

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

# АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

AGRARIAN BULLETIN  
OF THE URALS

2021  
№11 (214)

**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. Кошаев**, 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. Плугатарь**, 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. Самоделкин**, 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. Loretts** (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. Dzhabadov**, 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 Agriculture (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

### Агротехнологии

- V. V. Valdayskikh, E. P. Artemyeva,  
M. Yu. Karpukhin, R. V. Mikhlishchev* 2  
Comparative yield of large-herb plants when  
grown in the Middle Urals

- E. A. Демина, А. И. Кинчаров,  
Т. Ю. Таранова, К. Ю. Чекмасова* 8  
Оценка адаптивности сортов яровой мягкой  
пшеницы в лесостепных условиях  
Среднего Поволжья

- Б. Н. Насиев, Н. Ж. Жанаталапов,  
А. К. Беккалиев, А. К. Беккалиева* 20  
Оценка способов использования пастбищ  
полупустынной зоны Западного Казахстана

### Биология и биотехнологии

- Г. Г. Карликова, А. Ф. Контэ* 27  
Многофакторный регрессионный анализ  
молочных признаков коров голштинской  
породы

- Л. П. Кудрявцева* 36  
Устойчивость сортов – важный элемент  
интегрированной защиты льна-долгунца  
от болезней

- А. А. Реут, С. Г. Денисова* 45  
Сравнительный анализ содержания  
тяжелых металлов в сырье некоторых  
представителей рода *Paeonia* L.

### Экономика

- Б. С. Джабраилова* 56  
Возможности вовлечения  
в оборот неиспользуемых  
сельскохозяйственных земель  
в регионах СЗФО

- Л. Н. Дулепинских, А. Г. Светлаков* 67  
Экономическая природа развития  
антипарадигмальных явлений новой  
экономической политики государства в  
аграрном секторе экономики

- О. В. Исаева* 80  
Аграрная структура Ростовской области:  
уровень развития и механизмы управления

- Н. В. Мурашова* 91  
Оценка готовности сельских территорий  
к цифровой трансформации социальной сферы

## Contents

### Agrotechnologies

- V. V. Valdayskikh, E. P. Artemyeva,  
M. Yu. Karpukhin, R. V. Mikhlishchev*  
Comparative yield of large-herb plants when  
grown in the Middle Urals

- E. A. Demina, A. I. Kincharov,  
T. Yu. Taranova, K. Yu. Chekmasova*  
Assessment of adaptability of spring soft wheat  
varieties in forest-steppe conditions  
of the Middle Volga region

- B. N. Nasiev, N. Zh. Zhanatalapov,  
A. K. Bekkaliev, A. K. Bekkalieva*  
Assessment of ways to use pastures  
in semi-desert zone of West Kazakhstan

### Biology and biotechnologies

- G. G. Karlikova, A. F. Konte*  
Multivariate regression analysis  
of dairy characteristics  
of Holstein cows

- L. P. Kudryavtseva*  
The stability of varieties is an important  
element of the integrated protection  
of flax from

- A. A. Reut, S. G. Denisova*  
Comparative analysis of the content  
of heavy metals in raw materials of some  
representatives of the genus *Paeonia* L.

### Economy

- B. S. Dzhabrailova*  
Opportunities to involve unused agricultural  
land in the turnover in the regions  
of the Northwestern  
Federal District

- L. N. Dulepinskiikh, A. G. Svetlakov*  
The economic nature of the development  
of anti-paradigm phenomena  
of the new economic policy of the state  
in the agricultural sector of the economy

- O. V. Isaeva*  
Agrarian structure of the Rostov region: level of  
development and governance mechanisms

- N. V. Murashova*  
Assessment of rural areas' readiness for digital  
transformation of the social sphere

## The comparative yield of large-herb plants when growing in the Middle Urals

V. V. Valdayskikh<sup>1</sup>✉, E. P. Artemyeva<sup>1,2</sup>, M. Yu. Karpukhin<sup>3</sup>, R. V. Mikhlishchev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: v\_vald@mail.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to isolate species of annual and perennial herbaceous plants that are promising for the tasks of accelerating the sequestration of atmospheric carbon, resistant to local soil and climatic conditions and having high productivity from the collection fund of the botanical garden of the Ural Federal University.

**Methods.** The article presents data on the productivity of four types of herbaceous plants: *Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus cruentus* L., *Polygonum weyrichii* F. Schmidt и *Echinops sphaerocephalus* L., grown in the botanical garden. All the research objects were grown under the same conditions. Productivity was measured at the beginning of September. The data were processed using standard statistical methods. **Results.** It was revealed that the plants *P. weyrichii* is the most productive in terms of both fresh and dry yield. The yield of the *P. weyrichii* increases in years with sufficiently high moisture content. Aridity and high summer temperatures have a negative impact on the growth of the *P. weyrichii*. Amaranths gain a large aboveground mass due to their belonging to the group with the C<sub>4</sub> type of photosynthesis. High summer temperatures have a positive effect on the growth and development of amaranths, while correlations with the amount of precipitation are statistically insignificant. The plants *E. sphaerocephalus* showed average values for productivity and requires further study. It is recommended to grow the plants *P. weyrichii* in a sufficiently humid area. Amaranth, being a drought-resistant plant, is highly productive in any years, especially in years with the value of the hydrothermal coefficient (HTC) less than 1.0. The scientific novelty lies in the fact that the features of the cultivation of the studied crops are considered not only for forage purposes but also from the point of view of atmospheric carbon deposition and cultivation on potential carbon farms in the changing climate of the region.

**Keywords:** amaranth, *Polygonum weyrichii*, *Echinops sphaerocephalus*, large-herb plants, productivity, carbon farms.

**For citation:** Valdayskikh V. V., Artemyeva E. P., Karpukhin M. Yu., Mikhlishchev R. V. Comparative yield of large-herb plants when grown in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 2–7. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-2-7.

**Date of paper submission:** 04.10.2021, **date of review:** 08.10.2021, **date of acceptance:** 13.10.2021.

### Introduction

Within the framework of the currently topical carbon theme, associated with the need to reduce the growth rate of the concentration of greenhouse gases in the surface layer of the atmosphere, an increase in interest in large-herb plants has been noted. This is due to their high rate of biomass accumulation and, as a consequence, to the relatively high rate of sequestration of carbon dioxide by these plants. It is obvious that one of the main roles in carbon sequestration is played by woody communities with a long-term pool of carbon in wood, but the sequestration capacity of large-herbaceous crops is expected to be comparable to that of woody plants, provided that the problems of further use of aboveground biomass are solved. Large herb plants are essential for sustainable communities and should be considered the focus of attention when establishing carbon farms.

In the botanical garden of the Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (UrFU), a collection of large-herb perennial plants has been formed over the past forty years, numbering 15 species from various families, most of which are foreign-regional species, with which a complex of perennial introduction measures for their introduction into a culture in the Middle Ural conditions [1]. These herbaceous plants are characterized by high aboveground biomass and productive longevity. Large-herb plants are of multifunctional importance and can be used for various purposes: food, feed, technical, medicinal, for the remediation of industrially contaminated areas, biofuel production, etc.

The purpose of our research was to study the productivity indicators of annual and perennial herbaceous plants of different species in the Middle Ural conditions.

The tasks included:

- 1) measurement of wet and dry above-ground mass in two species of annuals and two species of perennial plants;
- 2) comparison of productivity indicators of the studied species with data known in the literature;
- 3) identification of promising species for further detailed study.

### Methods

The work was carried out in the Botanical Garden of UrFU, located at 56°50' north latitude and 60°36' east longitude, 255 m above sea level. The plants were grown under automorphic conditions on well-drained, cultivated soddy-weakly podzolic medium loamy soils formed on granite eluvium-diluvium. The soils are characterized by a relatively high humus content in the arable horizon (5.8–7.9 %), close to the neutral reaction of the medium (pH KCl from 6.0 to 6.5 with a decrease to 4.3–4.7 in the illuvial horizons), a fairly high supply of potassium forms available to plants (10.43–16.15 mg / 100 g of soil) and phosphorus (19.83–21.19 mg / 100 g of soil) in the arable horizon.

Climatic conditions of the studied territory are moderate continental. According to long-term average observations carried out in the botanical garden, the period of active vegetation with temperatures above 10 °C lasts about 130 days, with temperatures above 15 °C (meteorological summer) on average 77 days. To assess the weather conditions of the growing season, the hydrothermal coefficient (HTC) was calculated according to the formula of G. T. Selyaninov:  $HTC = \Sigma r \cdot 10 / \Sigma t$ , where  $\Sigma r$  is the sum of precipitation for the period with temperatures above 10 °C (mm),  $\Sigma t$  is the sum of the average daily active temperatures (above 10 °C) during the growing season (°C). This criterion, characterizing the ratio of moisture and heat, has its optimal value for each cultivated species.

The objects of the study were two annual amaranth species *Amaranthus caudatus* L. and *A. cruentus* L. from the *Amaranthaceae* family, as well as two perennial species: *Polygonum weyrichii* F. Schmidt (family *Polygonaceae*) and *Echinops sphaerocephalus* L. (family *Compositae*) [2].

Amaranth seeds were sown in the third decade of May 2021 in order to avoid damage to seedlings by recurrent frosts in the first decade of June. The distance between the rows in the collection nursery was 0.5–0.6 m. After the emergence of seedlings thinning and weeding were carried out if necessary. Perennial *P. weyrichii* and *E. sphaerocephalus* have constantly grown in experimental plots for more than twenty years thanks to natural vegetative propagation by rhizomes. Since 1997, introductory work has been carried out with them in the botanical garden including phenological observations, the study of the growth and development as well as the chemical composition of the aboveground biomass.

The measurement of productivity was carried out at the beginning of September 2021. The weighing of the aboveground parts of the plants was carried out on a Foo-

datlas BT-40C electronic balance (error 0.8 %). The wet weight of an individual plant (or shoot) was determined in 5–6 replicates and the dry weight after drying at room temperature in a closed room. Since the plant *P. weyrichii* consists of several stems and it is difficult to accurately establish the belonging of an individual shoot to a bush due to intertwined rhizomes, we measured the mass of an individual stem (shoot) in our studies. The aboveground wet weight was also measured in triplicate from plots with an area of 1–3 m<sup>2</sup> and recalculated to the air-dry weight.

The data were statistically processed using Excel and Statistica 13 software.

### Results

The growing season of 2021 was characterized by early, extremely warm and dry spring, low rainfall in the first half of summer, and a large number of clear days throughout the season. Temperature records were updated in May and June. The maximum temperatures were 34.7 and 36.0 °C, respectively, the deviation from the long-term average values was 6.3 and 2.4 °C upward. The average temperature in the summer months was 19.6 °C, which is 2.3 °C higher than the climatic norm. At the time of harvesting the green mass, the HTC was 0.95, which characterizes the growing season as hot and sometimes dry.

Table 1 shows the results of measuring the aboveground mass of individual plants of *A. caudatus*, *A. cruentus*, *E. sphaerocephalus* and individual shoots of the *P. weyrichii*.

The values of wet and dry mass of the aboveground part of the studied crops measured at the end of the growing season in 2021 in terms of area are presented in Table 2.

### Discussion and Conclusion

In our studies, *P. weyrichii* proved to be the most productive of agricultural crops. *P. weyrichii* is a perennial shade-tolerant forage plant from the *Polygonaceae* family, it is a large herbaceous bush-shaped plant with large leaves. The aboveground green mass contains a large amount of protein and ascorbic acid and is used in agriculture for silage, haylage and vitamin feed. In terms of the biochemical composition and nutritional value of the aboveground mass, *P. weyrichii* is not inferior to many traditional agricultural crops. The natural range of *Polygonum weyrichii* are Sakhalin, the Kuril Islands and Japan.

The root system of *P. weyrichii* consists of a well-developed main root and adventitious roots, developing from the second year of life. The roots contain many tannins. The stem is straight, slightly curved at the nodes, weakly branched, hollow, grooved. The height of the bush reaches 250 cm [3]. The leaves are broadly ovate, pubescent below. The average leaf length is 30 cm, and the width is 15 cm. The inflorescence is a loose, branched panicle. *P. weyrichii* is a cross-pollinated dioecious plant.

*P. weyrichii* belongs to cold-hardy and winter-hardy plants. Rhizomes are able to withstand frosts down to –35 °C. Leaves can be partially damaged by late spring and early autumn frosts. It is a moisture-loving but at

the same time drought-resistant plant. Seedlings and young plants in the first year of life are most sensitive to a lack of moisture. Sensitivity to lack of moisture decreases with age. *P. weyrichii* grows slowly in the first year, but then it is distinguished by rapid growth, high yield, ecological plasticity and undemanding cultivation conditions, it grows on various soils.

In the collections of the Botanical Garden of UrFU, *P. weyrichii* has been cultivated since the 1970s. In our conditions, the beginning of the growth of the knotweed shoots falls on the second decade of May. The plants of knotweed flowering in late July – early August. The end of the growing season of *P. weyrichii*, as a rule, is forced, after the autumn frosts. Seeds rarely ripen, but self-seeding occurs. Insufficiency of seed reproduction is compensated by vegetative propagation by rhizomes: *P. weyrichii* can grow in one place for more than forty years, primarily due to the longevity of rhizomes.

The aboveground mass of *P. weyrichii* cultivated in the botanical garden of Ural Federal University is characterized by a relatively high content of crude protein ( $15.66 \pm 2.58$  % on dry weight) and protein ( $12.13 \pm 3.76$  %). Protein nitrogen accounts for 77 % of the total nitrogen. The content of soluble carbohydrates is  $4.58 \pm 1.49$  %, fiber –  $27.00 \pm 4.89$  %, ash content –  $8.51 \pm 1.44$  %. Macronutrients accumulate in small amounts: calcium –  $0.63 \pm 0.07$  %, phosphorus –  $0.32 \pm 0.06$  %, potassium –  $2.81 \pm 0.54$  %. With age, *P. weyrichii* content of crude protein and protein decreases, while the content of fiber and soluble carbohydrates increases. In terms of the content of nutrients, it is comparable or even superior to the traditional fodder crop of corn grown in the same conditions of the botanical garden.

Introduced in the botanical garden of UrFU, *P. weyrichii* is distinguished by high productivity and undemanding to soil conditions. According to the results of long-term observations under the conditions under study, *P. weyrichii* reaches an average height of  $208.0 \pm 8.79$  cm. In specimens of Weyrich's knotweed, on average, about 40 generative shoots with a large number of leaves are formed. The assimilating leaf surface reaches  $41.6 \text{ m}^2$  per  $1 \text{ m}^2$  of soil surface or up to  $5.6 \text{ m}^2$  per in-

dividual. The average number of internodes is 21, the length of leaves on a generative shoot varies from 10 to 24 cm. In this case, the leaves account for 29.7 %, and the stems – 69.5 % of the total aboveground mass.

The yield of *P. weyrichii* is determined primarily by soil moisture. For seed germination, 60–70 % of water is required from the dry seed mass [4], at the same time excessive moisture also negatively affects plant growth. According to the literature [4], [5], the yield of green mass in the first year is about 30 t/ha, and increase to a value of 80 t/ha and more in subsequent years. In the botanical garden of UrFU, the weight of green mass changed significantly in different years, averaging  $284 \pm 51$  t/ha per year. In the dry summer of 2021, the yield of *P. weyrichii* without additional irrigation did not exceed 152 t/ha wet weight or 36.7 t/ha dry weight, which is a good indicator.

Based on the analysis of the yield of *P. weyrichii* and climatic factors, negative correlations with the sum of positive temperatures ( $r = -0.9383$ ;  $p = 0.006$ ) and a direct correlation with the sum of precipitation ( $r = 0.8772$ ;  $p = 0.022$ ), as well as positive correlation with the value of the HTC ( $r = 0.8270$ ;  $p = 0.042$ ) at the time of harvesting of the fresh yield.

*E. sphaerocephalus* is a perennial large herb that grows in the European part of the country and in Western Siberia, as well as in the Caucasus and Central Asia [6]. The root of the glandular globe-thistle is taproot, fleshy. The stem is single, erect, branched at the top, rounded, glandular-pubescent. The leaves are alternate, pinnately dissected, 10–20 cm long, 4–10 cm wide. Leaves are dark green above, rough with glandular hairs, whitish-tomentose below, spinous along the edge. Tubular flowers are collected in large globular inflorescences 3–5 cm in diameter, gray-blue [7]. *E. sphaerocephalus* is an excellent honey plant. This plant is of interest as a source of natural biologically active substances and has a high nectar productivity [8], [9]. The advantages of this plant is continuous and constant flowering until the beginning of September as well as the ability to endure a long period of drought. The fruit of *E. sphaerocephalus* contains alkaloids, mainly echinopsin and fatty oil, which are used in medicine and the pharmaceutical industry.

Table 1  
The weight of a plant/shoot of the studied crops in 2021

| Crop                                  | Wet weight, g      | Dry weight, g  | Water content, % |
|---------------------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| <i>Amaranthus caudatus</i> L.         | $1112.7 \pm 230.2$ | $134 \pm 57.0$ | $74.9 \pm 1.9$   |
| <i>Amaranthus cruentus</i> L.         | $534.7 \pm 194.3$  | $76 \pm 46.3$  | $76.8 \pm 1.1$   |
| <i>Echinops sphaerocephalus</i> L.    | $332.0 \pm 81.4$   | $74 \pm 17.1$  | $76.6 \pm 11.2$  |
| <i>Polygonum weyrichii</i> F. Schmidt | $344.7 \pm 100.3$  | $64 \pm 25.5$  | $72.9 \pm 1.7$   |

Table 2  
The yield of the studied crops in 2021

| Crop                                  | Fresh yield, t/ha | Dry yield, t/ha |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
| <i>Amaranthus caudatus</i> L.         | 57.3              | 10.8            |
| <i>Amaranthus cruentus</i> L.         | 44.1              | 10.2            |
| <i>Echinops sphaerocephalus</i> L.    | 64.4              | 27.8            |
| <i>Polygonum weyrichii</i> F. Schmidt | 152.4             | 36.7            |

*Echinops sphaerocephalus* propagates by seeds, in the first year a rosette of leaves is formed, and in the second year of life it already starts flowering. Regrowth of the stalks begins in our experimental plots at the end of May and flowering – also at the end of this month and continues throughout the summer. The glandular globe-thistle fruiting in July – September.

According to the few available literary data, the yield of the fruits of the glandular globe-thistle in culture is 8 c/ha [7]. The study of biomass yield of *E. sphaerocephalus* was of great interest for us in order to assess the prospects of its cultivation for sequester carbon dioxide. At the end of the growing season, the average wet weight of a single plant was  $332 \pm 81.4$  g in 2021, which is less than the mass of *P. weyrichii*, but at the same time its air-dry weight was higher (Table 1). *E. sphaerocephalus* accumulates water least of all: the water content is only 55 % in its aboveground mass.

Amaranths are annual herbaceous plants. The root system of *A. caudatus* and *A. cruentus* is pivotal, highly branched, deeply penetrating into the soil. Amaranth varieties differ in size, shape and color of stem, leaves and inflorescences. The stem of amaranth is usually simple or branched, with many leaves. Plant height is 150–200 cm. Leaves are alternate, whole, with a petiole. The leaves on the plant vary in size from small to large. The flowers are collected in dense spike-paniculate complex hanging or erect inflorescences. Small seeds ripen in inflorescences. One plant can form up to one hundred thousand seeds.

The yield of aboveground green mass in different varieties of amaranth species, some varieties have a high yield of up to 1500–2000 c/ha [9]. The growing season until the seeds are fully ripe is about 100–120 days. Amaranths are demanding for heat and not demanding for moisture [10].

The high productivity of amaranth is due to the fact that a special type of  $C_4$  photosynthesis occurs in its leaves [12], which differs from that which occurs in the leaves of plants in our temperate climate. Such plants continue to photosynthesize in hot tropical climates at 35–45 °C. A higher ability to bind carbon by  $C_4$  plants (for example, *Zea mays* and *Sorghum*) has been repeatedly noted in comparison with traditional agricultural crops [13]. Based on the analysis of enzyme activity, it was shown that the carbon binding capacity of  $C_4$  crops is much higher than that of  $C_3$  plants due to the higher activity of phosphoenolpyruvate carboxylase (PEP carboxylase).  $C_4$  plants also differ in a different anatomical structure of the leaf, which makes it possible to exchange metabolites more efficiently. These and some other features of  $C_4$  plants allow them to produce biomass more efficiently, primarily in conditions of a lack of moisture.

We have found earlier an increase in the  $C_4$  properties of amaranth grown under drought conditions, which, according to our assumptions, may be associated with an increase in  $CO_2$  reassimilation of respiratory origin [14]. The specified features of  $C_4$  plants predetermine the increased interest to them in the context of climatic trends

in the Middle Urals, including within the framework of the carbon theme.

Phenological observations carried out by us [15] showed that the main limiting factors in the development of annual amaranths in a temperate continental climate are low summer temperatures, excessive moisture, and a short meteorological summer. Amaranth is a drought-resistant plant [14], [16]; hot dry years with a HTC value of less than one are considered optimal for the maturation of amaranth seeds. The growing season of 2021 turned out to be favorable for the growth and development of amaranths. In the conditions of the botanical garden, according to the results of long-term observations, the plants *A. caudatus* reached an average height of  $171.8 \pm 2.4$  cm, and *A. cruentus* –  $168.1 \pm 3.1$  cm. The total leaf surface of one plant was about 0.2 m<sup>2</sup> with an average leaf area 73 cm<sup>2</sup>.

The productivity of plants of both amaranth species in 2021 was at the level of productivity values in other countries [16] and amounted to 44.1–57.3 t/ha under conditions of non-overgrown plantings. When comparing the aboveground mass of *A. caudatus* and *A. cruentus* over the years of introduction studies, *A. cruentus* statistically reliably formed a lower biomass (the differences are statistically significant at  $p < 0.05$ ). Analysis of variance showed that the biomass of amaranths depends not only on species characteristics ( $F = 114.77$ ;  $p = 0.000001$ ), but also on weather conditions in the year of cultivation ( $F = 43.44$ ;  $p = 0.000003$ ). At the  $p < 0.01$  significance level, positive correlations were found with the sum of average daily temperatures above 10 °C ( $r = 0.6093$ ;  $p = 0.004$ ) and the sum of daily maximums ( $r = 0.6479$ ;  $p = 0.002$ ) during the growing season of amaranth from emergence to harvesting biomass. Correlations with the sum of the minimum daily temperatures ( $r = 0.5190$ ;  $p = 0.019$ ) and the HTC value ( $r = -0.4515$ ;  $p = 0.046$ ) are significant only at the level of confidence  $p < 0.05$ . Correlations with the amount of precipitation during the growing season of amaranths are statistically insignificant. Thus, years with high temperatures are optimal for amaranths; they are less demanding on the moisture regime.

Therefore, a comparison of the yield of different types of large-herb plants allowed us to single out *P. weyrichii*, which is distinguished by high forage productivity. Its introduction into culture can be highly effective, especially in conditions of increased moisture. In some countries, developments are already underway to use *P. weyrichii* for biofuel production [17].

Species diversity is known to have a positive effect on carbon sequestration in agricultural land [18]. In some countries, projects are already being developed for adaptive planting of green spaces including in combination with tree crops in order to carbon more efficiently deposit [19].

