица 8
Показатели содержания экстрактивных веществ

Наименование пробы сырья	Спирт этиловый			
	30 %	40 %	70 %	95 %
	Сумма экстрактивных веществ, %			
Трава в фазу бутонизации	36,66	41,04	42,22	34,99
Листья в фазу цветения	38,19	40,28	38,19	26,37
Цветки в фазу цветения	39,09	46,94	36,87	35,37
Трава в фазу цветения	41,77	47,85	30,59	24,64
Листья в фазу плодоношения	25,76	39,97	27,31	13,60
Цветки в фазу плодоношения	33,98	41,95	34,06	16,65
Трава в фазу плодоношения	30,77	43,27	38,99	22,09

Table 8
Extractive matter content indicators

Name of raw material sample	Ethyl alcohol			
	30 %	40 %	70 %	95 %
	Sum of extractive substances, %			
Grass in the butonization phase	36.66	41.04	42.22	34.99
Leaves in the flowering phase	38.19	40.28	38.19	26.37
Flowers in the flowering phase	39.09	46.94	36.87	35.37
Grass in the flowering phase	41.77	47.85	30.59	24.64
Leaves in the fruiting phase	25.76	39.97	27.31	13.60
Flowers in the fruiting phase	33.98	41.95	34.06	16.65
Grass in the fruiting phase	30.77	43.27	38.99	22.09

Таблица 9
Содержание дубильных веществ

Наименование пробы сырья	Содержание дубильных веществ, %
Трава в фазу бутонизации	4,80 ± 0,24
Листья в фазу цветения	6,60 ± 0,33
Цветки в фазу цветения	4,20 ± 0,21
Трава в фазу цветения	6,34 ± 0,32
Листья в фазу плодоношения	7,80 ± 0,39
Цветки в фазу плодоношения	5,00 ± 0,25
Трава в фазу плодоношения	6,31 ± 0,31

Table 9
Tannins content

Name of raw material sample	Tannins content, %
Grass in the butonization phase	4.80 ± 0.24
Leaves in the flowering phase	6.60 ± 0.33
Flowers in the flowering phase	4.20 ± 0.21
Grass in the flowering phase	6.34 ± 0.32
Leaves in the fruiting phase	7.80 ± 0.39
Flowers in the fruiting phase	5.00 ± 0.25
Grass in the fruiting phase	6.31 ± 0.31

Таблица 10
Показатели содержания флавоноидов

Наименование пробы сырья	Содержание флавоноидов, %
Трава в фазу бутонизации	2,35 ± 0,08
Листья в фазу цветения	1,78 ± 0,05
Цветки в фазу цветения	2,92 ± 0,08
Трава в фазу цветения	3,25 ± 0,12
Листья в фазу плодоношения	1,64 ± 0,05
Цветки в фазу плодоношения	2,46 ± 0,08
Трава в фазу плодоношения	2,51 ± 0,14

Table 10
Flavonoid content indicators

Name of raw material sample	Содержание флавоноидов, %
Grass in the butonization phase	2.35 ± 0.08
Leaves in the flowering phase	1.78 ± 0.05
Flowers in the flowering phase	2.92 ± 0.08
Grass in the flowering phase	3.25 ± 0.12
Leaves in the fruiting phase	1.64 ± 0.05
Flowers in the fruiting phase	2.46 ± 0.08
Grass in the fruiting phase	2.51 ± 0.14

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Интродукционные испытания *Ch. zawadskii* в культуре позволили выявить, что для него характерно прохождение всех фаз жизненного цикла, вид прекрасно размножается вегетативно и семенным способом.

Изученный редкий вид обладает лекарственными свойствами. В его химическом составе содержатся ценные БАВ, среди которых – дубильные вещества, флавоноиды, аскорбиновая кислота, заменимые и незаменимые аминокислоты, органи-

ческие кислоты, макро- и микроэлементы, которые могут позволить использовать хризантему Завадского в научной медицине.

Редкий вид природной флоры РБ *Ch. zawadskii* можно рекомендовать для выращивания с целью использования в качестве лекарственного сырья и как декоративного растения.

Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № АААА-А18-118011990151-7.

Библиографический список

1. Миронова Л. Н., Реут А. А. Краткие итоги интродукции декоративных многолетников в Башкортостане // Субтропическое и декоративное садоводство. 2016. № 56. С. 64–69.
2. Тетерюк Л. В., Канев В. А., Валуйских О. Е., Тетерюк Б. Ю. Редкие и охраняемые растения во флоре южной части национального парка «Югд Ва» (Республики Коми) // Ботанический журнал. 2019. Т. 104. № 8. С. 1283–1298. DOI: 10.1134/S0006813619080118.
3. Тетерюк Л. В., Дегтева С. В., Канев В. А., Валуйских О. Е., Тетерюк Б. Ю., Кулюгина Е. Е. Редкие и охраняемые растения национального парка «Югд Ва» (Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2020. Т. 5. № 4. С. 16–29. DOI: 10.24189/ncr.2020.051.
4. Бобров Ю. А., Чудинова И. А., Булышева В. В., Поздеева Л. М. Биоморфы охраняемых растений Республики Коми // Биологический журнал. 2019. № 1 (1). С. 4–8. DOI: 10.32743/2658-6460.2019.1.1.37.
5. Красная книга Республики Башкортостан: в 2 т. Т. 1: Растения и грибы / Под ред. д-ра биол. наук В. Б. Мартыненко. 3-е изд., доп. и перераб. Москва: Студия онлайн, 2021. 392 с.
6. Муллагулов Р. Ю., Муллагулова Э. Р. *Chrysanthemum zawadskii* Herbich на территории национального парка «Башкирия»: состояние ценопопуляций, вопросы охраны // Вопросы степеведения. 2019. № XV. С. 221–224. DOI: 10.24411/9999-006А-2019-11532.
7. Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Уфа: Мир печати, 2019. 304 с.
8. Абрамова Л. М., Каримова О. А., Вафин Р. В., Миронова Л. Н. Редкие виды Урала и Поволжья в коллекциях Ботанического сада г. Уфы // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2016. Т. 10. № 3. С. 97–127.
9. Вронская О. О., Роднова Т. В. Интродукция редких и исчезающих видов в Кузбасском ботаническом саду // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18. С. 566–569. DOI: 10.14258/pbssm.2019119.
10. Минин А. А., Ананин А. А., Буйволов Ю. А., Ларин Е. Г., Лебедев П. А., Поликарпова Н. В., Прокошева И. В., Руденко М. И., Сапельникова И. И., Федотова В. Г., Шуйская Е. А., Яковлева М. В., Янцер О. В. Рекомендации по унификации фенологических наблюдений в России // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2020. Т. 5. № 4. С. 89–110. DOI: 10.24189/ncr.2020.060.
11. Солдатов С. А., Карпова Г. А. Способы преодоления покоя семян и особенности культивирования растений рода *Iris* в условиях *in vitro* // Известия Высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2020. № 4 (32). С. 24–31. DOI: 10.21685/2307-9150-2020-4-3.
12. Брыкалов А. В., Якуба Ю. Ф., Пилипенко Н. Ю., Белик Е. В., Ришоме П., Симоне Ф., Грядских Д. А. Современные методы выделения и исследования биологически-активных веществ и микроорганизмов. Краснодар: КубГАУ, 2016. С. 37–46.

13. Грядских Д. А., Брыкалов А. В., Белик Е. В. Изучение химического состава лекарственных растений // Материалы и методы инновационных исследований и разработок: сборник статей Международной научно-практической конференции. Самара, 2018. С. 22–28.

14. Макарова М. П., Сыроешкин А. В., Максимова Т. В., Матвеева И. С., Плетенева Т. В. Особенности экспресс-определения микроэлементов в лекарственных и неофициальных растениях // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2019. Т. 8. № 2. С. 93–97. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-2-93-97.

15. Goncharuk V. V., Syroeshkin A. V., Zlatskiy I. A., Uspenskaya E. V., Orekhova A. V., Levitskaya O. V., Dobrovolskiy V. I., Pleteneva T. V. Quasichemical description of the cell death kinetics of cellular biosensor *Spirostomum Ambigua* for testing the biological activity of aqueous solutions // Journal of Water Chemistry and Technology. 2017. No. 39 (2). Pp. 97–102. DOI: 10.3103/S1063455X17020072.

Об авторах:

Кира Александровна Пупыкина¹, доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, ORCID 0000-0001-8817-7289, AuthorID 416674; +7 (347) 271-22-85, pupykinaka@gmail.com

Лариса Михайловна Абрамова², доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, ORCID 0000-0002-3196-2080, AuthorID 97208; +7 (347) 286-12-55, abramova.lm@mail.ru

Ирина Евгеньевна Анищенко², кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, ORCID 0000-0001-6851-310X, AuthorID 116918; +7 (347) 286-12-55, irina6106@mail.ru

Олег Юрьевич Жигунов², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории дикорастущей флоры и интродукции травянистых растений, ORCID 0000-0003-1159-146X, AuthorID 156533; +7 (347) 286-12-55, zhigunov2007@yandex.ru

¹ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

² Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Features of biology and chemical composition of *Chrysanthemum zawadskii* – a rare species of the Republic of Bashkortostan

K. A. Pupykina¹, L. M. Abramova², I. E. Anishchenko², O. Yu. Zhigunov²✉

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

² South-Ural Botanical Garden-Institute – Sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉E-mail: zhigunov2007@yandex.ru

Abstract. The purpose is to study the features of biology (the onset of the main phenological phases of seasonal growth and development, the morphology of the vegetative and generative spheres, laboratory germination of seeds, vegetative reproduction) and the chemical composition (above-ground part in various phases of vegetation) of *Chrysanthemum zawadskii* under the conditions of the South Ural Botanical Garden Institute of UFRC RAS. **Methods.** Introduction tests (study of phenology, morphometry, etc.) were carried out according to standard methods. Germination of own reproduction seeds is carried out in accordance with the procedure in laboratory conditions in petri dishes in two versions: without stratification and with preliminary stratification. Qualitative and quantitative determination of ash, macro- and trace elements, and some biologically active substances contained in the aboveground part of *Ch. zawadskii* was carried out using known and modified techniques. **Results.** *Ch. zawadskii* is characterized by the complete life cycle of development, a long-growing plant (155 days), with late-spring growth of shoots, from the group of long-flowering plants (more than 20 days). Seeds ripen massively in mid-September. The studied rare species has medicinal properties due to the content of certain groups of biologically active substances in the above-ground part of plants. A study of the chemical composition in various developmental phenophases showed that the highest content of ascorbic acid and flavonoids is observed in grass collected in the flowering phase, tannins in a larger amount accumulate in leaves collected in the fruiting phase,

and in a smaller amount in flowers collected in the flowering phase. The greatest accumulation of organic acids and extractive substances is observed in plant flowers collected in the flowering phase. More macro- and trace elements in *Ch. zawadskii* accumulates in grass and leaves, regardless of the phenological phase of development. The presence of eight essential and six replaceable amino acids has been established. **Scientific novelty.** For the first time in the Republic of Bashkortostan, the chemical composition of the *Ch. zawadskii*, a rare resource medicinal plant, was studied.

Keywords: *Chrysanthemum zawadskii*, phenology, raw materials, chemical composition, flavonoids, tannins, amino acids.

For citation: Pupykina K. A., Abramova L. M., Anishchenko I. E., Zhigunov O. Yu. Osobennosti biologii i khimicheskiiy sostav *Chrysanthemum zawadskii* – redkogo vida Respubliki Bashkortostan [Features of biology and the chemical composition of *Chrysanthemum zawadskii* – a rare species of the Republic of Bashkortostan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 48–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-48-58. (In Russian.)

Date of paper submission: 01.12.2021, **date of review:** 15.12.2021, **date of acceptance:** 14.01.2022.

References

1. Mironova L. N., Reut A. A. Kratkie itogi introduktsii dekorativnykh mnogoletnikov v Bashkortostane [Brief results of the introduction of decorative perennials in Bashkortostan] // Subtropical and ornamental gardening. 2016. No. 56. Pp. 64–69. (In Russian.)
2. Teteryuk L. V., Kanev V. A., Valuiskey O. E., Teteryuk B. Yu. Redkie i okhranyaemye rasteniya vo flore yuzhnoy chasti natsional'nogo parka "Yugyd Va" (Respubliki Komi) [Rare and protected plants in the flora of the southern part of the Ugyd Va National Park (Komi Republic)] // Botanical journal. 2019. Vol. 104. No. 8. Pp. 1283–1298. DOI: 10.1134/S0006813619080118. (In Russian.)
3. Teteryuk L. V., Degteva S. V., Kanev V. A., Valuiskey O. E., Teteryuk B. Yu., Kulyugina E. E. Redkie i okhranyaemye rasteniya natsional'nogo parka "Yugyd Va" (Rossiya) [Rare and protected plants of the Ugyd Va National Park (Russia)] // Nature Conservation Research. Conservation science. 2020. Vol. 5. No. 4. Pp. 16–29. DOI: 10.24189/ncr.2020.051. (In Russian.)
4. Bobrov Yu. A., Chudinova I. A., Bulysheva V. V., Pozdeeva L. M. Biomorfy okhranyaemykh rasteniy Respubliki Komi [Biomorphs of protected plants of the Komi Republic] // Biological journal. 2019. No. 1 (1). Pp. 4–8. DOI: 10.32743/2658-6460.2019.1.1.37. (In Russian.)
5. Krasnaya kniga Respubliki Bashkortostan: v 2 t. T. 1: Rasteniya i griby / Pod red. d-ra biol. nauk V. B. Martynenko [Red Book of the Republic of Bashkortostan: in 2 vol. Vol. 1: Plants and Mushrooms/ Under the editorship of dr. of biol. sciences V. B. Martynenko]. 3rd ed., additional and reworks. Moscow: Studio online, 2021. 392 p. (In Russian.)
6. Mullagulov R. Yu., Mullagulova E. R. *Chrysanthemum zawadskii* Herbich na territorii natsional'nogo parka "Bashkiriya": sostoyanie tsenopopulyatsiy, voprosy okhrany [*Chrysanthemum zawadskii* Herbich in the territory of the Bashkiriya National Park: the state of censorship, security issues] // Steppe questions. 2019. No. XV. Pp. 221–224. DOI: 10.24411/9999-006A-2019-11532. (In Russian.)
7. Rasteniya Yuzhno-Ural'skogo botanicheskogo sada-instituta UFITs RAN [Plants of the South Ural Botanical Garden Institute of the UFRC RAS]. Ufa: World of Press, 2019. 304 p. (In Russian.)
8. Abramova L. M., Karimova O. A., Vafin R. V., Mironova L. N. Redkie vidy Urala i Povolzh'ya v kollekttsiyakh Botanicheskogo sada g. Ufy [Rare species of the Urals and the Volga region in the collections of the Botanical Garden of Ufa] // Phytorasica of Eastern Europe. 2016. Vol. 10. No. 3. Pp. 97–127. (In Russian.)
9. Vronskaya O. O., Rodnova T. V. Introdukciya redkih i ischezayushchih vidov v Kuzbasskom botanicheskom sadu [Introduction of rare and endangered species in the Kuzbass Botanical Garden] // Problems of botany in Southern Siberia and Mongolia. 2019. No. 18. Pp. 566–569. DOI: 10.14258/pbssm.2019119. (In Russian.)
10. Minin A. A., Ananin A. A., Buyvolov Yu. A., Larin E. G., Lebedev P. A., Polikarpova N. V., Prokosheva I. V., Rudenko M. I., Sapel'nikova I. I., Fedotova V. G., Shuyskaya E. A., Yakovleva M. V., Yantser O. V. Rekomendatsii po unifikatsii fenologicheskikh nablyudeniy v Rossii [Recommendations for the unification of phenological observations in Russia] // Nature Conservation Research. Conservation science. 2020. Vol. 5. No. 4. Pp. 89–110. DOI: 10.24189/ncr.2020.060. (In Russian.)
11. Soldatov S. A., Karpova G. A. Sposoby preodoleniya pokoya semyan i osobennosti kul'tivirovaniya rasteniy roda *Iris* v usloviyakh *in vitro* [Methods of overcoming the rest of seeds and the peculiarities of cultivation of plants of *Iris* genus *in vitro*] // News of Higher Educational Institutions. Volga region. Natural sciences. 2020. No. 4 (32). Pp. 24–31. DOI: 10.21685/2307-9150-2020-4-3. (In Russian.)

12. Brykalov A. V., Yakuba Yu. F., Pilipenko N. Yu., Belik E. V., Rishome P., Simone F., Gryadskikh D. A. Sovremennye metody vydeleniya i issledovaniya biologicheskii-aktivnykh veshchestv i mikroorganizmov [Modern methods of isolation and research of biologically active substances and microorganisms]. Krasnodar: KubGAU, 2016. Pp. 37–46. (In Russian.)
13. Gryadskikh D. A., Brykalov A. V., Belik E. V. Izuchenie khimicheskogo sostava lekarstvennykh rasteniy [Study of the chemical composition of medicinal plants] // Materialy i metody innovatsionnykh issledovaniy i razrabotok: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Samara, 2018. Pp. 22–28. (In Russian.)
14. Makarova M. P., Syroeshkin A. V., Maksimova T. V., Matveeva I. S., Pleteneva T. V. Osobennosti ekspress-opredeleniya mikroelementov v lekarstvennykh i neofitsinal'nykh rasteniyakh [Features of the express determination of trace elements in medicinal and unofficial plants] // Development and registration of medicines. 2019. Vol. 8. No. 2. Pp. 93–97. DOI: 10.33380/2305-2066-2019-8-2-93-97. (In Russian.)
15. Goncharuk V. V., Syroeshkin A. V., Zlatskiy I. A., Uspenskaya E. V., Orekhova A. V., Levitskaya O. V., Dobrovolskiy V. I., Pleteneva T. V. Quasichemical description of the cell death kinetics of cellular biosensor *Spirostomum Ambigua* for testing the biological activity of aqueous solutions // Journal of Water Chemistry and Technology. 2017. No. 39 (2). Pp. 97–102. DOI: 10.3103/S1063455X17020072.

Authors' information:

Kira A. Pupykina¹, doctor of pharmaceutical sciences, professor of department of pharmacognosy with a course of botany and bases of phytotherapy, ORCID 0000-0001-8817-7289, AuthorID 416674; +7 (347) 271-22-85, pupykinaka@gmail.com

Larisa M. Abramova², doctor of biological sciences, professor, the chief researcher of the laboratory of wild flora and herbaceous plant introduction, ORCID 0000-0002-3196-2080, AuthorID 97208; +7 (347) 286-12-55, abramova.lm@mail.ru

Irina E. Anishchenko², candidate of biological sciences, the leading researcher of the laboratory of wild flora and herbaceous plant introduction, ORCID 0000-0001-6851-310X, AuthorID 116918; +7 (347) 286-12-55, irina6106@mail.ru

Oleg Yu. Zhigunov², candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of wild flora and herbaceous plant introduction, ORCID 0000-0003-1159-146X, AuthorID 156533; +7 (347) 286-12-55, zhigunov2007@yandex.ru

¹ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

² South-Ural Botanical Garden-Institute – Sub-division of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Эффективность профилактики респираторных инфекций у сельскохозяйственной птицы с применением кормовых природных адаптогенов отечественного производства

В. М. Усевич[✉], М. Н. Дрозд¹

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: vus5@yandex.ru

Аннотация. Современные технологии в птицеводстве диктуют непрерывный поиск эффективных средств, профилактики инфекционных и незаразных болезней сельскохозяйственной птицы. В связи с этим было проведено исследование с применением минеральных адаптогенов отечественного производства с целью определения их эффективности в профилактике инфекционных болезней органов дыхания у бройлеров. Задачами исследования были определение профилактического эффекта минеральных адаптогенов в сохранности поголовья, качества откорма бройлеров, структуру заболеваемости на фоне приема адаптогенов и профилактике инфекционных болезней птиц, а также изучить макро- и микроструктуру органов дыхания на фоне скармливания различных минеральных адаптогенов отечественного производства. **Методы.** Исследования проведены с использованием общепринятых зоотехнических, патоморфологических, гистологических и статистических методов. **Результаты.** Определена структура заболеваемости и падежа бройлеров в хозяйстве с применением различных минеральных адаптогенов и без них. Описаны изменения в организме бройлеров при использовании разных минеральных адаптогенов. Описаны микроскопические изменения на уровне тканей и клеток в легких. При использовании разных минеральных адаптогенов ткань легких была более морфологически зрелой и находилась в функционально активном состоянии, а в контрольной группе наблюдались воспалительные, дистрофические и некротические процессы. Проведенные исследования убедительно доказывают влияние минеральных адаптогенов на повышение естественной резистентности и его органопротективные свойства. **Научная новизна.** Впервые в условиях производственного опыта дана оценка эффективного влияния разных минеральных адаптогенов на откорм бройлеров. Дана оценка макро- и микроскопического исследования трахеи, легких. В результате проведенных исследований был доказан профилактический эффект в отношении инфекционных болезней органов дыхания и органопротективный эффект от скармливания минеральных адаптогенов разных отечественных производителей.

Ключевые слова: адаптогены, гистология, органы дыхания, качество откорма, инфекционные болезни птиц, лечение, профилактика, патоморфология.

Для цитирования: Усевич В. М., Дрозд М. Н. Эффективность профилактики респираторных инфекций у сельскохозяйственной птицы с применением кормовых природных адаптогенов отечественного производства // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 59–71. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-59-71.

Дата поступления статьи: 02.11.2021, **дата рецензирования:** 12.11.2021, **дата принятия:** 22.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В настоящее время в птицеводстве различают заболевания заразного и незаразного происхождения, сопровождающиеся респираторным синдромом, при этом основные инфекционные заболевания, сопровождающиеся респираторным синдромом, успешно профилактируются с помощью плановой вакцинации цыплят в строго определенное время. К таким заболеваниям относят инфекционный брон-

хит кур, микоплазмоз, болезнь Ньюкасла, инфекционный ларинготрахеит птиц, псевдомоноз, оспу птиц, птичий грипп, пастереллез. К незаразным болезням относят заболевания, связанные с развитием воспалительного процесса, осложненного развитием факультативной микрофлоры в органах дыхания.

Использование вакцин в профилактике инфекционных заболеваний, сопровождающихся респи-

раторным синдромом, у бройлеров давно доказано и эффективно. Поиск эффективных средств профилактики респираторного синдрома различного происхождения является актуальной задачей настоящего времени, так как птицу необходимо не только защищать от инфекционных болезней, но и ослаблять влияние факторов снижающих резистентность организма птицы. Поэтому поиск эффективных средств, оказывающих адаптивное действие на организм птиц, относится к основным задачам ветеринарной науки.

Применение минеральных добавок в птицеводстве в основном направлено на использование их как источника основных макроэлементов – кальция и фосфора – и некоторых микроэлементов, а также как источник энтеросорбентов, связывающий токсические продукты, поступающие с кормами (микотоксины, соли тяжелых металлов), и как вспомогательное средство при микотоксикозах.

Ранее уже отмечалось, что минеральные кормовые добавки оказывают влияние на нормализацию обменных процессов и восстанавливают обмен основных минеральных веществ, позитивно влияют на развитие костной системы и профилактику костно-суставной патологии. Также ранее описывали заметный энтеросорбционный эффект использования минеральных добавок природного происхождения [1]. В ранее проведенных исследованиях отмечали повышение естественной резистентности у птицы [2–5], в связи с чем минеральные подкормки целесообразно отнести к группе минеральных адаптогенов.

В современных научных статьях отводится значительное место влиянию адаптогенов различного происхождения на неспецифический иммунитет птицы [5–8]. Во многих работах отмечали влияние адаптогенов на связывание токсинов и выведение их из организма птиц, т. к. минеральные адаптогены первоначально использовали в качестве минеральной подкормки и энтеросорбента [5–9]. Более глубокие исследования показали, что адаптогены оказывают влияние на иммунитет птицы [1–3; 7–9].

Цеолиты – минеральные адаптогены природного происхождения – являются богатым источником микро- и макроэлементов, которые позитивно влияют на обмен веществ и на процессы иммуногенеза, одновременно укрепляют опорно-двигательную систему, влияют на процесс формирования костной и хрящевой ткани [1; 2; 13–15], что важно при быстром наборе живой массы. Искусственные цеолиты содержат, кроме природных макро- и микроэлементов, искусственно введенные в их состав необходимые для организма вещества. Комплекс макро- и микроэлементов при этом имеет постоянный химический состав, в то время как природные цеолиты имеют непостоянный состав, который зависит от глубины залегания пласта при добыче цеолита [1].

Адаптогены микробного происхождения являются выраженными антагонистами патогенной и условно патогенной микрофлоры в организме цыплят-бройлеров [5–7].

Адаптогены органического происхождения содержат биологически активные вещества, представленные простыми пептидами разного строения, также стимулирующими активный иммунный ответ в организме [2; 7; 8].

Адаптогены растительного происхождения содержат витамины и биофлавоноиды, активно влияющие на неспецифический иммунитет птицы.

Комплексное применение разных адаптогенов также усиливает положительный эффект от их применения.

Соблюдение требований к условиям содержания и технологии выращивания бройлеров способно сохранить жизнь и здоровье птиц. Но современные условия содержания птицы в крупных птицеводческих хозяйствах накладывают отпечаток на состояние здоровья цыплят, сбои в работе оборудования также являются спусковым механизмом развития респираторной и другой патологии у бройлеров.

Использованные ранее адаптогены на других видах животных показали аналогичные результаты в профилактике патологии обмена веществ, а также в повышении иммунного ответа и неспецифической резистентности.

Применение адаптогенов органического происхождения у глубокостельных коров профилактировало развитие кетоза и другие нарушения функции печени у новотельных коров, а также развитие ранней постнатальной патологии у новорожденных телят. При скармливании коровам кормов низкого санитарного качества также назначали минеральные и органические адаптогены, которые оказывали положительное сорбционное действие на энтеротоксины в организме коров и способствовали улучшению качества молока и увеличению количества получаемой молочной продукции [11–13].

Часто адаптогены назначают как источник макро- и микроэлементов, а также как энтеросорбент для профилактики микотоксикозов [5–7]. В доступной литературе мы не встретили информации о протективном действии адаптогенов на состояние органов дыхания, несмотря на то что при большой скученности бройлеров и сбоях в работе вентиляции наблюдаются массовые заболевания и отход птицы.

В связи с этим целью исследования было определение эффективности различных минеральных адаптогенов в качестве профилактического средства инфекционных болезней органов дыхания у птицы.

Задачи исследования:

– дать сравнительную оценку влияния различных минеральных адаптогенов на усвоение корма

и повышение живой массы бройлеров в период откорма;

- оценить влияние различных минеральных адаптогенов на заболеваемость бройлеров и структуру заболеваемости по результатам патологоанатомического вскрытия;

- определить частоту встречаемости патологии органов дыхания на фоне проводимой на предприятии вакцинации;

- определить патоморфологические изменения в органах дыхания при использовании различных минеральных адаптогенов.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили на птицеводческом предприятии мясного направления Свердловской области, в лаборатории кафедры инфекционной и незаразной патологии Уральского государственного аграрного университета, гистологические исследования проводили в патоморфологической лаборатории Екатеринбургского кардиоцентра.

Для производственного опыта по принципу аналогов подбирали три группы суточных цыплят кросса Arbog Acres по 2000 голов в каждой. Перед началом исследования суточных цыплят рандомно взвешивали (из каждой группы по 50 голов – по 25 голов петушков и курочек), проводили тотальный клинический осмотр, удаляли цыплят с уродствами. В течение всего периода исследования технологический процесс содержания, кормления и водопоя был одинаковым. Схема профилактических мероприятий соблюдалась и была идентичной. Кормление производилось готовыми кормами Бог-

дановичского комбикормового завода по рецептуре в соответствии с возрастом птицы. Ежедневно проводили органолептический контроль микроклимата в птичниках, следили за работой вентиляции, скоростью движения воздуха и наличием вредных газов аммиака, сероводорода, углекислого газа. Следили за питьевым режимом. Контрольная группа получала только кормовые и витаминно-минеральные добавки по схеме хозяйства. Первая опытная группа, кроме аналогичных добавок по схеме хозяйства, дополнительно получала минеральный адаптоген (искусственный цеолит) – кормовую минеральную добавку «БШ-ВИТ» (ООО «Сорбент-К», Россия), содержащую более 30 минералов, с кормом путем перемешивания из расчета 2 г на голову. Вторая опытная группа к схеме кормления, принятой в хозяйстве, получала природный цеолит в смеси с торфосапропелевым концентратом. Кормовая добавка, содержащая 20 минералов в природном цеолите в более низкой концентрации, чем искусственный цеолит (КМД «БШ-ВИТ»), но обогащенная гуминовыми, фульво- и аминокислотами торфосапропелевого концентрата (ООО «ГидроИнТех» Россия), давалась путем перемешивания с кормом из расчета 2 г на голову (таблица 1).

В течение всего периода исследования регулярно каждые 7 дней рандомно проводили контроль увеличения живой массы бройлеров, полученные данные фиксировали в дневнике наблюдений. Затем рассчитывали среднесуточные привесы и заносили в таблицы. Кроме этого, рассчитывали показатели конверсии и усвоения корма.

Таблица 1
Схема опыта

Группы	Кормовые и витаминно-минеральные добавки по схеме хозяйства	Минеральный адаптоген (искусственный цеолит) с кормом	Природный цеолит, обогащенный торфосапропелевым концентратом
Контрольная, n = 2000	+	–	–
1-я опытная, n = 2000	+	+	–
2-я опытная, n = 2000	+	–	+

Table 1
Scheme of experience

Groups	Feed and vitamin and mineral supplements according to the farm scheme	Mineral adaptogen (artificial zeolite) with feed	Natural zeolite enriched with peat sapropel concentrate
Control, n = 2000	+	–	–
1 st experienced, n = 2000	+	+	–
2 nd experienced, n = 2000	+	–	+

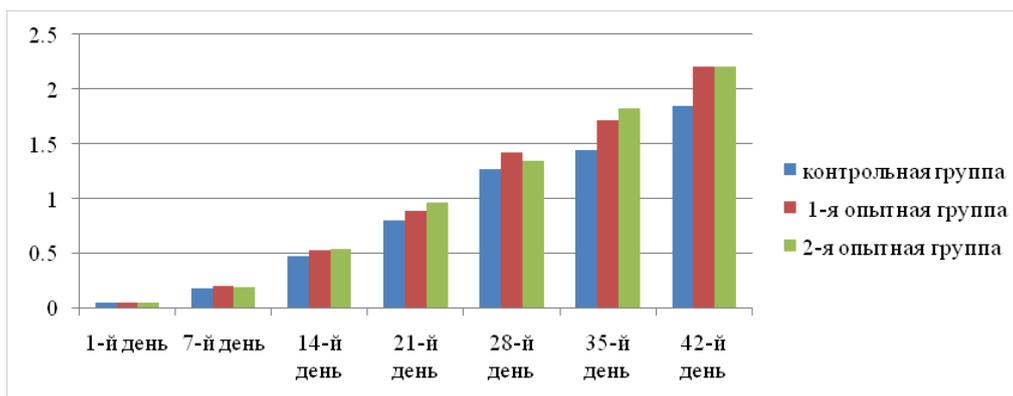


Рис. 1. Динамика прироста живой массы по группам, г

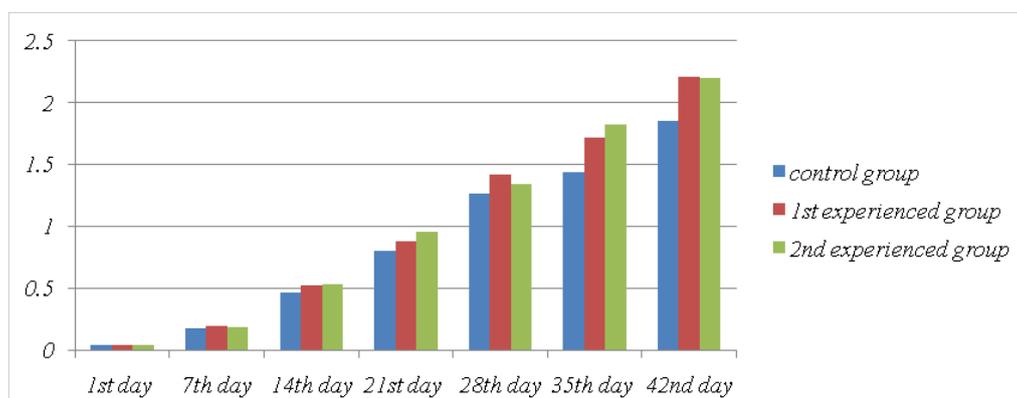


Fig. 1. Dynamics of live weight gain by groups, g

Таблица 2

Динамика увеличения живой массы у бройлеров в период производственного опыта

Дни исследования	Контрольная, n = 50	1-я опытная группа, n = 50		2-я опытная группа, n = 50	
		г	%	г	%
1	0,045 ± 0,003	0,045 ± 0,003	0	0,045 ± 0,003	0
7	0,181 ± 0,013	0,201 ± 0,008	11,0	0,190 ± 0,005	5,0
14	0,467 ± 0,023	0,527 ± 0,018	12,8	0,536 ± 0,009	14,8
21	0,801 ± 0,010	0,884 ± 0,011	10,4	0,957 ± 0,009*	19,5
28	1,264 ± 0,012	1,420 ± 0,016	12,3	1,345 ± 0,005	6,4
35	1,439 ± 0,024	1,712 ± 0,005**	19,0	1,818 ± 0,003**	26,3
42	1,848 ± 0,015	2,208 ± 0,003*	19,5	2,202 ± 0,003*	19,2

*P ≤ 0,05; **P ≤ 0,01.

Table 2

Dynamics of the increase in live weight in broilers during the production experience

Research days	Control, n = 50	1 st experienced group, n = 50		2 nd experienced group, n = 50	
		g	%	g	%
1	0.045 ± 0.003	0.045 ± 0.003	0	0.045 ± 0.003	0
7	0.181 ± 0.013	0.201 ± 0.008	11.0	0.190 ± 0.005	5.0
14	0.467 ± 0.023	0.527 ± 0.018	12.8	0.536 ± 0.009	14.8
21	0.801 ± 0.010	0.884 ± 0.011	10.4	0.957 ± 0.009*	19.5
28	1.264 ± 0.012	1.420 ± 0.016	12.3	1.345 ± 0.005	6.4
35	1.439 ± 0.024	1.712 ± 0.005**	19.0	1.818 ± 0.003**	26.3
42	1.848 ± 0.015	2.208 ± 0.003*	19.5	2.202 ± 0.003*	19.2

*P ≤ 0.05; **P ≤ 0.01.

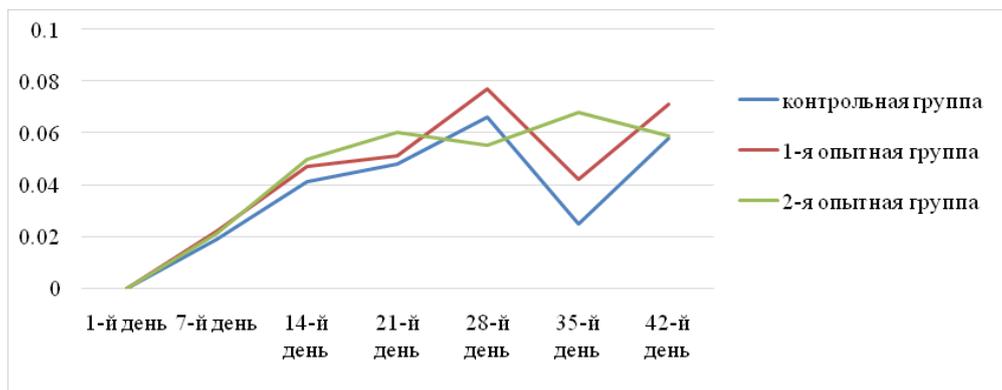


Рис. 2. Динамика роста среднесуточных привесов по группам, г

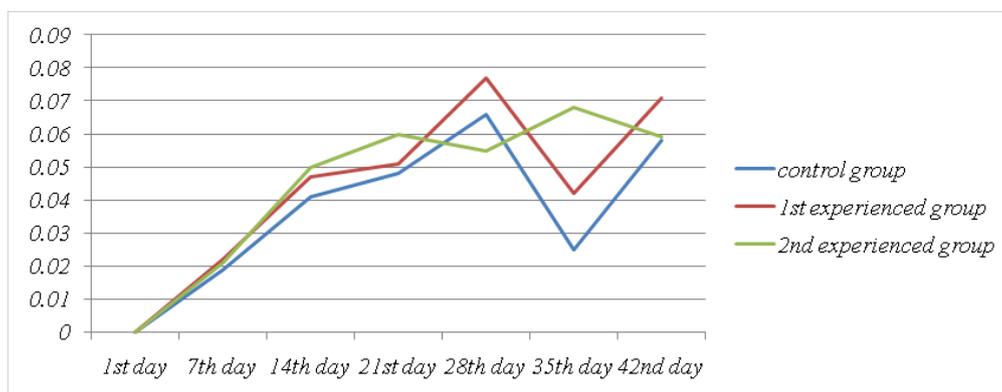


Fig. 2. Dynamics of growth of average daily weight gain by groups, g

После ежедневного клинического осмотра убивали павших цыплят и проводили патологоанатомическое вскрытие трупов, описывали изменения, особое внимание обращали на состояние органов дыхания, проводили фотофиксацию. Павшую птицу вскрывали и отбирали патматериал для гистологического исследования. Отобранный материал фиксировали, обезвоживали в спиртах, заливали в парафин, готовили гистосрезы и окрашивали гематоксилином и эозином. Все этапы гистологического исследования проводились с использованием общепринятых методик.

Для приготовления гистологических срезов использовали роторный микротом HM-450 Microm. Полученные гистологические срезы просматривали в световом микроскопе Микромед-1Р и фотофиксацию осуществляли фотокамерой Levenhuk Series C 300. Полученный цифровой материал подвергался статистической обработке.

Результаты (Results)

В результате проведенных исследований было установлено, что бройлеры, получавшие дополнительно к основному рациону и добавкам, используемым в хозяйстве, различные минеральные адаптогены, лучше переваривали и усваивали корм, что отражалось в увеличении живой массы при каждом взвешивании.

Соответственно, среднесуточные привесы также были выше в опытных группах (таблица 2), что

также хорошо видно на рис. 2. При анализе результатов взвешивания цыплята при скормлении адаптогенов опережали по живой массе сверстников из контрольной группы. На рис. 1 представлена динамика откорма цыплят-бройлеров с оценкой изменения массы тела. В опытных группах показатели роста и развития в сравнении с контрольной группой были заметно лучше. В конце откорма масса тела бройлеров в опытных группах достоверно превышала живую массу от бройлеров контрольной группы, кроме того, убойный выход был выше.

При оценке равномерности набора живой массы можно заметить волнообразные изменения, вероятно, связанные с физиологическими перестройками в организме птицы (рис. 1, 2).

Период спада (провала) в наборе массы можно объяснить тем, что с 14-го дня идет смена рациона со стартового на ростовой и одновременно по технологии совпадает с вакцинацией от инфекционного бронхита кур. Период с 17-го по 24-й день совпадает с вакцинацией против инфекционной бурсальной болезни, со сменой рациона с ростового на финишный и, соответственно, с отменой антибиотиков. После этого заметен достоверный резкий набор массы тела у бройлеров в опытных группах.

При изучении параметров микроклимата в птичнике в течение всего периода исследования отмечали недостатки в работе вентиляции, снижение скорости движения воздуха, повышение влажности

воздуха и концентрации вредных газов (аммиака, сероводорода и углекислого газа). Кроме того, в отдельные дни температура воздуха внутри птичника также несколько превышала максимально допустимые значения.

При ежедневном клиническом осмотре убирали павших цыплят и проводили патологоанатомическое вскрытие. При макроскопическом исследовании определяли причину падежа, а в конце опыта – структуру заболеваемости и падежа птицы, а также изменения в сохранности поголовья при использовании минерального адаптогена (искусственного цеолита) и в группе, получавшей природный цеолит, обогащенный торфосапропелевым концентратом (таблица 3, рис. 3, 4). Кроме того, при проведении исследований инфекционные заболевания органов дыхания у бройлеров отсутствовали.

При оценке сохранности поголовья при использовании минерального адаптогена из таблицы 3 видно, что в 1-й опытной группе сохранность птицы повысилась на 11,3 %, а во 2-й опытной группе – на 11,2 % (рис. 3).

По количеству павших цыплят за весь период исследования в опытных группах пало в 3,7 раза меньше, чем в контрольной группе.

При исследовании на инфекционные болезни результат был отрицательным. При оценке структуры падежа при использовании минерального адаптогена видно, что воспалительные заболевания органов дыхания возникают реже в опытных группах, чем в контрольной.

К асфиксии, связанной с нарушениями вентиляции и повышенной загазованности вредными газами, были менее чувствительны бройлеры опытных групп в 2,4 раза по сравнению с контрольной группой.

Снизилось количество заболеваний органов пищеварения в опытных группах в 1,5 раза по сравнению с контрольной.

По заболеваемости колибактериозом в опытных группах также заметно снижение в 7,7 раза.

По всем незаразным болезням отмечали снижение заболеваемости в опытных группах по сравнению с контрольной.

Таблица 3
Сохранность поголовья и причины падежа бройлеров

Причины падежа	Контрольная, n = 2000		1-я опытная, n = 2000		2-я опытная, n = 2000	
	Голов	%	Голов	%	Голов	%
Аэросаккулит	30	1,5	12	0,6	12	0,6
Асфиксия	26	1,3	5	0,25	5	0,25
Бол. орг. дых.	35	1,75	19	0,75	15	0,95
Гепатит	76	3,8	1	0,05	1	0,05
Перитонит	18	0,9	2	0,1	2	0,1
Бол.орг. пищ.	45	2,25	29	1,45	35	1,75
Дистрофия	40	2	3	0,15	3	0,15
Обезвоживание	17	0,85	8	0,4	8	0,4
Колибактериоз	23	1,15	5	0,25	5	0,25
Всего пало	310	15,5	84	4,2	86	4,3
Сохранность, %	84,5	–	95,8	–	95,7	–

Table 3
The safety of livestock and the causes of the death of broilers

Causes of the case	Control, n = 2000		1 st experienced, n = 2000		2 nd experienced, n = 2000	
	Heads	%	Heads	%	Heads	%
<i>Aerosacculite</i>	30	1.5	12	0.6	12	0.6
<i>Asphyxia</i>	26	1.3	5	0.25	5	0.25
<i>Respiratory diseases</i>	35	1.75	19	0.75	15	0.95
<i>Hepatitis</i>	76	3.8	1	0.05	1	0.05
<i>Peritonitis</i>	18	0.9	2	0.1	2	0.1
<i>Diseases of the digestive system</i>	45	2.25	29	1.45	35	1.75
<i>Dystrophy</i>	40	2	3	0.15	3	0.15
<i>Dehydration</i>	17	0.85	8	0.4	8	0.4
<i>Colibacteriosis</i>	23	1.15	5	0.25	5	0.25
Everything has fallen	310	15.5	84	4.2	86	4.3
<i>Safety, %</i>	84.5	–	95.8	–	95.7	–

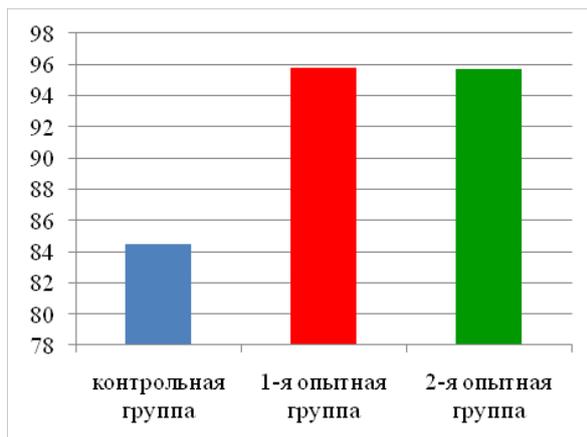


Рис. 3. Сохранность поголовья цыплят-бройлеров в опыте

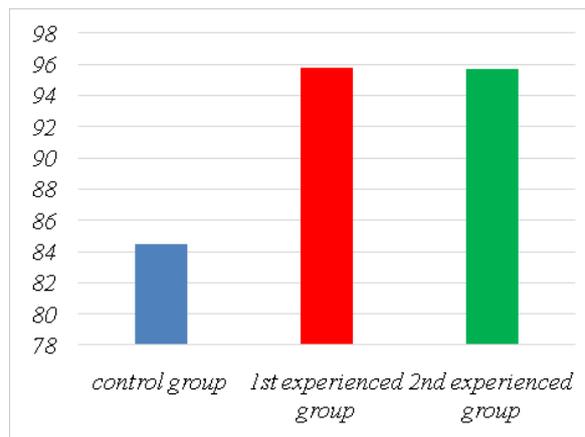


Fig. 3. Safety of broiler chickens in the experiment

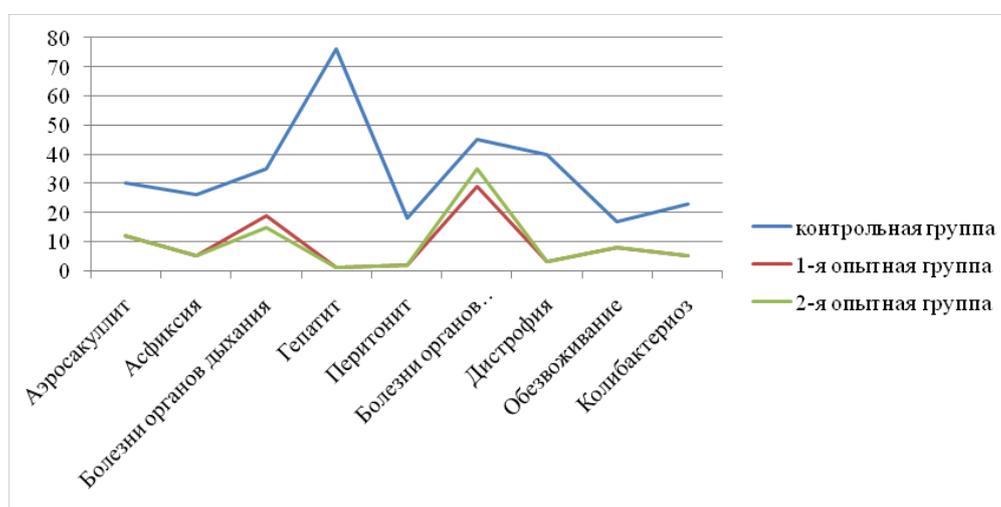


Рис. 4. Количество (гол.) павших бройлеров в зависимости от причины, по группам

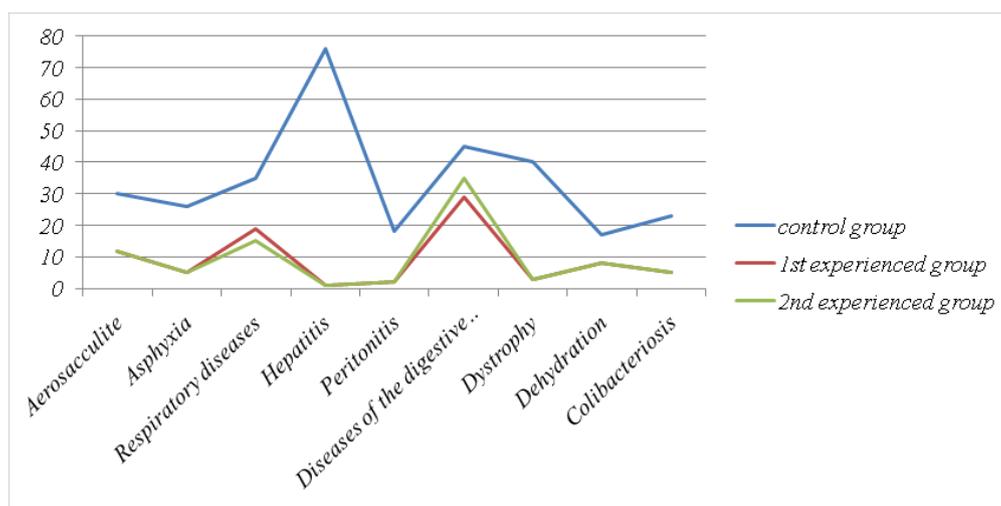


Fig. 4. The number (heads) of fallen broilers, depending on the cause, by groups

В целом падеж по сравнению с контролем в опытных группах был ниже в 3,7 раза.

Структура заболеваемости в контрольной группе (рис. 5), при использовании минерального адап-тогена (искусственного цеолита) (рис. 6) и природного цеолита, обогащенного торфосапропелевым концентратом, представлена на рис. 7.

При патологоанатомическом вскрытии при макроскопическом исследовании чаще всего выявля-ли поражения трахеи, реже – поражения легких и воспаления воздухоносных мешков. Патологиче-ские поражения дыхательной системы у бройлеров (рис. 8–10).

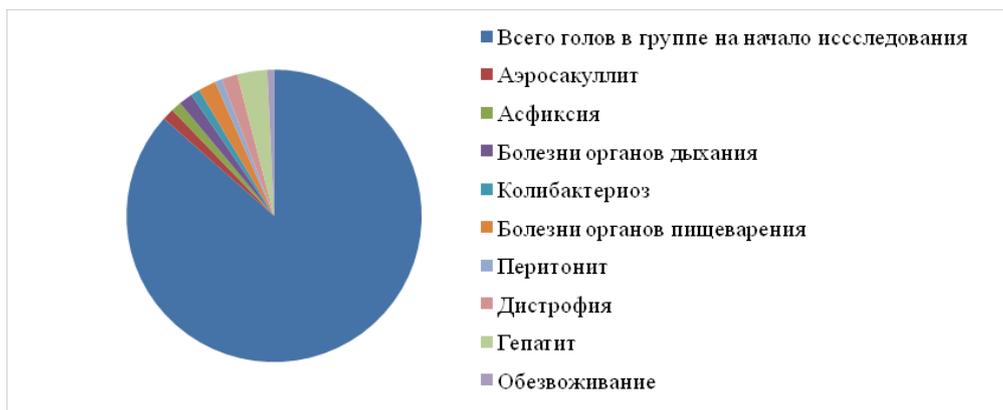


Рис. 5. Структура заболеваемости и падежа бройлеров контрольной группы

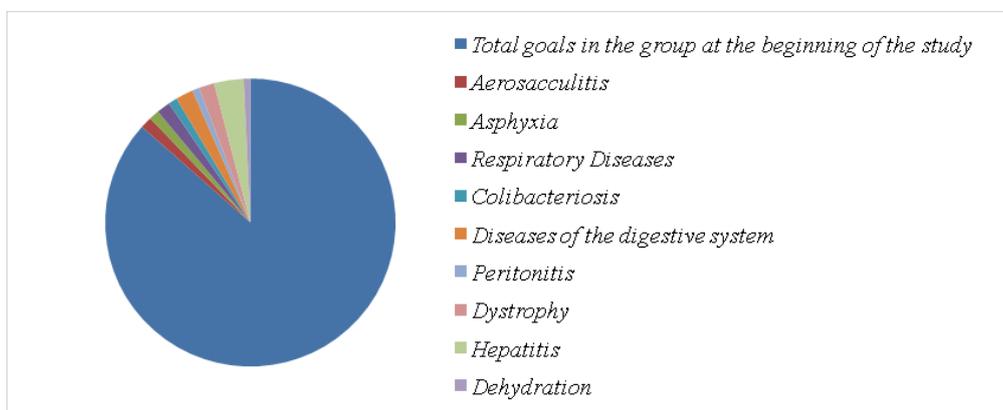


Fig. 5. Structure of morbidity and mortality of broilers of the control group

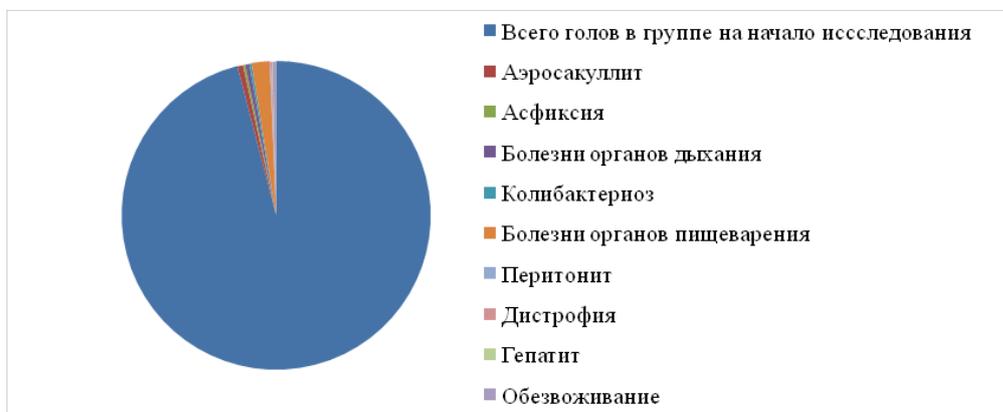


Рис. 6. Структура заболеваемости и падежа бройлеров 1-й опытной группы

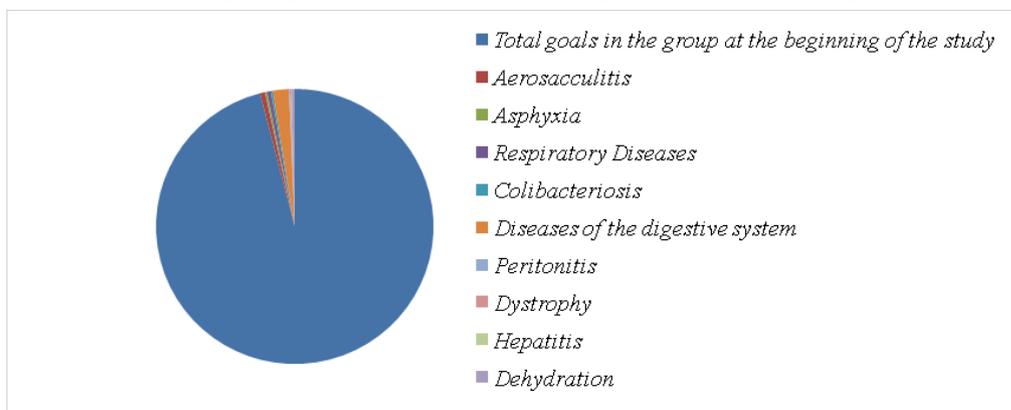


Fig. 6. The structure of morbidity and mortality of broilers of the 1st experimental group