Sowing and planting of herbaceous plants in the formation of sustainable ecosystems is the first step to ensure the formation of the humus layer of the soil and the further successful growth of trees and shrubs. Large-

herb plants that are resistant to biotic and abiotic environmental factors play the role of pioneer species and contribute to the resilience of ecosystems.

The proposed perennial and annual large-herb crops can be complementary and interchangeable in an increasingly unstable continental climate characterized by alternating wet and dry, cold and warm growing seasons. Such plants gain competitive advantages with climate change and an increase in the concentration of carbon dioxide in the surface layer of the atmosphere [20]. They

can be used both in agrophytocenoses and in the reclamation of disturbed areas. To accelerate the binding of atmospheric carbon and its deposition in the aboveground mass, it seems promising to introduce annual plants with the C<sub>4</sub> type of photosynthesis into the grass mixture.

#### Acknowledgements

This work was carried out with financial support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the theme of the State Assignment FEUZ-2021-0014.

#### References

1. Fedoseeva G. P., Okoneshnikova T. F., Yuzhakov V. I., Halatyan O. V., Radchenko T. A., Bagautdinova R. I., Rymar' V. P., Stefanovich G. S., Skulkin I. M. Model' ispol'zovaniya resursov mirovoy flory dlya formirovaniya nauchno-obrazovatel'nogo prostranstva Ural'skogo regiona [Model of use of resources world flora for formation of scientific-educational space of the Ural region] [e-resource] // Hortus botanicus. 2007. Vol. 4. 23 p. URL: [https://hb.karelia.ru/journal/content\\_list.php?id=2804](https://hb.karelia.ru/journal/content_list.php?id=2804) (date of reference: 30.09.2021). (In Russian.)
2. WFO (2021): World Flora Online [e-resource]. URL: <http://www.worldfloraonline.org> (date of reference: 30.09.2021).
3. Khusnidinov Sh. K., Shumitsky S. N. Morfo-biologicheskaya kharakteristika gortsya Veyrikha [Morpho-biological characteristic of Weyrich's knotweed] // Vestnik IrGSHA. 1998. No. 12. Pp. 37–39. (In Russian.)
4. Efremov V. V. Produktivnost' gortsya Veyrikha v polevom kormoproizvodstve [Productivity of the Weyrich's knotweed in field forage production] // Aktual'nyye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo khozyaystva. 2018. No. 20. Pp. 30–32. (In Russian.)
5. Chupina M. P., Stepanov A. F. Assessment of photosynthetic productivity of new perennial forage crops in forest-steppe conditions of Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. DOI: 10.1088/1755-1315/624/1/012121.
6. Zykova E. Y., Shaulo D. N. Nakhodki vo flore Novosibirskoy oblasti [New and rare species in the flora of the Novosibirsk Region] // TURCZANINOWIA. 2021. No. 24 (2). Pp. 19–27. DOI: 10.14258/turczaninowia.23.3.6. (In Russian.)
7. Savin A. P., Ryzhenkova A. V. Mordovnik sharogolovyy [Glandular globe-thistle] // Pchelovodstvo. 2013. No. 9. Pp. 18–19. (In Russian.)
8. Skvortsov A. I., Semenov V. G., Sattarov V. N., Baimukanov D. A., Doshanov D. A., Abdullayeva G. A., Faizullayeva L. A. Some results of phenological observations over the main nectariferous-polliniferous plants of the Chuvash Republic // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2020. No. 1 (383). Pp. 121–127. DOI: 10.32014/2020.2518-1467.15.
9. Dokukin Yu. V. Biologicheskiye osobennosti razvitiya mordovnika sharogolovogo [Biological development features of *Echinops sphaerocephalus*] // Sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot po pchelovodstvu i apiterapii. Rybnoe, 2018. Pp. 115–118. (In Russian.)
10. Chernov I. A., Zemlyanoy B. Ya. Amarant – fabrika belka [Amaranth – protein factory]. Kazan, 1991. 92 p. (In Russian.)
11. Dmitrieva O., Ivanov S. Comparative study of amaranth species (*Amaranthus* ssp.) in the temperate continental climate of Russian Federation // Acta agriculturae Slovenica, 2020. No. 115/1. Pp. 15–24. DOI: 10.14720/aas.2020.115.1.1281.
12. Chernov I. A. Amarant – fiziologo-biokhimicheskie osnovy introduktsii [Amaranth – physiological and biochemical foundations of introduction]. Kazan, 1992. 92 p. (In Russian.)
13. Li T., Zhang F., Jiao Y., Zhang M., Chang Y., Matomela N. Study on carbon sequestration capacity of typical crops in Northern China // Journal of Plant Biology. 2019. No. 62 (3). Pp. 195–202. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.07.047.
14. Valdayskikh V. V., Voronin P. Yu., Artemyeva E. P., Rymar V. P. Amaranth responses to experimental soil drought // AIP Conference Proceedings. 2019. No. 2063. Article number 030023. DOI: 10.1063/1.5087331.
15. Artemyeva E. P., Valdayskikh V. V., Radchenko T. A., Belyaeva P. A. *Amaranthus* phenology during its introduction in the Middle Urals // AIP Conference Proceedings. 2019. No. 2063. Article number 030002. DOI: 10.1063/1.5087310.
16. Assad R., Reshi Z. A., Jan S., Rashid I. Biology of Amaranths // Botanical Review. 2017. No. 83 (4). Pp. 382–436. DOI: 10.1007/s12229-017-9194-1.
17. Kurhak V. H., Tkachenko M. A., Asanishvili N. M., Moisiienko V. V., Holodna A. V., Tkachenko A. M., Slyusar S. M., Ptashnik M. M., Kolomiets L. P., Tsymbal Ya. S., Oksymets O. L., Kulyk R. M., Panchyshyn V. Z., Stots-

ka S. V., Sladkovska T. A. Energy productivity of uncommon herbs for solid fuel manufacturing // Ukrainian Journal of Ecology. 2021. No. 11 (1). Pp. 299–305.

18. Wang C., Tang Y., Li X., Zhang W., Zhao C., Li C. Negative impacts of plant diversity loss on carbon sequestration exacerbate over time in grasslands // Environmental Research Letters. 2020. No. 15 (10). Article number 104055. DOI: 10.1088/1748-9326/abaf88.

19. Wang Y., Chang Q., Li X. Promoting sustainable carbon sequestration of plants in urban greenspace by planting design: A case study in parks of Beijing // Urban Forestry & Urban Greening. 2021. No. 64. Article number 127291. DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127291.

20. Korres N. E., Norsworthy J. K., Tehranchian P., Gitsopoulos T. K., Loka D. A., Oosterhuis D. M., Gealy D. R., Moss S. R., Burgos N. R., Miller M. R., Palhano M. Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review // Agronomy for Sustainable Development. 2016. No. 36 (1). Article number 12. DOI: 10.1007/s13593-016-0350-5.

#### **Authors' information:**

Viktor V. Valdayskikh<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, director of the botanical garden,  
ORCID 0000-0001-9440-8522, AuthorID 142640; +7 912 277-07-22, [v\\_vald@mail.ru](mailto:v_vald@mail.ru)

Elena P. Artemyeva<sup>1, 2</sup>, candidate of biological sciences, lead engineer of the botanical garden of UrFU, associate professor of natural sciences department of USURT, ORCID 0000-0003-0937-460X, AuthorID 262616;  
+7 912 226-19-80, [epartemyeva@urfu.ru](mailto:epartemyeva@urfu.ru)

Mikhail Yu. Karpukhin<sup>3</sup>, candidate of agricultural sciences, vice rector for scientific work,  
ORCID 0000-0002-8009-9121, AuthorID 339196; +7 912 253-04-13, [mkarpukhin@yandex.ru](mailto:mkarpukhin@yandex.ru)

Roman V. Mikhlishchev<sup>1</sup>, lead engineer of the botanical garden, ORCID 0000-0002-3035-2010,  
AuthorID 994471; +7 912 693-55-90, [botsadurfu@mail.ru](mailto:botsadurfu@mail.ru)

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

<sup>3</sup> Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

## Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья

Е. А. Демина<sup>1✉</sup>, А. И. Кинчаров<sup>1</sup>, Т. Ю. Таранова<sup>1</sup>, К. Ю. Чекмасова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова, Усть-Кинельский, Россия

✉ E-mail: elena\_pniiss@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследований – провести оценку параметров адаптивности районированных и перспективных сортов яровой мягкой пшеницы и выявить образцы, сочетающие высокую урожайность зерна и адаптивные свойства для лесостепных условий Среднего Поволжья. Работу выполняли в 2017–2020 гг. в центральной зоне Самарской области. **Методы.** Объектом исследований являлись 12 сортов конкурсного испытания, относящихся к разным этапам селекции. Наблюдения и учеты проводили по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, оценку адаптивности сортов – по методикам А. А. Гончаренко и Л. А. Животкова. Погодные условия в 2017–2020 гг. отличались разнообразием и варьировали от среднесезонных значений. **Результаты.** Среднесортная урожайность варьировала от 2,10 т/га (2019 г.) до 3,72 т/га (2017 г.), коэффициент вариации  $C_v = 23,8 \%$ . Выделены сорта с высокой средней урожайностью зерна (3,15–3,26 т/га) и меньшей ее вариацией (19,9–22,5 %) – Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub>, Лютесценс 6102/<sub>1-32</sub>, Эритроспермум 6517/<sub>24-1</sub>. Наибольшую устойчивость к стрессам имели сорта Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub> (–1,39), Эритроспермум 6381 (–1,50), и Кинельская 59 (–1,50). Сорта Лютесценс 6045, Кинельская юбилейная, Лютесценс 6102/<sub>1-32</sub> отличались специфической адаптацией и сформировали наиболее высокую среднюю урожайность зерна (3,16–3,20 т/га) в контрастных условиях. Средний коэффициент адаптивности сортов составлял от 0,85 до 1,08. У большинства сортов (58,3 %) получен высокий коэффициент адаптивности (больше 1), наибольшие значения (1,08) имели перспективные сорта Лютесценс 6102/<sub>1-32</sub> и Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub>. **Научная новизна.** Выделен новый адаптивный материал яровой мягкой пшеницы для использования в селекционных программах лесостепной зоны Среднего Поволжья.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.), селекция, адаптивность, сорт, урожайность, погодные условия.

**Для цитирования:** Демина Е. А., Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю. Оценка адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 8–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19.

**Дата поступления статьи:** 22.09.2021, **дата рецензирования:** 27.09.2021, **дата принятия:** 08.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Производство качественного зерна пшеницы составляет основу зернового комплекса Российской Федерации и играет приоритетную роль в обеспечении ее продовольственной безопасности. Увеличение валовых сборов определяется степенью реализации биологического потенциала урожайности и качества зерна новых сортов [1, с. 30]. В Средневолжском регионе, включающем три области (Самарская, Пензенская, Ульяновская) и две республики (Татарстан и Мордовия) яровая пшеница возделывается на производственных площадях 1,0–1,2 млн га ежегодно и является распространенной зерновой культурой [2, с. 29]. Недостаточная приспособленность современных сортов к стрессам приводит к тому,

что их генетически заложенная потенциальная урожайность реализуется только на 25–40 % [3, с. 623] даже в благоприятные по погодным условиям годы [4, с. 118]. Поэтому актуальным направлением селекции остается работа на повышение адаптивности. В современных условиях важно создавать хорошо адаптированные как к различным вариациям местных климатических факторов, так и к применяемым технологиям возделывания сорта пшеницы [5, с. 39]. Помимо этого, экологически устойчивые сорта должны отвечать стабильно высоким параметрам по продуктивности и качеству зерна [6, с. 654], [7, с. 121], [8, с. 32]. Ускоренное внедрение их в производство будет служить одним из главных факторов увеличения валовых сборов зерна в регионе.

Лесостепные условия Среднего Поволжья характеризуются достаточной контрастностью: неравномерный характер распределения осадков и температур по месяцам вегетации, частое проявление различных типов засух (особенно в начальный период развития), ливневые осадки и сильные шквалистые ветра в период колошения, зачастую вызывающие полегание растений. Разнообразие и своего рода неустойчивость метеорологических факторов способствуют более точной и полной оценке способности сортов формировать урожайность зерна в сложившихся условиях [9, с. 49]. Сорта с узким адаптационным потенциалом хорошо приспособлены к местным условиям, то есть, по сути, являются сортами для конкретной «экологической ниши». Напротив, сорта с широкими адаптационными свойствами показывают достаточно высокую продуктивность в агроклиматических условиях различных экологических точек [10, с. 11]. В регионах с частым проявлением засух в селекции на адаптивность ценность имеют засухоустойчивые генотипы [11, с. 520]. Особый интерес представляет изучение вопроса повышения наследственной засухоустойчивости новых сортов [12, с. 487].

Селекция на продуктивность и качественные характеристики зерна до сих пор ведется классическими методами [13, с. 363]. Эффективна оценка адаптивных свойств и отбор по данному критерию перспективного материала в конкурсном испытании [14, с. 65]. Критерием адаптивности сорта служит его урожайность в различных условиях среды. Важно совмещение в генотипе высокой урожайности и ее стабильности [15, с. 571]. При одинаковой технологии можно наблюдать увеличение (до 20–30 %) средней урожайности зерна сортов пшеницы нового поколения в сравнении с уже районированными сортами в регионе [16, с. 19]. Ряд исследователей отмечают зависимость продуктивности новых сортов от складывающихся метеорологических факторов в период вегетации [17, с. 66], [18, с. 26]. Адаптивный сорт и правильно подобранная технология позволяют нивелировать влияние погодных стрессов [19, с. 41], [20, с. 10]. В итоге расширение площадей возделывания сортов с высоким потенциалом адаптивности будет способствовать повышению продуктивности агробиоценоза в целом. Поэтому значение имеет правильный подбор сортов, адаптированных к условиям региона возделывания и имеющих допуск к использованию в производстве.

Цель исследований – провести оценку параметров адаптивности районированных и перспективных сортов яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания и выявить образцы, сочетающие высокую урожайность зерна и адаптивные свойства для лесостепных условий Среднего Поволжья.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Работу выполняли в 2017–2020 гг. в лесостепной зоне Самарской области. Исследования проводили с использованием материально-технической базы

Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова. Экспериментальные делянки закладывали на полях селекционного севооборота института согласно существующей ротационной схеме. Предшественник – чистый пар. Агротехника и технология возделывания традиционные для яровой мягкой пшеницы в регионе. Почва опытного участка – чернозем типичный среднемощный легкоголистый. Агрохимические характеристики почвы в пахотном слое 0–15 см: содержание гумуса (по Тюрину) – 5–6 %, легкогидролизующего азота – 28–49 мг/кг почвы (по Корнфилду), подвижного фосфора – 61–77 мг/кг (по Чирикову), обменного калия – 374–423 мг/кг (по Масловой), pH солевой вытяжки – 5,4 ед. (по методу ЦИНАО).

Материалом для исследований и анализа служили 12 сортов яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания селекции Поволжского НИИСС: пять сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений по Средневолжскому региону (Кинельская 59, Кинельская нива, Кинельская отрада, Кинельская 2010, Кинельская юбилейная); два сорта, проходящих Государственное испытание (Кинельская заря, Кинельская 2020); и пять перспективных сортов. Урожайные данные по сортам были взяты за четыре последних года испытания (2017–2020 гг.), отличающихся как по уровню полученной урожайности, так и по агрометеорологическим условиям, что послужило хорошим фоном для изучения данного вопроса. Учетная площадь опытных делянок – 25 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная, размещение вариантов систематическое (без смещения), норма высева – 5,0 млн всхожих семян на 1 га. Посев делянок проводили селекционной сеялкой СКК-10М, уборку – малогабаритным комбайном САМПО-130. Все полевые работы осуществляли в оптимальные для культуры и года агротехнические сроки.

Полевые опыты, наблюдения, оценки, учет урожая проводили согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [21]. Коэффициенты адаптивности сортов (КА) рассчитывали по методике Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секатуевой [22]. Коэффициенты рассчитывали исходя из долевого участия урожайности сортов к среднесортной урожайности изучаемого набора сортов, взятой за 1. Уровень устойчивости к стрессам ( $Y_2 - Y_1$ ), урожайность сортов в контрастные годы ( $Y_1 + Y_2$ ) / 2 определяли по А. А. Гончаренко [23]. Математическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [24] методами дисперсионного и корреляционного анализа с применением компьютерной программы Microsoft Office Excel.

Метеорологические условия в 2017–2020 гг. отличались друг от друга и от многолетней нормы в регионе как по выпавшим осадкам за вегетацию (май – август), так и по сложившемуся температурному режиму. Гидротермический коэффициент (по

Селянинову) имел следующие значения: 2017 г. – 1,04, 2018 г. – 0,51, 2019 г. – 0,48, 2020 г. – 0,52, многолетнее значение коэффициента в регионе – 0,73. Годы исследований отличались достаточно благоприятным температурным режимом. Среднесуточная температура воздуха за вегетацию составляла: 2017 г. – 18,1 °С, 2018 г. – 19,8 °С, 2019 г. – 19,1 °С, 2020 г. – 19,3 °С, норма – 18,1 °С. Количество осадков,

выпавших за вегетацию, имело следующие величины: 2017 г. – 223,9 мм, 2018 г. – 124,7 мм, 2019 г. – 110,6 мм, в 2020 г. – 130,5 мм, норма – 163,0 мм.

Наиболее благоприятные по погодным факторам условия для роста и развития растений яровой пшеницы и формирования высокой урожайности сортов сложились в 2017 и 2020 гг. Вегетация пшеницы в 2017 г. проходила в контрастных по увлажнению

Таблица 1  
Происхождение сортов яровой мягкой пшеницы разных этапов селекции

| Сорт                                 | Происхождение                                               | Год включения в реестр / начало испытания |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Кинельская 59                        | Саратовская 35 / Лее // Мироновская 808                     | 1995                                      |
| Кинельская нива                      | Л-503 / Тулайковская 1                                      | 2007                                      |
| Кинельская отрада                    | Тулайковская 1 / к-56395 линия, устойчивая к бурой ржавчине | 2009                                      |
| Кинельская 2010                      | Эритроспермум 3485 / Sunnan // Л-503 / Тулайковская 1       | 2015                                      |
| Кинельская юбилейная                 | Кинельская 59 / Целинная 24 /3/ Л-1109 / Иргина // Л-503    | 2016                                      |
| Кинельская заря                      | Кинельская нива / к-34376 сложный гибрид                    | В Госиспытании с 2020 г.                  |
| Кинельская 2020                      | Кинельская нива / к-34376 сложный гибрид                    | В Госиспытании с 2021 г.                  |
| Лютесценс 6045                       | Лютесценс 3834 / Прохоровка                                 | Перспективный сорт                        |
| Лютесценс 6102/ <sub>1-32</sub>      | Лютесценс 3795 / Прохоровка                                 | Перспективный сорт                        |
| Эритроспермум 6310/ <sub>10-63</sub> | Эритроспермум 3721 / Прохоровка                             | Перспективный сорт                        |
| Эритроспермум 6381                   | Кинельская отрада / Кинельская 61                           | Перспективный сорт                        |
| Эритроспермум 6517/ <sub>24-1</sub>  | Кинельская нива / Прохоровка                                | Перспективный сорт                        |

Table 1  
Origin of spring soft wheat varieties of different stages of breeding

| Variety                              | Origin                                                      | Year of inclusion in the register / start of the test |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Kinel'skaya 59                       | Saratovskaya 35 / Lee // Mironovskaya 808                   | 1995                                                  |
| Kinel'skaya niva                     | L-503 / Tulaykovskaya 1                                     | 2007                                                  |
| Kinel'skaya otrada                   | Tulaykovskaya 1 / k-56395 leaf rust resistant line          | 2009                                                  |
| Kinel'skaya 2010                     | Eritrospermum 3485 / Sunnan // L-503 / Tulaykovskaya 1      | 2015                                                  |
| Kinel'skaya yubileynaya              | Kinel'skaya 59 / Tselinnaya 24 /3/ L-1109 / Irgina // L-503 | 2016                                                  |
| Kinel'skaya zarya                    | Kinel'skaya niva / k-34376 complex hybrid                   | In State testing since 2020                           |
| Kinel'skaya 2020                     | Kinelskaya niva / k-34376 complex hybrid                    | In State testing since 2021                           |
| Lyutestsens 6045                     | Lyutestsens 3834 / Prokhorovka                              | A promising variety                                   |
| Lyutestsens 6102/ <sub>1-32</sub>    | Lyutestsens 3795 / Prokhorovka                              | A promising variety                                   |
| Eritrospermum 6310/ <sub>10-63</sub> | Eritrospermum 3721 / Prokhorovka                            | A promising variety                                   |
| Eritrospermum 6381                   | Kinelskaya otrada / Kinel'skaya 61                          | A promising variety                                   |
| Eritrospermum 6517/ <sub>24-1</sub>  | Kinel'skaya niva / Prokhorovka                              | A promising variety                                   |

условиях, не характерных для региона. Начальный период вплоть до фазы колошения (май – июнь) сопровождался аномально избыточным увлажнением и недостатком температур, суммарно за эти месяцы выпало 200,2 мм осадков, или 278 % к многолетней норме. Созревание и налив зерна проходили при засушливых условиях. В 2020 г. наблюдались достаточно жесткие условия для вегетации сортов. Однако теплая погода, а также своевременно выпавшие осадки после посева и месячная норма в первую декаду июня (суммарно – 60 мм) положительно по-

вливали на развитие растений (в частности на продуктивную кустистость) и урожайность в целом. Засушливые условия в дальнейшем поправили осадки третьей декады июля (15,9 мм), оказавшие благоприятное влияние на налив зерна и его качество. Таким образом, в 2017 и 2020 гг. основные фазы роста и развития растений пшеницы проходили при благоприятном температурном режиме и достаточном увлажнении, что способствовало получению высокой урожайности зерна.