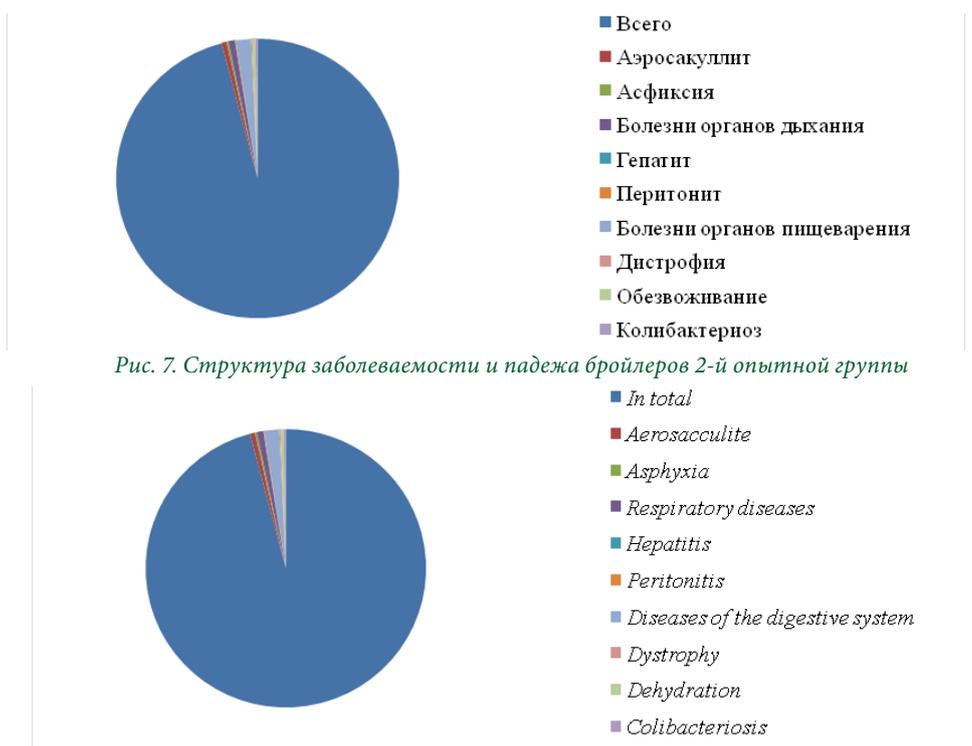


Рис. 7. Структура заболеваемости и падежа бройлеров 2-й опытной группы

Fig. 7. Structure of morbidity and mortality of broilers of the 2nd experimental group

Качественная оценка патологоанатомических изменений в органах дыхания у бройлеров опытных групп показала, что поражения легких были незначительными (рис. 12) по сравнению с контрольной. У большинства павших бройлеров из контрольной группы наблюдали отложения фибрина в трахее и бронхах (рис. 8), скопление экссудата и развитие аэросаккуллита (рис. 10), застойную гиперемию и отек легких (рис. 9), реже плевропневмонию. Также при гистологическом исследовании патоморфологические изменения на клеточном уровне отмечались в незначительной степени у цыплят опытной группы, более грубые изменения мы наблюдали у цыплят контрольной группы. При гистологическом исследовании макроскопически неизмененных легких чаще всего обнаруживали альвеолит, микробронхит или перибронхит, периваскулярные и перибронхиальные отеки, в ткани легкого отмечали лимфоидноклеточные инфильтраты и отложение гемосидерина (рис. 11).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ проведенных исследований по оценке протективной эффективности различных минеральных адаптогенов в профилактике инфекционных болезней органов дыхания у бройлеров показал, что происходит улучшение качества откорма на 19,5 % и 19,8 % в сравнении с контрольной группой. По структуре причин падежа птицы в опытных группах уменьшилось количество павших из-за заболеваний органов дыхания; по причине асфиксии, связанной с нарушениями микроклимата в контрольной группе пало в 2,5 раза больше цыплят.

При анализе причин падежа практически по всем заболеваниям, вызвавшим падеж птицы, снизилась смертность по сравнению с контролем. При анализе данных патологоанатомического вскрытия отметили менее выраженные изменения внутренних органов у павших бройлеров опытных групп, чем у птиц контрольной группы. Аналогичные изменения были отмечены при гистологическом исследовании легких у бройлеров обеих опытных групп, они имели менее выраженные патоморфологические изменения. Эти результаты согласуются с ранее полученными данными по исследованию адаптогенов в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии на лабораторных животных.

Проведя анализ полученных данных, можно сделать выводы:

1. При нарушениях микроклимата в птичниках отмечали увеличение падежа птицы по причине асфиксии, при этом в опытных группах падеж был ниже, чем в контрольной группе, где птица не получала адаптогены.

2. При использовании разных адаптогенов повышается конверсия корма и цыплята-бройлеры интенсивнее набирают живую массу: в опытных группах на 19,5 % и 19,8 % больше, чем в контрольной.

3. При анализе падежа и результатов патологоанатомического вскрытия бройлеров, получавших адаптогены, снизилось количество павших: в 1-й опытной группе – на 11,3 %, а во второй – на 11,2 %.

4. При патоморфологической оценке болезней органов дыхания выявленная патология была связана с нарушениями микроклимата в птичниках.



Рис. 8. Трахеит
Fig. 8. Tracheitis



Рис. 9. Пневмония
Fig. 9. Pneumonia



Рис. 10. Аэросаккулит
Fig. 10. Aerosacculite

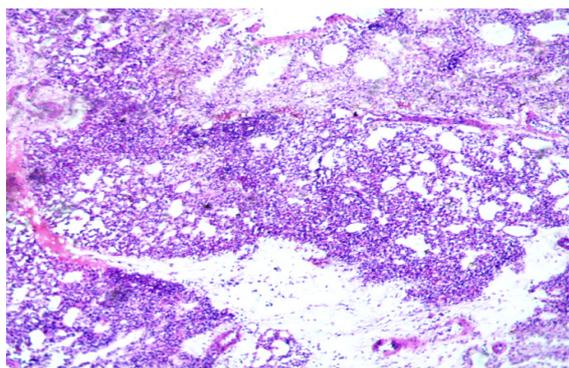


Рис. 11. Контрольная группа. Микроструктура легких. Участки с лимфоидноклеточной инфильтрацией. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 100$

Fig. 11. Control group. The microstructure of the lungs. Areas with lymphoid cell infiltration. Staining by hematoxylin and eosin. Magnification lens $\times 100$

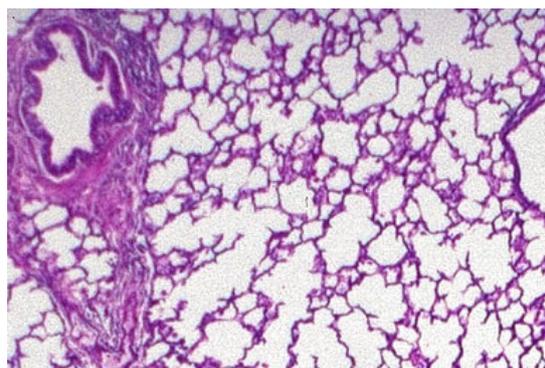


Рис. 12. Опытная группа. Микроструктура легких. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 100$

Fig. 12. The experimental group. The microstructure of the lungs. Staining by hematoxylin and eosin. Magnification lens $\times 100$

5. При проведении патоморфологического и гистологического исследования у павших цыплят-бройлеров отмечали изменения со стороны органов дыхания, но степень их выраженности была разной: грубые изменения отмечали от бройлеров кон-

трольной группы и менее выраженные изменения – от бройлеров опытной группы, что свидетельствует об органопротективной эффективности использования минерального адаптогена при заболеваниях органов дыхания у птицы.

Библиографический список

1. Лавренова Д. О., Усевич В. М. Влияние ПМКД на профилактику заболеваний суставов у цыплят-бройлеров // Молодежь и наука. 2016. № 11. С. 9.
2. Дрозд М. Н., Усевич В. М. Морфологическая оценка эффективности кормовой минеральной добавки в профилактике болезней органов пищеварения в период активного роста у цыплят-бройлеров // «Разработка отечественных ветеринарных препаратов и способов профилактики и лечения заболеваний сельскохозяйственных животных и птиц»: сборник материалов международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 2018. С. 116-121. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-206-03-53-66.
3. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcherikova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
4. Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // Haryana Veterinarian. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
5. Abbasnia M., Mosleh N., Dadras H., Rezaeinzadeh Gh., Boroomand Z. Effect of different herbal preparations on experimental viral respiratory complex of broilers: clinical, pathological and ciliary activity // Journal of Herbmed Pharmacology. 2020. No. 9 (3). Pp. 277–285. DOI: 10.34172/jhp.2020.35.
6. Беспмятных Е. Н., Кривоногова А. С., Донник И. М., Исаева А. Г. Подходы к коррекции иммунологического профиля животных // Ветеринария Кубани. 2018. № 5. С. 10–13.
7. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.

8. Галиев Д. М., Шацких Е. В. Влияние кормовой добавки БШ на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 33–37.
9. Шацких Е. В., Галиев Д. М. Минеральный сорбент в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2018. № 11-12. С. 45–49.
10. Донник И. М., Неверова О. П., Горелик О. В. Качество молозива и сохранность телят в условиях использования природных энтеросорбентов // Аграрный вестник Урала. 2016. № 7 (149). С. 4–8.
11. Бодрова О. С., Донник И. М. Применение иммуномодулирующих препаратов к сухим и сухостойным коровам с тяжелым иммунодефицитом // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2016. № 2. С. 48–59.
12. Шацких Е. В., Латыпова Е. Н., Несват Е. Г., Кобурнеев И. В. Использование антистрессовых препаратов в яичном птицеводстве: монография. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2016. 202 с.
13. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // Czech Journal of Animal Science. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
14. Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // Veterinary Immunology and Immunopathology. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41. DOI: 10.1016/j.vetimm.2016.06.002.
15. Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G.M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – A review // International Journal of Pharmacology. 2015. No. 11. Pp. 152–176.

Об авторах:

Вера Михайловна Усевич¹, доцент, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0002-538992-77, AuthorID 654193; +7 904 542-52-25, vus5@yandex.ru

Марья Николаевна Дрозд¹, ассистент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

Effectiveness of prevention of respiratory infections in poultry with the use of natural feed adaptogens of domestic production

V. M. Usevich¹✉, M. N. Drozd¹

¹ Ural State University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: vus5@yandex.ru

Abstract. Modern conditions of poultry farming dictate a continuous search for effective means that increase the natural resistance of the organism of poultry. In this regard, a study was conducted using mineral adaptogens of domestic production **in order to** determine its effectiveness of adaptogens of different origin of domestic production in the prevention of infectious respiratory diseases in broilers. The objectives of the study were: to determine the preventive effect of mineral adaptogens in the safety of livestock, the quality of broiler fattening, the structure of morbidity against the background of taking adaptogens and the prevention of infectious diseases of birds, as well as the morphostructure of the respiratory organs. **Methods.** The studies were carried out using generally accepted zootechnical, pathomorphological, histological and statistical methods. **Results.** The changes in the body of broilers with the use of various mineral adaptogens are described. Microscopic changes at the level of tissues and cells in the lungs are described. During histological studies, the structure of cells and tissues, with the use of various mineral adaptogens, was more morphologically mature and was in a functionally active state, and inflammatory, dystrophic and necrotic processes were observed in the control group. The conducted studies convincingly prove the influence of mineral adaptogens on the increase of natural resistance and its organoprotective properties. **Scientific novelty.** For the first time in terms of production experience, an assessment of the effective effect

of various mineral adaptogens on the fattening of broilers is given. The assessment of macro- and microscopic examination of the trachea and lungs is given. As a result of the conducted studies, the preventive effect against infectious diseases of the respiratory system and the organoprotective effect of feeding mineral adaptogens from various domestic manufacturers were proved.

Keywords: adaptogens, histology, respiratory organs, fattening quality, infectious diseases of birds, treatment, prevention, pathomorphology.

For citation: Usevich V. M., Drozd M. N. Effektivnost' profilaktiki respiratornykh infektsiy u sel'skokhozyaystvennoy ptitsy s primeneniem kormovykh prirodnykh adaptogenov otechestvennogo proizvodstva [Effectiveness of prevention of respiratory infections in poultry with the use of natural feed adaptogens of domestic production] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 59–71. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-59-71. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.11.2021, **date of review:** 12.11.2021, **date of acceptance:** 22.11.2021.

References

1. Lavrenova D. O., Usevich V. M. Vliyanie PMKD na profilaktiku zabolevaniy sustavov u tsyplyat-broylerov [The effect of MCD on the prevention of joint diseases in broiler chickens] // Molodezh' i nauka. 2016. No. 11. P. 9. (In Russian.)
2. Drozd M. N., Usevich V. M. Morfologicheskaya otsenka effektivnosti kormovoy mineral'noy dobavki v profilaktike bolezney organov pishchevareniya v period aktivnogo rosta u tsyplyat-broylerov [Morphological evaluation of the effectiveness of a feed mineral supplement in the prevention of diseases of the digestive system during the period of active growth in broiler chickens] // Razrabotka otechestvennykh veterinarnykh preparatov i sposobov profilaktiki i lecheniya zabolevaniy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 2018. Pp. 116–121. (In Russian.)
3. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
4. Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // Haryana Veterinarian. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
5. Abbasnia M., Mosleh N., Dadras H., Rezaeinzadeh Gh., Boroomand Z. Effect of different herbal preparations on experimental viral respiratory complex of broilers: clinical, pathological and ciliary activity // Journal of Herbmед Pharmacology. 2020. No. 9 (3). Pp. 277–285. DOI: 10.34172/jhp.2020.35.
6. Bespamyatnykh E. N., Krivonogova A. S., Donnik I. M., Isaeva A. G. Podkhody k korrektsii immunobiologicheskogo profilya zhivotnykh [Approaches to correction of the immunobiological profile of animals] // Veterinariya Kubani. 2018. No. 5. Pp. 10–13. (In Russian.)
7. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.
8. Galiev D. M., Shatskikh E. V. Vliyanie kormovoy dobavki BSh na myasnuyu produktivnost' tsyplyat-broylerov [The effect of the BS feed additive on the meat productivity of broiler chickens] // Proizvodstvo plemennoy produktsii (materiala) po napravleniyam otechestvennogo plemennogo zhivotnovodstva na osnove uskorennoy selektsii: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK". Ekaterinburg, 2018. Pp. 33–37. (In Russian.)
9. Shatskikh E. V., Galiev D. M. Mineral'nyy sorbent v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Mineral sorbent in compound feeds for broiler chickens] // Ptitsevodstvo. 2018. No. 11-12. Pp. 45–49. (In Russian.)
10. Donnik I. M., Neverova O. P., Gorelik O. V. Kachestvo moloziva i sokhrannost' telyat v usloviyakh ispol'zovaniya prirodnykh enterosorbentov [The quality of colostrum and the safety of calves under the conditions of using natural enterosorbents] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 7 (149). Pp. 4–8. (In Russian.)
11. Bodrova O. S., Donnik I. M. Primenenie immunomoduliruyushchikh preparatov k sukhim i sukhostoynym korovam s tyazhelym immunodefitsitom [Application of immunomodulatory drugs to dry and dry-resistant cows with severe immunodeficiency] // Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2016. No. 2. Pp. 48–59. (In Russian.)

12. Shatskikh E. V., Latypova E. N., Nesvat E. G., Koburneev I. V. Ispol'zovanie antistressovykh preparatov v yaichnom pitsevodstve: monografiya [The use of anti-stress drugs in egg poultry farming: monograph]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2016. 202 p. (In Russian.)

13. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // Czech Journal of Animal Science. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.

14. Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // Veterinary Immunology and Immunopathology. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41. DOI: 10.1016/j.vetimm.2016.06.002.

15. Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G. M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – Are-view // International Journal of Pharmacology. 2015. No. 11. Pp. 152–176.

Authors' information:

Vera M. Usevich¹, associate professor, candidate of veterinary sciences, associate professor of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0002-538992-77; AuthorID 654193; +7 904 542-52-25, vus5@yandex.ru

Marya N. Drozd¹, assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

¹ Ural State University, Ekaterinburg, Russia

Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома

Е. В. Шейда^{1, 2}✉

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

²Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

✉E-mail: elena-shejda@mail.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на изучение таксономического состава микробиоты рубца и процессов ферментации *in vitro* в ответ на добавление растительного жира отдельно и комплексе с ультрадисперсными частицами Cr₂O₃ в рацион жвачных животных. **Методология и методы.** Контрольный рацион без добавления масла был представлен отрубями пшеничными, а опытные дополнялись только подсолнечным маслом (3 %) или подсолнечным маслом (3 %) с дополнительным введением УДЧ Cr₂O₃ в дозировке 0,2 мг/кг СВ. Были определены переваримость СВ в рубце, конечные продукты ферментации (летучие жирные кислоты, обмен азота) и таксономический состав микробиома рубца. Исследования проводили методом *in vitro* с помощью установки-инкубатора ANKOM DaisyII по специализированной методике, уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота – по ГОСТ 26180-84. Микробное биоразнообразие содержимого рубца проводили с помощью MiSeq (Illumina, США) методом секвенирования нового поколения (NGS) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle). **Результаты и практическая значимость.** Применение добавок не изменяло микробное разнообразие, однако на уровне семейств выявлено повышение в группе, получавшей подсолнечное масло: Lachnospiraceae – на 9,5 %, Lentimicrobiaceae – на 0,6 % относительно контроля. Напротив, в группе с применением комплекса подсолнечное масло с УДЧ оксида хрома отмечено снижение Lachnospiraceae на 1,12 %, Succinivibrionaceae на 2,4 %. Использование в рационах молодняка крупного рогатого скота добавок растительного жира и комбинированное добавление подсолнечного масла с УДЧ Cr₂O₃ оказывают позитивное влияние на интенсивность течения обменных процессов в рубце и могут быть использованы для повышения продуктивности жвачных животных. **Научная новизна.** Впервые описаны особенности течения ферментативных процессов в рубце на фоне комбинированного использования жиров и УДЧ Cr₂O₃.

Ключевые слова: подсолнечное масло, ультрадисперсные частицы, хром, переваримость, летучие жирные кислоты, обмен азота, микробиом, рубец, жвачные.

Для цитирования: Шейда Е. В. Изучение влияния различных добавок на ферментативные процессы в рубце и таксономический состав микробиома // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82.

Дата поступления статьи: 20.01.2022, **дата рецензирования:** 31.01.2022, **дата принятия:** 08.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Для увеличения энергетической плотности рациона в корм жвачных животных дополнительно вводят жиры. Пищевые добавки с растительными маслами также могут быть использованы для коррекции микробного сообщества и процессов ферментации в рубце [7, с. 331]. Конкретные группы микроорганизмов и их взаимодействия играют ключевую роль в нескольких аспектах животноводства, включая воздействие на окружающую среду [19, с. 1–5], качество мясной и молочной продукции

[1, с. 12; 12, с. 16–20; 15, с. 8], эффективность использования кормов [3, с. 3–4], поэтому использование добавок растительных масел как отдельно, так и в комплексе с другими компонентами в кормлении молодняка крупного рогатого скота на откорме представляет большой интерес.

Изучение таксономического состава микробиома рубца при включении растительных жиров показало наличие бактериальных сообществ, принимающих участие в биогидрировании летучих жирных кислот (ЛЖК) в рубце [12, с. 621; 20, с. 11]. Другие

исследования показали, что некоторые бактериальные группы могут быть вовлечены в процессы биогидрирования, хотя интенсивность этого процесса зависит от источника липидов, поскольку токсичная природа двойной связи может различаться у разных жирных кислот [7, с. 332].

Включение пищевых добавок в рацион жвачных с целью улучшения качества продукта не должно отрицательно влиять на ключевые виды микробиома рубца, участвующие в расщеплении пищевых волокон. Известны виды, расщепляющие клетчатку (например, *Ruminococcus*), и другие доминирующие, универсальные в питании группы (например, *Prevotella*), а также следует учитывать факт, что пищевая добавка может повлиять на соотношение представителей микробного сообщества рубца [9, с. 189–196; 14, с. 14]. Баланс видов бактерий также отвечает за поддержание здорового рН в желудочно-кишечном тракте.

Существует нехватка данных о влиянии пищевых добавок с маслом на другие виды микроорганизмов, особенно те, которые играют большую роль в процессах метаболизма рубца. Часто в исследованиях, оценивающих влияние различных добавок на пищеварение в рубце, не рассматривается одновременное воздействие на деградацию рациона, процессы ферментации и изменения в ключевых видах микроорганизмов и структуре сообщества в целом.

Цель исследования – изучить дополнительное введение подсолнечного масла отдельно и в сочетании с УДЧ оксида хрома в рацион молодняка крупного рогатого скота; выяснить, как оно влияет на процессы ферментации в рубце и таксономический состав микробиома.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования является рубцовое содержимое, полученное от бычков казахской белой породы с хронической фистулой рубца средней массой 240–255 кг в возрасте 10–11 месяцев.

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями нормативных актов (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (National Academy Press, Washington, D. C., 1996).

При проведении исследований были предприняты меры, чтобы свести к минимуму страдания животных и уменьшить количество исследованных опытных образцов.

Схема эксперимента

Исследования производили методом *in vitro* с помощью установки-инкубатора ANKOM DaisyII (модификации D200 и D200I) по специализированной методике. В качестве дисперсионной среды

была выбрана дистиллированная вода. Экспериментальные исследования производили на модели бычков с фистулой рубца ($n = 3$) методом латинского квадрата.

Для исследования были приготовлены I контрольный (в качестве субстрата – пшеничные отруби) и опытные образцы: II – пшеничные отруби с добавлением подсолнечного масла в количестве 3 % от СВ рациона, III – тот же рацион что и во II, но с дополнительным введением УДЧ Cr_2O_3 в дозировке 0,2 мг/кг СВ.

В исследованиях использовали нерафинированное подсолнечное масло первичного холодного отжима, высшего сорта, ТУ 10.41.59-001-95662146-2017 (соответствует требованиям ТР ТС 024/2011. Технический регламент на масложировую продукцию). Изготовитель: ООО «Хлебодар», Россия, 461705, Оренбургская область, Асекеевский район, ст. Заглядино, ул. Элеваторная, 2. Исследуемое масло добавляли в количестве 3 % от сухого вещества (СВ) рациона путем замешивания в корм (в качестве субстрата использовали пшеничные отруби).

УДЧ частицы хрома Cr_2O_3 ($d = 91$ нм, удельная поверхность – 9 м²/г, Z-потенциал – $93 \pm 0,53$ мВ), содержали 99,8 % Cr, получены методом плазмохимического синтеза (ООО «Платина», г. Москва). Перед включением в рацион наночастицы диспергировали в физиологическом растворе с помощью ультразвукового диспергатора УЗДН-2 («НПП Академприбор», Россия) (35 кГц, 300 Вт, 10 мкА, 30 мин.).

Лабораторные исследования проводили в Испытательном центре ЦКП ФНЦ БСТ РАН: уровень летучих жирных кислот (ЛЖК) в содержимом рубца определяли методом газовой хроматографии на хроматографе газовом «Кристаллюкс-4000М», определение форм азота – по ГОСТ 26180-84.

Метагеномный анализ содержимого рубца

Микробное биоразнообразие содержимого рубца проводили с помощью MiSeq (Illumina, США) методом секвенирования нового поколения (NGS) с набором реагентов MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle) в Центре коллективного пользования научным оборудованием «Персистенция микроорганизмов» (Институт клеточного и внутриклеточного симбиоза УрО РАН, Оренбург). При выделении ДНК отобранную пробу содержимого инкубировали при +37 °С в течение 30 мин. в 300 мкл стерильного буфера для лизиса (20 mM EDTA, 1400 mM NaCl, 100 mM Tris-HCl, pH 7,5; 50 мкл раствора лизоцима в концентрации 100 мг/мл). К смеси добавляли 10 мкл протеиназы К (Thermo Fisher Scientific, Inc., США) в концентрации 10 мг/мл и SDS до конечной концентрации 1,0 % и инкубировали в течение 30 мин. при +60 °С. ДНК очищали смесью фенола и хлороформа (1:1), осаждали добавлением ацетата натрия (3 M, до 10 % по объему) и трех объемов абсолютного этанола при +20 °С в течение 4 ч.

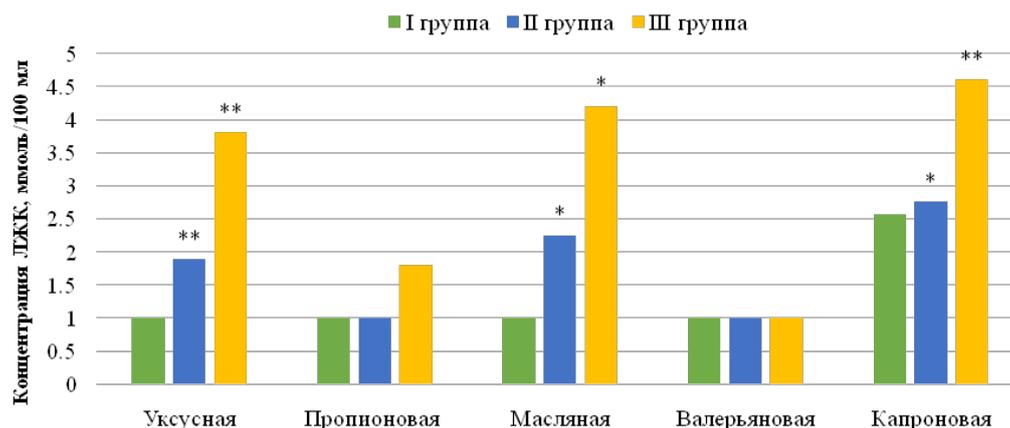


Рис. 1. Концентрация летучих жирных кислот в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и УДЧ оксида хрома, ммоль/100 мл. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

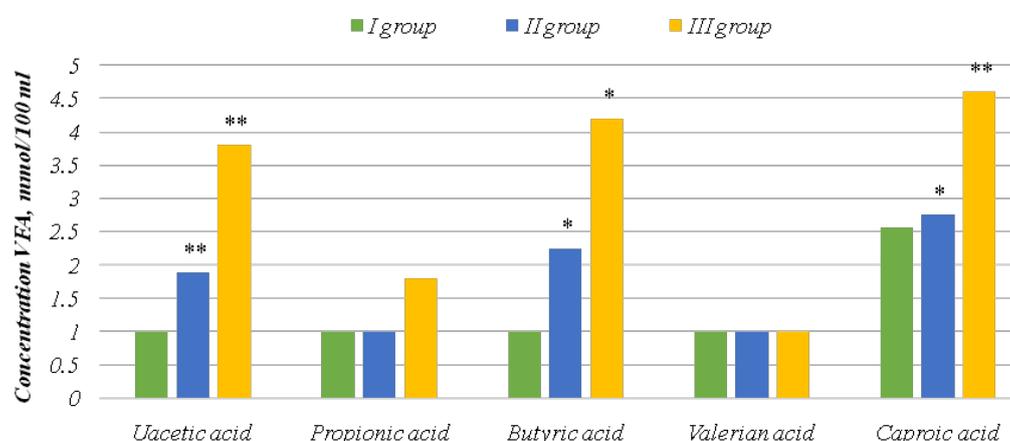


Fig. 1. Concentration of volatile fatty acids in the scar fluid with additional inclusion of fats and chromium oxide, mmol/100 ml. * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

После экстракции смесью фенол-хлороформ-изоамилового спирта (25:24:1) и хлороформ-изоамилового спирта (24:1) ДНК в водной фазе осаждали 1 М ацетатом аммония (до 10 % по объему) и трехкратным объемом безводного этанола в течение 12 ч при +20 °С. Осадок ДНК отделяли центрифугированием (12 000 об/мин, 10 мин.), дважды промывали 80-процентным этанолом, сушили и растворяли в ТЕ-буфере (1 М Tris-HCl, pH 8,0 – 1 мл, 0,5 М EDTA, pH 8,0 – 200 мкл, H₂O – до 100 мл; «Евроген», Россия). Чистоту экстракции оценивали по отрицательному контролю выделения (100 мкл автоклавированной деионизированной воды). Чистоту полученных препаратов ДНК проверяли электрофорезом в 1,5-процентном агарозном геле с фотометрией (NanoDrop 8000, Fisher Scientific, Inc., США). Концентрацию ДНК измеряли флуориметрическим методом (прибор Qubit 2.0 с высокой чувствительностью определения dsDNA, Life Technologies, США).