Таблица 2  
Урожайность зерна сортов яровой мягкой пшеницы (2017–2020 гг.), т/га

| Сорт                                 | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | Средняя | C <sub>p</sub> , % |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------------------|
| Кинельская 59                        | 3,03  | 2,27  | 1,78  | 3,28  | 2,59    | 26,6               |
| Кинельская нива                      | 3,65  | 2,80  | 2,01  | 3,33  | 2,95    | 24,3               |
| Кинельская отрада                    | 3,13  | 2,48  | 1,82  | 3,39  | 2,71    | 26,0               |
| Кинельская 2010                      | 3,65  | 2,95  | 1,93  | 3,56  | 3,02    | 26,2               |
| Кинельская юбилейная                 | 4,10  | 2,83  | 2,24  | 3,57  | 3,19    | 25,7               |
| Кинельская заря                      | 3,75  | 2,95  | 2,04  | 3,61  | 3,09    | 25,3               |
| Кинельская 2020                      | 4,01  | 2,91  | 2,05  | 3,51  | 3,12    | 27,0               |
| Лютесценс 6045                       | 4,07  | 3,10  | 2,25  | 3,40  | 3,21    | 23,5               |
| Лютесценс 6102/ <sub>1-32</sub>      | 4,08  | 3,22  | 2,31  | 3,43  | 3,26    | 22,4               |
| Эритроспермум 6310/ <sub>10-63</sub> | 3,78  | 3,15  | 2,39  | 3,73  | 3,26    | 19,9               |
| Эритроспермум 6381                   | 3,60  | 2,84  | 2,10  | 3,33  | 2,97    | 22,2               |
| Эритроспермум 6517/ <sub>24-1</sub>  | 3,82  | 2,96  | 2,24  | 3,59  | 3,15    | 22,5               |
| НСР <sub>05</sub>                    | 0,175 | 0,118 | 0,093 | 0,108 | –       | –                  |
| Среднесортная урожайность, т/га      | 3,72  | 2,87  | 2,10  | 3,48  | 3,04    | –                  |
| Индекс условий среды (Ij)            | 0,68  | –0,17 | –0,94 | 0,44  | –       | –                  |

Table 2  
Grain yield of spring soft wheat varieties (2017–2020), t/ha

| Variety                                 | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | Average | C <sub>p</sub> , % |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---------|--------------------|
| Kinel'skaya 59                          | 3.03  | 2.27  | 1.78  | 3.28  | 2.59    | 26.6               |
| Kinel'skaya niva                        | 3.65  | 2.80  | 2.01  | 3.33  | 2.95    | 24.3               |
| Kinel'skaya otrada                      | 3.13  | 2.48  | 1.82  | 3.39  | 2.71    | 26.0               |
| Kinel'skaya 2010                        | 3.65  | 2.95  | 1.93  | 3.56  | 3.02    | 26.2               |
| Kinel'skaya yubileynaya                 | 4.10  | 2.83  | 2.24  | 3.57  | 3.19    | 25.7               |
| Kinel'skaya zarya                       | 3.75  | 2.95  | 2.04  | 3.61  | 3.09    | 25.3               |
| Kinel'skaya 2020                        | 4.01  | 2.91  | 2.05  | 3.51  | 3.12    | 27.0               |
| Lyutestsens 6045                        | 4.07  | 3.10  | 2.25  | 3.40  | 3.21    | 23.5               |
| Lyutestsens 6102/ <sub>1-32</sub>       | 4.08  | 3.22  | 2.31  | 3.43  | 3.26    | 22.4               |
| Eritrospermum 6310/ <sub>10-63</sub>    | 3.78  | 3.15  | 2.39  | 3.73  | 3.26    | 19.9               |
| Eritrospermum 6381                      | 3.60  | 2.84  | 2.10  | 3.33  | 2.97    | 22.2               |
| Eritrospermum 6517/ <sub>24-1</sub>     | 3.82  | 2.96  | 2.24  | 3.59  | 3.15    | 22.5               |
| LSD <sub>05</sub>                       | 0.175 | 0.118 | 0.093 | 0.108 | –       | –                  |
| Average yield among the varieties, t/ha | 3.72  | 2.87  | 2.10  | 3.48  | 3.04    | –                  |
| Index of environment conditions (Ij)    | 0.68  | –0.17 | –0.94 | 0.44  | –       | –                  |

Несмотря на хорошую влагозарядку почвы перед посевом, особенно неблагоприятные засушливые условия для вегетации сложились в 2018 и 2019 гг. Начальный период роста и развития растений пшеницы (третья декада мая и июнь) в 2018 г. сопровождался прохладной погодой, осадков выпало 63 % от нормы. В этот же период в 2019 г. наблюдались большой дефицит осадков (23 % от нормы) и повышенные температуры воздуха (выше многолетней на 2–3 °С). Наиболее сильная (жесткая) засуха в эти годы наблюдалась в июне при закладке элементов продуктивности, ГТК – 0,34 (2018 г.) и 0,17 (2019 г.) при многолетнем значении 0,70. Осадки июля и первой декады августа немного выправили положение и положительно повлияли на налив зерна пшеницы, а в 2018 г. и на продуктивность сортов.

### Результаты (Results)

В селекционной работе имеет значение правильный подбор сортов, адаптированных к местным ус-

ловиям региона возделывания и имеющих допуск к использованию в производстве. В Государственном реестре на 2021 г. находятся 274 сорта яровой мягкой пшеницы, 48 сортов рекомендовано для Средневолжского региона, в том числе 7 сортов селекции Поволжского НИИСС. Два сорта (Кинельская заря и Кинельская 2020) находятся на государственном испытании, линейка новых перспективных сортов готовится для передачи. В 2017–2020 гг. проводилась оценка адаптивных свойств сортов конкурсного испытания по различным методикам. Изучалась ответная реакция сортов на изменяющиеся погодные факторы в период вегетации. По спелости все районированные и перспективные сорта относятся к одной среднеспелой группе. В то же время сорта имеют различный генотип, созданы в разные годы и относятся к разным этапам селекции яровой мягкой пшеницы в институте (таблица 1).

Таблица 3

Параметры адаптивности и экологической устойчивости сортов яровой мягкой пшеницы (2017–2020 гг.)

| Сорт                                 | Уровень устойчивости к стрессам, т/га (Y2 – Y1) | Средняя урожайность в контрастных условиях, т/га (Y1 + Y2) / 2 | Размах урожайности, % (d) |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Кинельская 59                        | –1,50                                           | 2,53                                                           | 45,7                      |
| Кинельская нива                      | –1,64                                           | 2,83                                                           | 44,9                      |
| Кинельская отрада                    | –1,57                                           | 2,61                                                           | 46,3                      |
| Кинельская 2010                      | –1,72                                           | 2,79                                                           | 47,1                      |
| Кинельская юбилейная                 | –1,86                                           | 3,17                                                           | 45,4                      |
| Кинельская заря                      | –1,71                                           | 2,90                                                           | 45,6                      |
| Кинельская 2020                      | –1,96                                           | 3,03                                                           | 48,9                      |
| Лютесценс 6045                       | –1,82                                           | 3,16                                                           | 44,7                      |
| Лютесценс 6102/ <sub>1-32</sub>      | –1,77                                           | 3,20                                                           | 43,4                      |
| Эритроспермум 6310/ <sub>10-63</sub> | –1,39                                           | 3,09                                                           | 36,8                      |
| Эритроспермум 6381                   | –1,50                                           | 2,85                                                           | 41,7                      |
| Эритроспермум 6517/ <sub>24-1</sub>  | –1,58                                           | 3,03                                                           | 41,4                      |

Table 3

Adaptability and environmental sustainability parameters of spring soft wheat varieties (2017–2020)

| Variety                              | The level of the resistance to stress, t/ha (Y2 – Y1) | Average yield in contrast conditions, t/ha (Y1 + Y2) / 2 | The scope of yield, % (d) |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------|
| Kinel'skaya 59                       | –1.50                                                 | 2.53                                                     | 45.7                      |
| Kinel'skaya niva                     | –1.64                                                 | 2.83                                                     | 44.9                      |
| Kinel'skaya otrada                   | –1.57                                                 | 2.61                                                     | 46.3                      |
| Kinel'skaya 2010                     | –1.72                                                 | 2.79                                                     | 47.1                      |
| Kinel'skaya yubileinaya              | –1.86                                                 | 3.17                                                     | 45.4                      |
| Kinel'skaya zarya                    | –1.71                                                 | 2.90                                                     | 45.6                      |
| Kinel'skaya 2020                     | –1.96                                                 | 3.03                                                     | 48.9                      |
| Lyutestsens 6045                     | –1.82                                                 | 3.16                                                     | 44.7                      |
| Lyutestsens 6102/ <sub>1-32</sub>    | –1.77                                                 | 3.20                                                     | 43.4                      |
| Eritrospermum 6310/ <sub>10-63</sub> | –1.39                                                 | 3.09                                                     | 36.8                      |
| Eritrospermum 6381                   | –1.50                                                 | 2.85                                                     | 41.7                      |
| Eritrospermum 6517/ <sub>24-1</sub>  | –1.58                                                 | 3.03                                                     | 41.4                      |

В селекции на улучшение адаптивных свойств отдельное внимание уделяется вопросам увеличения густоты продуктивного стеблестоя к уборке, озерненности и массы зерна с колоса, длительности работы листового аппарата. Но главным показателем адаптивности сорта является уровень урожайности зерна в выраженных контрастных погодных условиях. В исследованиях 2017–2020 гг. урожайность зерна имела достоверно значимые различия (на уровне 5 %) как по годам, так и среди изучаемого сортимента (таблица 2). По результатам дисперсионного анализа влияние фактора «сорт» составляло 2,7 %, фактора «год» – 91,8 %, взаимодействие факторов – 4,4 %.

Полученная средняя урожайность сортов (среднесортная урожайность) варьировала по годам от 2,10 т/га (2019 г.) до 3,72 т/га (2017 г.), коэффициент вариации ( $C_v$ ) – 23,8 %. Многолетняя среднесортная урожайность зерна за период 2017–2020 гг. составила 3,04 т/га и являлась своего рода отправным критерием для определения благоприятных и неблагоприятных лет. Индексы условий среды агробиоценоза отличались значительной вариабельностью. Наиболее благоприятные условия для вегетации сортов и формирования их продуктивности наблюдались в 2017 г. (индекс условий среды 0,68) и 2020 г. (0,44). Напротив, неблагоприятные для роста и развития условия сложились в 2018–2019 гг., причем наиболее жесткими по величине индекса условия (–0,94) были отмечены в острозасушливом 2019 г.

В 2017 г. урожайность по сортам варьировала от 3,03 т/га (Кинельская 59) до 4,10 т/га (Кинельская юбилейная), коэффициент вариации – 9,4 %. В 2020 г. минимальная урожайность 3,28 т/га также была получена у сорта Кинельская 59, максимальная урожайность 3,73 т/га – у линии Эритроспермум 6310/10-63. Коэффициент вариации урожайности по сортам в 2020 г. был наименьшим за период исследований (4,0 %), что свидетельствует о сравнительно невысокой количественной изменчивости признака в этот год. В засушливом 2018 г. урожайность зерна колебалась от 2,27 т/га (Кинельская 59) до 3,22 т/га (Лютесценс 6102/1-32), коэффициент вариации – 9,4 %. Самый низкий уровень урожайности по всем изучаемым сортам (1,78–2,39 т/га, коэффициент вариации – 9,2 %) наблюдался в 2019 г., острозасушливом и наименее благоприятном для развития растений пшеницы. Полученная среднесортная урожайность зерна в 2017 и 2020 гг. была выше на 22 и 14 % по сравнению с многолетней средней урожайностью зерна и на 77 и 66 % соответственно по отношению к 2019 г., когда был зафиксирован минимальный урожай зерна.

У большинства изучаемых сортов был отмечен высокий потенциал продуктивности. Максимальная средняя урожайность зерна была получена у новых сортов Эритроспермум 6310/10-63 (3,26 т/га), Лютесценс 6102/1-32 (3,26 т/га), Лютесценс 6045 (3,21 т/га), Эритроспермум 6517/24-1 (3,15 т/га) и районирован-

ного в Средневолжском регионе сорта Кинельская юбилейная (3,19 т/га). Наименьшая средняя урожайность наблюдалась у сортов более ранних этапов селекции – Кинельская 59 (2,59 т/га), Кинельская отрада (2,71 т/га) и Кинельская нива (2,95 т/га). Величина коэффициентов вариации урожайности сортов  $C_v = 19,9$ –27,0 %. Сложность совмещения в одном сорте (генотипе) высокой продуктивности и ее стабильности заключается в том, что чаще всего эти показатели отрицательно взаимосвязаны. Наибольшее практическое для селекционной работы значение представляют сорта, способные сочетать высокую среднюю урожайность зерна и ее наименьшую вариабельность по годам: Эритроспермум 6310/10-63 ( $C_v = 19,9$  %), Лютесценс 6102/1-32 ( $C_v = 22,4$  %), Эритроспермум 6517/24-1 ( $C_v = 22,5$  %). Особо выделяется новый сорт Эритроспермум 6310/10-63, имеющий в исследованиях максимальную среднюю урожайность и наименьшие ее колебания по годам в различных условиях возделывания, что указывает на его экологическую устойчивость и стабильность.

В контрастных погодных условиях важным параметром адаптивности сортов является их устойчивость к стрессам, а именно – разность между минимальной и максимальной урожайностью ( $Y_2 - Y_1$ ). Причем чем меньше данная величина, тем выше стрессоустойчивость сорта и шире его адаптационные возможности. Наибольшую устойчивость к стрессам в исследованиях показали сорта Эритроспермум 6310/10-63 (–1,39), Эритроспермум 6381 (–1,50), и Кинельская 59 (–1,50). Самую низкую стрессоустойчивость имел сорт Кинельская 2020 (–1,96) – высокопродуктивный, но требовательный к условиям выращивания и уровню используемой агротехники (таблица 3).

Средняя урожайность зерна в контрастных условиях среды ( $Y_1 + Y_2$ ) / 2 характеризует генетическую устойчивость сортов к различным факторам (благоприятным и стрессовым). В исследованиях величина этого показателя составляла 2,53–3,20 т/га. Интерес представляют сорта Лютесценс 6045, Кинельская юбилейная и Лютесценс 6102/1-32, которые при достаточно невысоком уровне стрессоустойчивости (от –1,77 до –1,86) имели высокие значения показателя средней урожайности – 3,16, 3,17, 3,20 т/га соответственно, что указывает на их специфическую адаптацию. Размах урожайности ( $d$ ) свидетельствует о стабильности сорта в конкретных агроклиматических условиях региона возделывания. Наименьший размах урожайности в исследованиях имели новые сорта Эритроспермум 6310/10-63 (36,8 %), Эритроспермум 6517/24-1 (41,4 %), Эритроспермум 6381 (41,7 %).

Коэффициенты адаптивности у сортов рассчитывались исходя из уровня сформированной урожайности зерна в разные по метеоусловиям годы как в благоприятные для вегетации пшеницы, так и в условиях стресса – засухи. Среднесортная урожайность изучаемого набора сортов бралась за 1. Для более объективной оценки адаптивности ис-

пользовался анализ урожайных данных за четыре года с контрастным уровнем урожайности в условиях одной экологической точки. За период исследований большинство сортов отличались высокими продуктивными возможностями, из 12 сортов 7 (58,3 %) имели средний коэффициент адаптивности больше 1 (таблица 4). В целом по изучаемым сортам средний коэффициент адаптивности варьировал от 0,85 до 1,08. Наибольшие значения показателя адаптивности отмечены у перспективных сортов Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub> (1,08), Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub> (1,08), Лютеценс 6045 (1,06), Эритроспермум 6517/<sub>24-1</sub> (1,04) и районированного сорта Кинельская юбилейная (1,05).

В наиболее благоприятных условиях увлажнения 2017 г. лучшие показатели адаптивности (1,08–1,10) имели сорта Кинельская 2020, Лютеценс 6045, Кинельская юбилейная, Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub>, что свидетельствует об их отзывчивости на улучшение условий выращивания. Сорт Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub> наибольшую адаптивность (1,10–1,14) показал в условиях жесткой засухи 2018–2019 гг., что характеризует его как сорт степного экотипа. Сорт Эритроспермум 6517/<sub>24-1</sub> высокие показатели коэффициентов адаптивности (1,03–1,07) имел в различные по влагообеспеченности годы, что говорит о его пластичности. Наименьшие средние коэффициенты адаптивности (менее 1) отмечены у сортов ранней селекции Кинельская 59 (0,85) и Кинельская отрада (0,89).

Таблица 4  
Коэффициенты адаптивности сортов яровой мягкой пшеницы (2017–2020 гг.)

| Сорт                                 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Средний КА |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------------|
| Кинельская 59                        | 0,81 | 0,79 | 0,85 | 0,94 | 0,85       |
| Кинельская нива                      | 0,98 | 0,98 | 0,96 | 0,96 | 0,97       |
| Кинельская отрада                    | 0,84 | 0,86 | 0,87 | 0,97 | 0,89       |
| Кинельская 2010                      | 0,98 | 1,03 | 0,92 | 1,02 | 0,99       |
| Кинельская юбилейная                 | 1,10 | 0,99 | 1,07 | 1,03 | 1,05       |
| Кинельская заря                      | 1,01 | 1,03 | 0,97 | 1,04 | 1,01       |
| Кинельская 2020                      | 1,08 | 1,01 | 0,98 | 1,01 | 1,02       |
| Лютеценс 6045                        | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 0,98 | 1,06       |
| Лютеценс 6102/ <sub>1-32</sub>       | 1,10 | 1,12 | 1,10 | 0,99 | 1,08       |
| Эритроспермум 6310/ <sub>10-63</sub> | 1,02 | 1,10 | 1,14 | 1,07 | 1,08       |
| Эритроспермум 6381                   | 0,97 | 0,99 | 1,00 | 0,96 | 0,98       |
| Эритроспермум 6517/ <sub>24-1</sub>  | 1,03 | 1,03 | 1,07 | 1,03 | 1,04       |
| Среднесортная урожайность            | 1    | 1    | 1    | 1    |            |

Table 4  
Coefficients of adaptability of spring soft wheat varieties (2017–2020)

| Variety                              | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | Average CA |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------------|
| Kinel'skaya 59                       | 0.81 | 0.79 | 0.85 | 0.94 | 0.85       |
| Kinel'skaya niva                     | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.96 | 0.97       |
| Kinel'skaya otrada                   | 0.84 | 0.86 | 0.87 | 0.97 | 0.89       |
| Kinel'skaya 2010                     | 0.98 | 1.03 | 0.92 | 1.02 | 0.99       |
| Kinel'skaya yubileynaya              | 1.10 | 0.99 | 1.07 | 1.03 | 1.05       |
| Kinel'skaya zarya                    | 1.01 | 1.03 | 0.97 | 1.04 | 1.01       |
| Kinel'skaya 2020                     | 1.08 | 1.01 | 0.98 | 1.01 | 1.02       |
| Lyutestsens 6045                     | 1.09 | 1.08 | 1.07 | 0.98 | 1.06       |
| Lyutestsens 6102/ <sub>1-32</sub>    | 1.10 | 1.12 | 1.10 | 0.99 | 1.08       |
| Eritrosperrum 6310/ <sub>10-63</sub> | 1.02 | 1.10 | 1.14 | 1.07 | 1.08       |
| Eritrosperrum 6381                   | 0.97 | 0.99 | 1.00 | 0.96 | 0.98       |
| Eritrosperrum 6517/ <sub>24-1</sub>  | 1.03 | 1.03 | 1.07 | 1.03 | 1.04       |
| Average yield among the varieties    | 1    | 1    | 1    | 1    |            |

Изучена ответная реакция сортов на складывающиеся погодные условия вегетации. Корреляционная зависимость среднесортной урожайности от средней температуры воздуха за вегетацию в исследованиях была отрицательной и составила  $r = -0,40$ , от суммы осадков за вегетацию  $r = 0,72$  и от гидротермического коэффициента (ГТК) за вегетацию  $r = 0,65$  (критические значения коэффициентов корреляции  $r_{005} = 0,576$ ,  $r_{001} = 0,708$ ). Наиболее высокая достоверная связь среднесортной урожайности наблюдалась с температурой воздуха ( $r = -0,93$ ), выпавшими осадками ( $r = 0,78$ ) и ГТК ( $r = 0,76$ ) июня. Увеличение июльских осадков имеет слабую отрицательную корреляцию с урожайностью ( $r = -0,27$ ) по большей части из-за их меньшего вклада по сравнению с осадками июня и мая, и они (за редким исключением) не оказывают сильного влияния даже на созревание и налив зерна. Полученные результаты показывают, что формирование урожайности в лесостепных условиях региона происходит благодаря элементам продуктивности, потенциал которых складывается до колошения (в месте проведения исследований – до середины третьей декады июня). А получение стабильно высоких урожаев зерна обеспечивается главным образом гидротермическим режимом июня, в это время сорта пшеницы проходят наиболее важные фазы развития – выход в трубку, колошение и цветение.

Рассматривая реакцию каждого отдельного сорта, можем отметить существенные различия зависимости их урожайности от средних значений погодных факторов за вегетацию. Корреляционная зависимость урожайности отдельного сорта от температуры воздуха составила  $-0,29 \dots -0,62$ , от суммы осадков  $-0,54 \dots -0,86$ , от ГТК – от  $0,46$  до  $0,80$ . Данные факты свидетельствуют о том, что сорта существенно отличаются по морфологии развития и реакции на складывающиеся погодные условия. Отмечены сорта, отличающиеся наибольшей отзывчивостью прибавкой урожая зерна на выпавшие осадки за вегетацию: Кинельская 2020 ( $r = 0,81$ ), Кинельская юбилейная ( $r = 0,84$ ), Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub> ( $r = 0,84$ ), Лютеценс 6045 ( $r = 0,86$ ). Ряд высокопродуктивных сортов степного экотипа в этих же условиях показал более низкую связь урожайности с осадками за вегетацию: Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub> ( $r = 0,61$ ), Кинель-

ская заря ( $r = 0,69$ ), Эритроспермум 6517/<sub>24-1</sub> ( $r = 0,74$ ). По всем сортам наблюдалась сильная или средняя положительная зависимость продуктивности зерна от суммы осадков за июнь от  $r = 0,65$  до  $r = 0,90$ . В то же время необходимо отметить, что некоторые сорта ранней селекции (Кинельская 59, Кинельская отрада) имеют более низкий коэффициент корреляции, что свидетельствует о меньшей их отзывчивости прибавкой урожая на улучшение условий выращивания.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализируя полученные за 2017–2020 гг. урожайные данные, можно отметить существенный рост (на 15–26 %) средней продуктивности зерна современных сортов в сравнении с сортом Кинельская 59, включенным в Государственный реестр более 20 лет назад (1995 г.). Практическое значение для селекционных программ имеют сорта, сочетающие высокую среднюю урожайность зерна (3,15–3,26 т/га) и наименьшую ее вариабельность по годам (19,9–22,5 %): Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub>, Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub>, Эритроспермум 6517/<sub>24-1</sub>. Наибольшую устойчивость к стрессам в исследованиях показали сорта Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub> ( $-1,39$ ), Эритроспермум 6381 ( $-1,50$ ), и Кинельская 59 ( $-1,50$ ). Максимальная средняя урожайность в контрастных условиях (3,16–3,20 т/га) отмечена у сортов со специфической адаптацией Лютеценс 6045, Кинельская юбилейная и Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub>. Большинство сортов (7 из 12, или 58,3 %) имели средний коэффициент адаптивности больше 1, наибольшие значения (1,08) отмечены у перспективных сортов Лютеценс 6102/<sub>1-32</sub> и Эритроспермум 6310/<sub>10-63</sub>.

Селекционная работа на повышение продуктивности и адаптивности обеспечила увеличение урожайности зерна сортов нового поколения в сравнении с сортами ранних этапов селекции. Новые сорта имеют высокие параметры адаптивности и способны противостоять самым экстремальным стрессам в период вегетации, что свидетельствует о правильном направлении селекционной работы. В то же время выраженная контрастность погодных факторов в регионе указывает на необходимость создания специализированных для каждой агроэкологической зоны сортов яровой мягкой пшеницы с различными морфобиотипами.

### Библиографический список

1. Милащенко Н. З., Трушкин С. В. Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российском земледелии // Земледелие. 2018. № 7. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10708.
2. Демина Е. А., Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю., Муллаянова О. С., Чекмасова К. Ю. Перспективный сорт пшеницы мягкой яровой Кинельская 2020 // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 7. С. 29–34. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_7\_29.
3. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 5. С. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus.
4. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 2. С. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123.