ДНК-библиотеки для секвенирования были созданы по протоколу Illumina, Inc. (США) с праймерами S-D-Bact-0341-b-S-17 и S-D-Bact-0785-a-A-21 к варибельному участку V3-V4 гена 16S рРНК.

NGS-секвенирование выполняли на платформе MiSeq (Illumina, Inc., США) с набором реактивов MiSeq Reagent Kit V3 PE600 (Illumina, Inc., США). Классификацию полученных операционных таксономических единиц (ОТЕ) проводили с использованием интерактивного инструмента *Visualization and Analysis of Microbial Population Structures* и базы данных RDP¹. Некоторые ОТЕ выравнивали с помощью алгоритма *Basic local alignment search tool*², используя базы данных нуклеотидных последовательностей nr/nt (National Center for Biotechnological Information, NCBI³ и выровненных последовательностей генов рибосомальной РНК SILVA⁴.

Для биоинформатической обработки результатов используется программа PEAR (Pair-End Assembler, PEAR v0.9.8)⁵.

¹ <https://vamps2.mbl.edu>.

² [https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome).

³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

⁴ <https://www.arb-silva.de>.

⁵ Zhang J., Kobert K., Flouri T., Stamatakis A. PEAR: A fast and accurate Illumina Paired-End reAd merger // *Bioinformatics*. 2014. No. 30 (5). Pp. 614–620. DOI: 10.1093/bioinformatics/btt593.

Результаты секвенирования обрабатывали с использованием пакета анализа данных Microsoft Excel 10, программного обеспечения Microsoft Office (США).

Статистическая обработка

Численные данные были обработаны с помощью программы SPSS Statistics 20 (IBM, США), рассчитывали средние (M), среднеквадратичные отклонения ($\pm\sigma$), ошибки стандартного отклонения ($\pm SE$).

Таблица 1
Содержание азотистых фракций в рубцовой жидкости при дополнительном включении жиров и УДЧ Cr_2O_3 , мг%

Группа	Показатель				
	Общий азот	Белковый азот	Небелковый азот	Аммиачный азот	Мочевинный азот
I	91,2 ± 0,41	70,76 ± 0,34	21,2 ± 0,40	4,1 ± 0,22	5,1 ± 0,16
II	70,4 ± 0,44*	64,2 ± 0,38*	22,4 ± 0,38	3,8 ± 0,32	6,2 ± 0,21
III	94,1 ± 0,32*	74,6 ± 0,51*	20,8 ± 0,24*	4,6 ± 0,41	5,0 ± 0,14

Примечание. * $P \leq 0,05$.

Table 1
The content of nitrogenous fractions in the scar fluid with the additional inclusion of fats and ultradisperse Cr_2O_3 , mg%

Groups	Indicator				
	Total nitrogen	Protein nitrogen	Non-protein nitrogen	Ammonia nitrogen	Urea nitrogen
I	91.2 ± 0.41	70.76 ± 0.34	21.2 ± 0.40	4.1 ± 0.22	5.1 ± 0.16
II	70.4 ± 0.44*	64.2 ± 0.38*	22.4 ± 0.38	3.8 ± 0.32	6.2 ± 0.21
III	94.1 ± 0.32*	74.6 ± 0.51*	20.8 ± 0.24*	4.6 ± 0.41	5.0 ± 0.14

Note.* $P \leq 0.05$.

Таблица 2
Таксономический состав (преобладающие таксоны) микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, контроль, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (17,28 ± 0,94)	Clostridia (9,15 ± 0,35)	Ruminococcaceae (4,87 ± 0,06)	Unclassified Ruminococcaceae (2,73 ± 0,08)
		Lachnospiraceae (2,57 ± 0,31)	Unclassified Lachnospiraceae (1,28 ± 0,24)
	Bacilli (1,93 ± 0,35)	Streptococcaceae (1,57 ± 0,23)	Streptococcus (1,57 ± 0,23)
		Lactobacillaceae (0,35 ± 0,05)	Limosilactobacillus (0,29 ± 0,04)
Negativicutes (5,46 ± 0,40)	Selenomonadaceae (3,86 ± 0,10)	Selenomonadales (2,62 ± 0,08)	
Bacteroidetes (50,42 ± 1,32)	Bacteroidia (46,97 ± 1,23)	Prevotellaceae (12,37 ± 0,56)	Prevotella (10,05 ± 0,53)
		Lentimicrobiaceae (2,59 ± 0,06)	Lentimicrobium (2,59 ± 0,06)
		Unclassified Bacteroidales (28,75 ± 0,81)	Unclassified (2,25 ± 0,05)
		Rikenellaceae (2,07 ± 0,12)	Millionella (0,98 ± 0,06)
	Mucinivorans (1,11 ± 0,05)		
Unclassified (0,28 ± 0,01)			
Unclassified Bacteroidetes (3,43 ± 0,12)	Unclassified Bacteroidetes (3,43 ± 0,12)	Unclassified Bacteroidetes (3,43 ± 0,12)	
Proteobacteria (10,18 ± 0,32)	Alphaproteobacteria (1,18 ± 0,04)	Unclassified Alphaproteobacteria (0,97 ± 0,02)	Unclassified Alphaproteobacteria (0,97 ± 0,02)
	Deltaproteobacteria (1,52 ± 0,02)	Bdellovibrionaceae (1,17 ± 0,01)	Vampirovibrio (1,17 ± 0,01)
	Gammaproteobacteria (7,37 ± 0,29)	Succnivibrionaceae (7,28 ± 0,29)	Succinivibrio (6,89 ± 0,25)
Spirochaetes (4,31 ± 0,10)	Spirochaetia (4,31 ± 0,10)	Sphaerochaetaceae (4,24 ± 0,09)	Sphaerochaeta (2,98 ± 0,04)
Verrucomicrobia (13,13 ± 0,24)	Subdivision5 (13,01 ± 0,24)	Subdivision5 (13,01 ± 0,24)	Subdivision5 (13,01 ± 0,24)
Другие* (4,68 ± 0,04)			

Примечание. * В эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2% от общего числа.

Table 2

Taxonomic composition (predominant taxa) of the microbiome of scar fluid in vitro, control, %

Phylum	Class	Family	Genus
<i>Firmicutes</i> (17.28 ± 0.94)	<i>Clostridia</i> (9.15 ± 0.35)	<i>Ruminococcaceae</i> (4.87 ± 0.06)	<i>Unclassified Ruminococcaceae</i> (2.73 ± 0.08)
		<i>Lachnospiraceae</i> (2.57 ± 0.31)	<i>Unclassified Lachnospiraceae</i> (1.28 ± 0.24)
	<i>Bacilli</i> (1.93 ± 0.35)	<i>Streptococcaceae</i> (1.57 ± 0.23)	<i>Streptococcus</i> (1.57 ± 0.23)
		<i>Lactobacillaceae</i> (0.35 ± 0.05)	<i>Limosilactobacillus</i> (0.29 ± 0.04)
	<i>Negativicutes</i> (5.46 ± 0.40)	<i>Selenomonadaceae</i> (3.86 ± 0.10)	<i>Selenomonadales</i> (2.62 ± 0.08)
	<i>Bacteroidetes</i> (50.42 ± 1.32)	<i>Bacteroidia</i> (46.97 ± 1.23)	<i>Prevotellaceae</i> (12.37 ± 0.56)
<i>Lentimicrobiaceae</i> (2.59 ± 0.06%)			<i>Lentimicrobium</i> (2.59 ± 0.06)
<i>Unclassified Bacteroidales"</i> (28.75 ± 0.81)			<i>Unclassified</i> (2.25 ± 0.05)
<i>Rikenellaceae</i> (2.07 ± 0.12%)			<i>Millionella</i> (0.98 ± 0.06)
		<i>Mucinivorans</i> (1.11 ± 0.05)	
<i>Unclassified Bacteroidetes</i> (3.43 ± 0.12)		<i>Unclassified Bacteroidetes</i> (3.43 ± 0.12)	<i>Unclassified Bacteroidetes</i> (3.43 ± 0.12)
<i>Proteobacteria</i> (10.18 ± 0.32)	<i>Alphaproteobacteria</i> (1.18 ± 0.04)	<i>Unclassified Alphaproteobacteria</i> (0.97 ± 0.02)	<i>Unclassified Alphaproteobacteria</i> (0.97 ± 0.02)
	<i>Deltaproteobacteria</i> (1.52 ± 0.02)	<i>Bdellovibrionaceae</i> (1.17 ± 0.01)	<i>Vampirovibrio</i> (1.17 ± 0.01)
	<i>Gammaproteobacteria</i> (7.37 ± 0.29)	<i>Succnivibrionaceae</i> (7.28 ± 0.29)	<i>Succinivibrio</i> (6.89 ± 0.25)
<i>Spirochaetes</i> (4.31 ± 0.10)	<i>Spirochaetia</i> (4.31 ± 0.10)	<i>Sphaerochaetaceae</i> (4.24 ± 0.09)	<i>Sphaerochaeta</i> (2.98 ± 0.04)
<i>Verrucomicrobia</i> (13.13 ± 0.24)	<i>Subdivision5</i> (13.01 ± 0.24)	<i>Subdivision5</i> (13.01 ± 0.24)	<i>Subdivision5</i> (13.01 ± 0.24)
<i>Other*</i> (4.68 ± 0.04)			

Note. * This group includes taxa, the number of each of which does not exceed 2% of the total number.

Для сравнения вариантов использовали непараметрический метод анализа. Различия считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$.

Результаты исследований (Results)

Для выяснения сложного вопроса о роли жировых добавок в использовании питательных веществ рациона важно изучить действие данных компонентов на обменные процессы в рубце. Дополнительное включение жиров и комбинации жиров с Cr_2O_3 в ультрадисперсной форме, показало достоверное повышение переваримости сухого вещества (СВ) рациона в опытных группах относительно контрольной (переваримость СВ в контрольной группе составила 64,0 %). Так, во II группе данный показатель увеличился на 4 % ($p \leq 0,05$), в III на 4,8 % ($p \leq 0,05$).

Включение добавок оказывает специфическое влияние на образование основных метаболитов рубцового пищеварения (рис. 1).

При использовании в рационе подсолнечного масла индивидуально и в комплексе с УДЧ оксида хрома не зафиксировано резких отклонений концентрации водородных ионов рубцовой жидкости (РЖ), разница между I и II группами составила 1,6 %, между I и III – 3,1 %, все полученные зна-

чения были в пределах физиологической нормы и оказались в пределах 6,2–6,4.

В опытных группах относительно контроля отмечено повышение уровня ЛЖК в сторону ацетата и бутирата. Во II группе концентрация уксусной кислоты увеличивалась на 46,8 % ($p \leq 0,01$), масляной – на 55,6 % ($p \leq 0,05$), капроновой – на 6,9 % ($p \leq 0,05$), в III группе уксусной кислоты – на 73,7 % ($p \leq 0,01$), масляной – на 76,2 % ($p \leq 0,05$), капроновой – на 44,3 % ($p \leq 0,01$). Дополнительное использование хрома и жира в рационе увеличивало уровень пропионата в РЖ на 44,4 % относительно контрольного значения.

Дополнительное введение в рацион жира и хрома с Cr_2O_3 оказывает значительное влияние на количественный состав азотсодержащих веществ в рубцовом содержимом (таблица 1). Относительно контроля во II группе отмечено снижение количества общего азота на 22,8 % ($p \leq 0,05$), белкового азота – на 9,3 % ($p \leq 0,05$), при этом количество небелкового и мочевинового азота оказалось выше на 5,4 % и 17,7 % соответственно. Совместное использование подсолнечного масла и УДЧ Cr_2O_3 повышало количество в РЖ общего азота на 3,1 % ($p \leq 0,05$), белкового азота – на 5,1 % ($p \leq 0,05$). Уровень небелкового и мочевинового азота в III группе относительно контроля оказался ниже на 2,0 % ($p \leq 0,05$).

Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечное масло, %

Филум	Класс	Семейство	Род	
Firmicutes (14,91 ± 0,62)	Clostridia (8,77 ± 0,33)	Ruminococcaceae (4,89 ± 0,11)	Unclassified Ruminococcaceae (2,56 ± 0,07)	
		Lachnospiraceae (12,09 ± 0,21)	Unclassified Lachnospiraceae (1,01 ± 0,08)	
	Bacilli (1,38 ± 0,26)	Streptococcaceae (0,90 ± 0,18)	Streptococcus (13,7)	
		Lactobacillales (0,48 ± 0,11)	Limosilactobacillus (0,41 ± 0,11)	
	Negativicutes (4,09 ± 0,13%)	Bacteroidia (51,17 ± 1,31%)	Selenomonadaceae (3,38 ± 0,1)	Selenomonadales (3,38 ± 0,1)
			Prevotellaceae (13,12 ± 0,88)	Prevotella (10,74)
Bacteroidetes (54,71 ± 1,29%)	Bacteroidia (51,17 ± 1,31%)	Lentimicrobiaceae (3,22 ± 0,11%)	Lentimicrobium (3,22 ± 0,11%)	
		Unclassified Bacteroidales (32,07 ± 0,62)	Unclassified (32,07 ± 0,62)	
		Rikenellaceae (2,12 ± 0,04%)	Millionella (0,94 ± 0,03)	
			Mucinivorans (0,86 ± 0,02)	
			Unclassified (0,32 ± 0,02)	
		Proteobacteria (8,71 ± 0,31)	Deltaproteobacteria (1,25 ± 0,08)	Bdellovibrionaceae (1,18 ± 0,08)
Gammaproteobacteria (6,33 ± 0,27)	Succinivibrionaceae (6,29 ± 0,27)		Succinivibrio (5,94 ± 0,30)	
Spirochaetes (4,23 ± 0,26)	Spirochaetia (4,23 ± 0,26)	Sphaerochaetaceae (4,2 ± 0,26)	Sphaerochaeta (3,01 ± 0,14)	
			Unclassified (1,18 ± 0,12)	
Verrucomicrobia (12,89 ± 0,43)	Subdivision5 (12,78 ± 0,43)	Subdivision5 (12,78 ± 0,43)	Subdivision5 (12,78 ± 0,43)	
Другие* (4,56 ± 0,021 %)				

Примечание. * В эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2% от общего числа.

Table 3

Taxonomic composition of the microbiome of scar fluid *in vitro*, sunflower oil, %

Phylum	Class	Family	Genus	
Firmicutes (14.91 ± 0.62)	Clostridia (8.77 ± 0.33)	Ruminococcaceae (4.89 ± 0.11)	Unclassified Ruminococcaceae (2.56 ± 0.07)	
		Lachnospiraceae (12.09 ± 0.21)	Unclassified Lachnospiraceae (1.01 ± 0.08)	
	Bacilli (1.38 ± 0.26)	Streptococcaceae (0.90 ± 0.18)	Streptococcus (13.7)	
		Lactobacillales (0.48 ± 0.11)	Limosilactobacillus (0.41 ± 0.11)	
	Negativicutes (4.09 ± 0.13%)	Bacteroidia (51.17 ± 1.31%)	Selenomonadaceae (3.38 ± 0.1)	Selenomonadales (3.38 ± 0.1)
			Prevotellaceae (13.12 ± 0.88)	Prevotella (10.74)
Bacteroidetes (54.71 ± 1.29%)	Bacteroidia (51.17 ± 1.31%)	Lentimicrobiaceae (3.22 ± 0.11%)	Lentimicrobium (3.22 ± 0.11%)	
		Unclassified Bacteroidales (32.07 ± 0.62)	Unclassified (32.07 ± 0.62)	
		Rikenellaceae (2.12 ± 0.04%)	Millionella (0.94 ± 0.03)	
			Mucinivorans (0.86 ± 0.02)	
			Unclassified (0.32 ± 0.02)	
		Proteobacteria (8.71 ± 0.31)	Deltaproteobacteria (1.25 ± 0.08)	Bdellovibrionaceae (1.18 ± 0.08)
Gammaproteobacteria (6.33 ± 0.27)	Succinivibrionaceae (6.29 ± 0.27)		Succinivibrio (5.94 ± 0.30)	
Spirochaetes (4.23 ± 0.26)	Spirochaetia (4.23 ± 0.26)	Sphaerochaetaceae (4.2 ± 0.26)	Sphaerochaeta (3.01 ± 0.14)	
			Unclassified (1.18 ± 0.12)	
Verrucomicrobia (12.89 ± 0.43)	Subdivision5 (12.78 ± 0.43)	Subdivision5 (12.78 ± 0.43)	Subdivision5 (12.78 ± 0.43)	
Other* (4.56 ± 0.021)				

Note. * This group includes taxa, the number of each of which does not exceed 2% of the total number.

Хорошо известно, что функции желудочно-кишечного тракта выходят за рамки переваривания и усвоения питательных веществ. Постоянный контакт биомассы микроорганизмов желудочно-кишечного тракта с компонентами рациона делает его основным звеном в иммунной системе. Наши исследования были сосредоточены на изучении таксономического состава микробиома рубца при изменении рациона, из-за решающей роли рубца в пищеварении крупного рогатого скота (таблицы 2, 3, 4).

Как в контрольной, так и в опытных группах доминирующим филумом оказались *Bacteroidetes*, они составляли более 50 %, причем следует отметить, что в опытных группах относительно контроля численность представителей данного филума была выше: в группе с использованием подсолнечного масла – на 4,3 %, с добавлением к данному рациону УДЧ оксида хрома – на 12 %.

Второй по численности филумом – *Firmicutes*, однако в опытных группах его количество была ниже на 15,2 % относительно контроля.

Дополнительное включение подсолнечного масла отдельно и совместно с УДЧ Cr₂O₃ привело к снижению численности представителей филумов

Proteobacteria и *Verrucomicrobia*: во II группе на 1,5 % и 0,24 %, в III группе на 3,3 % и 4,2 %, соответственно.

Использование добавок не изменяло микробное разнообразие, однако на уровне семейств выявлено повышение во II группе *Lachnospiraceae* на 9,5 %, *Lentimicrobiaceae* – на 0,6 % относительно контроля. Напротив, в III группе отмечено снижение *Lachnospiraceae* на 1,12 %, *Succnivibrionaceae* – на 2,4 % (таблицы 3, 4). Численность представителей семейства *Ruminococcaceae* в контрольной и опытных группах имела разницу менее 0,1 %.

При совместном использовании растительного жира и оксида хрома зафиксировано повышение численности семейства *Prevotellaceae* на 9,1 % (таблица 4). Обилие семейств *Selenomonadaceae*, *Lentimicrobiaceae*, *Unclassified Bacteroidales* также в опытной группе относительно контроля повышалось, но в незначительной степени.

Дополнительно включение хрома в жировой рацион уменьшало количество представителей семейств *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Streptococcaceae*, *Lactobacillales*, *Rikenellaceae*, *Succnivibrionaceae*, *Sphaerochaetaceae* и *Subdivision5* на 0,06 %, 1,1 %, 0,9 %, 0,2 %, 0,3 %, 2,4 %, 1,1 % и 4,2 % соответственно относительно контроля.

Таблица 4
Таксономический состав микробиома рубцовой жидкости *in vitro*, подсолнечное масло с дополнительным включением УДЧ Cr₂O₃, %

Филум	Класс	Семейство	Род
Firmicutes (14,4 ± 0,96)	Clostridia (7,94 ± 0,48)	Ruminococcaceae (4,81 ± 0,23)	Unclassified Ruminococcaceae (2,69 ± 0,17)
		Lachnospiraceae (1,45 ± 0,15)	Unclassified Lachnospiraceae (0,77 ± 0,05)
	Bacilli (0,87 ± 0,17)	Streptococcaceae (0,72 ± 0,17)	Streptococcus (0,72 ± 0,17%)
		Lactobacillales (0,15 ± 0,01)	Limosilactobacillus (0,12 ± 0,02)
Negativicutes (5,04 ± 0,47%)	Selenomonadaceae (3,97 ± 0,34)	Selenomonas (3,22 ± 0,27)	
Bacteroidetes (62,39 ± 1,61)	Bacteroidia (59,0 ± 1,60)	Prevotellaceae (21,43 ± 2,49)	Prevotella (11,07 ± 1,01)
			Unclassified Prevotellaceae (2,39 ± 0,10)
		Lentimicrobiaceae (2,98 ± 0,29%)	Lentimicrobium (2,98 ± 0,29)
		Unclassified Bacteroidales (32,23 ± 1,21)	Unclassified (32,23 ± 1,21)
		Rikenellaceae (1,75 ± 0,11 %)	Millionella (0,81 ± 0,04)
			Mucinivorans (0,64 ± 0,08)
		Unclassified (0,30 ± 0,01)	
	Unclassified Bacteroidetes (3,36 ± 0,46)	Unclassified Bacteroidetes (3,36 ± 0,46)	Unclassified Bacteroidetes (3,36 ± 0,46)
Proteobacteria (6,89 ± 0,61)	Deltaproteobacteria (1,03 ± 0,09)	Bdellovibrionaceae (0,98 ± 0,10)	Vampirovibrio (0,98 ± 0,10)
	Gammaproteobacteria (4,94 ± 0,46)	Succnivibrionaceae (4,90 ± 0,44)	Succinivibrio (4,34 ± 0,41)
Spirochaetes (3,14 ± 0,08)	Spirochaetia (3,14 ± 0,08)	Sphaerochaetaceae (3,12 ± 0,08)	Sphaerochaeta (2,52 ± 0,05)
Verrucomicrobia (8,91 ± 1,20)	Subdivision5 (8,83 ± 1,20)	Subdivision5 (8,83 ± 1,20)	Subdivision5 (8,83 ± 1,20)
Другие* (4,27 ± 0,004)			

Примечание: * В эту группу объединены таксоны, численность каждого из которых не превышает 2 % от общего числа.

Taxonomic composition of the microbiome of the scar fluid *in vitro*, sunflower oil with additional inclusion of UDP Cr₂O₃, %

Phylum	Class	Family	Genus
Firmicutes (14.4 ± 0.96)	Clostridia (7.94 ± 0.48)	Ruminococcaceae (4.81 ± 0.23)	Unclassified Ruminococcaceae (2.69 ± 0.17)
		Lachnospiraceae (1.45 ± 0.15)	Unclassified Lachnospiraceae (0.77 ± 0.05)
	Bacilli (0.87 ± 0.17)	Streptococcaceae (0.72 ± 0.17)	Streptococcus (0.72 ± 0.17%)
		Lactobacillales (0.15 ± 0.01)	Limosilactobacillus (0.12 ± 0.02)
	Negativicutes (5.04 ± 0.47%)	Selenomonadaceae (3.97 ± 0.34)	Selenomonas (3.22 ± 0.27)
Bacteroidetes (62.39 ± 1.61)	Bacteroidia (59.0 ± 1.60)	Prevotellaceae (21.43 ± 2.49)	Prevotella (11.07 ± 1.01)
			Unclassified Prevotellaceae (2.39 ± 0.10)
		Lentimicrobiaceae (2.98 ± 0.29%)	Lentimicrobium (2.98 ± 0.29)
		Unclassified Bacteroidales (32.23 ± 1.21)	Unclassified (32.23 ± 1.21)
	Rikenellaceae (1.75 ± 0.11 %)	Millionella (0.81 ± 0.04)	
		Mucinivorans (0.64 ± 0.08)	
		Unclassified (0.30 ± 0.01)	
Unclassified Bacteroidetes (3.36 ± 0.46)	Unclassified Bacteroidetes (3.36 ± 0.46)	Unclassified Bacteroidetes (3.36 ± 0.46)	
Proteobacteria (6.89 ± 0.61)	Deltaproteobacteria (1.03 ± 0.09)	Bdellovibrionaceae (0.98 ± 0.10)	Vampirovibrio (0.98 ± 0.10)
	Gammaproteobacteria (4.94 ± 0.46)	Succnivibrionaceae (4.90 ± 0.44)	Succinivibrio (4.34 ± 0.41)
Spirochaetes (3.14 ± 0.08)	Spirochaetia (3.14 ± 0.08)	Sphaerochaetaceae (3.12 ± 0.08)	Sphaerochaeta (2.52 ± 0.05)
Verrucomicrobia (8.91 ± 1.20)	Subdivision5 (8.83 ± 1.20)	Subdivision5 (8.83 ± 1.20)	Subdivision5 (8.83 ± 1.20)
Other* (4.27 ± 0.004)			

Note: * This group includes taxa, the number of each of which does not exceed 2% of the total number.

Включение комплекса подсолнечное масла и УДЧ оксида хрома способствовало снижению численности рода *Sphaerochaeta* на 0,5 %, тогда как использование растительного масла, напротив, повысило численность данного рода.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Целью данного исследования было охарактеризовать изменения в интенсивности обменных процессов в рубце и составе микробиома после приема пищевых добавок в рацион бычков с подсолнечным маслом и УДЧ Cr₂O₃. Наши данные показывают, что добавление масла подсолнечника в рацион крупного рогатого скота влияет на состав основных метаболитов в рубцовом содержимом и соотношение некоторых бактериальных сообществ [7, с. 336–338].

Использование добавок подсолнечного масла индивидуально и в комплексе с УДЧ оксида хрома повлияло на усвояемость питательных веществ в рубце, повышая переваримость СВ на 2,7 % и 3,2 % соответственно при сравнении с контрольным рационом [2, с. 12].

Баланс азота был немного выше при использовании подсолнечного масла с УДЧ Cr₂O₃ и значительно снижался при включении растительного жира в рацион [6, с. 782–784].