5. Новохатин В. В., Драгавцев В. А. Научное обоснование эколого-генетической селекции мягкой яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 12. С. 39–46. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206.
6. Демина И. Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 6. С. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659.
7. Поползухина Н. А., Поползухин П. В., Гайдар А. А., Паршуткин Ю. Ю., Якунина Н. А. Омская Юбилейная – адаптивный сорт яровой мягкой пшеницы для Сибирского региона // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 4. С. 120–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126.
8. Малокозова Е. И. Хозяйственно-биологическая характеристика сортов яровой мягкой пшеницы селекции НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева // Зерновое хозяйство России. 2021. № 1 (73). С. 31–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-31-38.
9. Байкалова Л. П., Серебренников Ю. И. Оценка адаптивного потенциала сортов твердой яровой пшеницы по урожайности // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2. С. 46–55. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-46-55.
10. Сидоров А. В., Нешумаева Н. А., Плеханова Л. В. Адаптивный сорт яровой мягкой пшеницы Красноярская 12 // Вестник КрасГАУ. 2020. № 4. С. 10–15. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-10-15.
11. Евдокимов М. Г., Юсов В. С., Моргунов А. И., Зеленский Ю. И. Засухоустойчивый генофонд твердой яровой пшеницы, идентифицированный в многолетних испытаниях питомников казахстанско-сибирской селекции пшеницы // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 5. С. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-о.
12. Драгавцев В. А., Михайленко И. М., Проскуряков М. А. Неканонический подход к решению задачи наследственного повышения засухоустойчивости растений (на примере хлебных злаков) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 3. С. 487–500. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.487rus.
13. Гончаров Н. П., Косолапов В. М. Селекция растений – основа продовольственной безопасности России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039.
14. Зезин Н. Н., Воробьев В. А., Воробьев А. В., Безгодов А. В., Николаева З. Р. Яровая мягкая пшеница Экстра // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6 (72). С. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-64-70.
15. Иванова И. Ю., Волкова Л. В. Изменчивость хозяйственно ценных признаков яровой пшеницы и их вклад в стабилизацию урожайности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 6. С. 567–574. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.567-574.
16. Гладышева О. В., Барковская Т. А. Оценка селекционного материала пшеницы яровой на продуктивность при различных стрессовых условиях внешней среды // Аграрная наука. 2017. № 11–12. С. 18–19.
17. Кинчаров А. И., Таранова Т. Ю., Демина Е. А. Специфическая реакция сортов яровой мягкой пшеницы на погодные условия // Вестник КрасГАУ. 2020. № 9. С. 61–68. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-61-68.
18. Мальцева Л. Т., Филиппова Е. А., Банникова Н. Ю. Адаптивный потенциал исходного материала в селекции мягкой яровой пшеницы // Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 1 (57). С. 26–31. DOI: 10.12737/2073-1462-2020-26-31.
19. Грабовец А. И., Бирюков К. Н. Роль сорта в стабилизации производства зерна в широком диапазоне агроклиматических факторов // Земледелие. 2021. № 5. С. 41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45.
20. Евдокимов М. Г., Белан И. А., Юсов В. С., Ковтуненко А. Н., Россеева Л. П. Адаптивный потенциал сортов пшеницы (озимой, яровой мягкой и яровой твердой) селекции Омского аграрного научного центра // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 10. С. 9–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001.
21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1. Общая часть. Москва, 2019. 329 с.
22. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
23. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 6. С. 49–53.
24. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### Об авторах:

Елена Анатольевна Демина<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID 0000-0002-4470-8022, AuthorID 876120; +7 927 712-10-47, elena\_pniiss@mail.ru

Александр Иванович Кинчаров<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, директор, ORCID 0000-0001-5492-8582, AuthorID 644773; +7 927 705-81-71, kincharov\_ai@mail.ru

Татьяна Юрьевна Таранова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, ORCID 0000-0003-3090-8549, AuthorID 967796; +7 927 774-65-25, [tatyana\\_0710.88@mail.ru](mailto:tatyana_0710.88@mail.ru)

Кристина Юрьевна Чекмасова<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории инновационных технологий, ORCID 0000-0002-2156-2075, AuthorID 896981; +7 927 706-64-28, [kristina.chekmasova@yandex.ru](mailto:kristina.chekmasova@yandex.ru)

<sup>1</sup> Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова, Усть-Кинельский, Россия

## Assessment of adaptability of spring soft wheat varieties in forest-steppe conditions of the Middle Volga region

E. A. Demina<sup>1</sup>✉, A. I. Kincharov<sup>1</sup>, T. Yu. Taranova<sup>1</sup>, K.Yu. Chekmasova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara Federal Research Scientific Center of Russian Academy of Sciences, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov, Ust'-Kinel'skiy, Russia

✉ E-mail: [elena\\_pniiss@mail.ru](mailto:elena_pniiss@mail.ru)

**Abstract.** The purpose of the research is to evaluate the adaptability parameters of zoned and promising varieties of spring soft wheat and to identify samples that combine high grain yield and adaptive properties for forest-steppe conditions of the Middle Volga region. The work was carried out in 2017–2020 in the central zone of the Samara region. **Methods.** The object of research was 12 varieties of competitive testing related to different stages of breeding. Observations and records were carried out according to the Methodology of the state variety testing of agricultural crops, assessment of the adaptability of varieties according to the methods of A. A. Goncharenko and L. A. Zhi-votkov. Weather conditions in 2017–2020 were diverse and varied from the average annual values. **Results.** The average crop yield varied from 2.10 t/ha (2019) to 3.72 t/ha (2017), the coefficient of variation  $C_v = 23.8\%$ . Varieties with a high average grain yield (3.15–3.26 t/ha) and a smaller variation (19.9–22.5 %) were identified – Eritrospermum 6310/<sub>10-63</sub>, Lutestsens 6102/<sub>1-32</sub>, Eritrospermum 6517/<sub>24-1</sub>. The varieties Eritrospermum 6310/<sub>10-63</sub> (–1.39), Eritrospermum 6381 (–1.50), and Kinel'skaya 59 (–1.50) had the greatest resistance to stress. Varieties Lutestsens 6045, Kinel'skaya yubiley-naya, Lutestsens 6102/<sub>1-32</sub> – differed in specific adaptation and formed the highest average grain yield (3.16–3.20 t/ha) under contrasting conditions. The average coefficient of adaptability of varieties ranged from 0.85 to 1.08. The majority of varieties (58.3 %) had a high coefficient of adaptability (greater than 1), the highest values (1.08) were the promising varieties Lutescens 6102/<sub>1-32</sub> and Erythrospermum 6310/<sub>10-63</sub>. **Scientific novelty.** A new adaptive material of spring soft wheat has been isolated for use in breeding programs of the forest-steppe zone of the Middle Volga region.

**Keywords:** spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.), breeding, adaptability, variety, yield, weather conditions.

**For citation:** Demina E. A., Kincharov A. I., Taranova T. Yu., Chekmasova K. Yu. Otsenka adaptivnosti sortov yarovoi myagkoi pshenitsy v lesostepnykh usloviyakh Srednego Povolzh'ya [Assessment of adaptability of spring soft wheat varieties in forest-steppe conditions of the Middle Volga region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 8–19. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-8-19. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 22.09.2021, **date of review:** 27.09.2021, **date of acceptance:** 08.10.2021.

### References

1. Milashchenko N. Z., Trushkin S. V. Rezervy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy v rossiiskom zemledelii [Reserves of production of high-quality wheat grain in Russian agriculture] // Zemledelie. 2018. No. 7. Pp. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10708. (In Russian.)
2. Demina E. A., Kincharov A. I., Taranova T. Yu., Mullayanova O. S., Chekmasova K. Yu. Perspektivnyy sort pshenitsy myagkoy yarovoy Kinel'skaya 2020 [Promising spring common wheat variety Kinel'skaya 2020] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2021. Vol. 35. No. 7. Pp. 29–34. DOI: 10.53859/02352451\_2021\_35\_7\_29. (In Russian.)
3. Rybas' I. A. Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor) [Breeding grain crops to increase adaptability (review)] // Agricultural Biology. 2016. Vol. 51. No. 5. Pp. 617–626. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.5.617rus. (In Russian.)
4. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. Urozhaynost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoy myagkoy i tverдой pshenitsy v yuzhnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti [Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region] // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. Vol. 21. No. 2. Pp. 114–123. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123. (In Russian.)

5. Novokhatin V. V., Dragavtsev V. A. Nauchnoe obosnovanie ekologo-geneticheskoy selektsii myagkoy yarovoy pshenitsy [Scientific substantiation of the ecological and genetic breeding of common spring wheat] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 12. Pp. 39–46. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11206. (In Russian.)
6. Demina I. F. Rezul'taty izucheniya kollektsionnykh obraztsov pshenitsy myagkoi yarovoi v usloviyakh Srednego Povolzh'ya [The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga Region] // Agricultural Science Euro-North-East. 2020. Vol. 21. No. 6. Pp. 653–659. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659. (In Russian.)
7. Popolzukhina N. A., Popolzukhin P. V., Gaydar A. A., Parshutkin Yu. Yu., Yakunina N. A. Omskaya Yubiley-naya – adaptivnyy sort yarovoy myagkoy pshenitsy dlya Sibirskogo regiona [Development of the adaptive spring bread wheat cultivar Omskaya Yubileynaya under the conditions of the Siberian region] // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020. Vol. 181. No. 4. Pp. 120–126. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-120-126. (In Russian.)
8. Malokostova E. I. Khozyaystvenno-biologicheskaya kharakteristika sortov yarovoy myagkoy pshenitsy selektsii NIISKH TSCHP im. V. V. Dokuchaeva [Economic and biological characteristics of the spring bread wheat varieties developed in the Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev] // Grain Economy of Russia. 2021. No. 1 (73). Pp. 31–38. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-73-1-31-38. (In Russian.)
9. Baykalova L. P., Serebrennikov Yu. I. Otsenka adaptivnogo potentsiala sortov tverдой yarovoy pshenitsy po urozhainosti [Assessment of the adaptive potential of during spring wheat varieties yield] // The Bulletin of KrasGAU. 2021. No. 2. Pp. 46–55. DOI: 1036718/1819-4036-2021-2-46-55. (In Russian.)
10. Sidorov A. V., Neshumaeva N. A., Plekhanova L. V. Adaptivnyy sort yarovoy myagkoy pshenitsy Krasnoyarskaya 12 [Adaptive variety of spring soft wheat Krasnoyarskaya 12] // The Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 4. Pp. 10–15. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-4-10-15. (In Russian.)
11. Evdokimov M. G., Yusov V. S., Morgunov A. I., Zelenskiy Yu. I. Zasukhoustoichivyy genofond tverдой yarovoy pshenitsy, identifitsirovanny v mnogoletnikh ispytaniyakh pitomnikov kazakhstansko-sibirskoy selektsii pshenitsy [Drought tolerance gene pool in developing adaptive varieties of durum wheat identified in study nurseries under the Kazakhstan-Siberian program] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. Vol. 21. No. 5. Pp. 515–522. DOI: 10.18699/VJ17.23-o. (In Russian.)
12. Dragavtsev V. A., Mikhaylenko I. M., Proskuryakov M. A. Nekanonicheskiy podkhod k resheniyu zadachi nasledstvennogo povysheniya zasukhoustoichivosti rasteniy (na primere khlebnnykh zlakov) [On how we can non-canonically increase hereditary drought resistance in plants (by an example of cereals)] // Agricultural Biology. 2017. Vol. 52. No. 3. Pp. 487–500. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.3.487rus. (In Russian.)
13. Goncharov N. P., Kosolapov V. M. Seleksiya rasteniy – osnova prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii [Plant breeding is the food security basis in the Russian Federation] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 361–366. DOI: 10.18699/VJ21.039. (In Russian.)
14. Zezin N. N., Vorob'ev V. A., Vorob'ev A. V., Bezgodov A. V., Nikolaeva Z. R. Yarovaya myagkaya pshenitsa Ekstra [The spring bread wheat Extra] // Grain Economy of Russia. 2020. No. 6 (72). Pp. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-72-6-64-70. (In Russian.)
15. Ivanova I. Yu., Volkova L. V. Izmenchivost' khozyaistvenno tsennykh priznakov yarovoy pshenitsy i ikh vklad v stabilizatsiyu urozhainosti [Variability of economically valuable traits of spring wheat and their contribution to productivity stabilization] // Agricultural Science Euro-North-East. 2019. Vol. 20. No. 6. Pp. 567–574. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.6.567-574. (In Russian.)
16. Gladysheva O. V., Barkovskaya T. A. Otsenka selektsionnogo materiala pshenitsy yarovoi na produktivnost' pri razlichnykh stressovykh usloviyakh vneshney sredy [Assessment of productivity of breeding material of spring wheat under stress condition of the environment] // Agrarian science. 2017. No. 11–12. Pp. 18–19. (In Russian.)
17. Kincharov A. I., Taranova T. Yu., Demina E. A. Spetsificheskaya reaktsiya sortov yarovoy myagkoy pshenitsy na pogodnye usloviya [Specific reaction of spring soft wheat varieties to weather conditions] // The Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 9. Pp. 61–68. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-9-61-68. (In Russian.)
18. Mal'tseva L. T., Filippova E. A., Bannikova N. Yu. Adaptivnyy potentsial iskhodnogo materiala v selektsii myagkoy yarovoy pshenitsy [Adaptive potential of the initial material in the selection of soft spring wheat] // Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2020. No. 1 (57). Pp. 26–31. DOI: 10.12737/2073-1462-2020-26-31. (In Russian.)
19. Grabovets A. I., Biryukov K. N. Rol' sorta v stabilizatsii proizvodstva zerna v shirokom diapazone agroklimaticheskikh faktorov [Role of the variety in the stabilization of grain production in a wide range of agroclimatic factors] // Zemledelie. 2021. No. 5. Pp. 41–45. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-5-41-45. (In Russian.)
20. Evdokimov M. G., Belan I. A., Yusov V. S., Kovtunen A. N., Rosseeva L. P. Adaptivnyy potentsial sortov pshenitsy (ozimoy, yarovoy myagkoy i yarovoy tverдой) selektsii Omskogo agrarnogo nauchnogo tsentra [Adaptive potential of wheat varieties (winter, common and durum spring wheat) selected in the Omsk Agricultural Scientific Centre] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34. No. 10. Pp. 9–15. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11001. (In Russian.)

21. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [Methodology for state variety testing of crops]. Iss. 1. Common part. Moscow, 2019. 329 p. (In Russian.)
22. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu "urozhainost'" [Methodology for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat by the indicator "yield"] // Seleksiya i semenovodstvo. 1994. No. 2. Pp. 3–6. (In Russian.)
23. Goncharenko A. A. Ob adaptivnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur [About adaptive ability and ecologic stability of grain crop varieties] // Vestnik of the Russian agricultural science. 2005. No. 6. Pp. 49–53. (In Russian.)
24. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian.)

**Authors' information:**

Elena A. Demina<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, senior researcher, head of the laboratory of breeding and seed production of spring wheat, ORCID 0000-0002-4470-8022, AuthorID 876120; +7 927 712-10-47, [elena\\_pniiss@mail.ru](mailto:elena_pniiss@mail.ru)

Aleksandr I. Kincharov<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher of the laboratory of breeding and seed production of spring wheat, director, ORCID 0000-0001-5492-8582, AuthorID 644773; +7 927 705-81-71, [kincharov\\_ai@mail.ru](mailto:kincharov_ai@mail.ru)

Tatyana Yu. Taranova<sup>1</sup>, junior researcher of the laboratory of breeding and seed production of spring wheat, ORCID 0000-0003-3090-8549, AuthorID 967796; +7 927 774-65-25, [tatyana\\_0710.88@mail.ru](mailto:tatyana_0710.88@mail.ru)

Kristina Yu. Chekmasova<sup>1</sup>, junior researcher of the laboratory of innovative technologies, ORCID 0000-0002-2156-2075, AuthorID 896981; +7 927 706-64-28, [kristina.chekmasova@yandex.ru](mailto:kristina.chekmasova@yandex.ru)

<sup>1</sup> Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Scientific Research Institute of Selection and Seed-Growing named after P. N. Konstantinov, Ust'-Kinel'skiy, Russia

## Оценка способов использования пастбищ полупустынной зоны Западного Казахстана

Б. Н. Насиев<sup>1✉</sup>, Н. Ж. Жанаталапов<sup>1</sup>, А. К. Беккалиев<sup>1</sup>, А. К. Беккалиева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан

✉ E-mail: veivit.66@mail.ru

**Аннотация.** Авторами представлены материалы исследований по изучению способов использования пастбищ полупустынной зоны Западного Казахстана. **Цель** – изучение способов выпаса сельскохозяйственных животных для повышения продуктивности и рационального использования пастбищ. Объектом исследований являются пастбищные угодья крестьянского хозяйства «Мирас» Западно-Казахстанской области. В задачи исследований входило подобрать наиболее эффективный способ выпаса, обеспечивающий сохранение и улучшение количественно-качественных показателей пастбищ полупустынной зоны. **Научная новизна** исследований состоит в том, что установленные способы выпаса позволяют рационально использовать пастбищные ресурсы и увеличивают кормоемкость пастбищных угодий. Исследования проведены в условиях полупустынной зоны Западного Казахстана на рельефном и песчаном участке пастбищ. **Результаты.** Бессистемное использование пастбищ снижает количественно-качественные показатели. В исследованиях в летний период наиболее высокое содержание сорных и ядовитых растений (9 %) установлено на пастбище бессистемного выпаса. При использовании данного способа удельный вес злаков в фитоценозе был минимальным (9 %). В составе фитоценоза, используемого бессистемным способом, отмечено повышение доли полыни до 15 %. Здесь по сравнению с двумя сезонными пастбищами высок и удельный вес разнотравных растений (малопоедаемых) – 21 %. На пастбищах, использующих бессистемный способ, в весенний период урожайность травостоя достигла лишь 3,81 ц/га, что меньше по сравнению с сезонными пастбищами на 2,50–4,28 ц/га, или на 65,6–112,3 %. В условиях полупустынной зоны для обеспечения сельскохозяйственных животных полноценным и качественным кормом, а также для создания запаса и снижения дефицита кормов выгодно использование сезонных пастбищ с включением в пастбищеоборот участка отгонного выпаса. Использование отгонных участков при сезонном использовании пастбищ увеличивает продолжительность пастбищного периода на 120 дней и позволяет хозяйству дополнительно создать объем фактического кормозапаса на уровне 5 499,5 ц, снижая уровень дефицита кормов на 2 119,7 ц, или на 81,03 %.

**Ключевые слова:** пастбища, полупустынная зона, сезонные пастбища, отгонный участок, способы выпаса, растительный покров, кормовая ценность, дефицит кормов.

**Для цитирования:** Насиев Б. Н., Жанаталапов Н. Ж., Беккалиев А. К., Беккалиева А. К. Оценка способов использования пастбищ полупустынной зоны Западного Казахстана // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 20–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-20-26.

**Дата поступления статьи:** 23.09.2021, **дата рецензирования:** 01.10.2021, **дата принятия:** 11.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Деградация земель стала глобальной проблемой, возникающей в большинстве наземных биомов и агроэкологии в странах с низким уровнем дохода и в высокоразвитых индустриальных странах. Из-за деградации пастбищ ежегодные глобальные потери в производстве молока и мяса составляют около 7 млрд долларов США. Решение проблемы деградации пастбищ может привести к бесприоритетным результатам по снижению уровня бедности и по высоким уровням связывания углерода на пастбищах [1, с. 641].

В Казахстане в результате из-за перенасыщения скотом и бессистемного выпаса 27 млн га пастбищ в радиусе 5–6 км от населенных пунктов деградированы. По этой же причине существенно повысилась пастбищная нагрузка, снизились урожайность, кормоемкость пастбищных угодий, усиливаются процессы опустынивания на огромных территориях, осложнилась зооветеринарная ситуация, которая привела к росту заболеваемости скота [2, с. 88]. Необходимость разрешения сложившейся ситуации путем развития отгонного животноводства была обозначена Первым Президентом Н. А. Назарбаевым в Послании народу Казахстана в Стратегии «Казах-

стан-2050: новый политический курс состоявшегося государства». Также нормы закона «О пастбищах» позволяют возродить традиции животноводства наших предков, что, возможно, приблизит нас к ценным исторически накопленным знаниям [3].

В целях предотвращения отрицательного антропогенного воздействия на пастбища в современном агропроизводстве в основу адаптивной стратегии дальнейшего наращивания производства сельскохозяйственного сырья должны быть положены принципы рационального природопользования, включающие подбор оптимальной технологии выпаса, сезонности стравливания пастбищ с учетом состояния растительного покрова, его урожайности; установление оптимальной нагрузки скота на единицу площади, использование пастбищеоборота и отгонных пастбищ [14, с. 20].

В США в пастбищном хозяйстве используются краткосрочный интенсивный выпас Савори и четырехзагонная система Мерима [5, с. 22]. В африканских странах популярны мобильные скотоводческих системы [6, с. 47]. По мнению российских ученых, использование угодий в определенный сезон является одним из основных положений их рационального использования [7, с. 555]. Последние годы в Узбекистане проводится работа по усовершенствованию схемы выпаса скота, обеспечивающему восстановление пастбищной растительности и соблюдение нормативной нагрузки на пастбища [8]. Принципы отгонного животноводства успешно используется в сельском хозяйстве Алтая в Сынцзяне (Северо-За-

падный Китай), овцеводами Монголии, Киргизии и Кабардино-Балкарской Республики [9, с. 200], [10, с. 17], [10, с. 42], [12, с. 88]. Использование отгонных пастбищ дает возможность предоставления отдыха интенсивно используемым пастбищам, особенно присельских территориях. Отдых, даже однолетний, даст пастбищам возможность значительно восстанавливать свой изреженный травяной покров. Исследованиями ученых из США и Китая установлено снижение продуктивности, ухудшение состояния растительности и почвенного покрова пастбищ при тяжелом выпасе без отдыха [13, с. 251], [14, с. 251]. В Великобритании для устойчивости окружающей среды и систем животноводства используют разнообразие пастбищ и их пространственное расположение в пределах фермы [15, с. 4].

В Казахстане важность использования естественных пастбищ имеет давнюю историю. Для рационального использования естественных пастбищ Казахстана были разработаны схемы пастбищеоборота для различных типов пастбищ. Изучение использования отгонных пастбищ в рамках проводимых исследований имеет новизну в плане возрождения и организации эффективного способа выпаса скота.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Полевые эксперименты проводились в течение 2018–2021 годов на пастбищах полупустынной зоны Западно-Казахстанской области на территориях крестьянского хозяйства «Мирас» Бокейурдинского района.