С точки зрения влияния добавок на концентрацию летучих жирных кислот в рубцовой жидкости рацион с использованием подсолнечного масла привел к повышению уровня ЛЖК в сторону ацетата и бутирата. А рацион с добавлением к подсолнечному маслу УДЧ оксида хрома максимально повышал концентрацию всех обнаруженных жирных кислот относительно контроля: уксусной и пропионовой кислот в 2 раза ($p \leq 0,01$), масляной – в 1,9 раза ($p \leq 0,05$), капроновой – в 1,8 раза ($p \leq 0,01$) [16, с. 58; 21, с. 874–876].

Мы провели подробный анализ таксономического состава микробного сообщества в содержимом рубца, отобранном при скармливании различных рационов. Существенных различий в бактериальных сообществах не наблюдалось, за исключением незначительного сдвига в соотношении Bacteroidales/Clostridiales, которое, как известно, широко варьируется у отдельных животных [5, с. 121].

Независимо от состава рациона во всех группах доминирующими по численности оказались *Bacteroidetes*, особенно *Bacteroidia*, а также *Firmicutes*, особенно *Clostridia*. Клостридии, такие как производящие бутират семейства *Lachnospiraceae* и *Ruminococcaceae*, имели большую численность при стандартном рационе и с использованием растительного масла, добавление УДЧ Cr_2O_3 снижало численность *Lachnospiraceae* в 1,8 раза относительно контрольного рациона [10, с. 196; 11, с. 54; 18, с. 54–56].

Когда бычков кормили рационом с включением подсолнечного масла, мы обнаружили, что количество бактерий родов *Ruminococcaceae*, *Bacteroidetes*, *Succinivibrio* и *Lachnospiraceae* в рубце было снижено по сравнению с бычками, которых кормили стандартным рационом без масла. Бактериальные роды *Prevotella*, *Selenomonadales*, *Streptococcus* и *Lentimicrobium* в рубце были единственными родами, концентрация которых была выше в рубце бычков, которых кормили растительным жиром. J. E. Vargas с коллегами [17, с. 24] продемонстрировали, что бактерии, вероятно, биогидрируют из-за токсичной природы двойной связи; поэтому неуди-

вительно, что при скармливании жиров у многих родов бактерий численность снижается.

Добавка подсолнечного масла с оксидом хрома в ультрадисперсной форме увеличивала относительно контрольной диеты численность представителей *Selenomonadales* на 0,6 %. Использование данной добавки также увеличивало обилие семейства *Bacteroidales* на 3,5 % и *Prevotellaceae* на 1 %. С другой стороны, данный состав рациона характеризовался снижением обилия *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae*, *Streptococcus*, некультурных *Bacteroidetes* [4, с. 1–3; 8, с. 2–6; 13, с. 5–9].

На основании полученных результатов сделан вывод о том, что использование в рационах молодняка крупного рогатого скота добавок растительного жира и комбинированное добавление подсолнечного масла с УДЧ Cr_2O_3 оказывает позитивное влияние на интенсивность течения обменных процессов в рубце и состояние его экосистемы, что позволяет прогнозировать повышение продуктивности жвачных животных.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 20-16-00088.

Библиографический список (References)

1. Bayat A. R., Vilkki J., Razzaghi A., Leskinen H., Kettunen H., Khurana R., Brand T., Ahvenjarvi S Evaluating the effects of high-oil rapeseed cake or natural additives on methane emissions and performance of dairy cows // *Journal of dairy science*. 2022. No. 105 (2). Pp. 1211–1224. DOI: 10.3168/jds.2021-20537.
2. Behan A. A., Akhtar M. T., Loh T. C., Fakurazi S., Kaka U., Muhamad A., Samsudin A. A. Meat quality, fatty acid content and NMR metabolic profile of dorper sheep supplemented with bypass fats [e-resource] // *Foods*. 2021. No. 10 (5). Article number 1133. URL: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/5/1133/xml> (date of reference: 13.01.2022). DOI: 10.3390/foods10051133.
3. Cancino-Padilla N., Catalan N., Siu-Ting K., Creevey C. J., Huws S. A., Romero J., Vargas-Bello-Perez E. Long-Term Effects of Dietary Supplementation with Olive Oil and Hydrogenated Vegetable Oil on the Rumen Microbiome of Dairy Cows [e-resource] // *Microorganisms*. 2021. No. 9 (6). Article number 1121. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2607/9/6/1121> (date of reference: 15.01.2022). DOI: 10.3390/microorganisms9061121.
4. Darabighane B., Tapio I., Ventto L., Kairenius P., Stefanski T., Leskinen H., Shingfield K. J., Vilkki J., Bayat A. R. Effects of Starch Level and a Mixture of Sunflower and Fish Oils on Nutrient Intake and Digestibility, Rumen Fermentation, and Ruminal Methane Emissions in Dairy Cows [e-resource] // *Animals*. 2021. No. 11 (5). Article number 1310. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1310> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.3390/ani11051310.
5. Del Valle T. A., Zilio E. M. C., Ghizzi L. G., Marques J. A., Dias M. S. S., Souza J. M., Silva T. B. P., Scognamiglio N. T., Nunes A. T., Gheller L. S., Silva G. G., Rennó F. P. Effect of calcium salts of fatty acids and level of rumen degradable protein on nitrogen metabolism and performance of dairy cows fed corn silage-based diets [e-resource] // *Livestock Science*. 2021. No. 254. Article number 104770. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141321003784?via%3Dihub> (date of reference: 13.01.2022). DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104770.
6. Enjalbert F., Combes S., Zened A., Meynadier A Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping // *Journal of applied microbiology*. 2017. No. 123 (4). Pp. 782–797. DOI: 10.1111/jam.13501.
7. Huws S. A., Kim E. J., Cameron S. J. S., Girdwood S. E., Davies L., Tweed J., Vallin H., Scollan N. D. Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil // *Microbial biotechnology*. 2015. No. 8 (2). Pp. 331–341. DOI: 10.1111/1751-7915.12164.
8. Ibrahim N. A., Alimon A. R., Yaakub H., Samsudin A. A., Candyrine S. C. L., Mohamed W. N. W., Noh A. M., Fuat M. A., Mookiah S. Effects of vegetable oil supplementation on rumen fermentation and microbial population in ruminant: a review [e-resource] // *Tropical animal health and production*. 2021. No. 53 (4). Article number 422. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34331142> (date of reference: 15.01.2022). DOI: 10.1007/s11250-021-02863-4.

9. Lasseur J., Bonaudo T., Choisis J.-P., Houdart M., Napoléone M., Tichit M., Dedieu B. Livestock and territory: which interactions and what questions? [Élevage et territoires: quelles interactions et quelles questions?]. *Inra Productions Animales*. 2019. No. 32 (2). Pp. 189–204. DOI: 10.20870/productions-animales.2019.32.2.2504 (In French)
10. Matamoros C., Klopp R. N., Moraes L. E., Harvatine K. J. Meta-analysis of the relationship between milk trans-10 C18:1, milk fatty acids <16 C, and milk fat production // *Journal of Dairy Science*. 2020. 103 (11). Pp. 10195–10206. DOI: 10.3168/jds.2019-18129.
11. Prom C. M., dos Santos Neto J. M., Newbold J. R., Lock A. L. Abomasal infusion of oleic acid increases fatty acid digestibility and plasma insulin of lactating dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2021. No. 104 (12). Pp. 12616–12627. DOI: 10.3168/jds.2021-20954.
12. Kapoor R., Reaney M. Conjugated Linoleic Acid Oils [e-resource] // In book: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 2020. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/047167849X.bio048.pub2> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.1002/047167849X.bio048.pub2.
13. Sato Y., Takebe H., Tominaga K., Oishi K., Kumagai H., Yoshida T., Hirooka H. Taxonomic and functional characterization of the rumen microbiome of Japanese Black cattle revealed by 16S rRNA gene amplicon and metagenome shotgun sequencing [e-resource] // *FEMS Microbiology Ecology*. 2021. No. 97 (12). Article number 152. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34864967> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.1093/femsec/fiab152.
14. Thanh L. P., Phakachod N., Suksombat W., Loo J. J., Hang T. T. T. Partial substitution of fish oil for linseed oil enhances beneficial fatty acids from rumen biohydrogenation but reduces ruminal fermentation and digestibility in growing goats [e-resource] // *Translational Animal Science*. 2021. No. 5 (3). Article number txab116. URL: <https://www.researchgate.net/publication/353097271> (date of reference: 15.01.2022). DOI: 10.1093/tas/txab116.
15. Vargas J. E., Andrés S., López-Ferreras L., López S. Effects of supplemental plant oils on rumen bacterial community profile and digesta fatty acid composition in a continuous culture system (RUSITEC) [e-resource] // *Anaerobe*. 2020. No. 61. Article number 102143. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31896059> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.1016%2fj.anaerobe.2019.102143.
16. Vargas J. E., Andres S., Lopez S. Effect of Sunflower and Marine Oils on Ruminal Microbiota, In vitro Fermentation and Digesta Fatty Acid Profile // *Frontiers in microbiology*. 2017. No. 8. Article number 1124. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28676798> (date of reference: 13.01.2022). DOI: 10.3389/fmicb.2017.01124.
17. Wang M., Chen M., Bai J., Zhang J., Su R., Franco M., Ding Z., Zhang X., Zhang Y., Guo X. Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation profile, methane emission and archaeal and protozoal community of silage prepared with alfalfa, sainfoin and their mixture [e-resource] // *Animal Feed Science and Technology*. 2022. No. 284. Article number 115154. URL: <https://jukuriluke.fi/handle/10024/551049> DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2021.115154 (date of reference: 12.01.2022).
18. Wang S. P., Giller K., Kreuzer M., Ulbrich S. E., Braun U., Schwarm A. Contribution of Ruminal Fungi, Archaea, Protozoa, and Bacteria to the Methane Suppression Caused by Oilseed Supplemented Diets [e-resource] // *Frontiers in microbiology*. 2017. No. 8. Article number 1864. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2017.01864/full> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.3389/fmicb.2017.01864.
19. Xu Q., Qiao Q., Gao Y., Hou J., Hu M., Du Y., Zhao K., Li X. Gut Microbiota and Their Role in Health and Metabolic Disease of Dairy Cow [e-resource] // *Frontiers in Nutrition*. 2021. No. 8. Article number 701511. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2021.701511/full> (date of reference: 12.01.2022). DOI: 10.3389/fnut.2021.701511.
20. Yanza Y. R., Szumacher-Strabel M., Jayanegara A., Kasenta A. M., Gao M., Huang H. H., Patra A. K., Warzych E., Cieslak A. The effects of dietary medium-chain fatty acids on ruminal methanogenesis and fermentation in vitro and in vivo: A meta-analysis // *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2021. No. 105 (5). Pp. 874–889. DOI: 10.1111/jpn.13367.

Об авторах:

Елена Владимировна Шейда^{1,2}, научный сотрудник лаборатории биологических испытаний и экспертиз¹, старший научный сотрудник института биоэлементологии², ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; +7 922 862-64-02, elena-shejda@mail.ru

¹ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome

E. V. Sheyda^{1,2}✉

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

✉E-mail: elena-shejjda@mail.ru

Abstract. Purpose. The study is aimed at studying the taxonomic composition of the rumen microbiota and fermentation processes in vitro in response to the addition of vegetable fat separately and in combination with ultrafine Cr₂O₃ particles in the diet of ruminants. **Methodology and methods.** The control diet without the addition of oil was represented by wheat bran, and the experimental ones were supplemented only with sunflower oil (3 %) or sunflower oil (3 %) with additional administration of Cr₂O₃ UFP, at a dosage of 0.2 mg/kg DM. The digestibility of DM in the rumen, the end products of fermentation (volatile fatty acids, nitrogen metabolism) and the taxonomic composition of the rumen microbiome were determined. The studies were carried out by the in vitro method using the ANKOM DaisyII incubator according to a specialized technique, the level of volatile fatty acids (LFA) in the contents of the scar was determined by gas chromatography on a gas chromatograph “Kristallyuks-4000M”, determination of nitrogen forms according to GOST 26180-84. Microbial biodiversity of the rumen contents was carried out using MiSeq (Illumina, USA) by the new generation sequencing method (NGS) with a set of reagents MiSeq® Reagent Kit v3 (600 cycle). **Results and practical significance.** The use of additives did not change the microbial diversity, however, at the family level, an increase was revealed in the group receiving sunflower oil, Lachnospiraceae by 9.5 %, Lentimicrobiaceae by 0.6 % relative to the control, on the contrary, in the group using the sunflower oil complex with chromium oxide UFP, a decrease in Lachnospiraceae by 1.12 %, Succnivibrionaceae by 2.4 % was noted. The use of vegetable fat additives in the diets of young cattle and the combined addition of sunflower oil with Cr₂O₃ UFP have a positive effect on the intensity of the course of metabolic processes in the rumen and can be used to increase the productivity of ruminants. **Scientific novelty.** For the first time, the features of the course of enzymatic processes in the rumen against the background of the combined use of fats and Cr₂O₃ UFP are described.

Keywords: sunflower oil, ultrafine particles, chromium, digestibility, volatile fatty acids, nitrogen metabolism, microbiome, rumen, ruminants.

For citation: Sheyda E. V. Izuchenie vliyaniya razlichnykh dobavok na fermentativnye protsessy v rubtse i taksonomicheskiy sostav mikrobioma [Study of the effect of various additives on enzymatic processes in the rumen and the taxonomic composition of the microbiome] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-72-82. (In Russian.)

Date of paper submission: 20.01.2022, **date of review:** 31.01.2022, **date of acceptance:** 08.02.2022.

Authors' information:

Elena V. Sheyda^{1,2}, candidate of biological sciences, research associate of the laboratory of biological tests and expertise¹, senior researcher at the Institute of bioelementology², ORCID 0000-0002-2586-613X, AuthorID 569299; +7 922 862-64-02, elena-shejjda@mail.ru

¹Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

Оценка инклюзивного развития сельских территорий регионов России

Т. А. Мирошниченко^{1✉}, С. В. Подгорская¹

¹Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

✉E-mail: Mirtatjana@mail.ru

Аннотация. Современные успехи сельского хозяйства практически не отразились на уровне и качестве жизни сельского населения регионов России, что подтверждает необходимость изменения существующей концепции развития сельских территорий на основе принципов инклюзивности. **Цель** – разработка методики оценки уровня инклюзивного развития сельских территорий российских регионов и ее апробация. **Методы.** В основу авторской методики был положен методологический подход к оценке уровня инклюзивного развития отдельных стран, предложенный в 2017 г. на Всемирном экономическом форуме (ВЭФ) в Давосе. В предлагаемую методику, помимо основных блоков «Рост и развитие», «Инклюзивность», «Преемственность поколений и устойчивость развития», авторами включен блок «Социальная инклюзия». По каждому блоку обоснованы индикаторы уровня инклюзивного развития в соответствии с критериями доступности, надежности и релевантности показателей для сельских территорий России. Выполнен расчет коэффициентов сближения каждого индикатора с эталонным значением, а затем посчитан интегральный показатель уровня инклюзивного развития регионов. **Результаты.** Проведена апробация авторской методики оценки инклюзивного развития сельских территорий на основе данных региональной статистики по 82 субъектам РФ. Выполнена группировка регионов по трем уровням инклюзивного развития сельских территорий (высокий, средний, низкий). Выделены образцовые регионы по уровню их инклюзивного развития и регионы, нуждающиеся в поддержке и корректировке программ их развития. **Научная новизна.** Разработана авторская методика оценки уровня инклюзивного развития сельских территорий регионов, позволяющая не только определить их состояние в пространственном аспекте, но и проводить сравнительную характеристику в динамике по годам для выявления влияния действующих на показатель факторов. **Ключевые слова:** инклюзивное развитие, инклюзивный рост, индекс инклюзивного развития, сельские территории, сельское население, уровень жизни, регионы России, региональное развитие.

Для цитирования: Мирошниченко Т. А., Подгорская С. В. Оценка инклюзивного развития сельских территорий регионов России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 83–94. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-83-94.

Дата поступления статьи: 28.01.2022, **дата рецензирования:** 09.02.2022, **дата принятия:** 15.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Существующая модель сельского развития экзогенного типа со всеми присущими ей признаками и характеристиками ведет к ухудшению ситуации на сельских территориях Российской Федерации. Несмотря на наблюдающийся рост отечественного агропродовольственного сектора, существенно улучшения жизни сельского населения так и не произошло. Доходы большинства селян на порядок отстают от доходов городских жителей, уровень бедности и безработица на селе значительно выше, чем в городах.

Поэтому необходим переход к территориальной модели сельского развития неоздогенного типа на основе принципов инклюзивности [1, с. 42]. Модель инклюзивного роста экономики получила свое

развитие за рубежом в конце XX – начале XXI вв. как результат растущего неравенства и высокого расслоения общества, что характерно и для современной России.

Согласно принципам инклюзивного развития, экономический рост должен сопровождаться всеобъемлющей социальной программой, которая позволяет наиболее незащищенным слоям населения получить доступ к активам и возможностям, способствует развитию человеческого капитала, справедливому распределению в обществе дивидендов повышенного благосостояния и территориальному равенству [2–4].

Во Всемирном социальном докладе за 2021 г. «Пересмотр Концепции развития сельских районов», подготовленном Департаментом Организа-

ции Объединенных Наций по экономическим и социальным вопросам (ДЭСВ ООН), отмечено, что государства для достижения целей устойчивого развития сельских территорий должны придерживаться принципов инклюзивного роста [5]. Научные исследования, проведенные в отдельных странах мира, показывают, что реализация государственных социально-экономических программ, направленных на вовлечение разных групп сельского населения в экономику, предоставление им широкого доступа к финансам, развитие инфраструктуры и социальной сферы села, приводит к сокращению бедности и неравенства среди сельских жителей, улучшению социально-экономической ситуации в сельских территориях [6–8].

Инклюзивное развитие сельских территорий является составной частью инклюзии страны в целом и во многом ее определяет. Вместе с тем ее формирование имеет специфические особенности, обусловленные характеристиками сельской социально-экономической и культурной среды, определяется институциональными, средовыми, функциональными и административно-экономическими особенностями их территориального развития. Существенной проблемой является то, что сельские территории РФ характеризуются высокой степенью неравномерности социально-экономического развития в региональном разрезе.

Для корректировки государственных программ сельского развития как на федеральном уровне, так и на уровне субъектов РФ необходима методика, позволяющая объективно оценить инклюзивное развитие сельских территорий регионов.

Современные исследования отечественных ученых в основном посвящены вопросам анализа и оценки инклюзивного развития регионов в целом [9–11], макрорегионов [12], отечественной агропродовольственной системы [13] и экономики сельского хозяйства субъектов РФ [14]. Однако до настоящего времени в научных исследованиях не встречалась оценка уровня инклюзивного развития сельских территорий российских регионов.

Целью исследования стали разработка методики оценки современного состояния сельских территорий регионов России с позиции инклюзивного развития и ее дальнейшая апробация.

Методология и методы исследования (Methods)

Для оценки уровня инклюзивного развития регионов России использовалась авторская методика, основанная на методологическом подходе, предложенном в 2017 г. Всемирным экономическим форумом (ВЭФ) в Давосе для оценки уровня инклюзивного развития отдельных стран [15]. В авторской модификации ключевые блоки «Рост и развитие», «Инклюзивность», «Преемственность поколений и устойчивость развития» дополнены блоком «Социальная инклюзия» ввиду кризисности состояния

социальной инфраструктуры на селе, ее особой важности и значимости для сельского развития. Индикаторы инклюзивного развития, предложенные ВЭФ, были адаптированы авторами в соответствии с критериями доступности, надежности и релевантности показателей для сельских территорий РФ. Также была расширена система индикативных показателей применительно к сельской местности.

Существенным ограничителем при формировании системы индикаторов явилось современное состояние региональной статистики сельских территорий, не удовлетворяющее возрастающую в ней потребность в количественном и качественном отношении.

Для оценки инклюзивного развития сельских территорий регионов выполнен расчет интегрального показателя, в основе которого лежит оценка соответствия фактических значений по отдельным критериям инклюзивности целевым параметрам, установленным исходя из их важности для государственного управления или потребителей (средним (лучшим) цифрам по РФ, округу или региону). Нормативные (пороговые) или рекомендуемые (нормальные) значения приводятся в качестве эталонных в процессе оценки инклюзивного развития сельских территорий региона.

Расчет коэффициента сближения i -го индикатора, значение которого должно стремиться к максимуму, выполнялся по формуле:

$$V_i = \frac{F_i}{E_i}, \quad (1)$$

где F_i – фактическое значение показателя;

E_i – эталонное (пороговое) значение выбранного показателя.

Напротив, если какой-то индикативный показатель отражает проявления негативных тенденций, сдерживающих инклюзивное развитие региона, то коэффициент сближения определялся как отношение порогового (оптимального) значения к фактическому уровню.

Для получения интегрального показателя оценки инклюзивности применялся метод многомерной средней, обобщающий уровни характеристик исследуемой выборки:

$$Q = \frac{\sum V_i}{N}, \quad (2)$$

где Q – интегральное значение уровня инклюзивности;

V_i – коэффициент сближения i -го индикатора;

N – количество индикаторов.

В соответствии со шкалой эффективности определялся уровень инклюзивности развития сельских территорий региона:

$Q = 0,9$ и более – уровень инклюзивности высокий;

$Q = 0,7...0,89$ – уровень инклюзивности средний;

$Q = 0,69$ и менее – уровень инклюзивности низкий.

Перечень индикаторов и их рекомендуемые (нормальные) значения по каждому из ключевых блоков представлены в таблице 1.

Эмпирическую основу научного исследования составили официальные данные Федеральной службы государственной статистики РФ.

Результаты (Results)

На основе установленных индикаторов инклюзивного развития были выполнены расчеты показателей сближения заявленных характеристик с нормальными (пороговыми) значениями по 82 регионам России за 2019 г.

Таблица 1

Значения рекомендуемого (нормального) уровня показателей для оценки инклюзивного развития сельских территорий регионов России

Обозначение индикатора	Наименование показателя	Рекомендуемый (нормальный) уровень
1. Рост и развитие		
P_1	ВРП сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства на 1 сельского жителя, тыс. руб.	Уровень лучшего региона в федеральном округе (ФО), тыс. руб.
P_2	Производительность труда – ВДС сельского хозяйства на 1 сельхозработника, тыс. руб.	Уровень лучшего региона в ФО, тыс. руб.
P_3	Уровень занятости сельского населения, %	80 %
P_4	Инвестиции в основной капитал сельского хозяйства на 1 сельского жителя, тыс. руб.	25 % от ВРП сельского хозяйства на 1 сельского жителя региона, тыс. руб.
P_5	Ожидаемая продолжительность жизни сельского населения при рождении, лет	75,6
2. Экономическая инклюзия		
\mathcal{E}_1	Среднемесячные располагаемые ресурсы сельских домохозяйств, тыс. руб.	80 % от среднемесячных располагаемых ресурсов городских домохозяйств в лучшем регионе в пределах ФО, тыс. руб.
\mathcal{E}_2	Темп роста среднемесячных располагаемых ресурсов сельских домохозяйств к предыдущему году, %	Уровень показателя в лучшем регионе, %
\mathcal{E}_3	Удельный вес сельского населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума от общей численности сельского населения региона, %	Уровень показателя для городского населения в среднем по стране, %
\mathcal{E}_4	Соотношение среднемесячной номинальной заработной платы в сельском хозяйстве к заработной плате в экономике в целом, %	80
\mathcal{E}_5	Удельный вес КФХ и ИП в производстве сельскохозяйственной продукции, %	20
3 Преемственность поколений и устойчивость развития		
P_1	Удельный вес прибыльных предприятий сельского хозяйства, %	100
P_2	Коэффициент демографической нагрузки (сельское население), %	Уровень показателя по городскому населению в лучшем регионе, %
P_3	Изменение численности сельского населения текущего года к предыдущему, %	Уровень лучшего региона, %
4. Социальная инклюзия		
C_1	Средняя обеспеченность 1 сельского жителя жильем, кв. м	33
C_2	Доля площади сельского жилищного фонда, обеспеченного всеми видами благоустройства, %	50
C_3	Число фельдшерско-акушерских пунктов на 1 тыс. сельских жителей, ед.	Уровень лучшего региона, ед.
C_4	Удельный вес сел, имеющих связь по дорогам с твердым покрытием с сетью дорог общего пользования, %	100

Источник: разработано авторами.

*Table 1
The values of the recommended (normal) level of indicators for assessing the inclusive development of rural areas of the regions of Russia*

<i>Indicator designation</i>	<i>Name of the indicator</i>	<i>Recommended (normal) level</i>
1. Growth and development		
G_1	<i>Ground regional product (GRP) of agriculture, hunting and forestry per 1 villager, thousand rubles</i>	<i>The level of the best region in the federal district, thousand rubles</i>
G_2	<i>Productivity – gross value added value of agriculture per employee of agriculture, thousand rubles</i>	<i>The level of the best region in the federal district, thousand rubles</i>
G_3	<i>Level of employment of the rural population, %</i>	80
G_4	<i>Investments in the fixed capital of agriculture per 1 rural resident, thousand rubles</i>	<i>25 % of the GRP of agriculture per 1 rural resident of the region, thousand rubles</i>
G_5	<i>Life expectancy of the rural population at birth, years</i>	75,6
2. Economic inclusion		
E_1	<i>Average monthly disposable resources of rural households, thousand rubles</i>	<i>80 % of the average monthly disposable resources of urban households in the best region within the federal district, thousand rubles</i>
E_2	<i>The growth rate of average monthly disposable rural household resources for the previous year, %</i>	<i>The level of the indicator in the best region, %</i>
E_3	<i>The proportion of the rural population with cash income below the subsistence minimum of the total rural population of the region, %</i>	<i>The level of the indicator for the urban population on average in the country, %</i>
E_4	<i>The ratio of the average monthly nominal wage in agriculture to wages in the economy as a whole, %</i>	80
E_5	<i>The proportion of peasant farms and individual entrepreneurs in the production of agricultural products, %</i>	20
3. Continuity of generations and sustainability of development		
C_1	<i>The proportion of profitable enterprises of agriculture, %</i>	100
C_2	<i>Demographic load coefficient (rural population), %</i>	<i>The level of the indicator for the urban population in the best region, %</i>
C_3	<i>Changing the number of rural population of the current year to the previous one, %</i>	<i>The level of the best region, %</i>
4. Social inclusion		
S_1	<i>The average security of 1 village residents, sq. m.</i>	33
S_2	<i>The share of the area of the rural housing stock provided by all kinds of improvement, %</i>	50
S_3	<i>The number of Feldsher-obstetric items per thousand rural residents, units</i>	<i>The level of the best region, units</i>
S_4	<i>The proportion of villages connected by paved roads to the public road network, %</i>	100

Source: developed by the authors.

Выбор эталонных (или нормативных) значений для сравнения параметров индикативных показателей по группе «Рост и развитие» обусловлен высокой дифференциацией социально-экономических условий сельских территорий различных регионов России, их географическим положением, различными природно-климатическими условиями, демографическими характеристиками, уровнем технического, технологического и инновационного развития аграрного сектора, воздействием урбанизации на развитие села, а также рядом других факторов. Данные факторы существенным образом отражаются на величине ВРП (ВДС) сельского хо-

зяйства, охоты и лесного хозяйства как в отдельных макрорегионах, так и в регионах страны. Это предопределило выбор эталонных значений для расчета коэффициентов сближения по показателям «ВРП (ВДС) сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства на душу сельского населения» и «Производительность труда в сельском хозяйстве», в качестве которых были установлены самые высокие значения этих показателей среди регионов в пределах отдельного федерального округа. Исключения были сделаны для Северо-Западного федерального округа (СЗФО) и Дальневосточного федерального округа (ДФО), где определение лучшего региона

осуществлялось без учета тех регионов, у которых ВРП существенно отличался от среднего уровня по федеральному округу. В СЗФО самые высокие значения по данным индикаторам зафиксированы в Мурманской области, в ДФО – в Камчатском крае и Магаданской области.

Уровень занятости сельского населения является одним из ключевых показателей, непосредственно влияющих на развитие сельских территорий и рост ВРП. В 2019 г. занятость на селе в РФ составляла в среднем 53,1 %, а в 2020 г. снизилась до 52,2 %. Отсутствие рабочих мест на сельских территориях приводит к миграции населения в районные центры и города. Происходит вымирание небольших сел и деревень, что создает угрозу территориальной безопасности России, приводит к дефициту квалифицированных кадров на селе, препятствует развитию высокотехнологичного сельского хозяйства. В первой редакции Государственной программы «Комплексное развитие сельских территорий» (ГП КРСТ) было запланировано повышение занятости на селе к 2026 г. на уровне 80 %. Считаем, что данное значение в наибольшей степени отвечает целям инклюзивного роста, поэтому выбрано в качестве нормативного уровня для определения регионального развития.

По данному индикатору в тройке лидеров находятся Чукотский автономный округ, где уровень занятости сельского населения составляет 77 %, а также Мурманская область (66,6 %) и Ямало-Ненецкий автономный округ (64,3 %). Высокая занятость населения в северных районах с экстремальными климатическими условиями обусловлена низкой плотностью и дисперсностью расселения, малочисленностью сельских населенных пунктов, небольшим количеством сельских жителей. Так, в Чукотском автономном округе в 2019 г. на 40 сел приходилось 14 400 жителей, занятых преимущественно оленеводством, птицеводством и морским зверобойным промыслом.

Недостаток инвестиций в сельской экономике негативно влияет на создание рабочих мест на селе, что отрицательно сказывается на региональной экономике в целом, делая ее непривлекательной для инвесторов. В связи с этим в качестве дополнительного индикатора, характеризующего рост и развитие сельских территорий, авторами введен показатель объема инвестиций в основной капитал сельского хозяйства на душу сельского населения.

Ведущие ученые-экономисты академик РАН А. Г. Аганбегян и профессор М. В. Ершов считают, что устойчивый многолетний рост ВВП на 3–4 % в год возможен только в том случае, если объем инвестиций в основные фонды будет составлять не менее 25 % от ВВП [16]. Представленные авторитетными учеными выводы о доле инвестиций в основной капитал, необходимой для развития эко-

номики, применимы в полной мере и к развитию региональной экономики. Поэтому для установления эталонного значения индикатора «уровень инвестиций в основной капитал сельского хозяйства на 1 сельского жителя» взята норма 25 % от ВРП сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства по каждому субъекту РФ.

Абсолютными лидерами по объему инвестиций в основной капитал сельского хозяйства на душу сельского населения в 2019 г. являются регионы Центрального федерального округа (ЦФО): Калужская, Липецкая, Воронежская, Рязанская, Курская, Тверская, Тульская области. В СЗФО эталонное значение достигнуто в Вологодской области, а в Приволжском федеральном округе (ПФО) – в Республике Мордовия и Кировской области. В остальных регионах России объем инвестиций был ниже эталонного значения.

На сохранение и приумножение человеческого капитала сельских территорий прямое влияние оказывает ожидаемая продолжительность жизни сельского населения при рождении. В настоящее время продолжительность жизни селян ниже, чем городских жителей. Низкий уровень жизни, тяжелый физический труд, безработица, пьянство, неудовлетворительная система здравоохранения и другие негативные факторы сокращают продолжительность жизни на селе. Стратегией устойчивого развития сельских территорий РФ на период до 2030 г. (СУРСТ РФ) запланировано увеличение продолжительности жизни сельского населения до 75,6 года (нормативное значение).

Нормативное значение ожидаемой продолжительности жизни сельского населения при рождении в 2019 г. было достигнуто в республиках Северного Кавказа, Московской и Ленинградской областях. При этом на Кавказе долгожительство связано с благоприятными экологическими условиями жизни сельского населения и национальными традициями (в том числе качественным и умеренным питанием), а в Московской и Ленинградской областях – более высоким уровнем системы здравоохранения, чем в остальных субъектах РФ.

Качество жизни сельского населения в немалой степени определяется уровнем располагаемых ресурсов сельских домохозяйств, которые по-прежнему существенно отстают от городского уровня. В 2019 г. располагаемые ресурсы сельских домохозяйств в среднем по стране составляли 66,5 % от городского уровня, а в 2020 г. – 67,3%. Обозначенное в первоначальной редакции ГП КРСТ значение соотношения в размере 80 % к 2026 г. – это норматив, к которому должны стремиться регионы для обеспечения инклюзивного роста. Однако уровень располагаемых ресурсов домохозяйств в отдельных субъектах РФ существенно отличается в пределах как одного макрорегиона, так и страны в

целом. Поэтому для оценки уровня инклюзивного развития региона по рассматриваемому критерию в качестве норматива выбрано значение лучшего субъекта РФ в пределах федерального округа. Это более объективно будет отражать региональное развитие и выступит целевым ориентиром и стимулом для близлежащих регионов. Аргументом в пользу такого подхода является тот факт, что граждане при выборе нового места жительства ориентируются на уровень доходов не только в близлежащих населенных пунктах внутри региона, но и в соседних регионах. Это косвенно подтверждают данные Росстата: за 2019 г. межрегиональная миграция населения страны была на 0,13 млн чел. выше, чем внутрирегиональная.

Большинство регионов России далеко от запланированного значения уровня среднемесячных располагаемых ресурсов сельских домохозяйств, поэтому наращивание темпов роста данного показателя является основным условием для достижения целевого значения к 2026 г. В связи с этим в качестве эталонного значения данного индикатора был выбран темп роста в лучшем по данному параметру регионе – Ямало-Ненецком автономном округе, где рост по сравнению с предыдущим годом составил 170 %.

По темпам роста среднемесячных располагаемых ресурсов сельских домохозяйств близкими к значению лидирующего региона оказались Нижегородская и Тюменская области, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (ХМАО) и Чукотский автономный округ (коэффициент сближения выше 0,7). В числе отстающих регионов – Свердловская область (коэффициент сближения равен 0,48).

Бедность и избыточное социальное неравенство сельского населения представляют собой опасные факторы и реальную угрозу социальной стабильности и социально-экономическому развитию, они негативно сказываются на уровне образования и здравоохранения, трудовой и социальной активности населения [17, с. 72]. Уровень бедности сельского населения – это один из ключевых индикаторов инклюзивного развития села. Он определяется как отношение численности сельских жителей с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума к общей численности сельского населения. В среднем по РФ в 2019 г. уровень бедности на селе составил 25,6 %, в то время как в городе он был равен 7,69 %. В связи с этим в качестве нормативного значения выбран уровень бедности в городской местности в среднем по России.

В отдельных регионах уровень бедности на селе принимает критическое значение. Так, в Магаданской области удельный вес бедных составляет 71 %, в Республике Саха (Якутия), Еврейской автономной области, Республике Тыва и Хабаровском крае он составляет от 41 до 46 %. Причины такой высокой

бедности кроются в низком социально-экономическом потенциале и положении территории (региона), ее возможности в реализации социально-экономической активности населения, а также проводимой социально-экономической политике. Однако есть абсолютные лидеры рейтинга – это регионы, в которых бедных на селе нет. К ним относятся Ленинградская и Белгородская области, Республика Калмыкия и Чукотский автономный округ. Низкий уровень бедности селян (5 %) в Московской и Мурманской областях.

Преодоление сельской бедности возможно только с развитием сельской экономики и малых форм хозяйствования. Крестьянские фермерские хозяйства (КФХ) и индивидуальные предприниматели (ИП) играют важную роль в развитии сельской экономики, обеспечении населения продовольствием, сохранении сельских территорий и сельского образа жизни, преемственности поколений, создании новых рабочих мест, достойного уровня доходов, способствующих повышению качества жизни сельского населения [18, с. 26; 19, с. 4]. Поэтому в качестве критерия оценки уровня экономической инклюзии на селе авторами был введен показатель «Удельный вес КФХ и ИП в производстве сельскохозяйственной продукции», эталонное значение которого установлено в СУРСТ РФ и составляет до 20 % к 2030 г.

Анализ данного индикатора экономической инклюзии показал, что наибольшее его значение отмечено в Магаданской и Астраханской областях – 51 % и 49 % соответственно; от 30 % до 37 % в Кабардино-Балкарской Республике, республиках Адыгея, Алтай, Ингушетия, Калмыкия и Саратовской области; от 20 % до 29 % в ХМАО, Волгоградской, Оренбургской, Омской, Ростовской, Курганской областях, Республике Саха (Якутия), Еврейской автономной области и Краснодарском крае.

Удельный вес прибыльных сельхозпредприятий в регионе является показателем, характеризующим устойчивость развития сельского хозяйства, а значит, и сельских территорий в целом, поскольку позволяет предприятиям повышать заработную плату работникам, оказывать им социальную поддержку, обустривать села. В 2019 г. эталонное значение (100 %) достигнуто в двух субъектах РФ – в Республике Бурятия и Еврейской автономной области; свыше 90 % прибыльных предприятий – в Вологодской, Кировской, Мурманской, Иркутской и Самарской областях, республиках Ингушетия, Мордовия, Тыва и Удмуртской Республике. В регионах с неблагоприятными климатическими условиями (республиках Марий Эл и Саха (Якутия), Кемеровской, Тверской, Новгородской областях, Чукотском автономном округе и Хабаровском крае) отмечена низкая доля прибыльных сельхозорганизаций (60 % и ниже).

Одним из показателей преемственности поколений и устойчивости развития по методике ВЭФ является коэффициент демографической нагрузки. Данный показатель особенно актуален для сельской местности, поскольку, по данным Росстата, за период 2009–2019 гг. демографическая нагрузка на сельское население выросла с 66,1 % до 88,4 %. В городах этот коэффициент значительно ниже: в 2019 г. он составил 77,8 %, что может быть эталоном для села.

Как показали исследования, регионы с коэффициентом демографической нагрузки менее нормативного значения делятся на три группы. Первая группа – это регионы, которые более привлекательны по качеству жизни или по уровню доходов, поэтому туда направлен поток трудоспособных мигрантов из других регионов. К ним относятся Московская, Ленинградская, Калининградская, Мурманская области, ХМАО. Вторую группу представляют регионы с более высокой рождаемостью – это республики Северного Кавказа (Дагестан и Ингушетия, Карачаево-Черкесская и Кабардино-Балкарская республики). В этих двух группах продолжительность жизни на селе выше среднероссийских значений на 0,4–11,2 года. Третья группа регионов отличается более низкой, чем в среднем по России, продолжительностью жизни – Ямало-Ненецкий автономный округ и Хабаровский край.

В большинстве субъектов РФ коэффициент демографической нагрузки в сельской местности имеет слишком высокие значения. В 12 регионах он превышает 100 % – это Кировская, Архангельская, Курганская, Новгородская, Вологодская, Свердловская, Псковская, Рязанская, Костромская области, Республика Тыва, Республика Карелия и Алтайский край. В них продолжительность жизни сельского населения ниже среднероссийских значений на 0,9–8,3 лет, что косвенно свидетельствует о низком уровне жизни селян, из-за чего происходит отток молодежи в города и другие регионы.

Среди причин миграции сельского населения в города не только отсутствие рабочих мест, но и низкая благоустроенность села и его социальной инфраструктуры, отсутствие комфортного жилья в сельской местности. Ввиду особой важности данных факторов для развития села авторами в методику оценки уровня инклюзивного развития регионов был добавлен блок «Социальная инклюзия», включающий 4 индикатора.

Прежде всего, в данном блоке были выделены такие важные индикаторы, как средняя обеспеченность 1 сельского жителя жильем и доля площади сельского жилищного фонда, обеспеченного всеми видами благоустройства.

Для оценки уровня средней обеспеченности 1 сельского жителя жильем в качестве эталонного значения принималась социальная норма на одного проживающего гражданина (33 м²).

В настоящее время город предоставляет лучшие условия по качеству проживания. Так, в 2020 г., по данным Росстата, в России доля площади сельского жилищного фонда, обеспеченного всеми видами благоустройства, составляла 37,5 %, в то время как в городах и поселках городского типа на долю благоустроенного жилья приходилось 80,6 %. Поэтому благоустройство сельского жилищного фонда и улучшение жилищных условий на селе являются важной стратегической целью, обозначенной как СУРСТ РФ, так и ГП КРСТ.

Оценка регионального уровня благоустройства сельского жилищного фонда производилась в сопоставлении с первоначальным целевым значением, прописанным в ГП КРСТ, который составлял 50 %. В 2019 г. данному критерию соответствовали 20 регионов из 82, преимущественно это регионы ЦФО (Липецкая, Белгородская, Тамбовская, Московская, Тульская области) и Северо-Кавказского федерального округа (СКФО) (республики Северная Осетия – Алания, Ингушетия, Кабардино-Балкарская и Чеченская республики, Ставропольский край), а также отдельные регионы СЗФО (Калининградская, Ленинградская, Мурманская области), Южного федерального округа (ЮФО) (Краснодарский край, Республика Адыгея, Республика Крым), Приволжского федерального округа (ПФО) (Республика Татарстан, Самарская и Пензенская области) и Ямало-Ненецкий автономный округ.

Регионы Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов имеют низкий уровень благоустройства сельского жилищного фонда, суровые климатические условия, а потому непривлекательны для проживания.

Большое значение для сохранения человеческого капитала имеют социальные условия на селе: наличие школ, больниц, фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП), досуговых центров, сельских клубов [20, с. 735]. Сокращение сети учреждений здравоохранения в соответствии с политикой оптимизации расходов на оказание бесплатных медицинских услуг населению привело к тому, что сельскому населению в отдаленных районах страны оказалась недоступна своевременная качественная медицинская помощь. Поэтому в блок социальной инклюзии авторами включен индикатор – число ФАПов на 1 тыс. сельских жителей. Данный индикативный показатель позволяет оценить уровень системы здравоохранения в регионе. В качестве эталона была выбрана Магаданская область, в которой насчитывается наибольшее число ФАПов на 1 тыс. сельских жителей (2,9).

Расчет коэффициента сближения с данным эталоном показал, что в список лучших вошли Псковская, Курганская, Тверская, Смоленская, Кировская, Архангельская области и Республика Татарстан. К наиболее отстающим по данному показателю ре-

гионам отнесены густонаселенные регионы СКФО, Краснодарский край, а также Ямало-Ненецкий автономный округ и Тульская область.

Еще одним жизненно важным показателем социальной инклюзии для сохранения сельских территорий является удельный вес сельских населенных пунктов, имеющих связь по дорогам с твердым покрытием с сетью дорог общего пользования в общем числе сельских населенных пунктов. Развитие транспортной инфраструктуры на сельских территориях важно не только с точки зрения повышения качества жизни сельского населения, их мобильности, но и для развития экономики сельского хозяйства как необходимый элемент всей логистической инфраструктуры АПК. В качестве эталона данного показателя установлено максимальное значение 100 %.

В ходе исследования установлено, что только четыре региона России достигли эталонного значения – республики Крым, Ингушетия, Северная Осетия – Алания и Кабардино-Балкарская Республика. Показатель свыше 90 % в республиках Адыгея, Дагестан и Башкортостан, Карачаево-Черкесской

Республике, Ставропольском, Краснодарском, Приморском и Красноярском краях, Пензенской, Белгородской и Оренбургской областях.

Самое низкое значение показателя отмечается в северных регионах страны, что во многом обусловлено суровым климатом и отсутствием по этой причине возможности проложить дороги в отдаленные села – это Республика Саха (Якутия), Ямало-Ненецкий, Ненецкий, Чукотский автономные округа, Сахалинская область и ХМАО.

Расчет интегрального индекса по формуле (2) для 82 регионов России позволил сгруппировать их по уровню инклюзивного развития сельских территорий (таблица 2).

В соответствии с авторской методикой в более масштабной государственной поддержке нуждаются регионы с низким и средним уровнем инклюзивности в силу неразвитости инфраструктуры, низкого качества жизни (недостаточное обеспечение социальной и инженерной инфраструктурой) и необходимости финансового обеспечения для развития социальной сферы и экономики.

Таблица 2

Группировка регионов России по уровню инклюзивного развития сельских территорий

Уровень инклюзивного развития	Шкала оценок	Регионы России
Высокий	От 0,9 и выше	Мурманская область, Белгородская область, Магаданская область, Ленинградская область, Республика Калмыкия, Чукотский автономный округ, Камчатский край
Средний	0,7–0,89	Калининградская область, Липецкая область, Ставропольский край, Курская область, Республика Татарстан, Республика Северная Осетия – Алания, Орловская область, Пензенская область, Калужская область, Воронежская область, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Адыгея, Тамбовская область, Брянская область, Краснодарский край, Рязанская область, Тульская область, Саратовская область, Московская область, Волгоградская область, Республика Ингушетия, Иркутская область, Карачаево-Черкесская Республика, Ростовская область, Астраханская область, Республика Мордовия, Сахалинская область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Самарская область, Республика Башкортостан, Оренбургская область, Вологодская область, Омская область, Приморский край, Нижегородская область, Тюменская область, Республика Карелия, Тверская область, Архангельская область, Свердловская область, Псковская область, Новосибирская область, Челябинская область, Сахалинская область
Низкий	0,69 и ниже	Алтайский край, Республика Марий Эл, Красноярский край, Чувашская Республика – Чувашия, Ямало-Ненецкий автономный округ, Курганская область, Удмуртская Республика, Амурская область, Томская область, Республика Дагестан, Смоленская область, Чеченская Республика, Кемеровская область – Кузбасс, Ивановская область, Республика Крым, Владимирская область, Республика Алтай, Ульяновская область, Еврейская автономная область, Хабаровский край, Ярославская область, Республика Коми, Республика Хакасия, Новгородская область, Ненецкий автономный округ, Пермский край, Костромская область, Забайкальский край, Республика Бурятия, Республика Тыва, Республика Саха (Якутия)

Источник: разработано авторами.

Grouping regions of Russia in terms of inclusive development of rural areas

The level of inclusive development	Scale estimates	Regions of Russia
High	From 0.9 and above	Murmansk region, Belgorod region, Magadan region, Leningrad region, Republic of Kalmykia, Chukotka autonomous okrug, Kamchatka krai
Medium	0.7–0.89	Kaliningrad region, Lipetsk region, Stavropol krai, Kursk region, Republic of Tatarstan, Republic of North Ossetia – Alanya, Orel region, Penza region, Kaluga region, Voronezh region, Kabardino-Balkarian Republic, Republic of Adygea, Tambov region, Bryansk region, Krasnodar region, Ryazan region, Tula region, Saratov region, Moscow region, Volgograd region, Republic of Ingushetia, Irkutsk region, Karachay-Cherkess Republic, Rostov region, Astrakhan region, Republic of Mordovia, Sakhalin region, Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra, Samara region, Republic of Bashkortostan, Orenburg region, Vologda region, Omsk region, Primorskiy Krai, Nizhniy Novgorod region, Tyumen region, Republic of Karelia, Tver region, Arkhangelsk region, Sverdlovsk region, Pskov region, Novosibirsk region, Chelyabinsk region, Sakhalin region
Low	0.69 and lower	Altai krai, Republic of Mari El, Krasnoyarsk krai, Chuvash Republic – Chuvashia, Yamalo-Nenets autonomous okrug, Kurgan region, Udmurt Republic, Amur region, Tomsk region, Republic of Dagestan, Smolensk region, Chechen Republic, Kemerovo region – Kuzbass, Ivanovo region, Republic of Crimea, Vladimir region, Republic of Altai, Ulyanovsk region, Jewish autonomous region, Khabarovsk region, Yaroslavl region, Republic of Komi, Republic of Khakassia, Novgorod region, Nenets autonomous okrug, Perm region, Kostroma region, Transbaikal region, Republic of Buryatia, Republic of Tyva, Republic of Sakha (Yakutia)

Source: developed by the authors.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Предлагаемая авторами методика использует достаточно простую и доступную систему показателей и индикаторов. Вместе с тем государственная статистика, к сожалению, не позволяет полностью оценить уровень дифференциации городских и сельских поселений как в межрегиональном, так и во внутрирегиональном аспектах, которая является весьма значительной. Однако даже выполненный анализ по приведенному перечню социально-экономических показателей дает общее представление о величине неравенства в развитии сельских территорий между регионами.

Данная методика исследования позволяет не только рассчитывать уровень инклюзивного развития сельских территорий в пространственном аспекте, но и проводить сравнительную характеристику в динамике по годам для выявления влияния действующих на показатель факторов. Такой подход дает возможность выявить регионы, нуждающиеся в поддержке, и сельские территории, которые можно брать за образец регионального развития.

При расширении количества доступных статистических данных о состоянии сельских территорий на уровне субъектов РФ набор индикативных показателей, входящих в каждый отдельный блок, может быть дополнен.

Библиографический список

1. Подгорская С. В., Мирошниченко Т. А., Бахматова Г. А. Методологические положения по обоснованию направлений развития сельских территорий сельскохозяйственных районов на основании диверсификации сельской экономики в условиях цивилизационных трансформаций: монография. Рассвет: АзовПринт, 2021. 112 с. DOI: 10.34924/FRARC.2021.31.95.001.
2. Каримова А. Инклюзивный девелопмент: концепция сдвига // Россия и новые государства Евразии. 2018. № 2 (39). С. 130–153. DOI: 10.20542/2073-4786-2018-2-130-153.
3. EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth [e-resource]. European commission. Brussels, 2010. URL: <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf> (date of reference: 20.01.2022).
4. Tartaruga I. G. P. Inovação inclusiva como possibilidade de desenvolvimento territorial para Portugal: Notas preliminares [e-resource]. Paper presented at the 12th Congresso da Geografia Portuguesa, Guimarães, Portugal. URL: https://www.researchgate.net/publication/337623770_Inovacao_inclusiva_como_posibilidade_de_desenvolvimento_territorial_para_Portugal_Notas_preliminares (date of reference: 22.01.2022).
5. World Social Report 2021. Reconsidering Rural Development. United Nations publication [e-resource]. 2021. 174 p. URL: https://www.un.org/development/desa/dspd/wp-content/uploads/sites/22/2021/05/World-Social-Report-2021_web_FINAL.pdf (date of reference: 22.01.2022).

6. Saji T. G. Inclusive Growth in India: Some Realities [e-resource] // Indian Journal of Economics and Development. 2019. Vol. 15. No. 3. Pp. 410–417. DOI: 10.5958/2322-0430.2019.00051.9.
7. Ghanem H. Agriculture and rural development for inclusive growth and food security in Morocco [e-resource] // Global Economy and Development. 2016. January. Pp. 374–391. URL: https://www.researchgate.net/publication/317165207_Agriculture_and_rural_development_for_inclusive_growth_and_food_security_in_Morocco (date of reference: 14.01.2022).
8. Gould D. M., Melecky M. Risks and Returns: Managing Financial Trade-Offs for Inclusive Growth in Europe and Central Asia [e-resource]. Washington, DC: World Bank, 2017. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25494>. doi:10.1596/978-1-4648-0967-5 (date of reference: 10.01.2022).
9. Rytova E., Gutman S., Sousa C. Regional Inclusive Development: An Assessment of Russian Regions [e-resource] // Sustainability. 2021. No. 13. Article number 5773. URL: https://www.researchgate.net/publication/351817855_Regional_Inclusive_Development_An_Assessment_of_Russian_Regions (date of reference: 20.01.2022). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13115773>.
10. Поподько Г. И. Инклюзивное развитие ресурсного региона [Электронный ресурс] // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2021. № 1 (65). Номер статьи 6524. URL: <https://eee-region.ru/article/6524> (дата обращения: 05.06.2021). DOI: 10.24412/1999-2645-2021-165-24.
11. Заводских А. А. Построение индекса инклюзивного развития регионов [Электронный ресурс] // Псковский регионологический журнал. 2020. № 2 (42). С. 19–41. URL: <http://ras.jes.su/region/s221979310008578-8-1> (дата обращения: 15.06.2021).
12. Казакова С. М. Оценка устойчивости макрорегионов России на основе индекса инклюзивного развития // Региональная экономика. Юг России. 2020. Т.8. №4. С. 30–38. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.3.
13. Киреева Н. А., Прущак О. В. Инклюзивная модель развития агропродовольственной системы России: теоретико-методологический базис // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2019. № 5 (79). С. 45–50.
14. Демичев В. В. Рейтинг инклюзивного развития экономики сельского хозяйства регионов России [Электронный ресурс] // Российский экономический интернет-журнал. 2018. № 3. С. 29. URL: <http://www.e-rej.ru/Articles/2018/Demichev.pdf> (дата обращения: 11.02.2021).
15. The Inclusive Growth and Development Report 2017 [e-resource]. World Economic Forum. Geneva, 2017. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-inclusive-growth-and-development-report-2017> (date of reference: 18.11.2021).
16. Аганбегян А., Ершов М. Нет длинных денег – нет роста [Электронный ресурс] // Ведомости. 09 сентября 2020. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/09/08/839227-dlinnih-deneg> (дата обращения: 12.10.2021).
17. Утенкова Т. И. Преодоление сельской бедности в Сибирском регионе // Никоновские чтения. 2020. № 25. С. 72–74.
18. Исаева О. В. Многоукладность сельского хозяйства России: современные тенденции и перспективы развития // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3. № 3. С. 20–30. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-3-20-30.
19. Липатова Н. Н. Малые формы хозяйствования: состояние, проблемы, перспективы: монография. Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2020. 165 с.
20. Мирошниченко Т. А. Оценка человеческого капитала сельских территорий региона // Управленческий учет. 2021. № 8-3. С. 726–736. DOI: 10.25806/uu8-32021726-736.