Таблица 1  
Количественно-качественные показатели состояния растительного покрова пастбищных угодий полупустынной зоны Западного Казахстана в весенний период

| Номера участков и способы использования                   | Проективное покрытие, % | Количество видов | Высота травостоя, см | Урожайность, ц/га (зеленая масса) |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 1 – участок бессистемного выпаса                          | 40                      | 20               | 18                   | 3,11                              |
| 2 – участок сезонного выпаса (весна, лето)                | 70                      | 21               | 25                   | 4,82                              |
| 3 – участок сезонного выпаса (весна, зима)                | 80                      | 13               | 29                   | 6,24                              |
| 4 – песчаный участок отгонного выпаса (лето, осень, зима) | 85                      | 23               | 36                   | 7,85                              |
| НСР <sub>05</sub> , ц/га                                  | —                       | —                | —                    | 0,68                              |

Table 1  
Quantitative and qualitative indicators of the vegetation cover state of rangelands of the semi-desert zone of West Kazakhstan in the spring

| Site numbers and use methods                               | Projective cover, % | Number of species | Height of herbage, cm | Productivity, c/ha (green mass) |
|------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1 – unsystematic grazing area                              | 40                  | 20                | 18                    | 3.11                            |
| 2 – seasonal grazing area (spring, summer)                 | 70                  | 21                | 25                    | 4.82                            |
| 3 – seasonal grazing area (spring, winter)                 | 80                  | 13                | 29                    | 6.24                            |
| 4 – sandy area of distant pasture (summer, autumn, winter) | 85                  | 23                | 36                    | 7.85                            |
| LSD <sub>05</sub> , c/ha                                   | —                   | —                 | —                     | 0.68                            |

Участки № 1, № 2 и № 3, расположенные в пункте Бозколмек, относятся к пастбищам равнин, классу лерхопольно-ковыльно-типчаковых на светло-каштановых почвах.

На участке № 1 выпас сельскохозяйственных животных производится в весенний, летний, осенний периоды, а также в благоприятные годы и зимой, то есть бессистемно. На участках № 2 и № 3 сельскохозяйственные животные выпасаются посезонно. Почва участков светло-каштановая среднесуглинистая.

Координаты по GPS: участок № 1: N 49°08.492', E 048°40.647'; участок № 2: N 49°31.611', E 048°47.046'; участок № 3: N 49°08.564', E 048°40.562'

Отгонный участок № 4 Таспай расположен в зоне песков в 90 км от пункта Бозколмек, является частью Рын-песков. Координаты по GPS: N 48°38.405', E 049°05.633'. Почва светло-каштановая неполноразвитая супесчаная. Песчаная часть используется в качестве отгонных пастбищ в летне-осенние периоды, иногда зимой, а весной отдыхает.

Состояние растительного покрова изучалось с использованием трансект (профилей) размером 100 × 50 м, заложенных на пастбищах где, проведены все режимные наблюдения: видовой состав травостоев, проективное покрытие, высота растений и урожайность. Количественное соотношение видов на площадке характеризовалось по шкале Друде. Статистическая обработка результатов исследований – методом дисперсионного анализа.

### Результаты (Results)

Как показали данные мониторинга, биометрические показатели пастбищных угодий полупустынной зоны зависели от способов их использования.

Если в весенний период на пастбищах сезонного использования (участки № 2 и № 3) проективное покрытие было на уровне 70–80 %, то на пастбищах интенсивного выпаса (участок № 1) проективное покрытие растительности составило 40 %. На участке № 4 отгонного пастбища на песках проективное покрытие высокое – на уровне 85 % (таблица 1).

Как показывают данные исследований, снижение нагрузки на пастбища способствует изменению качественных показателей (высоты, урожайности и видового состава фитоценоза) в лучшую сторону.

Одними из важных показателей, характеризующих состояние пастбищ, являются высота и урожайность травостоев. В исследованиях высота пастбищного фитоценоза зависела от способов использования в течение сельскохозяйственного года. Так, при использовании пастбищ в сезоны весна – лето (участок № 2) высота травостоя доходила до 25 см. В весенний период высокий травостой был сформирован на участке № 3 сезонного использования пастбищ зима – весна (29 см).

В исследованиях наиболее низкая высота (18 см) травостоя установлена на участке № 1 бессистемного выпаса. По сравнению с другими вариантами в весенний период наиболее высокий травостой был сформирован на отгонном участке песчаных пастбищ – 36 см.

При использовании пастбищ в сельском хозяйстве особое значение имеет их продуктивность. В наших исследованиях в весенний период урожайность фитомассы полупустынных пастбищ зависела от способа их использования. Если при бессистемном выпасе урожайность зеленой массы составила 3,11 ц/га, то при регулировании выпаса посредством сезонного использования пастбищ продуктивность фитоценоза выросла до 4,82–6,24 ц/га (участки № 2 и № 3). Необходимо отметить, что в условиях полупустынной зоны использование пастбищ в зиму зависит от погодных условий зимнего периода. В годы с суровыми погодными условиями зимнего периода сроки использования пастбищ вовсе сокращаются, тогда указанный участок используется только в весенний период.

На участке № 4 отгонного выпаса песков в весенний период урожайность зеленой массы составила 7,85 ц/га, это самый максимальный показатель за весенний сезон.

Пастбищные угодья в весенний период различались и по видовому составу. На пастбище интенсивного выпаса (участок № 1) в весенний период с учетом эфемеров количество видов было на уровне 20. В травостое пастбищ интенсивного выпаса присутствовали в основном малопоедаемые бесценные растения *Artemisia lerchiana*, *Artemisia austriaca*, *Ceratocarpus arenarius*, *Chenopodium album*, *Poa bulbosa*, *Tanacetum achilleifolium*, *Lipidium pterifolium*, *Gypsophila paniculata*. Также обильно растут сорные растения *Thlaspi arvense*, *Ritillaria*, *Alyssum turkestanicum*, *Galium aparine*. Растения *Polygonum aviculare*, *Lappula squarrosa* представлены в умеренном количестве.

В результате бессистемного выпаса из травостоя выпали наиболее ценные растения, такие как *Kochia prostrata*, *Festuca valesiaca*, *Leymus ramosus*, *Koeleria cristata*, *Agropyron desertorum*. На пастбище бессистемного выпаса не растет и эфемер *Tulipa*. В обильном количестве растут эфемеры *Poa bulbosa* и *Ritillaria*.

Повсеместно встречаются растения – индикаторы дигрессии *Alhagi pseudalhagi*, *Euphorbia*, *Anabasis aphylla*, *Xanthium strumarium*, *Datura*. На пастбище представлена в основном модификационная растительность *Anabasis* и *Euphorbia*.

По состоянию пастбищ можно судить о дигрессии, или сбитости. В исследованиях наиболее качественный состав пастбищ отмечен на пастбищах сезонного и отгонного выпаса. Так, на участке № 2, где пастбища используются в основном весной (зимой редко, только в условиях годов с теплыми зимами) установлена более высокая встречаемость наиболее ценных злаковых растений *Agropyron desertorum*, *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Leymus ramosus*, *Koeleria cristata* и *Kochia prostrata*.

На отгонном участке песчаного профиля видовой состав отличается от растительности равнинного профиля. На участке № 4, используемом в качестве

отгонного пастбища в весенний период, отмечались 23 вида растительности, среди них наиболее распространены *Elytrigia répens*, *Glycyrrhiza*, *Limonium suffruticosum*, *Phragmites australis*, *Euphorbia agraria*, *Festuca valesiáca*, *Tragopógon dúbius*, *Centaurea arenaria*, *Artemisia arenaria*, *Calligonum aphyllum*, *Avéna strigósa*, *Aspáragus*. Благодаря природным условиям песков в фитоценозе встречаемость ценных растений в кормовом отношении высокая.

По данным анализа динамики ОПП можно заметить качественный состав пастбищ по хозяйственно-ботаническим группам растительности. На пастбище участка № 3 (использование весной и летом) эфемеры и эфемероиды занимают 15 % от всей площади пастбищ. На долю злаков приходится 47 % фитоценоза, что подтверждает данные фитоценологического анализа.

Полыни *Artemisia lerchiana*, *Artemisia austriaca* в зависимости от способов использования на пастбищах занимают от 7 до 14 %. При этом наиболее высокая доля полыни установлена на бессистемно используемых пастбищах – 14 %. С уменьшением нагрузки на пастбища доля полыни снизилась до 7–12 % (таблица 2).

Наиболее высокое содержание разнотравья (14 %) с сорными и ядовитыми растениями установлено на участке № 1 на пастбище бессистемного выпаса.

На сезонных пастбищах (участки № 2, № 3) разнотравье в составе пастбищного фитоценоза занимает 8–11 %, при этом в указанных пастбищах доля сорных растений была на уровне 1–4 %. Следует отметить также снижение доли ядовитых растений *Tanacetum achilleifolium*, *Lipidium ptrfoliatum*, *Anabasis aphylla*, *Datura*, *Xanthium strumarium*, *Alhagi pseudalhagi*, *Euphórbia* в составе разнотравья сезонных пастбищ.

На пастбище № 3, используемом весной и летом, не установлено наличие ядовитых растений, а на пастбище летнего сезона отмечены единичные экземпляры вышеуказанных ядовитых и сорных растений.

На отгонном участке № 4 в весенний период отмечено увеличение проективного покрытия пастбищ до 82 %. В структуре фитоценоза 16 % приходится на долю эфемеров и эфемероидов. В отличие от других участков в составе хозяйственно-ботанических групп установлена высокая доля злаков – до 49 %. По сравнению с другими пастбищами на отгонном участке полыни занимают наименьший удельный вес – 7 %. Разнотравье в составе фитоценоза составило 10 %, из них 1% приходится на долю сорных и ядовитых растений.

Таблица 2  
Динамика общего проективного покрытия (ОПП) травостоя и проективного покрытия (ПП) хозяйственно-ботанических групп пастбищ в зависимости от способа использования в весенний период

| Показатели                | Номера пастбищных участков и способы их использования |                                     |                                            |                                                           |
|---------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                           | 1 – участок бессистемного выпаса                      | 2 – участок сезонного выпаса (лето) | 3 – участок сезонного выпаса (весна, лето) | 4 – песчаный участок отгонного выпаса (лето, осень, зима) |
| ОПП, %                    | 40                                                    | 70                                  | 80                                         | 82                                                        |
| Эфемеры и эфемероиды      | 7                                                     | 12                                  | 15                                         | 16                                                        |
| Злаки                     | 5                                                     | 35                                  | 47                                         | 49                                                        |
| Полыни                    | 14                                                    | 12                                  | 10                                         | 7                                                         |
| Разнотравные              | 14                                                    | 11                                  | 8                                          | 10                                                        |
| В т. ч. сорные и ядовитые | 7                                                     | 4                                   | 1                                          | 1                                                         |

Table 2  
Dynamics of total projective cover of herbage and projective cover of economic and botanical groups of pastures, depending on the method of use in the spring

| Indicators                    | Pasture numbers and how they are used |                                    |                                            |                                                 |
|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|                               | 1 – unsystematic grazing area         | 2 – seasonal grazing area (summer) | 3 – seasonal grazing area (spring, summer) | 4 – sandy pasture area (summer, autumn, winter) |
| Total projective cover, %     | 40                                    | 70                                 | 80                                         | 82                                              |
| Ephemer and ephemerooids      | 7                                     | 12                                 | 15                                         | 16                                              |
| Cereals                       | 5                                     | 35                                 | 47                                         | 49                                              |
| Wormwoods                     | 14                                    | 12                                 | 10                                         | 7                                               |
| Mixed herbs                   | 14                                    | 11                                 | 8                                          | 10                                              |
| Including weedy and poisonous | 7                                     | 4                                  | 1                                          | 1                                               |

В летний период количественно-качественные показатели пастбищных фитоценозов также зависели от способа использования пастбищ. При этом проективное покрытие пастбищ в зависимости от способа их использования колебалось от 45 до 90 %. Наибольшее проективное покрытие зафиксировано на участке № 3 пастбища, используемого в сезоны зима – весна (85 %), и на участке № 4 отгонного пастбища на песках (90 %). Наименьшее проективное покрытие (45 %) установлено на участке № 1 с бессистемным выпасом сельскохозяйственных животных.

В весенний период из-за выпадения из травостоя эфемеров и эфемероидов отмечено некоторое снижение количества видов растений пастбищного фитоценоза. При этом на участке № 1 с бессистемным выпасом и на участке № 3 с сезонным использованием весной и летом количество видов одинаковое 17.

Несмотря на меньшее количество видов (11), на сезонном пастбище зимне-весеннего использования (участок № 3) к лету сохранились наиболее ценные в кормовом отношении растения. На данном участке высота травостоя составила 35 см, и благодаря качественному составу пастбищных растений здесь был сформирован высокий урожай зеленой фитомассы – 8,09 ц/га.

На участке № 2, где пастбища используются в сезоны весна – лето, высота пастбищного травостоя составила 28 см при урожайности зеленой массы 6,31 ц/га.

В исследованиях травостой с наиболее низким ростом зафиксирован на участке № 1 с бессистемным выпасом. На данном участке в весенний период урожайность травостоя была на минимуме – 3,81 ц/га, что меньше по сравнению с сезонными пастбищами на 2,50–4,28 ц/га, или на 65,6–112,3 %.

Исследования подтвердили эффективность использования отгонных участков. По сравнению с другими вариантами использования на отгонном участке (№ 4) песчаного пастбища была сформирована наиболее высокая урожайность зеленой фитомассы – 10,25 ц/га.

В летний период ботанический состав травостоев и их обилие по Друде повторяют весеннюю картину, за исключением эфемеров и эфемероидов.

## Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Исследования подтвердили эффективность использования отгонных участков. По сравнению с другими вариантами использования на отгонном участке песчаного пастбища была сформирована наиболее высокая урожайность зеленой фитомассы травостоя – 10,25 ц/га. На отгонных пастбищах при сборе переваримого протеина 0,21 ц/га выход кормовых единиц был максимальным и составил 1,74 ц/га. В летний период отмечено увеличение проективного покрытия пастбищ до 87 %. В структуре фитоценоза 63 % приходится на долю злаков. По сравнению с другими пастбищами на отгонном участке полыни занимают наименьший удельный вес – 15 %. На разнотравье в составе фитоценоза приходится 15 %, из них 2 % – на долю сорных и ядовитых растений.

Способы использования наряду с урожайностью положительное влияние оказывают на качество кормовой массы пастбищного травостоя. В исследованиях наиболее высокие показатели сырого протеина, сырого жира, кальция, калия, фосфора и каротина установлены на пастбищах сезонного выпаса и на отгонных пастбищах.

Сезонное использование пастбищ с включением в пастбищеоборот участка отгонного выпаса является перспективным приемом повышения эффективности животноводства в полупустынной зоне ЗКО. Разработанный прием имеет большое значение в создании бездефицитного кормового баланса в фермерских хозяйствах в условиях полупустынной зоны Западного Казахстана. Идея и данные настоящего исследования служат предпосылкой для разработки комплексных мер по рациональному использованию пастбищ за пределами Казахстана, в странах и регионах с аналогичными системами управления экосистемами.

## Благодарности (Acknowledgements)

Исследования проведены в Западно-Казахстанском аграрно-техническом университете имени Жангир хана при финансовой поддержке МСХ РК согласно НТП BR10764915 «Разработка новых технологий восстановления и рационального использования пастбищ (использование пастбищных ресурсов)».

## Библиографический список

1. Manley W. A. Vegetation, cattle, and economic responses to grazing strategies and pressures // Journal of Range Management. 2017. No. 6. Pp. 638–646.
2. Жамбакин Ж. А. Пустынные пастбища и их использование // Улучшение и рациональное использование пастбищ Казахстана. Алма-Ата, 2018. С. 84–101.
3. Закон Республики Казахстан «О пастбищах» от 20 февраля 2017 года № 47-VI ЗРК [Электронный ресурс]. URL: [https://online.zakon.kz/document/?doc\\_id=32598330](https://online.zakon.kz/document/?doc_id=32598330) (дата обращения: 12.01.2021).
4. Zvolonskiy V. P., Tumanyan A. F. Ecological restoration and an increase in productivity of degraded ecosystems of the Caspian Sea region. Scientific and production support for the development of integrated land reclamation of the Caspian Sea region // Publishing House. 2019. No. 3. Pp. 19–20.
5. Torresani L., Wu J., Masin R., Penasa M., Tarolli P. Estimating soil degradation in montane grasslands of North-eastern Italian Alps // Heliyon. 2019. No. 5 (6). Pp. 18–25.
6. Робинсон С. Управление пастбищами в Центральной Азии. Бишкек, 2019. 56 с.

7. Kosmas C., Detsis V., Karamesouti M., Kounalaki Люб Vassiliou P., Salvati L. Exploring Long-Term Impact of Grazing Management on Land Degradation in the Socio-Ecological System of Asteroussia Mountains, Greece // Land. 2019. No. 4. Pp. 541–559.
8. Ротация пастбищ в пустынных регионах Узбекистана [Электронный ресурс]. URL: <http://klinl.azuzewub-sites.net> (дата обращения: 15.01.2021).
9. Nasiev B. N., Bekkaliyev A. K., Zhanatalapov N. Zh., Shibaikin B., Yeleshev R. Changes in the physicochemical parameters of chestnut soils in Western Kazakhstan under the influence of the grazing technologies // Periodico Tehe Quimica. 2020. No. 35 (17). Pp. 192–202.
10. Allen V. G. Improving livestock production through integrated soil-crop-livestock systems // Proceedings (Paper Collection) of International Conference on Grassland Science and Industry, Hailar City, Inner Mongolia, China, 2019. Pp. 11–19.
11. Anon. Jinshan Bright Pearl. China, Xinjiang. 2018. No. 2817. 88 p.
12. Bell M. J., Mereu L., Davis J. The Use of Mobile Near-Infrared Spectroscopy for Real-Time Pasture Management // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2018. No. 2. Pp. 3–5.
13. Busier S. Community-based pasture management in Kyrgyzstan. The pilot project in Naryn region, 2020. 100 p.
14. Тореханов А. А., Алимаев И. И., Оразбаев С. А. Лугопастбищное кормопроизводство. Алматы: Наука, 2018. 446 с.
15. Nasiev B. N., Bekkaliev A. K. The Impact of Pasturing Technology on the Current State of Pastures // Annals of Agri-Bio Research. 2019. No. 24 (2). Pp. 246–254.

### Об авторах:

Бейбит Насиевич Насиев<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ORCID 0000-0002-3670-8444, AuthorID 392978; +7 705 142-98-66, [veivit.66@mail.ru](mailto:veivit.66@mail.ru)

Нурболат Жасталапович Жанаталапов<sup>1</sup>, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-5946-3929; +7 705 577-08-75, [Nurbolat-z86@mail.ru](mailto:Nurbolat-z86@mail.ru)

Асхат Кажмуратович Беккалиев<sup>1</sup>, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-9850-452X; +7 705 545-28-77, [bekkaliev\\_askhat@mail.ru](mailto:bekkaliev_askhat@mail.ru)

Айдын Канатовна Беккалиева<sup>1</sup>, магистр сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-9718-2060, AuthorID 779426; +7 777 478-32-72, [Aidyn\\_kanatovna@mail.ru](mailto:Aidyn_kanatovna@mail.ru)

<sup>1</sup> Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Уральск, Республика Казахстан

## Assessment of ways to use pastures in semi-desert zone of West Kazakhstan

B. N. Nasiev<sup>1✉</sup>, N. Zh. Zhanatalapov<sup>1</sup>, A. K. Bekkaliev<sup>1</sup>, A. K. Bekkalieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Uralsk, Republic of Kazakhstan

✉E-mail: [veivit.66@mail.ru](mailto:veivit.66@mail.ru)

**Abstract.** The authors presented research materials on the study of ways to use pastures in semi-desert zone of West Kazakhstan. **Purpose.** Study of ways of grazing farm animals to increase productivity and rational use of pastures. The research object is the pasture lands of “Miras” farm in West Kazakhstan region. The research tasks were to select the most effective way of grazing, ensuring preservation and improvement of quantitative and qualitative indicators of semi-desert zone pastures. **The research scientific novelty** is in the fact that the determined grazing methods allow rational use of pasture resources and increase feed capacity of pasture lands. The studies were carried out in a semi-desert zone of West Kazakhstan on a relief and sandy area of pastures. **Results.** Unsystematic use of pastures reduces quantitative and qualitative indicators. In summer studies, the highest content of weeds and poisonous plants (9 %) was found on a pasture of unsystematic grazing. When using this method, the proportion of cereals in the phytocenosis was at least 9 %. In the composition of the phytocenosis used in an unsystematic way, an increase in the proportion of wormwood was noted up to 15 %. Here, in comparison with the 2<sup>nd</sup> seasonal pastures, the share of herbs (poorly eaten) is also high – 21 %. On the pastures used in a unsystematic way in the spring, the yield of herbage reached only 3.81 c/ha, which is less than the seasonal pastures by 2.50–4.28 c/ha or 65.6–112.3 %. In a semi-desert zone, to provide agricultural animals with high-grade and high-quality fodder, as well as to create a stock and reduce the shortage of fodder, it is advantageous to use seasonal pastures with the inclusion of a distant pasture area in the pasture rotation. The use of distant areas for seasonal use of pastures, increasing the duration of the pasture period

by 120 days, allows the farm to additionally create the volume of actual feed storage at the level of 5 499.5 centners, reducing the level of feed deficit by 2 119.7 centners or 81.03 %.

**Keywords:** pastures, semi-desert zone, seasonal pastures, distant pasture, grazing methods, vegetation cover, forage value, lack of forage.

**For citation:** Nasiev B. N., Zhanatalapov N. Zh., Bekkaliev A. K., Bekkalieva A. K. Otsenka sposobov ispol'zovaniya pastbishch polupustynno-y zony Zapadnogo Kazakhstana [Assessment of ways to use pastures in semi-desert zone of West Kazakhstan] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 20–26. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-20-26. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 23.09.2021, **date of review:** 01.10.2021, **date of acceptance:** 11.10.2021.

### References

1. Manley W. A. Vegetation, cattle, and economic responses to grazing strategies and pressures // Journal of Range Management. 2017. No. 6. Pp. 638–646.
2. Zhambakin Zh. A. Pustynnyye pastbishcha i ikh ispol'zovaniye: Uluchsheniye i ratsional'noye ispol'zovaniye pastbishch Kazakhstana [Desert pastures and their use: Improvement and rational use of pastures in Kazakhstan]. Alma-Ata, 2018. Pp. 84–101. (In Russian.)
3. Zakon Respubliki Kazakhstan “O pastbishchakh” ot 20 fevralya 2017 goda № 47-VI ZRK [Law of the Republic of Kazakhstan “On Pastures”] [e-resource]. URL: [https://online.zakon.kz/document/?doc\\_id=32598330](https://online.zakon.kz/document/?doc_id=32598330) (date of reference: 12.01.2021). (In Russian.)
4. Zvolonskiy V. P., Tumanyan A. F. Ecological restoration and an increase in productivity of degraded ecosystems of the Caspian Sea region. Scientific and production support for the development of integrated land reclamation of the Caspian Sea region // Publishing House. 2019. No. 3. Pp. 19–20.
5. Torresani L., Wu J., Masin R., Penasa M., Tarolli P. Estimating soil degradation in montane grasslands of North-eastern Italian Alps // Heliyon. 2019. No. 5 (6). Pp. 18–25.
6. Robinson S. Upravleniye pastbishchami v Tsentral'noy Azii [Pasture management in Central Asia]. Bishkek, 2019. 56 p. (In Russian.)
7. Kosmas C., Detsis V., Karamesouti M., Kounalaki J., Vassiliou P., Salvati L. Exploring Long-Term Impact of Grazing Management on Land Degradation in the Socio-Ecological System of Asteroussia Mountains, Greece // Land. 2019. No. 4. Pp. 541–559.
8. Rotatsiya pastbishch v pustynnykh regionakh Uzbekistana [Rotation of pastures in the desert regions of Uzbekistan] [e-resource]. URL: <http://klinl.azuzewubsites.net> (date of reference: 15.01.2021). (In Russian.)
9. Nasiyev B. N., Bekkaliyev A. K., Zhanatalapov N. Zh., Shibaikin B., Yeleshev R. Changes in the physicochemical parameters of chestnut soils in Western Kazakhstan under the influence of the grazing technologies // Periodico Teche Quimica. 2020. No. 35 (17). Pp. 192–202.
10. Allen V. G. Improving livestock production through integrated soil-crop-livestock systems // Proceedings (Paper Collection) of International Conference on Grassland Science and Industry, Hailar City, Inner Mongolia, China, 2019. Pp. 11–19.
11. Anon. Jinshan Bright Pearl. China, Xinjiang. 2018. No. 2817. 88 p.
12. Bell M. J., Mereu L., Davis J. The Use of Mobile Near-Infrared Spectroscopy for Real-Time Pasture Management // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2018. No. 2. Pp. 3–5.
13. Busier S. Community-based pasture management in Kyrgyzstan. The pilot project in Naryn region, 2020. 100 p.
14. Torekhanov A. A., Alimayev I. I., Orazbayev S. A. Lugopastbishchnoye kormoproizvodstvo [Grassland forage production]. Almaty: Nauka, 2018. 446 p. (In Russian.)
15. Nasiyev B. N., Bekkaliyev A. K. The Impact of Pasturing Technology on the Current State of Pastures // Annals of Agri-Bio Research. 2019. No. 24 (2). Pp. 246–254.