Об авторах:

Татьяна Александровна Мирошниченко¹, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела аграрной экономики и нормативов, ORCID 0000-0003-4370-1459, AuthorID 661234; +7 905 429-42-13, Mirtatjana@mail.ru

Светлана Валерьевна Подгорская¹, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела аграрной экономики и нормативов, ORCID 0000-0001-8912-7865, AuthorID 702217; +7 903 434-66-49, svetlana.podgorskaya@gmail.com

¹ Федеральний Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

Evaluation of inclusive development of rural areas of Russia regions

T. A. Miroshnichenko[✉], S. V. Podgorskaya¹

¹Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

✉E-mail: Mirtatjana@mail.ru

Abstract. Modern agricultural successes practically did not affect the level and quality of life of the rural population of the regions of Russia, which confirms the need to change the existing concept of the development of rural areas based on the principles of inclusiveness. **The purpose.** Development of the methodology for assessing the level of inclusive development of rural areas of Russian regions and its approbation. **Methods.** The author's methodology was based on a methodological approach to assessing the level of inclusive development of individual countries proposed in 2017 at the World Economic Forum (WEF) in Davos. In the proposed method, in addition to the main blocks "Growth and Development", "Inclusion", the "continuity of generations and the sustainability of development" by the authors included the Social Inclusion Block. For each block, indicators of the level of inclusive development are substantiated in accordance with the criteria for the availability, reliability and relevance of indicators for rural areas of Russia. The calculation of the rapprochement of each indicator with the reference value is made, and then the integral indicator of the inclusive development of the regions is calculated. **Results.** An approbation of the author's methodology for assessing the inclusive development of rural areas is based on regional statistics on 82 subjects of the Russian Federation. A grouping of regions was performed on three levels of inclusive development of rural areas (high, medium, low). According to the results of the study, the best regions in terms of their inclusive development and regions in need of support and adjustment of their development programs based on the principles of inclusiveness have been identified. **Scientific novelty.** A copyright methodological approach has been developed to assess the level of inclusive development of rural areas of regions, which makes it possible to determine their condition not only in the spatial aspect, but also carry out a comparative characteristic in the dynamics by year to identify the influence of the factors acting on the indicator.

Keywords: inclusive development, inclusive growth, inclusive development index, rural areas, rural population, standard of living, regions of russia, regional development.

For citation: Miroshnichenko T. A., Podgorskaya S. V. Otsenka inklyuzivnogo razvitiya sel'skikh territoriy regionov Rossii [Evaluation of inclusive development of rural areas of Russia regions] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 83–94. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-83-94. (In Russian.)

Date of paper submission: 28.01.2022, **date of review:** 09.02.2022, **date of acceptance:** 15.02.2022.

References

1. Podgorskaya S. V., Miroshnichenko T. A., Bakhmatova G. A. Metodologicheskie polozheniya po obosnovaniyu napravleniy razvitiya sel'skikh territoriy sel'skokhozyaystvennykh rayonov na osnovanii diversifikatsii sel'skoy ekonomiki v usloviyakh tsivilizatsionnykh transformatsiy [Methodological provisions to substantiate the areas of development of rural agricultural areas on the basis of the diversification of the rural economy in the conditions of civilizational transformations]. Rassvet: AzovPrint, 2021. 112 p. DOI: 10.34924/FRARC.2021.31.95.001. (In Russian.)
2. Karimova A. Inklyuzivnyy development: kontseptsiya sdviga [Inclusive development: shift concept] // Russia and New States of Eurasia. 2018. No. 2 (39). Pp. 130–153. DOI: 10.20542/2073-4786-2018-2-130-153. (In Russian.)
3. EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth [e-resource]. European commission. Brussels, 2010. URL: <http://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf> (date of reference: 20.01.2022).
4. Tartaruga I. G. P. Inovação inclusiva como possibilidade de desenvolvimento territorial para Portugal: Notas preliminares [e-resource]. Paper presented at the 12th Congresso da Geografia Portuguesa, Guimarães, Portugal. URL: https://www.researchgate.net/publication/337623770_Inovacao_inclusiva_como_posibilidade_de_desenvolvimento_territorial_para_Portugal_Notas_preliminares (date of reference: 22.01.2022). (In Portuguese.)
5. World Social Report 2021. Reconsidering Rural Development. United Nations publication [e-resource]. 2021. 174 p. URL: https://www.un.org/development/desa/dspd/wp-content/uploads/sites/22/2021/05/World-Social-Report-2021_web_FINAL.pdf (date of reference: 22.01.2022).
6. Saji T. G. Inclusive Growth in India: Some Realities [e-resource] // Indian Journal of Economics and Development. 2019. Vol. 15. No. 3. Pp. 410–417. DOI: 10.5958/2322-0430.2019.00051.9.

7. Ghanem H. Agriculture and rural development for inclusive growth and food security in Morocco [e-resource] // *Global Economy and Development*. 2016. January. Pp. 374–391. URL: https://www.researchgate.net/publication/317165207_Agriculture_and_rural_development_for_inclusive_growth_and_food_security_in_Morocco (date of reference: 14.01.2022).
8. Gould D. M., Melecky M. Risks and Returns: Managing Financial Trade-Offs for Inclusive Growth in Europe and Central Asia [e-resource]. Washington, DC: World Bank, 2017. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25494>. doi:10.1596/978-1-4648-0967-5 (date of reference: 10.01.2022).
9. Rytova E., Gutman S., Sousa C. Regional Inclusive Development: An Assessment of Russian Regions [e-resource] // *Sustainability*. 2021. No. 13. Article number 5773. URL: https://www.researchgate.net/publication/351817855_Regional_Inclusive_Development_An_Assessment_of_Russian_Regions (date of reference: 20.01.2022). DOI: <https://doi.org/10.3390/su13115773>.
10. Popod'ko G. I. Inklyuzivnoe razvitie resursnogo regiona [The inclusive development of the resource region] [e-resource] // *Regional economy and management: electronic scientific journal*. 2021. No. 1 (65). Article number 6524. DOI: 10.24412/1999-2645-2021-165-24. URL: <https://eee-region.ru/article/6524> (date of reference: 05.06.2021). (In Russian.)
11. Zavodskikh A. A. Postroenie indeksa inklyuzivnogo razvitiya regionov [The calculation of the regional inclusive development index] [e-resource] // *Pskov Regional Studies Journal*. 2020. No. 2 (42). Pp. 19–41. URL: <http://ras.jes.su/region/s221979310008578-8-1> (date of reference: 15.06.2021). (In Russian.)
12. Kazakova S. M. Otsenka ustoychivosti makroregionov Rossii na osnove indeksa inklyuzivnogo razvitiya [Sustainability assessment of Russian macro-regions by means of the index of inclusive development] // *Regional Economy. The South of Russia*. 2020. Vol. 8. No. 4. Pp. 30–38. DOI: 10.15688/re.volsu.2020.4.3. (In Russian.)
13. Kireeva N. A., Prushchak O. V. Inklyuzivnaya model' razvitiya agroproduktivnoy sistemy Rossii: teoretiko-metodologicheskii bazis [Inclusive model for developing of the agri-food system in Russia: theoretical and methodological basis] // *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta*. 2019. No. 5 (79). Pp. 45–50. (In Russian.)
14. Demichev V. V. Rejting inklyuzivnogo razvitiya ekonomiki sel'skogo khozyaystva regionov Rossii [Rating of inclusive economic development of agriculture in Russian regions] [e-resource] // *Russian economic online journal*. 2018. No. 3. Pp. 29. URL: <http://www.e-rej.ru/Articles/2018/Demichev.pdf> (date of reference: 11.02.2021). (In Russian.)
15. The Inclusive Growth and Development Report 2017 [e-resource]. World Economic Forum. Geneva, 2017. URL: <https://www.weforum.org/reports/the-inclusive-growth-and-development-report-2017> (date of reference: 18.11.2021).
16. Aganbegyan A., Ershov M. Net dlinnykh deneg – net rosta [No long money – no growth] [e-resource] // *Vedomosti*. 09 sentyabrya 2020. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/09/08/839227-dlinnih-deneg> (date of reference: 12.10.2021). (In Russian.)
17. Utenkova T. I. Preodolenie sel'skoy bednosti v Sibirskom regione [Overcoming rural poverty in the Siberian region] // *Nikonovskie chteniya*. 2020. No. 25. Pp. 72–74. (In Russian.)
18. Isaeva O. V. Mnogoukladnost' sel'skogo khozyaystva Rossii: sovremennye tendentsii i perspektivy razvitiya [Mixed forms of management in agriculture of Russia: modern tendencies and prospects of development] // *Economy and ecology of territorial formations*. 2019. Vol. 3. No. 3. Pp. 20–30. DOI: 10.23947/2413-1474-2019-3-3-20-30. (In Russian.)
19. Lipatova N. N. Malye formy khozyaystvovaniya: sostoyanie, problemy, perspektivy [Small business forms: condition, problems, perspectives]. Kinel: RIO Samarskogo GAU, 2020. 165 p. (In Russian.)
20. Miroshnichenko T. A. Otsenka chelovecheskogo kapitala sel'skikh territoriy regiona [Evaluation of human capital of rural territories of the region] // *Management Accounting*. 2021. No. 8-3. Pp. 726–736. DOI: 10.25806/uu8-32021726-736. (In Russian.)

Authors' information:

Tatyana A. Miroshnichenko¹, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher of the department of agrarian economics and standards, ORCID 0000-0003-4370-1459, AuthorID 661234; +7 905 429-42-13, Mirtatjana@mail.ru

Svetlana V. Podgorskaya¹, candidate of economic sciences, associate professor, leading researcher of the department of agrarian economics and standards, ORCID 0000-0001-8912-7865, AuthorID 702217; +7 903 434-66-49, svetlana.podgorskaya@gmail.com

¹ Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

Методические подходы к рейтинговой оценке сельского хозяйства регионов России

М. С. Оборин^{1, 2, 3}✉

¹ Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

✉ E-mail: recreachin@rambler.ru

Аннотация. Ситуационные макроэкономические условия актуализировали новые подходы к стратегическому планированию и оценке развития сельского хозяйства. Реализация национальных проектов в сфере повышения конкурентоспособности и импортозамещения на уровне субъектов РФ способствовала формированию рейтинга регионов, который позволяет при помощи интегрального показателя отразить уровень отрасли для инвесторов, органов власти и бизнеса. Разработка методик рейтинговой оценки сельского хозяйства регионов позволяет учитывать цели и задачи инициаторов проведения, способствует комплексной характеристике ключевых параметров лидирующих предприятий, а также отраслевых и территориальных эффектов. Предлагаемый подход направлен на оценку тенденций рыночной интеграции, существенно влияющей на темпы и направления развития сельскохозяйственного производства. **Цель исследования** – анализ, систематизация и дополнение методических подходов, применяемых для формирования рейтинговой оценки агропромышленного комплекса регионов страны. **Задачи исследования:** 1) охарактеризовать методические основы рейтинговой оценки сельского хозяйства регионов России; 2) привести данные экономико-статистического анализа эффективности сельского хозяйства в регионах России на основе рейтинговых позиций. Основными **методами** исследования являются: 1) системный анализ, общелогические методы исследования (сравнение, обобщение); 2) рейтинговый метод оценки сельского хозяйства в регионах России; 3) экономико-статистический анализ данных о состоянии сельского хозяйства в регионах России. **Результаты.** Представлена оценка существующих методов анализа позиции региональных агропромышленных комплексов. Определены ограничения и положительные аспекты рассмотренных методик и подходов. Охарактеризованы основные группы показателей состояния агропромышленного комплекса в субъектах РФ. Представлены рейтинговые позиции отрасли по регионам. **Научная новизна** исследования заключается в формировании уровневого подхода к оценке рейтинговой позиции агропромышленного комплекса регионов РФ.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, агробизнес, методические подходы, эффективность, рыночная интеграция.

Для цитирования: Оборин М. С. Методические подходы к рейтинговой оценке сельского хозяйства регионов России // Аграрный вестник Урала. 2022. № 03 (218). С. 95–104. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-95-104.

Дата поступления статьи: 17.01.2022, **дата рецензирования:** 04.02.2022, **дата принятия:** 10.02.2022.

Постановка проблемы (Introduction)

Разработка и реализация стратегического подхода к развитию агропромышленного комплекса регионов предполагают глубокий анализ и оценку ситуационного состояния профильных предприятий, определение ограничений и уязвимостей, формирование перечня первоочередных задач, требующих оперативного решения. Потребность в качественном инструментарии и методологии со-

проведения качественных, научно обоснованных управленческих решений остается актуальной в условиях системных затяжных кризисов.

Анализ научной литературы позволяет выявить достаточное количество методических подходов к формированию интегральных и рейтинговых оценок агропромышленного комплекса (АПК), которые можно классифицировать по следующим группам:

1) социально-экономическое состояние АПК, оцениваемое стандартными показателями и коэффициентами [3; 15];

2) рейтинговые и долевые коэффициенты, характеризующие в сравнении состояние АПК субъекта РФ [4];

3) факторный анализ, адаптированный для отрасли [11; 17];

4) интервальное ранжирование [7; 16];

5) рейтинговая оценка экономических и производственных возможностей АПК региона в структуре экономической системы региона и территорий [12; 13];

6) рейтинговая оценка продовольственной безопасности АПК [1; 2; 10; 12];

7) методики рейтинговой оценки, разработанные министерствами, институтами, например, Институтом комплексных стратегических исследований [16];

8) рейтинг инновационной деятельности (уровень глобальной конкурентоспособности; уровень образования населения; степень модернизации и производительности труда; уровень реализации исследований и разработок (НИОКР); уровень патентования);

9) рейтинговая и интегральная оценка конкурентоспособности, которая может включать такие критерии, как «качество институтов», «инфраструктура», «эффективность рынка товаров и услуг», «рынок труда», «технологический уровень», «размер внутреннего рынка», «конкурентоспособность компаний» и «инновационный потенциал».

Таким образом, каждая выделенная группа подходов и методик направлена на определение рейтинга агропромышленного комплекса в зависимости от целей и задач исследования.

Методология и методы исследования (Methods)

Системный анализ агропромышленного комплекса базируется на группе показателей, которые обработаны на основе аналитических и статистических методов исследования.

Результаты (Results)

В настоящее время большинство развитых стран, включая Российскую Федерацию, испытывает влияние глобальных кризисных явлений, негативно влияющих на продовольственную безопасность и устойчивость сельского хозяйства. Восстановление стабильных темпов роста и положительных финансово-экономических показателей является одной из задач управления на уровне субъектов РФ. Однако на сегодняшний день регионы страны показывают разную динамику развития данной отрасли. Для оценки и мониторинга динамики развития АПК в регионах России, анализа динамики абсолютных и относительных показателей функционирования сельскохозяйственных предприятий используются

различные методические подходы, включая специально разработанный рейтинг Института комплексных стратегических исследований (ИКСИ). Рейтинг помогает отслеживать состояние деятельности сельскохозяйственного предприятия в реальном времени в каждом регионе и определять, насколько отличаются показатели развития в каждом отдельном регионе. Данный анализ проводится посредством интегрального показателя, учитывающего разные факторы как внешнего, так и внутреннего характера, оказывающие влияние на уровень производительности и результативности производственной деятельности АПК регионов страны.

Благодаря использованию рейтинга ИКСИ оценивается эффективность непосредственно сельскохозяйственной деятельности, в отличие от индикаторов, которые определяют валовые показатели, связанные с влиянием региональных природно-климатических факторов. Формирование рейтинга осуществляется в рамках официальных статистически данных, обновляемых ежеквартально.

Классификация рейтинга основана на интеграции групп показателей, определяющих всестороннее развитие отрасли сельского хозяйства, включая производственную сферу, финансирование, страхование сельскохозяйственных рисков, уровень занятости населения в данной сфере, привлекательность отрасли с точки зрения занятости и ведения бизнеса, международный обмен товарами. При определении региона, занимающего текущие лидирующие позиции, проводится ситуационная оценка состояния и динамики развития сельскохозяйственной отрасли, учитываются финансово-экономические и производственные темпы роста. Таким образом, рейтинг основан на следующих группах показателей:

Производство:

– индекс сельскохозяйственного производства (%);

– отгружены товары собственного производства, реализованы сельскохозяйственные работы и услуги, а также продукты пищевой промышленности (тыс. руб.);

– все данные получены из официальных источников данных Росстата и ЕМИСС.

Финансирование:

– сумма кредитов, предоставленных юридическим лицам-резидентам и индивидуальным предпринимателям, в следующих сферах: пищевая промышленность и сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (млн руб.);

– доля неоплаченных требований по кредитам, предоставленным юридическим лицам-резидентам и индивидуальным предпринимателям, в следующих сферах: пищевая промышленность, сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство (%);

– привлечение средств государственной поддержки в регион (%) от освоенных средств федерального бюджета.

Все данные получены из официальных источников данных Банка России и Министерства сельского хозяйства.

Страхование сельскохозяйственных рисков:

- премиальный объем (тыс. рублей);
- количество контрактов, ед.

Все данные получены из официальных источников данных Банка России.

Привлекательность отрасли:

– среднемесячная номинальная заработная плата сельскохозяйственных работников (тыс. рублей);

– уровень рентабельности проданных товаров, продукции, работ, услуг в сельскохозяйственном и пищевом секторах (%);

– количество зарегистрированных крестьянских хозяйств на 1 апреля 2020 г., а также рост регистраций крестьянских хозяйств (количество вновь зарегистрированных крестьянских хозяйств, за исключением тех, которые прекратили свою деятельность в первом квартале 2020 года) (ед.).

Все данные получены из официальных источников данных Росстат, ЕМИСС и ФНС.

Внешняя торговля:

– объем экспорта сельскохозяйственного сырья и продуктов питания в регионе (млн долларов);

– количество стран, импортирующих сельскохозяйственное сырье и продукты питания в регионе;

– экспортная номенклатура (количество категорий товаров, экспортируемых областью; рассмотрены 24 категории сельскохозяйственной продукции согласно кодам ТН ВЭД 01-24);

– доля продуктов переработки в экспорте (доля экспорта продукции мукомольной и зерновой промышленности, готовых мясных продуктов, рыбы и др., в общем экспорте сельскохозяйственного сырья и продуктов питания из региона) (%).

Все данные получены из официальных источников данных ФТС.

Последняя группа показателей, определяющих уровень экспорта в регионах, на первый взгляд может выглядеть неактуально для некоторых областей Российской Федерации, показывающих низкий уровень производительности сельскохозяйственной продукции и неразвитость транспортно-логистической инфраструктуры. Однако, несмотря на данную ситуацию, федеральный проект «Экспорт сельхозпродукции», нацеленный на увеличение отечественного экспорта сельскохозяйственной продукции до 45 млрд долларов к 2024 г. (двойной рост в сравнении с 2017 г.), требует активности всех регионов. Перед каждым субъектом России поставлена цель достичь к 2024 г. объем экспорта сельскохозяйственной продукции в 1,5–4 раза [1; 2; 3].

Данная стратегическая задача касается также тех областей, которые никогда не экспортировали сельскохозяйственную продукцию либо отправляли товары на экспорт в малом объеме, а именно: Чукотский автономный округ, Ямало-Ненецкий автономный округ, республики Саха, Коми, Хакасия, Ингушетия, Чечня, Костромская область и другие.

В соответствии с рейтингом ИКСИ лидирующие позиции рейтинга занимают Краснодарский край, Москва и Воронежская область. Анализ показателей свидетельствует о негативной тенденции: ряд регионов, имеющих высокий аграрный потенциал (например, Ставропольский край), не попали даже в первую десятку лидеров (рис. 1).

Благодаря рейтингу появляется возможность оценки масштаба несоответствия показателей в регионах, между ними, анализ степени неравномерности уровня развития сектора АПК в национальном масштабе. Данная оценка производится в качестве блочных диаграмм, сформированных по отдельности для каждой группы показателей (рис. 2).

В рамках представленной блочной диаграммы:

- медианные показатели (выделенная черта блока) довольно невысокие;
- высокий разрыв наблюдается между показателями верхней и нижней граней блока;
- выбросы представляют регионы, резко контрастирующие по показателям основной группы.

Ввиду того, что регионы Российской Федерации сильно отличаются по природно-климатическим характеристикам, показатели существенно дифференцированы. При этом, согласно рейтингу, высокие критерии характерны только для трех регионов по уровню производительности, восемь в рамках агропромышленного страхования и один по финансированию, остальные субъекты в настоящее время находятся на отстающих позициях. Например, Тульская область была бесспорным лидером в группе показателей «Финансирование» в I квартале 2020 г. в основном за счет более высоких объемов кредитования и темпов роста в пищевой промышленности, а также относительно невысокого уровня непогашенного кредита и его значительного снижения по сравнению с 2019 г.

Методический подход, представленный выше, заключается в двойном учете каждого показателя по абсолютным и относительным значениям, поэтому ценность рейтинга состоит не только в ситуационной оценке, но и в возможности прогнозирования тенденций развития сельского хозяйства, анализе территориальных результатов и эффектов. Таким образом, было сформировано несколько условных групп регионов РФ в зависимости от уровня развития кластерных образований агропромышленного комплекса.

Кластеры включают [5; 6; 8; 9]:

- группу субъектов с устойчивыми параметрами агропромышленных кластеров и интенсивными темпами роста;
- группу субъектов, которые имеют потенциал для улучшения показателей сельского хозяйства;
- группу субъектов с невысокими параметрами относительно лидеров и динамикой, близкой к рецессии;
- группу субъектов с низкими параметрами состояния сельского хозяйства и стагнацией.

Следовательно, регионы со средними показателями и низкой динамикой отличаются подверженности высокому риску, а регионы с низкими показателями и низкой динамикой требуют особого участия государства в развитии агропромышленного комплекса.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Положительные результаты политики импортозамещения и стратегического планирование в сельском хозяйстве, осуществляемые с учетом геопо-

литических и макроэкономических факторов, способствовали развитию институциональной среды. Регионами РФ стали разрабатываться программы цифровизации и повышения конкурентоспособности отрасли, влияющие на продовольственную безопасность и устойчивость ключевых субъектов агробизнеса.

В настоящее время эффективность управления агропромышленным комплексом требует разработки новых методов регулирования, основанных на системном анализе, поиске инструментов, которые, помимо определения первоочередных проблем, также целесообразны в планировании тактики и стратегии действий отраслевых предприятий на рынках присутствия. Технология мониторинга способствует проведению оценки рациональности действий, направленных на развитие сельского хозяйства, качественных изменений в отрасли в результате данных действий, формированию характеристик экономических показателей развития региона.

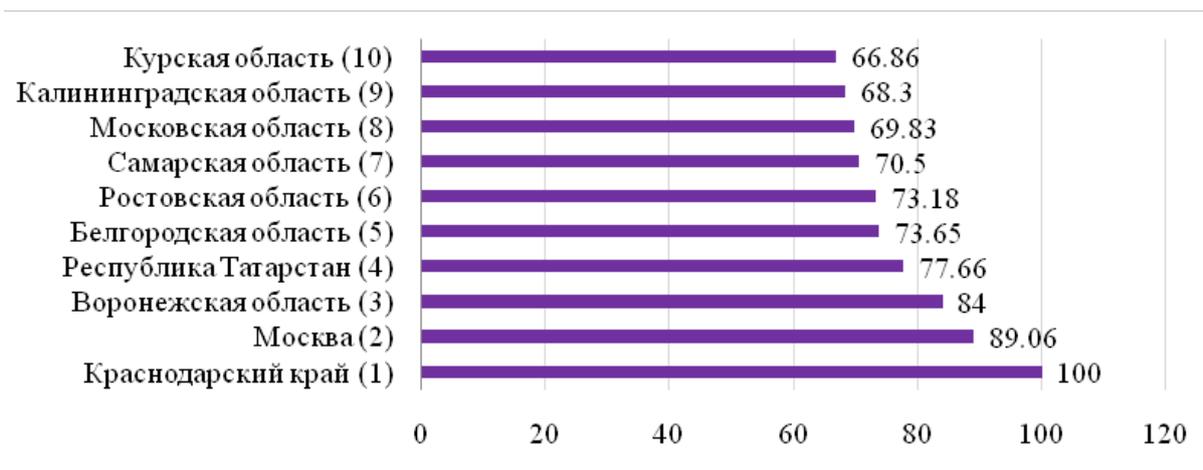


Рис. 1. Рейтинг эффективности деятельности агропромышленного комплекса регионов РФ в I квартале 2020 г., баллы (составлено по данным [14])

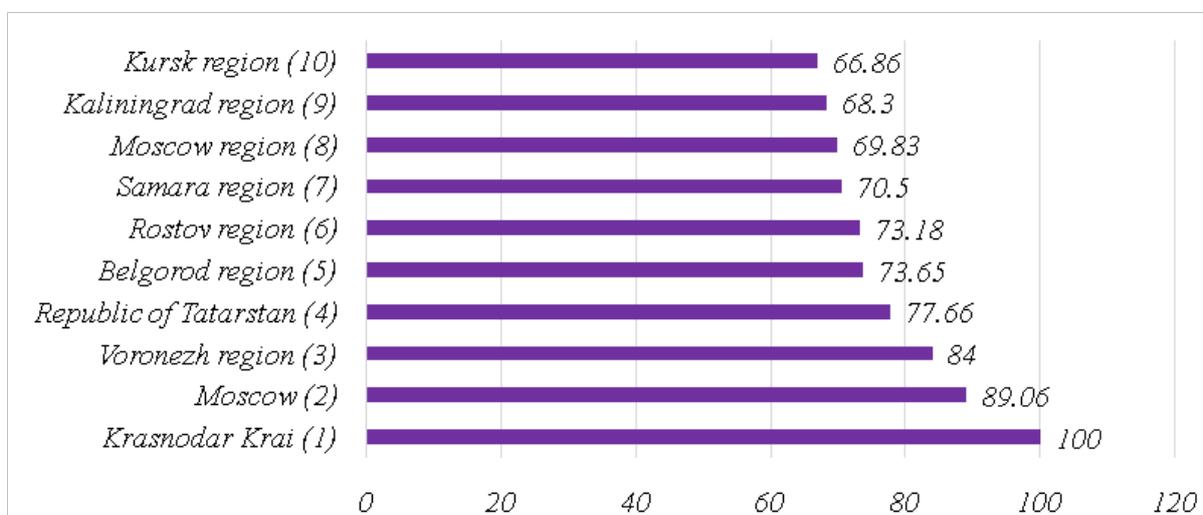


Fig. 1. The rating of the efficiency of the agro-industrial complex of the regions of the Russian Federation in the first quarter of 2020, points (compiled according to [14])

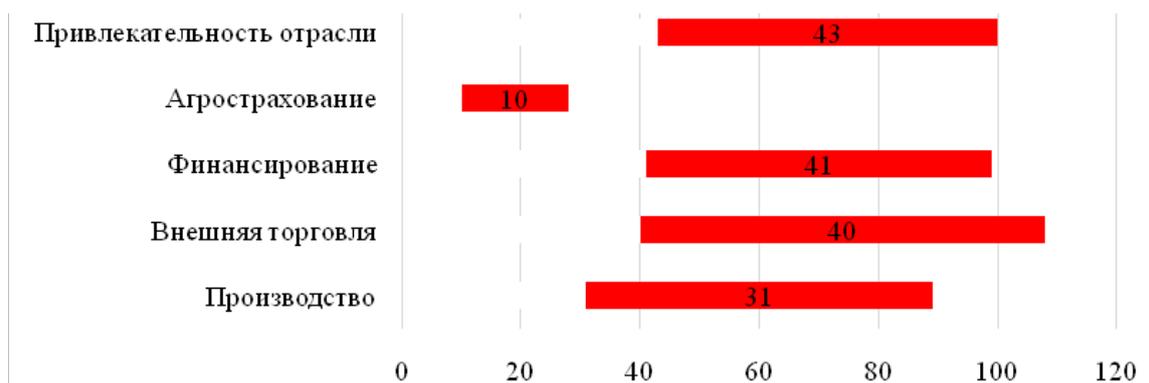


Рис. 2. Блочные диаграммы в рамках распределения интегральных оценок регионов по группам показателей (составлено по данным (14))

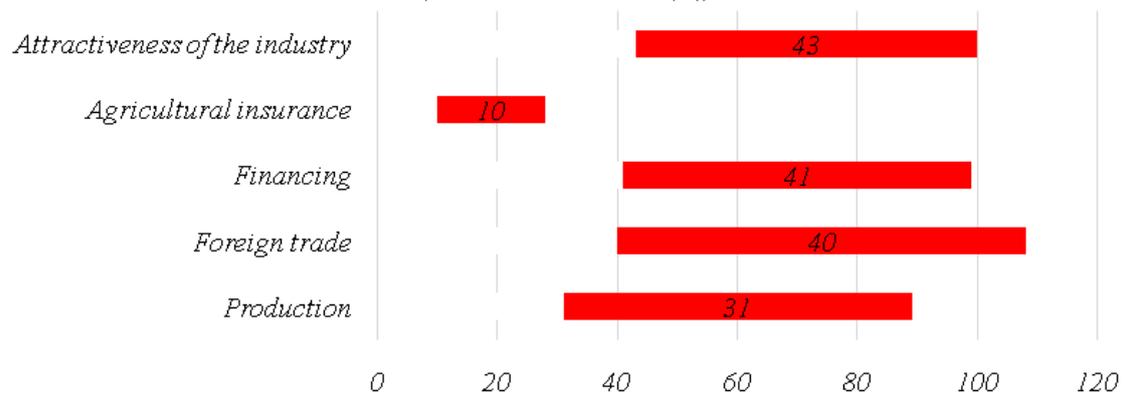


Fig. 2. Block diagrams within the distribution of integral estimates of regions by groups of indicators (compiled according to (14))

Рейтинговые показатели начинают широко использоваться при разработке инвестиционных планов в сельском хозяйстве и проектно-кластерном развитии территорий. Многофакторная оценка существенно повышает эффективность принимаемых управленческих решений на уровне муниципалитетов, которые могут иметь различную сельскохозяйственную специализацию. Детализация критериев рейтинга способствует качественной интерпретации тенденций развития отраслевых предприятий, позволяя делать прогнозы относительно конкурентоспособности и роста экспортно-импортных продаж.

Прогнозирование в пределах определенных трендов детализируется по временным критериям и этапам на ближайшие годы, разрабатываются варианты реализации целей и достижения запланированных показателей. Неблагоприятные результаты, полученные в результате отслеживания внутренних индикаторов и макроэкономических рисков, способствуют коррекции реализуемых инструментов и мер поддержки, определяют достижимые параметры отрасли. Могут быть произведены изменения в системах управления, например, за счет включения в более развитые кластерные структуры, позволяющие координировать действия сельскохозяйственных производителей в рамках проекта или общих задач.

Необходимо учитывать, что рейтинговая оценка сельскохозяйственного производства связана со специфическими природно-ресурсными и климатическими факторами, которые могут существенно нивелировать меры экономической поддержки при ошибках в стратегии развития подотраслей и направлений деятельности. Алгоритм управления развитием сельского хозяйства на основе рейтинговых моделей оценки основан на последовательно сменяющихся этапах данных о производственной, рыночной и финансово-экономической ситуации в отрасли, в результате которых формируется ситуационный анализ сопровождения управленческих решений.

Основные показатели, описывающие состояние отрасли, традиционно связаны с группировкой количественных индикаторов производства, финансов, ресурсного потенциала, которые складываются на территории субъекта. Данные статистики сельского хозяйства являются базой проведения расчетно-аналитического обоснования ее рейтинговой позиции, прогнозирования темпов изменения наиболее значимых показателей.

Значение рейтинга на макроэкономическом уровне состоит в определении позиции относительно других субъектов РФ по уровню развития отрасли, на которую будут ориентироваться субъекты власти, отрасли, инвесторы и другие предприятия, объединенные сетевыми взаимосвязями.

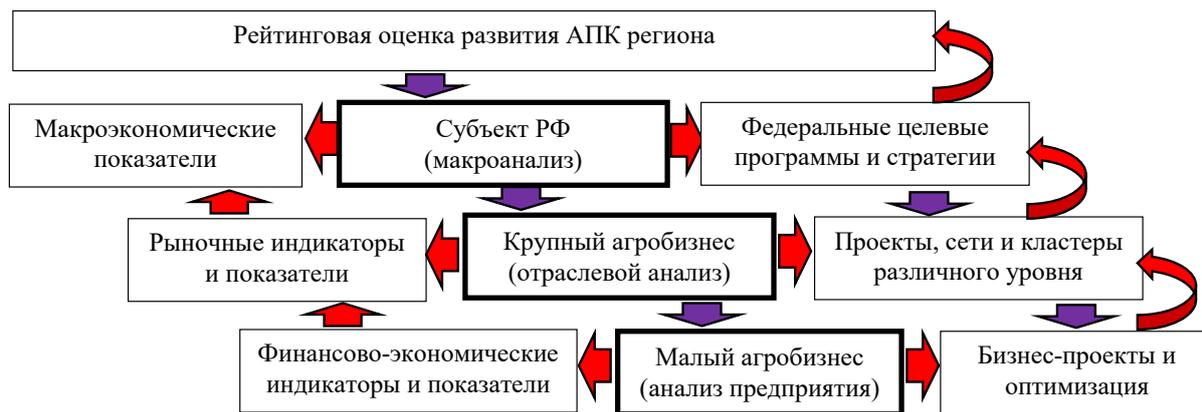


Рис. 3. Уровневая модель рейтинговой оценки развития агропромышленного комплекса (составлено автором)

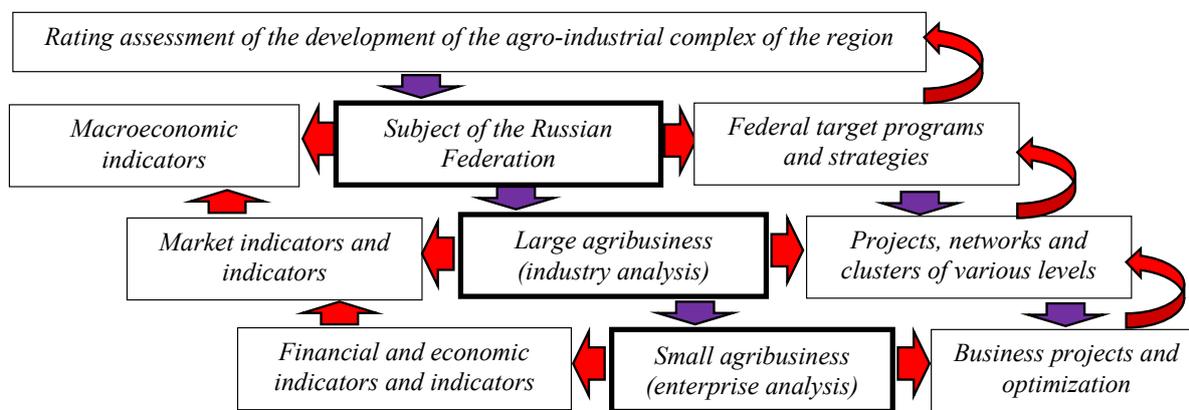


Fig. 3. The level model of the rating assessment of the development of the agro-industrial complex (compiled by the author)

В результате проведенного анализа можно проследить динамику развития регионов, где на примере Центрального федерального округа, в субъектах наблюдается вполне стабильная ситуация, наиболее высокие показатели отмечены в сфере финансирования, если сравнивать статистику с Южным или Северокавказским федеральным округом. При этом Центральный федеральный округ не отличается стабильной динамикой, по показателям развития сельскохозяйственной деятельности регионы округа показывают средние рейтинговые показатели.

Низкие показатели агропромышленного страхования по темпам роста экспортируемой продукции и уровню продаж отмечены в Рязанской, Смоленской, Тамбовской, Орловской и Тверской областях. Благодаря выгодным инфраструктурным характеристикам логистики, большому количеству зарегистрированных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей в регионе Москва показала высокие сельскохозяйственные показатели и проявила себя лидером экспорта аграрной продукции.

Наиболее отстающими по уровню финансирования регионами стали Еврейский и Чукотский автономные округа, Республика Карачаево-Черкессия. В рамках показателей внешней торговли низкие показатели у Республики Саха, которая в I квартале 2020 г. не экспортировала сельскохозяйствен-

ную продукцию, при том что в 2019 г. республика реализовывала экспорт алкогольной продукции в Латвию.

В области страхования агропромышленных рисков лидирующие позиции заняли Москва, Краснодарский край (максимальное количество премий), Республика Чувашия (максимальный объем контрактов), Самарская и Иркутская области (максимальный прирост контрактов и премий).

По производству сельхозпродукции лидерами являются Краснодарский край, Чеченская Республика, Курск и Москва.

Несмотря на ряд преимуществ используемых подходов, следует констатировать, что необходимо учитывать ситуационные факторы, обусловленные процессами рыночной интеграции:

- 1) потенциал развития агробизнеса субъекта;
- 2) динамика развития крупного сетевого бизнеса на территории субъекта страны, его вклад в общие показатели;
- 3) состояние рынка, транспортно-логистической инфраструктуры.

В связи с этим модель формирования рейтинга АПК будет иметь три ключевых уровня анализа, в зависимости от которых будут разрабатываться мониторинговый и инструментальный блоки (рис. 3).

В условиях динамичного развития крупного агробизнеса его присутствие на региональном рынке является одним из ключевых факторов, определяющих тенденции и динамику состояния отрасли субъекта РФ. Целесообразно предложить группу

показателей ситуационной оценки крупного сетевого бизнеса: альянсов, агрохолдингов и других образований, которые соответствуют второму уровню (таблица 1).

Таблица 1
Система показателей оценки кластерного развития

Группа показателей	Содержание
1. Показатели оценки системности инновационного процесса агрокластера	<p>1. Темп модернизации инфраструктуры</p> $T_{\text{Минф}} = N_{\text{нов}} / N_{\text{выб}}$ – отношение количества новых объектов к выбывшим в период. <p>2. Доля инноваций в сельскохозяйственных продуктах и услугах</p> $SH_{\text{ИновКл}} = N_{\text{Инов}} / N_{\text{пп}}$ – отношение количества внедренных инноваций к объему реализованной продукции в регионе на определенный период
2. Динамика развития агрокластера на территории субъекта РФ	<p>1. Доля предприятий кластера</p> $SH_{\text{АгроКл}} = N_{\text{АгроКл}} / N_{\text{Агро}}$ – отношение количества предприятий агропромышленной специализации в регионе на определенный период времени ко всему количеству предприятий в регионе в том же периоде. <p>2. Доля продукции/услуг предприятий агрокластера в общем объеме реализации</p> $SH_{\text{АгроКл}} = V_{\text{кластер}} / V_{\text{регион}}$ <p>3. Доля инвестиций в основной капитал, направленных на развитие предприятий кластера</p> $SH_{\text{ИновОС}} = V_{\text{ИновКл}} / V_{\text{ИновРег}}$ – отношение объема инвестиций в основной капитал, направленные на развитие предприятий агрокластера к показателю по региону. <p>4. Доля численности лиц, работающих на предприятиях агрокластера</p> $SH_{\text{ЧР}} = N_{\text{ЧР Кл}} / N_{\text{ЧР Рег}}$ – отношение численности лиц, работающих на предприятиях кластера к общему числу показателя по региону
3. Развитие кластерного взаимодействия предприятий	<p>1. Коэффициент территориальной кластеризации</p> $SH_{\text{ТеррКл}} = N_{\text{АгроДР}} / N_{\text{К=АгроРЕГ}}$ – отношение количества предприятий из других регионов к количеству предприятий аналогичной специализации региона, входящих в кластер. <p>2. Доля кластера в проектном сотрудничестве региона</p> $SH_{\text{Кл}} = V_{\text{КлАгро}} / N_{\text{Пр Агро}}$ – отношение количества проектов агрокластера к общему объему проектов в отрасли

Источник: составлено автором.

Table 1
The system of indicators for assessing cluster development

Group of indicators	Content
1. Indicators for assessing the consistency of the innovation process of the agro cluster	<p>1. The pace of infrastructure modernization</p> $P_{\text{Minf}} = N_{\text{new}} / N_{\text{out}}$ – the ratio of the number of new objects to those that were retired during the period. <p>2. The share of innovations in agricultural products and services</p> $SN_{\text{InnCl}} = N_{\text{Inn}} / N_{\text{V products sold}}$ – the ratio of the number of innovations introduced to the volume of products sold in the region for a certain period
2. Dynamics of agrocluster development on the territory of the subject of the Russian Federation	<p>1. The share of cluster enterprises</p> $SH_{\text{AgroCl}} = N_{\text{AgroCl}} / N_{\text{Agro}}$ – the ratio of the number of agro-industrial enterprises in the region for a certain period of time to the total number of enterprises in the region in the same period. <p>2. The share of products/ services of agrocluster enterprises in the total sales volume</p> $SH_{\text{agro cl}} = V_{\text{cluster}} / V_{\text{region}}$ <p>3. The share of investments in fixed assets aimed at the development of cluster enterprises</p> $SN_{\text{inv fix ass}} = V_{\text{InvCl}} / V_{\text{Inv Reg}}$ – the ratio of the volume of investments in fixed assets aimed at the development of agrocluster enterprises to the indicator for the region. <p>4. The share of the number of persons working at the enterprises of the agro cluster</p> $SN_{\text{number emp}} = N_{\text{NE Cl}} / N_{\text{NE Reg}}$ – the ratio of the number of people working at cluster enterprises to the total number of indicators for the region
3. Development of cluster interaction of enterprises	<p>1. Coefficient of territorial clustering</p> $SH_{\text{terr cl}} = N_{\text{Agro other reg}} / N_{\text{Agro reg}}$ – the ratio of the number of enterprises from other regions to the number of enterprises of similar specialization of the region included in the cluster. <p>2. The share of the cluster in the project cooperation of the region</p> $SN_{\text{Cl}} = V_{\text{Cl Agro proj}} / N_{\text{Agro proj}}$ – the ratio of the number of projects of the agro cluster to the total volume of projects in the industry

Source: compiled by the author.

Приведенные формулы основаны на практическом опыте рыночной интеграции, свидетельствующей о высоком потенциале внутреннего развития агрохолдингов и других сетей. Более того, преобладание крупного сетевого бизнеса в субъекте оказывает значительное влияние не только на оптимизацию

пространственно-территориальной структуры производства, но и на социально-экономические показатели.

Применение данных критериев позволяет конкретизировать ближайшую зону отраслевого развития агропромышленного комплекса в субъекте страны, рассчитать уточненный прогноз.

Библиографический список

1. Агибалов А. В., Запорожцева Л. А., Ткачева Ю. В., Радованович Л. Методология обеспечения развития сельских территорий в современных условиях // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2019. Т. 16. № 12. С. 5–11.
2. Власенко Е. А., Чернявская С. А., Гончарова Н. В. Отдельные аспекты анализа доходов и расходов сельскохозяйственных организаций Краснодарского края // Финансовая экономика. 2019. № 6. С. 82–88.
3. Голубева А. И. Сущность, значение и показатели оценки экономической устойчивости субъектов аграрной сферы региона // Вестник АПК Верхневолжья. 2019. № 2. С. 47–57.
4. Горбаткова Г. А., Куликова Г. А. Модель интеграции бухгалтерского и управленческого учета в рамках системы контроллинга агрохолдинга // Международный научный журнал. 2019. № 5. С. 82–87.
5. Дудникова Е. Б., Ткачев С. И., Волощук Л. А. Тенденция показателей устойчивого развития сельскохозяйственного производства // Вестник Академии знаний. 2019. № 2 (31). С. 101–106.
6. Есембекова А. У., Палий Д. В., Павлуцких М. В. Авторская методика оценки производственной безопасности как составляющей экономической безопасности субъекта хозяйствования АПК // Финансовое право и управление. 2017. № 1. С. 11–17.
7. Закупнев С. Л., Лубков В. А., Воробьев С. В. Социально-экономическое состояние и тенденции функционирования сельских территорий // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2019. Т. 16. № 12. С. 53–56.
8. Ильинская Е. В. Взаимодействие сельского населения и органов местного самоуправления: проблемы и перспективы // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2019. № 3. С. 207–211.
9. Кадомцева М. Е. Влияние несовершенства нормативно-правового поля на эффективность агрострахования с государственной поддержкой // Факторы успеха. 2019. № 1 (12). С. 10–15.
10. Мансуров Р. Е. Рейтинг продовольственной самообеспеченности районов Омской области в региональном управлении АПК // Экономический журнал. 2017. № 4. С. 25–39.
11. Мельников А. Б., Сидоренко В. В., Михайлушкин П. В., Макаревич О. А. Формирование концепции системы государственного регулирования АПК // Международный сельскохозяйственный журнал. 2017. № 4. С. 37–40.
12. Пахомова Т. В., Волощук Л. А., Шибайкин В. А. Факторы повышения межотраслевой сбалансированности в молочно-продуктовом подкомплексе // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 1. С. 134–140.
13. Пшенцова А. И., Минева Л. Н., Казакова Л. В., Волощук Л. А. Стратегия развития сельхозпроизводства с учетом увеличения экспортного потенциала Саратовской области // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3 (92). С. 304–308.
14. Пыжев И. С., Горячев В. П. Реализация теоретического подхода к оценке эффективности институциональных изменений на отраслевом рынке // Terra Economicus. 2018. Т. 16. № 2. С. 99–113.
15. Сухарев О. С. Экономическая теория институционального моделирования: принципы и возможности // Журнал экономической теории. 2017. № 1. С. 102–116.
16. Чернявская С. А., Власенко Е. А., Бондаренко Е., Гаврилов А. Учет и анализ финансовых результатов // Естественно-гуманитарные исследования. 2020. № 1 (27). С. 310–315.
17. Юркова М. С., Сердобинцев Д. В., Лиховцова Е. А., Котар О. К. Перспективы инвестиционного развития аграрного сектора Поволжья // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 94–100.

Об авторах:

Матвей Сергеевич Оборин^{1,2,3}, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры экономического анализа и статистики¹; профессор кафедры мировой и региональной экономики, экономической теории²; профессор кафедры менеджмента³, ORCID 0000-0002-4281-8615, AuthorID 747778; +7 902 640-23-28, recreachin@rambler.ru

¹ Пермский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова, Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

Methodical approaches to the rating assessment of agriculture in the regions of Russia

M. S. Oborin^{1, 2, 3}✉

¹ Perm Institute (Branch) of the Plekhanov Russian University of Economics, Perm, Russia

² Perm State National Research University, Perm, Russia

³ Perm State Agrarian and Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉ E-mail: recreachin@rambler.ru

Abstract. Situational macroeconomic conditions actualized new approaches to strategic planning and assessment of agricultural development. The implementation of national projects in the field of increasing competitiveness and import substitution at the level of the subjects of the Russian Federation contributed to the formation of a rating of regions, which allows using an integral indicator to reflect the level of the industry for investors, authorities and business. The development of methods for rating the agriculture of the regions allows us to take into account the goals and objectives of the initiators, contributes to the comprehensive characterization of key parameters of leading enterprises, as well as sectoral and territorial effects. The proposed approach is aimed at assessing the trends of market integration, which significantly affects the pace and direction of development of agricultural production. **The purpose** of the study is to analyze, systematize and supplement methodological approaches used to form a rating assessment of the agro-industrial complex of the country's regions. **Research objectives:** 1) to characterize the methodological foundations of the rating assessment of agriculture in the regions of Russia; 2) to provide data on the economic and statistical analysis of the efficiency of agriculture in the regions of Russia on the basis of rating positions. The main research **methods** are 1) system analysis, general logical research methods (comparison, generalization); 2) rating method for assessing agriculture in the regions of Russia; 3) economic and statistical analysis of data on the state of agriculture in the regions of Russia. **Results.** An assessment of the existing methods of analyzing the position of regional agro-industrial complexes is presented. The limitations and positive aspects of the considered methods and approaches are determined. The main groups of indicators of the state of the agro-industrial complex in the subjects of the Russian Federation are characterized. The rating positions of the industry by region are presented. **The scientific novelty** of the research lies in the formation of a level-based approach to assessing the rating position of the agro-industrial complex of the regions of the Russian Federation.

Keywords: agro-industrial complex, agribusiness, methodological approaches, efficiency, market integration.

For citation: Oborin M. S. Methodical approaches to the rating assessment of agriculture in the regions of Russia // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. No. 03 (218). Pp. 95–104. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-218-03-95-104. (In Russian.)

Date of paper submission: 17.01.20212, **date of review:** 04.02.2022, **date of acceptance:** 10.02.2022.

References

1. Agibalov A. V., Zaporozhtseva L. A., Tkacheva Yu. V., Radovanovich L. Metodologiya obespecheniya razvitiya sel'skikh territoriy v sovremennykh usloviyakh [Methodology of ensuring the development of rural territories in modern conditions] // FES: Finance. Economy. Strategy. 2019. VI. 16. No. 12. Pp. 5–11. (In Russian.)
2. Vlasenko E. A., Chernyavskaya S. A., Goncharova N. V. Otdel'nyye aspekty analiza dokhodov i raskhodov sel'skokhozyaystvennykh organizatsiy Krasnodarskogo kraya [Some aspects of the analysis of income and expenses of agricultural organizations of the Krasnodar Territory] // Financial Economy. 2019. No. 6. Pp. 82–88. (In Russian.)
3. Golubeva A. I. Sushchnost', znachenije i pokazateli otsenki ekonomicheskoy ustoychivosti sub'yektov agrarnoy sfery regiona [The essence, significance and indicators of assessing the economic sustainability of the subjects of the agrarian sphere of the region] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2019. No. 2. Pp. 47–57. (In Russian.)

4. Gorbatkova G. A., Kulikova G. A. Model' integratsii bukhgalterskogo i upravlencheskogo ucheta v ramkakh sistemy kontrollinga agrokholdinga [The model of integration of accounting and management accounting within the framework of the agroholding controlling system] // The International scientific journal. 2019. No. 5. Pp. 82–87. (In Russian.)
5. Dudnikova E. B., Tkachev S. I., Voloshchuk L. A. Tendentsiya pokazateley ustoychivogo razvitiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Trend of indicators of sustainable development of agricultural production] // Bulletin of the Academy of Knowledge. 2019. No. 2 (31). Pp. 101–106. (In Russian.)
6. Esembekova A. U., Paliy D. V., Pavlutsikh M. V. Avtorskaya metodika otsenki proizvodstvennoy bezopasnosti kak sostavlyayushchey ekonomicheskoy bezopasnosti sub'yekta khozyaystvovaniya APK [The author's methodology for assessing industrial safety as a component of the economic security of an agricultural business entity] // Financial Law and Management. 2017. No. 1. Pp. 11–17. (In Russian.)
7. Zakupnev S. L., Lubkov V. A., Vorob'yev S. V. Sotsial'no-ekonomicheskoye sostoyaniye i tendentsii funktsionirovaniya sel'skikh territoriy [Socio-economic state and trends in the functioning of rural territories] // FES: Finance. Economy. Strategy. 2019. Vol. 16. No. 12. Pp. 53–56. (In Russian.)
8. Il'inskaya E. V. Vzaimodeystviye sel'skogo naseleniya i organov mestnogo samoupravleniya: problemy i perspektivy [Interaction of rural population and local self-government bodies: problems and prospects] // Regional'nyye agrosistemy: ekonomika i sotsiologiya. 2019. No. 3. Pp. 207–211. (In Russian.)
9. Kadomtseva M. E. Vliyaniye nesovershenstva normativno-pravovogo polya na effektivnost' agrostrakhovaniya s gosudarstvennoy podderzhkoy [The impact of the imperfection of the regulatory framework on the effectiveness of agricultural insurance with state support] // Faktory uspekha. 2019. No. 1 (12). Pp. 10–15. (In Russian.)
10. Mansurov R. E. Reyting prodovol'stvennoy samoobespechennosti rayonov Omskoy oblasti v regional'nom upravlenii APK [Rating of food self-sufficiency of Omsk region districts in the regional agribusiness management] // Economic journal. 2017. No. 4. Pp. 25–39. (In Russian.)
11. Mel'nikov A. B., Sidorenko V. V., Mikhaylushkin P. V., Makarevich O. A. Formirovaniye kontseptsii sistemy gosudarstvennogo regulirovaniya APK [Formation of the concept of the system of state regulation of agriculture] // International Agricultural Journal. 2017. No. 4. Pp. 37–40. (In Russian.)
12. Pakhomova T. V., Voloshchuk L. A., Shibaykin V. A. Faktory povysheniya mezhotraslevoy sbalansirovannosti v molochno-produktovom podkomplekse [Factors of increasing intersectoral balance in the dairy subcomplex] // Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava. 2019. No. 1. Pp. 134–140. (In Russian.)
13. Pshentsova A. I., Mineyeva L. N., Kazakova L. V., Voloshchuk L. A. Strategiya razvitiya sel'khozproduktstva s uchetom uvelicheniya eksportnogo potentsiala Saratovskoy oblasti [Strategy for the development of agricultural production, taking into account the increase in the export potential of the Saratov region] // Journal of Economy and entrepreneurship. 2018. No. 3 (92). Pp. 304–308. (In Russian.)
14. Pyzhev I. S., Goryachev V. P. Realizatsiya teoreticheskogo podkhoda k otsenke effektivnosti institutsional'nykh izmeneniy na otraslevom rynke [Implementation of a theoretical approach to assessing the effectiveness of institutional changes in the industry market] // Terra Economicus. 2018. Vol. 16. No. 2. Pp. 99–113. (In Russian.)
15. Sukharev O. S. Ekonomicheskaya teoriya institutsional'nogo modelirovaniya: printsipy i vozmozhnosti [Economic theory of institutional modeling: principles and possibilities] // Journal of Economic Theory. 2017. No. 1. Pp. 102–116. (In Russian.)
16. Chernyavskaya S. A., Vlasenko E. A., Bondarenko E., Gavrilov A. Uchet i analiz finansovykh rezul'tatov [Accounting and analysis of financial results] // Natural humanitarian studies. 2020. No. 1 (27). Pp. 310–315. (In Russian.)
17. Yurkova M. S., Serdobintsev D. V., Likhovtsova E. A., Kotar O. K. Perspektivy investitsionnogo razvitiya agrarnogo sektora Povolzh'ya [Prospects for investment development of the agricultural sector of the Volga region] // The Agrarian Scientific Journal. 2017. No. 2. Pp. 94–100. (In Russian.)

Authors' information:

Matvey S. Oborin^{1,2,3}, doctor of economic sciences, associate professor, professor of the department of economic analysis and statistics¹; professor of the department of world and regional economics, economic theory²; professor of the department of management³, ORCID 0000-0002-4281-8615, AuthorID 747778; +7 902 640-23-28, recreachin@rambler.ru

¹Perm Institute (Branch) of the Plekhanov Russian University of Economics, Perm, Russia

²Perm State National Research University, Perm, Russia

³Perm State Agrarian and Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebkecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

A. B. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. B. Ерофеева – редактор

N. A. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в Типографии «Амирит».

410004, г. Саратов, ул. им Чернышевского Н. Г., д. 88, литер У.

Дата выхода в свет: 10.03.2022 г. Усл. печ. л. 12,01. Авт. л. 9,7.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