### Authors' information:

Beybit N. Nasiev<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, professor, corresponding member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, ORCID 0000-0002-3670-8444, AuthorID 392978;

+7 705 142-98-66, [veivit.66@mail.ru](mailto:veivit.66@mail.ru)

Nurbolat Zh. Zhanatalapov<sup>1</sup>, master of agricultural sciences, ORCID 0000-0002-5946-3929; +7 705 577-08-75, [Nurbolat-z86@mail.ru](mailto:Nurbolat-z86@mail.ru)

Askhat K. Bekkaliev<sup>1</sup>, master of agricultural sciences, ORCID 0000-0001-9850-452X; +7 705 545-28-77, [bekkaliev\\_askhat@mail.ru](mailto:bekkaliev_askhat@mail.ru)

Aidyn K. Bekkalieva<sup>1</sup>, master of agricultural sciences, ORCID 0000-0002-9718-2060, AuthorID 779426; +7 777 478-32-72, [Aidyn\\_kanatovna@mail.ru](mailto:Aidyn_kanatovna@mail.ru)

<sup>1</sup> Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Uralsk, Republic of Kazakhstan

## Многофакторный регрессионный анализ молочных признаков коров голштинской породы

Г. Г. Карликова<sup>1✉</sup>, А. Ф. Контэ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика

Л. К. Эрнста

✉E-mail: galinakarlikova@yandex.ru

**Аннотация.** Цель исследований – возможность применения уравнения множественной двухфакторной регрессии для раскрытия достоверной сопряженности признаков, влияющих на уровень молочной продуктивности коров голштинской породы. **Методы исследований.** Исследования проводились в ЗАО СП «Аксиньино» Ступинского района Московской области. На основе ИАС «СЕЛЭКС» была создана база данных, включающая выборку по 11 017 головам. Данные о молочной продуктивности были взяты за 305 дней 1-й, 2-й, 3-й и максимальной лактации. **Результаты.** За 305 дней 1-й лактации удой составил в среднем 7909,5 кг молока, за 2-ю – 8289,1 кг ( $p \leq 0,001$ ), за 3-ю – 8446,2 кг ( $p \leq 0,001$ ). Удой за максимальную лактацию составил 8964,3 кг молока ( $p \leq 0,001$ ). Содержание жира и белка в молоке коров в промежутке между 1-й и 3-й лактацией составляет 4,03–4,08 и 3,22–3,23 % соответственно. Коэффициент множественной двухфакторной регрессии представляет смещение отклика от 7787,81–8239,00 (1-я, 2-я, 3-я лактации) до 8841,63 (максимальная лактация). Диаграммы рассеяния модели множественной регрессии показывают, что значение переменной величины «удой» статистически зависимо от показателей массовой доли жира и массовой доли белка в молоке. Коэффициент детерминации на уровне 0,997–0,998 свидетельствует о том, что уравнением регрессии объясняется 99,7–99,8 % дисперсии результативного признака. Значимость  $F$ -критерия Фишера говорит о высокой достоверности результатов и отсутствии случайности и наличия оправданной в нашем исследовании закономерности. Содержание жира и белка имело отрицательную связь с удоем ( $p \leq 0,001$ ) по лактациям. Получены высокие значения взаимосвязи между уровнем удоя и содержанием белка (–0,518...–0,766), содержанием жира и белка (0,626–0,784). **Научная новизна.** Впервые проведены исследования на соответствие модели уравнения полученным экспериментальным данным и наличие количества независимых переменных (массовая доля жира и белка), включенных в уравнение для описания зависимой переменной (удой).

**Ключевые слова:** множественная регрессия, коровы, лактация, удой, массовая доля жира, массовая доля белка.

**Для цитирования:** Карликова Г. Г., Контэ А. Ф. Многофакторный регрессионный анализ молочных признаков коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 27–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-27-35.

**Дата поступления статьи:** 08.09.2021, **дата рецензирования:** 17.09.2021, **дата принятия:** 24.09.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Увеличение спроса на продукцию животноводства на фоне снижения количества животных сельскохозяйственной отрасли можно нивелировать в основном за счет роста их генетического потенциала продуктивных показателей на основе новых методов разведения крупного рогатого скота. И мировая, и отечественная история скотоводства указывают на то, что только достаточно высокий уровень селекционной работы дает возможность скорого повышения как молочной, так и непосредственно мясной продуктивности крупного рогатого скота. На историческом отрезке развития племенной работы с молочным скотом применялись разные подходы и методы со своими особенностями в достижении результата – получение коров с высокой продуктивностью с целью интенсивного использования [3, с. 36]. В России молочная продуктивность

коров как хозяйственно полезный признак является приоритетом в племенной работе отрасли молочного животноводства [1]. Большое количество племенных хозяйств имеет достаточно высокие результаты в увеличении продуктивных показателей животных, однако возросшие темпы производства указывают на потребность в увеличении объемов племенной работы.

Племенная работа – это комплекс зоотехнических и организационных мероприятий, нацеленных на увеличение продуктивности, а также на улучшение племенных качеств молочного скота и использование животных в соответствии с региональными особенностями.

Генетика занимает главное положение в основах теории селекции. Именно это и характеризует этап перехода зоотехники как науки от генетики определенных особей к популяционной генетике. Поэтому на

данный момент значение популяционной генетики все возрастает и ее достижения служат основой крупномасштабной селекции. В популяционной генетике расчеты проводятся с большими группами животных [2, с. 227], [4].

Основным методом исследований служит математическая статистика, основанная на закономерностях случайного распределения большого числа вариантов, установления параметров изменения популяций, разработки эффективных программ селекции. Последние годы характеризуются большей концентрацией внимания на селекционных программах по крупному рогатому скоту, опирающихся на молекулярно-генетические методы исследования [4].

Успехи популяционной генетики в последнее время играют важную роль в практике и теории племенной работы, повышается значение биометрии, дающей возможность изучать морфологическую и физиологическую изменчивости признаков, выявлять влияние детерминации отдельных факторов на успех селекции, и непосредственно биотехнологии (генная инженерия, получение химерных животных, трансплантация эмбрионов и др.) [3, с. 37].

При селекции по какому-либо из признаков необходимо установить степень и тенденции взаимосвязи с другими признаками, направленными на выявление и математическое выражение изменений и зависимостей. Путем регрессионного анализа выявляются и математически выражаются результаты научного эксперимента и зависимости между ними [5].

Конструирование модели регрессии характеризуется итерационный процесс, нацеленный на нахождение эффективных переменных, не зависящих друг от друга, для объяснения зависимых переменных, которые необходимо понять и смоделировать, опираясь на метод регрессии, с целью определения эффективных предсказателей из исследуемых величин.

Регрессионное уравнение не только задает форму исследуемой связи, но также указывает на степень изменчивости одного из показателей, сопровождаемого изменчивостью другого показателя. При построении уравнения многофакторной регрессии решается вопрос о специфике данной модели, в соответствии с чем выбираются факторы влияния и определяется вид уравнения регрессии. Добавление в модель уравнения того или иного количества факторов обуславливается природой взаимосвязи данного моделируемого показателя с другими признаками [5], [6, с. 5].

После определения линейного регрессионного уравнения в целом оценивается значимость его как формулы, а также его отдельных параметров. Оценить значимость регрессионного уравнения – следовательно, найти соответствие модели анализа, экспликацию взаимозависимости переменных, опытным данным, а также установить, достаточно ли число объясняющих переменных уравнения (одна, две или несколько) для характеристики зависимой переменной [7, с. 126]. Уточнение значимости регрессионного уравнения в основном основывается на  $F$ -критерии Фишера [8, с. 9], [9].

Расчет корреляционного значения как один из статистических методов анализа совместно с биологическими методами предоставляет возможность селекционерам установить взаимосвязь молочных признаков, учитываемых при разведении животных [10], [11]. Как известно, отдельные признаки обладают различной степенью корреляционного отношения. Положительная генетическая корреляция обеспечивает селекцию выдающихся животных по отдельным признакам, что обуславливает непосредственное улучшение не только одного признака, но и группы взаимосвязанных с ним. Отрицательная же корреляция указывает на то, что селекция по отдельному признаку может привести к ухудшению коррелируемого с ним другого признака [12]. Корреляционные связи существуют среди как количественных, так и качественных признаков [13], [14].

Для определения достоверного влияния совокупности факторов на параметры молочности коров мы посчитали необходимым рассмотреть множественную регрессию, в связи с чем целью проводимой работы явилось определение факторов, влияющих на удои коров голштинской породы при помощи уравнения множественной двухфакторной регрессии для раскрытия достоверной сопряженности признаков.

Задачи исследования:

- определить характер прямой регрессии между признаками молочной продуктивности;
- произвести расчет коэффициентов множественной регрессии параметров молочности;
- дать характеристику генетическим корреляциям между удои и массовой долей жира и белка;

#### Методология и методы исследования (Methods)

Объектом наших исследований были коровы голштинской породы ЗАО СП «Аксиньино» Ступинского района Московской области. В целях проведения исследования молочной продуктивности коров была создана выборка данных на основе базы ИАС «СЕ-ЛЭКС», включающая данные по 11 017 головам. Нами использовались данные первичного племенного и зоотехнического учета. Данные о молочной продуктивности были взяты за 305 дней первой, второй, третьей и наивысшей лактации. Одними из главных селекционируемых признаков были удои, жирномолочность и белкомолочность, соотнесенные к удою по каждой из лактаций.

Принимая во внимание, что в нашем исследовании используются две независимые переменные (МДЖ и МДБ) и между ожиданием (зависимой переменной – удои) и каждой из переменных ( $k$ ) существует линейная зависимость, модель множественной линейной регрессии будет иметь следующий вид (1):

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n, \quad (1)$$

где  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$  – значения коэффициентов регрессии,

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – независимые переменные.

В данной формуле:

$a_0$  – смещение,

$a_1$  – отклонение прямой  $y$ , зависящей от значения  $x_1$ , если  $x_2, \dots, x_n$  – это константы;

$a_2$  – отклонение прямой  $y$ , зависящей от значения  $x_2$ , если  $x_1, \dots, x_n$  – константы;

$a_n$  – отклонение прямой  $y$ , зависящей от значения  $x_n$ , если  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$ , служащих константами.

Расчет коэффициентов множественной регрессии производился методом наименьших квадратов системы нормальных уравнений (2):

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x_1 + \dots + a_p \sum x_p = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + \dots + a_p \sum x_1 x_p = \sum y x_1 \\ \dots \\ a_0 \sum x_p + a_1 \sum x_1 x_p + \dots + a_p \sum x_p^2 = \sum y x_p \end{cases} \quad (2)$$

В нашем случае используется двухфакторная модель, и система нормальных уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 = \sum y \\ a_0 \sum x_1 + a_1 \sum x_1^2 + a_2 \sum x_1 x_2 = \sum y x_1 \\ a_0 \sum x_2 + a_1 \sum x_1 x_2 + a_2 \sum x_2^2 = \sum y x_2 \end{cases} \quad (3)$$

Расчеты проведены с использованием программы STATISTICA 10.

### Результаты (Results)

В исследовании мы использовали данные молочной продуктивности коров по первой, второй, третьей и максимальной лактациям. Удой служил зависимой

переменной, а жирномолочность и белкомолочность – независимые переменные.

Анализируя данные продуктивного использования животных, необходимо отметить, что с возрастанием номера лактации удои увеличиваются. Исследуемые коровы за 305 дней первой лактации в среднем дали 7909,5 кг молока, то есть без 90 кг молока 8000. За вторую лактацию удой составил 8289,1 кг, что на 379,6 кг ( $P \leq 0,001$ ) больше по сравнению с первой. По третьей лактации продукция молока возросла до 8446,2 кг молока, что на 157,1 кг больше, чем за вторую лактацию, и на 536,7 кг ( $P \leq 0,001$ ) больше, чем за первую. За максимальную лактацию от коров получено на 1054,8 кг больше, чем за первую лактацию, на 675,2 кг больше, чем за вторую, и на 518,1 кг ( $P \leq 0,001$ ) больше по сравнению с третьей лактацией.

Белкомолочность и жирномолочность служат основными показателями, характеризующими продуктивность молочных животных. Жирномолочность и белкомолочность в промежутке между первой и третьей лактациями особо не меняется.

Так, процент массовой доли жира за первую лактацию составил 4,04, за вторую – 4,05, за третью лактацию снижается – 4,03. За период максимально продуктивной лактации процент жира составил 4,08.

Таблица 1  
Молочная продуктивность голштинских коров

| Показатели             | Лактация     |              |              |              |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                        | 1-я          | 2-я          | 3-я          | Максимальная |
| Удой, кг               | 7909,5 ± 32  | 8289,1 ± 37  | 8446,2 ± 47  | 8964,3 ± 33  |
| Массовая доля жира, %  | 4,04 ± 0,005 | 4,05 ± 0,006 | 4,03 ± 0,007 | 4,08 ± 0,005 |
| Массовая доля белка, % | 3,22 ± 0,003 | 3,23 ± 0,003 | 3,22 ± 0,004 | 3,22 ± 0,003 |

Table 1  
Dairy productivity of Holstein cows

| Indicators                  | Lactation       |                 |                 |              |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
|                             | 1 <sup>st</sup> | 2 <sup>nd</sup> | 3 <sup>rd</sup> | Maximum      |
| Milk yield, kg              | 7909.5 ± 32     | 8289.1 ± 37     | 8446.2 ± 47     | 8964.3 ± 33  |
| Mass fraction of fat, %     | 4.04 ± 0.005    | 4.05 ± 0.006    | 4.03 ± 0.007    | 4.08 ± 0.005 |
| Mass fraction of protein, % | 3.22 ± 0.003    | 3.23 ± 0.003    | 3.22 ± 0.004    | 3.22 ± 0.003 |

Таблица 2  
Уравнения множественной регрессии по молочным показателям ( $n = 11\ 017$ )

| Лактация     | Уравнения                              |
|--------------|----------------------------------------|
| 1-я          | $y = 7787,81 - 519,19x_1 - 1747,48x_2$ |
| 2-я          | $y = 8123,84 - 591,94x_1 - 1756,33x_2$ |
| 3-я          | $y = 8239,00 - 802,77x_1 - 1542,16x_2$ |
| Максимальная | $y = 8841,63 - 661,60x_1 - 1893,83x_2$ |

Примечание.  $X_1$  – содержание жира в молоке;  $x_2$  – содержание белка в молоке.

Table 2  
Multiple regression equations for milk indicators ( $n = 11\ 017$ )

| Lactation       | Equations                              |
|-----------------|----------------------------------------|
| 1 <sup>st</sup> | $y = 7787,81 - 519,19x_1 - 1747,48x_2$ |
| 2 <sup>nd</sup> | $y = 8123,84 - 591,94x_1 - 1756,33x_2$ |
| 3 <sup>rd</sup> | $y = 8239,00 - 802,77x_1 - 1542,16x_2$ |
| Maximum         | $y = 8841,63 - 661,60x_1 - 1893,83x_2$ |

Note.  $X_1$  – fat content in milk;  $x_2$  – protein content in milk.

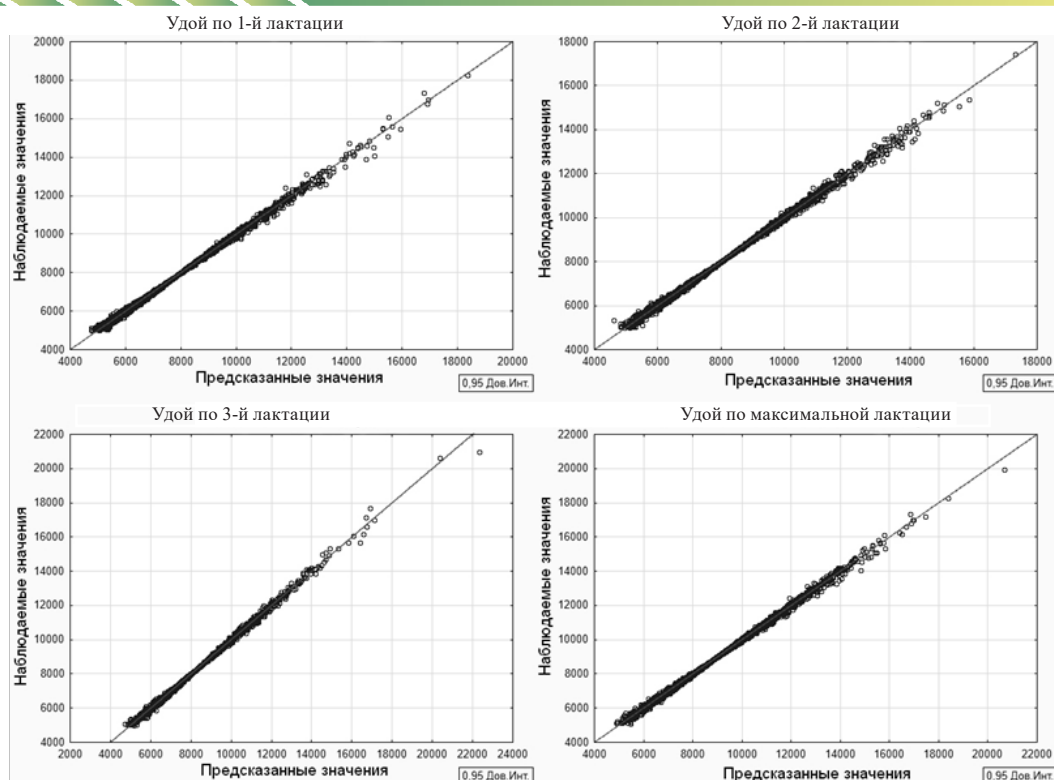


Рис. 1. Наблюдаемые и предсказанные значения

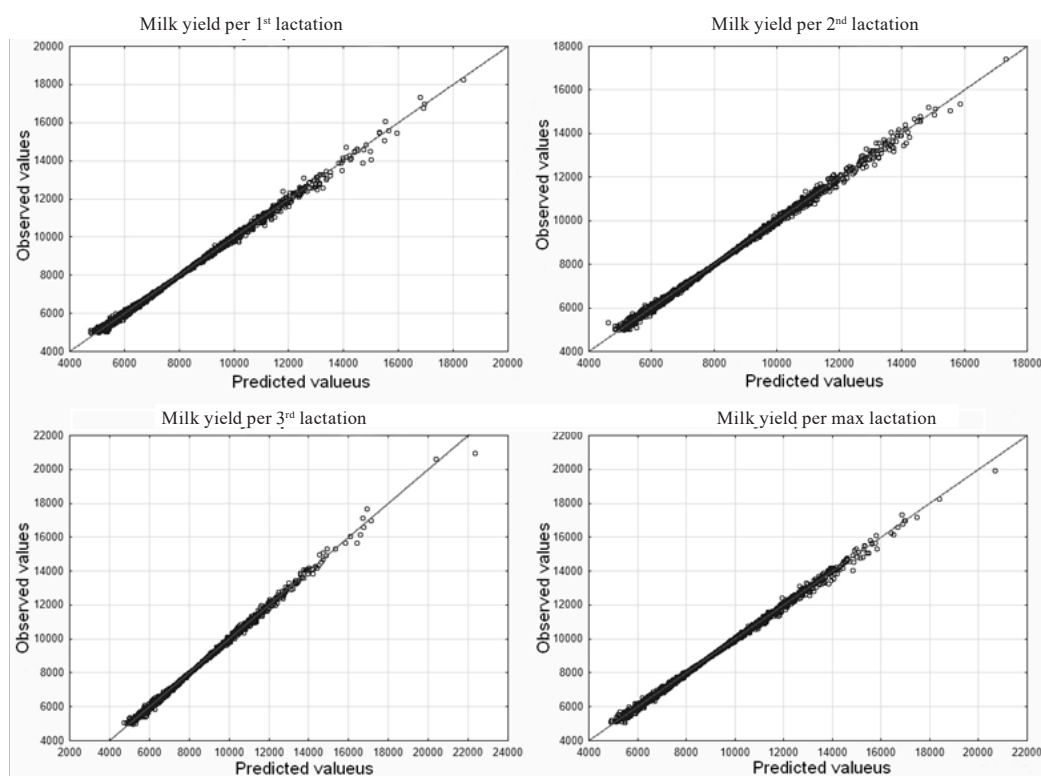


Fig. 1. Observed and predicted values

Касательно белкомолочности необходимо отметить, что за первую лактацию содержание составило 3,22 %, за вторую – 3,23 % и за третью – 3,22 %. За период максимальной лактации процент массовой доли белка составил 3,22, что сравнимо с результатами этого показателя за первую и третью лактации. В ходе проведенных расчетов получили значения коэффициентов уравнения двухфакторной регрессии  $a_{0...n}$ , при

подстановке которых в уравнение (1) находим данные уравнения регрессии (таблица 2).

Значение коэффициента множественной двухфакторной регрессии  $a_0$  является предсказанным значением показателей, перечисленных в первой части таблицы 2 при значении факторов  $x_1, x_2$ , равном нулю, и представляет смещение отклика, равного 7787,81–8841,63.

Значения коэффициентов регрессии  $a_1 \dots a_2$  зависят от значения знака перед ними. Положительное значение коэффициента регрессии указывает на положительное взаимодействие фактора с исследуемой переменной, а отрицательное значение указывает на обратное влияние фактора. В нашем случае полученные уравнения регрессии показывают, что показатель «удой» по всем лактациям имеет сильное, но отрицательное взаимодействие с содержанием жира и белка.

Для визуализации связи между прогнозируемым значением  $Y$  и переменной  $X$  нами были построены диаграммы рассеяния (разброса, поля корреляции) по каждой из лактаций. Данные изображали ординатами в двумерной плоскости. Координаты ( $X$  и  $Y$ ), определяющие нахождение каждой ординаты, представляют значения двух переменных. Наши исследования показывают, что значения переменных обладают сильной взаимосвязью, что указывает на то, что множество точек данных обладает определенной формой (расположены на прямой линии или кривой, характеризуемой уравнением), как представлено на рис. 1. Точки очень тесно укладываются вдоль прямой линии, что является общей тенденцией для построенных нами графиков по всем лактациям, взятых нами для расчетов.

Построенные диаграммы рассеяния модели множественной регрессии довольно наглядно отражают изменения молочных признаков по всем взятым лактациям.

Диаграммы рассеяния показывают, что значение переменной величины «удой» в наших исследованиях статистически зависимо от показателей жирномолочности и белкомолочности в течение лактации.

Визуально оценив результаты диаграмм, мы можем в последующем применить регрессионный анализ для нахождения зависимости между признаками.

В наших исследованиях характер прямой регрессии имеет отрицательное значение, то есть с увеличением определенного  $x_n$  на какую-то величину в уравнении регрессии при условии, что остальные значения  $x_{1 \dots n}$  будут равны 0,  $R$  понизится на величину  $b_n$  (при условии отрицательного знака «-» перед ними).

На характер адекватности полученных уравнений могут указывать показатели регрессионной статистики (таблица 3).

Анализируемый показатель «удой» по лактациям имеет высокий уровень линейной зависимости (множественный коэффициент корреляции  $R > 0,70$ ).

Как известно, коэффициент детерминации ( $R^2$ ) оценивает «силу влияния» переменной  $x$  на  $y$ . При оценке моделей регрессии он характеризует соответствие модели данным. По мнению исследователей, приемлемый коэффициент детерминации моделей должен быть на уровне 50 % (тогда в данном случае множественный коэффициент корреляции превышает 70 % по модулю). Модели, обладающие коэффициентом детерминации свыше 80 %, достаточно эффективные (значение коэффициента корреляции более 90 %). Коэффициент детерминации, равный единице, указывает на функциональную созависимость переменных.

Интерпретация результатов наших исследований:  $R^2 > 0,95$  – высокая точность аппроксимации. Коэффициент детерминации, полученный в наших расчетах на уровне 0,997–0,998, свидетельствует о том, что регрессионное уравнение характеризуется 99,7–99,8 % дисперсии результативного признака, а доля прочих факторов составляет лишь 1,2–1,3 %.

Рассчитанная высокая регрессионная зависимость говорит о том, что при селекции можно учитывать 1–2 показателя из полученных уравнений. Однако созависимости признаков могут обладать самыми разными формами. Также при наиболее кропотливом анализе связей следует учитывать, что на результативный признак обычно влияет не один фактор, а несколько.

При сопоставлении моделей с разным набором факторов используется скорректированный детерминационный коэффициент, обладающий несмещенными оценками дисперсий, для того чтобы число регрессоров не оказывало влияния на статистику. Этот показатель всегда меньше единицы, теоретически он может быть и меньше нуля. Но применение показателя в сравнении вполне обоснованно.

Таблица 3  
Регрессионная статистика молочных показателей

| Показатели                | Удой по лактациям, кг |            |            |              |
|---------------------------|-----------------------|------------|------------|--------------|
|                           | 1-я                   | 2-я        | 3-я        | Максимальная |
| Множественный $R$         | 0,99896               | 0,9989     | 0,99891    | 0,99911      |
| Множественный $R^2$       | 0,99792               | 0,9979     | 0,99782    | 0,99822      |
| Скорректированный $R^2$   | 0,99792               | 0,9978     | 0,99781    | 0,99822      |
| $F(4,3181)$               | 382 778,11            | 298 139,87 | 210 004,44 | 481 123,92   |
| Стандартная ошибка оценки | 82,3944               | 86,4204    | 94,6586    | 81,0248      |

Table 3  
Regression statistics of dairy indicators

| Indicators                | Milk yield by lactation, kg |                 |                 |            |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|------------|
|                           | 1 <sup>st</sup>             | 2 <sup>nd</sup> | 3 <sup>rd</sup> | Maximum    |
| Multiple $R$              | 0.99896                     | 0.9989          | 0.99891         | 0.99911    |
| Multiple $R^2$            | 0.99792                     | 0.9979          | 0.99782         | 0.99822    |
| Corrected $R^2$           | 0.99792                     | 0.9978          | 0.99781         | 0.99822    |
| $F(4.3181)$               | 382 778.11                  | 298 139.87      | 210 004.44      | 481 123.92 |
| Standard evaluation error | 82.3944                     | 86.4204         | 94.6586         | 81.0248    |

## Выявление взаимосвязей между показателями молочной продуктивности коров

| Признаки            | Удой, кг           |                    |                    |                       |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
|                     | 1-я лактация       | 2-я лактация       | 3-я лактация       | Максимальная лактация |
| Содержание жира, %  | $-0,581 \pm 0,006$ | $-0,220 \pm 0,003$ | $-0,379 \pm 0,007$ | $-0,469 \pm 0,004$    |
| Содержание белка, % | $-0,606 \pm 0,006$ | $-0,766 \pm 0,010$ | $-0,518 \pm 0,009$ | $-0,672 \pm 0,006$    |

Table 4

## Identification of interrelations between indicators of dairy productivity of cows

| Indicators         | Milk yield, kg            |                           |                           |                    |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
|                    | 1 <sup>st</sup> lactation | 2 <sup>nd</sup> lactation | 3 <sup>rd</sup> lactation | Maximum lactation  |
| Fat content, %     | $-0,581 \pm 0,006$        | $-0,220 \pm 0,003$        | $-0,379 \pm 0,007$        | $-0,469 \pm 0,004$ |
| Protein content, % | $-0,606 \pm 0,006$        | $-0,766 \pm 0,010$        | $-0,518 \pm 0,009$        | $-0,672 \pm 0,006$ |

Значимость уравнения регрессии оценивается в основном на основе  $F$ -критерия Фишера. Оценка значимости  $F$  указывает на достаточно высокую достоверность значений результатов и отсутствие случайности в нашем исследовании.

Регрессионное уравнение всегда сопряжено со значением тесноты связи. Применению линейной регрессии сопутствует линейный коэффициент корреляции. Необходимо обратить непосредственное внимание на корреляционные связи между удоем, содержанием жира и белка (таблица 4).

Анализируя данные таблицы 4, необходимо отметить, что, как и в случае расчета коэффициента регрессии, содержания жира и белка имеют достоверно отрицательную связь ( $p \leq 0,001$ ) с удоем по всем наблюдаемым лактациям. При этом отмечена умеренная связь удоя и содержания жира по первой лактации ( $-0,581$ ) удоя и содержания белка ( $-0,606$ ). По второй лактации связь удоя и содержания жира довольно слабая ( $-0,220$ ), при этом сильная связь удоя и содержания белка ( $-0,766$ ). Связь удоя и содержания жира по третьей лактации слабая ( $-0,379$ ), но отмечена умеренная связь удоя и содержания белка ( $-0,518$ ). По максимальной лактации к умеренным относится как связь удоя и содержания жира ( $-0,469$ ), так и связь удоя и содержания белка ( $-0,672$ ).

Что касается связи между содержанием жира и белка, то она характеризуется значениями от умеренных до сильных положительных ( $0,626$ – $0,784$ ).

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Современные технологии теоретического анализа данных служат основой управления новейшими процессами популяционной генетики на современном этапе, от этого зависит и принятие конструктивных решений по дальнейшему преобразованию. Статистика дает грамотный подход к сбору данных, характеристике их структуры, осмыслению и определению закономерности массы явлений, выявлению сложного процесса, скрываемого количеством информации. Она дает возможность исследовать ее, а также прийти к доказательно правильному решению. Статистика в науке обладает комплексом методов, требуемых для

осуществления последовательной исследовательской работы. Применение методов статистического анализа дает понимание характера изменчивости показателей и способствует получению эффективных и правильных результатов и решений.

Основная цель множественной регрессии – построить модель с большим числом факторов, определив при этом влияние каждого из них в отдельности, а также совокупное их воздействие на моделируемый показатель [15], [16].

Точный контроль факторов, вовлеченных в регрессию, служит главным из этапов применения методологии регрессии в практике. Принципы подхода к установлению факторов в зависимости от значений корреляций могут быть различными. Непосредственно они могут приводить к разным методикам конструирования уравнения множественной регрессии. В зависимости от того, какая методика составления регрессионного уравнения принята, изменяется последовательность ее решения [17].

Для графического представления взаимосвязей между показателями были построены диаграммы, наглядно показывающие данные и дающие возможность проверки предположений, до установления значений корреляции [18], [19, р. 1552]. Обращая внимание на созависимость между признаками, вполне можно предсказать наличие у них корреляционной связи. В то время как одна из переменных растет, другая тоже увеличивается [20, р. 4486].

Как известно, знак коэффициента корреляции очень важен для интерпретации полученной связи. При отрицательном коэффициенте корреляции наибольшему значению одного из признаков будет сопоставлено меньшее значение другого. Это говорит о том, что при увеличении одной из переменных будет способствовать уменьшению другой переменной [21, р. 11599].

Построив модель множественной линейной регрессии, найдя параметры выбранного уравнения, оценив надежность уравнения регрессии и его параметров, проведя интерпретацию полученных результатов, мы пришли к следующим выводам:

– при селекции по признаку увеличения удоя необходимо установить степень и направленность взаимосвязей с такими признаками, как жирномолочность и белкомолочность, поскольку в противном случае при росте удоя может наблюдаться их снижение;

– генетический тренд признаков молочной продуктивности животных исследуемой популяции указывает на большую их сопряженность.

### Благодарности (Acknowledgements)

Выражаем благодарность за предоставление данных специалистам ЗАО ПЗ «Аксиньино» Ступинского района Московской области. Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России 0445-2021-0016.

### Библиографический список

1. Лепехина Т. В. Корреляционная связь и наследуемость основных хозяйственно-полезных признаков у коров разных генераций: автореф. дис. ... канд. биол. наук [Электронный ресурс]. URL: <https://www.disscat.com/content/korrelyatsionnaya-svyaz-i-nasleduemost-khozyaistvenno-poleznykh-priznakov-u-korov-raznykh-g> (дата обращения: 23.08.2021).
2. Контэ А. Ф., Игнатъева Л. П. Многофакторный регрессионный анализ показателей типа телосложения коров-перволеток черно-пестрой голштинизированной породы Подмосквья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2020. № 4 (52). С. 226–231.
3. Дунин И. М. Наши усилия должны быть направлены на снижение зависимости от импортного племенного материала и генетических технологий // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 36–37.
4. Гомидова В. С. Множественная регрессия и корреляция [Электронный ресурс]. URL: <http://scienceforum.ru/2015/article/2015008364> / <https://scienceforum.ru/2015/article/2015008364> (дата обращения: 19.08.2021).
5. Тарасова Е. И. Гены-маркеры продуктивных характеристик молочного скота [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geny-markery-produktivnyh-harakteristik-molochno-go-skota-obzor> (дата обращения: 19.08.2021).
6. Максимова Т. Г., Попова И. Н. Эконометрика: учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. 70 с.
7. Мартынова Е. Н., Исупова Ю. В. Экстерьерные особенности и молочная продуктивность голштинизированных коров холмогорской породы разных генераций // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 125–131.
8. Шилова З. В., Шилов О. И. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. Киров: Изд-во ВГГУ, 2015. 158 с.
9. Norouzzian M. A., Bayatani H., Alavijeh M. V. Comparison of artificial neural networks and multiple linear regression for prediction of dairy cow locomotion score [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8094148> (дата обращения: 23.08.2021).
10. Popescu A. Regression modelling in predicting milk production depending on dairy bovine livestock [Электронный ресурс]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/292361817> (дата обращения: 23.08.2021).
11. Yamazaki T., Takeda H., Hagiya K., Yamaguchi S., Sasaki O. Prediction of random-regression coefficient for daily milk yield after 305 days in milk by using the regression-coefficient estimates from the first 305 days [Электронный ресурс]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/b5a4/b2bfd68ef8a61bfa7e8ae817e9a60f9cf4f6.pdf> (дата обращения: 23.08.2021).
12. Кольцов С. Н. Регрессионный анализ [Электронный ресурс]. URL: <https://docplayer.com/29963508-Regressionnyy-analiz-kolcov-s-n.html> (дата обращения: 23.08.2021).
13. Токарев Д. В. Линейная регрессия [Электронный ресурс]. URL: <https://masters.donntu.org/2005/kita/tokarev/library/linreg.htm> (дата обращения: 23.08.2021).
14. Вильвер Д. С. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков коров различных генотипов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-hozyaystvenno-poleznykh-priznakov-korov-razlichnyh-genotipov> (дата обращения: 23.08.2021).
15. Галочкин В. Т., Латыш А. Р. Исследование уравнения множественной линейной регрессии [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-uravneniya-mnozhestvennoy-lineynoy-regressii/viewer> (дата обращения: 05.09.2021).
16. Корреляция и регрессия. Информационная грамотность [Электронный ресурс]. URL: <https://biconsult.ru/services/korrelyatsiya-i-regressiya> (дата обращения: 05.09.2021).
17. Линейная регрессия и множественная регрессия: в чем разница [Электронный ресурс]. URL: <https://nesrakonk.ru/what-difference-between-linear-regression-and-multiple-regression/> (дата обращения: 05.09.2021).
18. Гедранович А. Б. Модели парной и множественной регрессии [Электронный ресурс]. URL: [http://www.miu.by/rus/kaf\\_ep/kaf\\_download/24169\\_90115326.pdf](http://www.miu.by/rus/kaf_ep/kaf_download/24169_90115326.pdf) (дата обращения: 05.09.2021).
19. Ayalew W., Aliy M., Negussie E. Estimation of genetic parameters of the productive and reproductive traits in Ethiopian Holstein using multi-trait models // Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 2017. № 30 (11). Pp. 1550–1556. DOI: 10.5713/ajas.17.0198.
20. Lu H., Wang Y., Bovenhuis H. Phenotypic and genetic effects of season on milk production traits in dairy cattle in the Netherlands // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 104. Iss. 4. Pp. 4486–4497.

21. Lu H., Bovenhuis H. Phenotypic and genetic effects of pregnancy on milk production traits in Holstein-Friesian cattle // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. Iss. 12. Pp. 11597–11604.

### Об авторах:

Галина Геннадьевна Карликова<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0002-9021-1404, AuthorID 667690; galinakarlikova@yandex.ru

Александр Федорович Контэ<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; alexandrconte@yandex.ru

<sup>1</sup> Федеральное исследовательское учреждение животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Дубровицы, Россия

## Multivariate regression analysis of dairy characteristics of Holstein cows

G. G. Karlikova<sup>1</sup>, A. F. Konte<sup>1</sup>

<sup>1</sup> L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

✉ E-mail: galinakarlikova@yandex.ru

**Abstract.** The purpose of the research is the possibility of applying the equation of multiple two-factor regression to reveal the reliable conjugacy of signs affecting the level of milk productivity of Holstein cows. **Research methods.** The research was carried out in CJSC BP "Aksin'ino" of Stupinskiy district of the Moscow region. Based on the IAS "SELEX", a database was created, including a sample of 11 017 heads. Data on milk productivity were taken for 305 days of 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and maximum lactation. **Results.** For 305 days of the 1<sup>st</sup> lactation, milk yield averaged 7909.5 kg of milk, for the 2<sup>nd</sup> – 8289.1 kg ( $p \leq 0,001$ ) and the 3<sup>rd</sup> lactation – 8446.2 kg ( $p \leq 0,001$ ). Milk yield for maximum lactation was 8964.3 kg of milk ( $p \leq 0,001$ ). The fat and protein content in cow milk between the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> lactation is 4.03–4.08 and 3.22–3.23 %. The multiple two-factor regression coefficient represents the response bias from 7787.81–8239.00 (1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> lactation) to 8841.63 (maximum lactation). The scattering diagrams of the multiple regression model show that the value of the variable "milk yield" is statistically dependent on the indicators of the mass fraction of fat and the mass fraction of protein in milk. The coefficient of determination at the level of 0.997–0.998 indicates that the regression equation explains 99.7–99.8 % of the variance of the effective feature. The significance of Fischer's *F*-test indicates the high reliability of the results and the absence of randomness and the presence of a pattern justified in our study. The fat and protein content had a negative relationship with milk yield ( $p \leq 0,001$ ) by lactation. High values of the relationship between milk yield and protein content (–0.518...–0.766), fat and protein content (0.626–0.784) were obtained. **Scientific novelty.** For the first time, studies were conducted on the correspondence of the equation model to the experimental data obtained, and the presence of the number of independent variables (mass fraction of fat and protein) included in the equation to describe the dependent variable (milk yield).

**Keywords:** multiple regression, cows, lactation, milk yield, fat mass fraction, protein mass fraction.

**For citation:** Karlikova G. G., Konte A. F. Mnogofaktornyy regressiionnyy analiz molochnykh priznakov korov golshinskoy porody [Multivariate regression analysis of dairy characteristics of Holstein cows] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 27–35. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-27-35. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 08.09.2021, **date of review:** 17.09.2021, **date of acceptance:** 24.09.2021.

### References

1. Lepekhina T. V. Korrelyatsionnaya svyaz' i nasleduyemost' osnovnykh khozyaystvenno-poleznykh priznakov u korov raznykh generatsiy: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk [Korrelyatsionnaya svyaz' i nasleduyemost' osnovnykh khozyaystvenno-poleznykh priznakov u korov raznykh generatsiy: abstract of dissertation ... candidate of biological sciences] [e-resource]. URL: <https://www.dissercat.com/content/korrelyatsionnaya-svyaz-i-nasleduyemost-khozyaystvenno-poleznykh-priznakov-u-korov-raznykh-ge> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
2. Konte A. F., Ignat'yeva L. P. Mnogofaktornyy regressiionnyy analiz pokazateley tipa teloslozheniya korov-pervotelok cherno-pestroy golshitinizirovannoy porody Podmoskov'ya [Multifactorial regression analysis of body type indicators of first-calf cows of the black-and-white Holstein breed of the Moscow region] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020. No. 4 (52). Pp. 226–231. (In Russian.)

3. Dunin I. M. Nashi usiliya dolzhny byt' napravlen na snizheniye zavisimosti ot importnogo plemennogo materiala i geneticheskikh tekhnologiy [Our efforts should be aimed at reducing dependence on imported breeding material and genetic technologies] // Agrarian science. 2021. No. 5. Pp. 36–37. (In Russian.)
4. Gomidova V. S. Mnozhestvennaya regressiya i korrelyatsiya [Multiple regression and correlation] [e-resource] // Studencheskiy nauchnyy forum: materialy VII Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii. URL: <http://scienceforum.ru/2015/article/2015008364> (date of reference: 20.08.2020). (In Russian.)
5. Tarasova E. I. Geny-markery produktivnykh kharakteristik molochnogo skota [Genes-markers of productive characteristics of dairy cattle]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geny-markery-produktivnyh-harakteristik-molochnogo-skota-obzor> (date of reference: 19.08.2021). (In Russian.)
6. Maksimova T. G., Popova I. N. Ekonometrika: uchebno-metodicheskoye posobiye [Econometrics: educational and methodical manual. Saint Petersburg: ITMO University, 2018. 70 p. (In Russian.)
7. Martynova E. N., Isupova Yu. V. Ekster'yernyye osobennosti i molochnaya produktivnost' golshtinizirovannykh korov kholmogorskoy porody raznykh generatsiy [Exterior features and milk productivity of Holstein cows of the Kholmogorsky breed of different generations] // Perm Agrarian Journal. 2018. No. 1 (21). Pp. 125–131. (In Russian.)
8. Shilova Z. V., Shilov O. I. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnoye posobiye [Probability theory and mathematical statistics: textbook]. Kirov: Izd-vo VGGU, 2015. 158 p. (In Russian.)
9. Norouzian M. A., Bayatani H., Alavijeh M. V. Comparison of artificial neural networks and multiple linear regression for prediction of dairy cow locomotion score [e-resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8094148> (date of reference: 23.08.2021).
10. Popescu A. Regresion modelling in predicting milk production depenting on dairy bovine livestock [e-resource]. URL: <https://www.researchgate.net/publication/292361817> (date of reference: 23.08.2021).
11. Yamazaki T., Takeda H., Hagiya K., Yamaguchi S., Sasaki O. Prediction of random-regression coefficient for daily milk yield after 305 days in milk by using the regression-coefficient estimates from the first 305 days [e-resource]. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/b5a4/b2bfd68ef8a61bfa7e8ae817e9a60f9cf4f6.pdf> (date of reference: 23.08.2021).
12. Kol'tsov S. N. Regressionnyy analiz [Regression analysis] [e-resource]. URL: <https://docplayer.com/29963508-Regressionnyy-analiz-kolcov-s-n.html> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
13. Tokarev D. V., Koval'chenko I. D., Borodkin L. I., et al. Lineynaya regressiya [Linear regression] [e-resource]. URL: <https://masters.donntu.org/2005/kita/tokarev/library/linreg.htm> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
14. Vil'ver D. S. Vzaimosvyaz' khozyaystvenno-poleznykh priznakov korov razlichnykh genotipov [The relationship of economically useful traits of cows of different genotypes] [e-resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-hozyaystvenno-poleznyh-priznakov-korov-razlichnyh-genotipov> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
15. Galochkin V. T. Issledovaniye uravneniya mnozhestvennoy lineynoy regressii [Investigation of the multiple linear regression equation] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-uravneniya-mnozhestvennoy-lineynoy-regressii/viewer> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
16. Korrelyatsiya i regressiya. Informatsionnaya gramotnost' [Correlation and regression. Information literacy]. [e-resource]. URL: <https://biconsult.ru/services/korrelyatsiya-i-regressiya> (date of reference: 23.08.2021). (In Russian.)
17. Lineynaya regressiya i mnozhestvennaya regressiya: v chem raznitsa [Linear regression and multiple regression: what is the difference] [e-resource]. URL: <https://nesrakonk.ru/what-difference-between-linear-regression-and-multiple-regression> (date of reference: 05.09.2021). (In Russian.)
18. Gedranovich A. B. Modeli parnoy i mnozhestvennoy regressii [Paired and multiple regression models] [e-resource]. URL: [http://www.miu.by/rus/kaf\\_ep/kaf\\_download/24169\\_90115326.pdf](http://www.miu.by/rus/kaf_ep/kaf_download/24169_90115326.pdf) (date of reference: 05.09.2021). (In Russian.)
19. Ayalew W., Aliy M., Negussie E. Estimation of genetic parameters of the productive and reproductive traits in Ethiopian Holstein using multi-trait models // Asian Australasian Journal of Animal Sciences. 2017. № 30 (11). Pp. 1550–1556. DOI: 10.5713/ajas.17.0198.
20. Lu H., Wang Y., Bovenhuis H. Phenotypic and genetic effects of season on milk production traits in dairy cattle in the Netherlands // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 104. Iss. 4. Pp. 4486–4497.
21. Lu H., Bovenhuis H. Phenotypic and genetic effects of pregnancy on milk production traits in Holstein-Friesian cattle // Journal of Dairy Science. 2020. Vol. 103. Iss. 12. Pp. 11597–11604.

#### Authors' information:

Galina G. Karlikova<sup>1</sup>, doctor of agricultural sciences, senior staff scientist of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0002-9021-1404, AuthorID 667690; [galinakarlikova@yandex.ru](mailto:galinakarlikova@yandex.ru)

Aleksandr F. Konte<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, scientific researcher of population genetics and animal breeding department, ORCID 0000-0003-4877-0883, AuthorID 849809; [alexandrconte@yandex.ru](mailto:alexandrconte@yandex.ru)

<sup>1</sup> L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Dubrovitsy, Russia

## Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней

Л. П. Кудрявцева<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Россия

✉ E-mail: info.trk@fncl.ru

**Аннотация.** Цель исследований – характеристика сортов льна-долгунца, включенных в Госреестр селекционных достижений, по устойчивости к фузариозному увяданию, ржавчине, антракнозу и пасмо. Исследования проводили в 2018–2020 гг. в вегетационных, лабораторных и полевых условиях во Всероссийском НИИ льна (в настоящее время – Обособленное подразделение Научно-исследовательский институт льна, ОП НИИЛ ФНЦ ЛК). В качестве **объекта исследований** использовали сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации на 2018–2020 гг. **Методы.** Исследования проводили с использованием современных микологических и фитопатологических методов. Лабораторные, вегетационные и полевые опыты закладывали по методикам ВНИИЛ. **Результаты и практическая значимость.** Среди исследованных 66 сортов 56,1 % занимали высокоустойчивые и устойчивые генотипы к фузариозному увяданию и 58,3 % – к ржавчине. Удельный вес сортов Института льна на данный период составил 34,8 %. Высокой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию характеризовались сорта селекции ВНИИЛ Универсал, Дипломат, Алексим, Росинка, Зарянка, Александрит. Впервые ученые Института льна создали сорта льна-долгунца (Дипломат и Тонус), устойчивые к трем болезням (ржавчине, фузариозному увяданию и антракнозу), и сорт Цезарь – к четырем болезням. Все сорта селекции Института льна, за исключением Дипломата и Тонуса, были восприимчивы к антракнозу. Сорт Грант селекции республики Беларусь и сорт Цезарь были устойчивы к пасмо на 59,7 %, остальные характеризовались устойчивостью на уровне 27,8–42,0 %. **Научная новизна.** Комплексно на инфекционно-провокационных фонах с использованием естественных и синтетических популяций возбудителей болезней льна дана характеристика по устойчивости сортов, включенных в Госреестр селекционных достижений РФ. Выделены сорта с групповой устойчивостью к 2, 3 и 4 болезням. Использование в посевах льна устойчивых к наиболее экономически опасным болезням сортов льна-долгунца позволит сократить инфекционный потенциал, и его накопление в природе.

**Ключевые слова:** лен-долгунец, сорт, устойчивость к болезням, возбудитель.

**Для цитирования:** Кудрявцева Л. П. Устойчивость сортов – важный элемент интегрированной защиты льна-долгунца от болезней // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 36–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44.

**Дата поступления статьи:** 01.02.2021, **дата рецензирования:** 19.02.2021, **дата принятия:** 02.08.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Главную роль в подъеме льноводства России призвана сыграть защита растений, обеспечивающая существенное сокращение потерь льнопродукции от болезней, повреждений культурных растений и от вредоносности сорняков, за счет научно обоснованного применения эффективных и оптимальных фитопатологических санитарных мероприятий [1, с. 183]. Интегрированная система защиты растений состоит из комплекса мероприятий, но их ядром служит устойчивый сорт. В условиях современного производства именно сорт является наименее затратным средством повышения урожайности и качества льнопродукции, что определяет конкурентоспособность продукции. Среди различных агроприемов на долю сорта приходится до 30 % прироста урожая, а в сложных погодных условиях периода вегетации (избыток влаги, засуха, эпифитотии болезней и др.) ему принадлежит решающее значение [2, с. 23].

Из многочисленных болезней льна-долгунца наиболее вредоносными в зоне льноводства России и зарубежных стран являются фузариозное увядание, ржавчина, антракноз, пасмо (септориоз) и ауреобазидиоз (полиспороз) [3, с. 3, 5, 7], [4, с. 206], [5, с. 56], [6, с. 896], [7, с. 27], [8]. При сильной степени поражения посевов льна фузариозным увяданием урожай льносоломой может снижаться на 60 %, семян – на 80 %. Один процент зараженности фузариозом равен снижению урожая волокна на 0,6 %, семян – 0,75 %, льносоломой – 0,5 %. При высоком развитии ржавчины качество льнопродукции снижается от 3 до 9 номеров, семенная продуктивность может снижаться на 90 %, масса волокна уменьшается в 2–3 раза [5, с. 56], [9, с. 33], [10, с. 223]. От антракноза потери урожая соответствуют проценту гибели растений от патогена и в отдельные годы может равняться 30–40 %. При сильном поражении посевов льна ауреобазидиозом качество волокна уменьшается на 3–4 номера, а

урожай семян и льносолемы снижается до 40–50 %. Пасмо понижает выход длинного волокна до 3 %, а качество уменьшается на 1–4 номера [11, с. 367, 371], [12, с. 21, 22], [13, с. 3].

В льноводных хозяйствах фитосанитарное состояние посевов льна-долгунца периодически изменяется и зависит от ряда факторов. Одной из составляющих, оказывающих большое влияние на болезни, является устойчивость сортов. Восприимчивые к болезням сорта накапливают инфекцию и способствуют распространению фитопатогенов. Невосприимчивые сорта снижают потенциал инфекции, вызывают депрессивное состояние и способствуют многолетнему эффекту стабильного улучшения состояния посевов и получения качественно урожая. Такие болезни, как антракноз, крапчатость, ауреобазидиоз, снижаются протравливанием семян препаратами и соблюдением агротехнических мероприятий (сроки сева и уборки, нормы удобрений и др.). В контроле над фузариозным увяданием и ржавчиной устойчивым сортам отводится доминирующее положение, поскольку агро-

тенический и химический методы для этих болезней малоэффективны и недостаточно экономичны.

Внедрение в производство устойчивых к группе патогенов сортов льна-долгунца является экологически и экономически оправданным и безопасным элементом интегрированной защиты растений, роль которой в современных условиях будет постоянно возрастать [14, с. 25].

#### Методология и методы исследований (Methods)

Цель исследований – провести оценку районированных сортов льна-долгунца по устойчивости к болезням и выявить сорта с групповой устойчивостью к ржавчине, фузариозному увяданию, пасмо и антракнозу. В качестве объекта исследований использовали сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации на 2018–2020 гг. Сорта льна-долгунца оценивали в течение трех лет (2018–2020 гг.) на искусственно-провокационных фонах в вегетационных и полевых условиях по методике ВНИИЛ [15, с. 14–16, 23–25, 27–29, 31–33]. Устойчивость сортов льна-долгунца к фузари-

Таблица 1  
**Характеристика районированных сортов льна-долгунца (селекции ВНИИЛ) по устойчивости к болезням (полевые инфекционно-провокационные питомники ВНИИЛ, средние данные за 2018–2020 гг.)**

| Сорт                           | Степень устойчивости, % |          |           |       |
|--------------------------------|-------------------------|----------|-----------|-------|
|                                | Фузариозное увядание    | Ржавчина | Антракноз | Пасмо |
| А-29                           | 88,1                    | 98,6     | 35,3      | 36,5  |
| Зарянка                        | 88,9                    | 98,0     | 34,4      | 36,6  |
| Славный 82                     | 66,6                    | 83,4     | 28,9      | 25,8  |
| А-93                           | 95,8                    | 90,0     | 46,5      | 42,0  |
| Алексим                        | 87,5                    | 99,0     | 44,4      | 40,2  |
| Альфа                          | 85,3                    | 100      | 43,4      | 41,2  |
| Александрит                    | 89,7                    | 100      | 38,4      | 43,5  |
| Ленок                          | 91,7                    | 100      | 40,8      | 40,0  |
| Новоторжский                   | 89,2                    | 79,3     | 39,9      | 38,9  |
| Сурский                        | 95,8                    | 90,1     | 49,0      | 37,5  |
| Тверской                       | 92,3                    | 100      | 38,4      | 32,4  |
| Тверца                         | 84,3                    | 78,0     | 33,3      | 39,6  |
| Тонус                          | 91,5                    | 100      | 58,9      | 35,2  |
| Универсал                      | 86,1                    | 94,3     | 50,7      | 36,4  |
| Цезарь                         | 94,7                    | 90,0     | 55,6      | 59,7  |
| Дипломат                       | 91,1                    | 100      | 62,4      | 35,3  |
| Лазурный                       | 61,0                    | 80,1     | 45,8      | 38,9  |
| Росинка                        | 88,3                    | 100      | 40,4      | 33,9  |
| Торжокский 4                   | 71,3                    | 84,7     | 35,0      | 35,3  |
| Визит                          | 89,6                    | 100      | 50,0      | 36,2  |
| Надежда                        | 92,1                    | 100      | 50,0      | 37,4  |
| Полет                          | 87,8                    | 100      | 52,1      | 51,3  |
| Факел                          | 90,5                    | 100      | 44,8      | 33,3  |
| НСР <sub>05</sub>              | 4,6                     | 2,0      | 2,8       | 3,4   |
| <b>Восприимчивые стандарты</b> |                         |          |           |       |
| Полесский 4                    | –                       | 52,7     | –         | –     |
| АР <sub>5</sub>                | 35,6                    | –        | –         | –     |
| Пенджаб                        | –                       | –        | 26,8      | –     |
| П-73                           | –                       | –        | –         | 27,8  |

Table 1

**Characteristics of zoned varieties of long-legged flax (All-Russian Research Institute of Flax selection) for disease resistant (All-Russian Research Institute of Flax field infectious and provocative nurseries, average data for 2018–2020)**

| Variety                    | Degree of stability, % |             |                    |              |
|----------------------------|------------------------|-------------|--------------------|--------------|
|                            | <i>Fusarium wilt</i>   | <i>Rust</i> | <i>Anthraxnose</i> | <i>Pasmo</i> |
| A-29                       | 88.1                   | 98.6        | 35.3               | 36.5         |
| Zaryanka                   | 88.9                   | 98.0        | 34.4               | 36.6         |
| Slavnyy 82                 | 66.6                   | 83.4        | 28.9               | 25.8         |
| A-93                       | 95.8                   | 90.0        | 46.5               | 42.0         |
| Aleksim                    | 87.5                   | 99.0        | 44.4               | 40.2         |
| Al'fa                      | 85.3                   | 100         | 43.4               | 41.2         |
| Aleksandrit                | 89.7                   | 100         | 38.4               | 43.5         |
| Lenok                      | 91.7                   | 100         | 40.8               | 40.0         |
| Novotorzhskiy              | 89.2                   | 79.3        | 39.9               | 38.9         |
| Surskiy                    | 95.8                   | 90.1        | 49.0               | 37.5         |
| Tverskoy                   | 92.3                   | 100         | 38.4               | 32.4         |
| Tvertsa                    | 84.3                   | 78.0        | 33.3               | 39.6         |
| Tonus                      | 91.5                   | 100         | 58.9               | 35.2         |
| Universal                  | 86.1                   | 94.3        | 50.7               | 36.4         |
| Tsezar'                    | 94.7                   | 90.0        | 55.6               | 59.7         |
| Diplomat                   | 91.1                   | 100         | 62.4               | 35.3         |
| Lazurnyy                   | 61.0                   | 80.1        | 45.8               | 38.9         |
| Rosinka                    | 88.3                   | 100         | 40.4               | 33.9         |
| Torzhokskiy 4              | 71.3                   | 84.7        | 35.0               | 35.3         |
| Vizit                      | 89.6                   | 100         | 50.0               | 36.2         |
| Nadezhda                   | 92.1                   | 100         | 50.0               | 37.4         |
| Polet                      | 87.8                   | 100         | 52.1               | 51.3         |
| Fakel                      | 90.5                   | 100         | 44.8               | 33.3         |
| LSD <sub>05</sub>          | 4.6                    | 2.0         | 2.8                | 3.4          |
| <b>Receptive standards</b> |                        |             |                    |              |
| Polesskiy 4                | —                      | 52.7        | —                  | —            |
| AP <sub>5</sub>            | 35.6                   | —           | —                  | —            |
| Pendzhab                   | —                      | —           | 26.8               | —            |
| P-73                       | —                      | —           | —                  | 27.8         |

озному увяданию изучали в ящиках в вегетационных условиях, используя искусственную, синтетическую популяцию возбудителя, состоящую на 45–50 % из сильновирulentных биообразцов и на 50–55% из средневирulentных штаммов. Биоматериал вносили за 10–12 суток до посева для развития инфекции. Пораженность учитывали дважды: предварительный учет – в фазу полных всходов, основной – в период уборки, в ранне-желтую спелость. Площадь питания одного растения – 2,5 × 2,5 см. Норма высева семян – 16 штук, повторность опыта трехкратная. Изучение устойчивости сортов к пасмо, ржавчине и антракнозу льна проводили на опытных полях НИИ льна. В полевых инфекционно-провокационных питомниках на ржавчину, пасмо и антракноз создавали провокационные условия: поздний, разреженный, широкорядный посев. Для изучения реакции сортов льна-долгунца на устойчивость к ржавчине, антракнозу и пасмо создавали искусственные популяции возбудителей данных болезней, используя штаммы из «Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна» ВНИИЛ,

согласно методикам Института льна [16, с. 4, 5], [17, с. 7]. Для инокуляции льна ржавчиной или пасмо инфекционный материал готовили с осени. Льносолону, зараженную телейтоспорой – инфекцией гриба – расстилали под снег, а весной до заражения жизнеспособный инокулом убирали в сухое место. Делянки обсеивали восприимчивым к патогену сортом, инфекционный материал раскладывали по всходам. Дважды за вегетационный сезон проводили учеты: предварительный – в период максимального развития уредостадии, основной – перед уборкой, в ранне-желтую спелость, по телейтостадии гриба.

Инокулом возбудителя пасмо (льносолонма, пораженная патогеном) хранили зимой в сарае. Перед инокуляцией пораженную льносолону проверяли на жизнеспособность возбудителя. Делянки обсеивали сильновосприимчивым сортом, жизнеспособный инфекционный материал раскладывали по всходам этого сорта. Пораженность генотипов льна пасмо определяли в период уборки в момент максимального развития болезни.

Искусственная популяция возбудителя антракноза состояла на 50 % из высоковирулентных штаммов и по 25 % – из средне- и слабовирулентных биообразцов. В день посева вносили инфекцию. Ввиду того что основной вред от антракноза наблюдается в ранний период роста и развития льна, основной учет развития антракноза по всходам проводили во время массового развития возбудителя на льне, обычно на 17–18-е сутки после посева. Размер учетной делянки в питомниках на ржавчину, пасмо и антракноз – 0,5 м погонного. Норма высева семян – 25 шт. на делянку, повторность опыта трехкратная.

Полевые исследования проводили в отделении Опытное поле НИИЛ на среднесуглинистой слабокислой почве со средним содержанием калия 91–93 мг/кг и высоким содержанием фосфора в почве (275–285 мг/кг). Зерновые культуры служили предшественником для льна.

Математическую обработку данных выполняли методом дисперсионного анализа с использованием пакетов программ «Биостат» и Excel.

Интенсивность развития болезней льна в опытах 2018–2020 гг. в значительной степени зависела от погодных условий в период вегетации.

Метеоусловия вегетационных периодов (2018–2020 гг.), качественная инфекция, ежедневный полив инфекционного питомника на фузариозное увядание были благоприятными для развития фузариоза и позволили в полной мере выявить потенциал устойчивости каждого сорта льна-долгунца. Теплая погода и высокий уровень относительной влажности во второй и третьей декадах июля, августа (84–88 %) в 2018 и 2020 гг. способствовали высокому развитию пасмо. Развитие уредостадии и тейлейтоstadии ржавчины было умеренным во все годы исследований. Очень благоприятные условия сложились для развития возбудителя антракноза в третьей декаде мая, первой и второй декадах июня в 2018, 2020 гг. В этот период стояла теплая погода со значительными осадками. Лен находился в уязвимой фазе, развитие болезни было сильным. Погодные условия в 2019 г. были менее благоприятными, чем в 2018, 2020 гг., не только для роста и развития льна, но и для возбудителей болезней.

Однако в целом погодные условия и качественная инфекция во все годы исследований были благоприятными для проведения оценки льна на устойчивость к болезням.

### Результаты (Results)

Многолетними маршрутными обследованиями фитосанитарного состояния селекционно-семеноводческих, производственных посевов льна-долгунца в различных регионах возделывания и результатами лабораторного анализа инфекционного материала установлено, что патогенный комплекс возбудителей болезней льна представлен в основном видами родов *Fusarium* sp. f. *lini*, *Colletotrichum lini* Manns et Bolley, *Septoria linicola* (Speg.) Gar, *Aureobasidium pullulans* f. *lini* (Laff.) Cokke. Отсутствовала в производственных посевах ржавчина льна (*Melampsora lini* (Pers) Lev.),

наблюдали единичные случаи появления аскохитоза. В отдельные годы отмечали активизацию бактериоза и ауреобазидиоза, но эпифитотийного уровня их развития не зафиксировали. В структуре возбудителей болезней доминирующее положение по распространенности в отдельные годы занимали грибы из рода *Fusarium*: *F. gibbosum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* и др. – возбудители фузариозного побурения, на долю которых приходилось 25,0–48,7 %. На втором месте *Septoria linicola* – септориоз, на третьем – *Colletotrichum lini* – антракноз льна.

Значительное место в распространении болезней льна занимают семена. Они богаты белками, углеводами и минеральными веществами, представляют хороший питательный субстрат для жизнедеятельности и сохранения патогенных микроорганизмов. Поэтому совершенно очевидно большое хозяйственное значение имеет выявление возбудителей болезни в посевном материале. Ежегодно Институт проводит десятки фитоэкспертиз посевного материала из различных регионов Российской Федерации. Анализируя данные фитоэкспертиз последних десяти лет, можно отметить следующее. Общая зараженность семян посевного материала в среднем составляет 29,5 %. Из них по зараженности грибной инфекцией первое место занимает возбудитель крапчатости (17,7 %) на втором месте бактериоз (10,9 %). Зараженность семян возбудителем антракноза составляет 0,6 %, а фузариозом – 0,3 %. Низкий уровень зараженности семян фузариозом, ржавчиной, антракнозом положительно свидетельствует о совместной работе селекционеров и фитопатологов, занимающихся проблемой устойчивости сорта. В 50–60-х годах, когда не проводилась целенаправленная селекционная работа на иммунитет к болезням, для оценки льна использовался случайный инфекционный материал для создания селективного фона, недостаточно полно были изучены физиологическая специализация и другие вопросы биологии возбудителей, не отработаны методики оценки селекционного материала и др., фитопатологическое санитарное состояние посевов льна-долгунца было неудовлетворительным. 80–85 % посевных площадей занимали восприимчивые сорта, на которых во влажные годы отмечалось эпифитотийное развитие ауреобазидиоза, антракноза, фузариоза по ржавчине. Льноводные хозяйства терпели большие убытки. С целью улучшения фитосанитарной ситуации в посевах льна, сокращения потерь от болезней возросли требования к новым селекционным сортам по устойчивости к фузариозу и ржавчине как наиболее вредоносным. Сортосмена восприимчивых к ржавчине и фузариозному увяданию более устойчивых генотипов способствовали оздоровлению производственных посевов льна-долгунца, снижению распространения этих патогенов. В 1980–2010 гг. сделан качественный скачок в селекции льна-долгунца на устойчивость к болезням. Был создан и освоен в производстве ряд новых устойчивых к комплексу патогенов (фузариоз и ржавчина) сортов, которые заняли основные посевные площади льна-долгунца.

Таблица 2

Устойчивость районированных сортов льна-долгунца к болезням селекции научных учреждений РФ (инфекционно-провокационные питомники, средние данные за 2018–2020 гг.)

| Сорт                    | Степень устойчивости, % |          |           |       |
|-------------------------|-------------------------|----------|-----------|-------|
|                         | Фузариозное увядание    | Ржавчина | Антракноз | Пасмо |
| Томский 16              | 50,0                    | 94,7     | 45,5      | 35,3  |
| Добрыня                 | 90,2                    | 100      | 49,4      | 36,8  |
| Восход                  | 96,4                    | 84,4     | 42,4      | 37,5  |
| Томский 17              | 75,0                    | 91,8     | 40,0      | 31,7  |
| Томский 18              | 70,8                    | 93,4     | 48,8      | 31,2  |
| Тост                    | 42,8                    | 98,4     | 39,8      | 37,5  |
| Тост 5                  | 56,0                    | 87,6     | 48,7      | 35,7  |
| Тост 4                  | 62,5                    | 98,7     | 47,3      | 38,9  |
| Памяти Крепкова         | 47,2                    | 84,8     | 47,2      | 31,8  |
| Пересвет                | 20,8                    | 94,9     | 48,4      | 45,2  |
| Квартет                 | 8,5                     | 99,0     | 43,0      | 36,5  |
| Томиш                   | 14,3                    | 96,4     | 47,3      | 40,4  |
| Томиш 2                 | 19,5                    | 90,7     | 43,1      | 38,3  |
| Антей                   | 83,3                    | 96,7     | 48,7      | 38,9  |
| Белочка                 | 38,4                    | 71,3     | 46,6      | 33,3  |
| Веста                   | 81,7                    | 89,7     | 48,4      | 45,5  |
| Грант                   | 82,5                    | 83,6     | 49,4      | 59,7  |
| Импульс                 | 67,0                    | 79,1     | 46,8      | 33,3  |
| Кром                    | 62,5                    | 95,4     | 41,1      | 32,2  |
| Ласка                   | 90,1                    | 95,0     | 48,8      | 35,4  |
| Левит 1                 | 87,1                    | 76,5     | 47,4      | 38,0  |
| Орион                   | 75,0                    | 97,5     | 48,7      | 39,4  |
| Прибой                  | 75,0                    | 95,4     | 39,7      | 33,2  |
| Псковский 359           | 79,2                    | 81,1     | 37,9      | 32,1  |
| Псковский 85            | 58,3                    | 88,9     | 40,9      | 33,7  |
| Русич                   | 90,4                    | 90,5     | 38,9      | 35,2  |
| С-108                   | 87,5                    | 74,7     | 34,6      | 32,5  |
| Alizee                  | 74,4                    | 96,5     | 48,8      | 40,0  |
| Синель                  | 69,3                    | 75,6     | 31,7      | 41,7  |
| Синичка                 | 50,0                    | 77,4     | 40,3      | 32,7  |
| Смоленский              | 87,5                    | 83,7     | 35,0      | 30,5  |
| Смолич                  | 80,0                    | 83,7     | 41,4      | 35,4  |
| Тост 3                  | 61,9                    | 80,6     | 42,3      | 36,2  |
| Агата                   | 86,4                    | 95,6     | 48,5      | 37,1  |
| Василек                 | 87,9                    | 84,5     | 49,4      | 35,3  |
| Мерилин                 | 83,9                    | 86,4     | 39,7      | 49,1  |
| Могилевский 2           | 62,5                    | 78,8     | 38,4      | 37,9  |
| Союз                    | 80,0                    | 89,7     | 38,1      | 45,4  |
| Феникс                  | 77,6                    | 86,4     | 48,8      | 36,5  |
| Уральский               | 91,7                    | 91,8     | 48,5      | 34,4  |
| Лидер                   | 54,0                    | 81,4     | 42,8      | 39,8  |
| HCP <sub>05</sub>       | 6,2                     | 5,4      | 1,2       | 1,3   |
| Восприимчивые стандарты |                         |          |           |       |
| AP <sub>5</sub>         | 34,9                    | –        | –         | –     |
| Пенджаб                 | –                       | –        | 25,6      | –     |
| П-73                    | –                       | –        | –         | 26,9  |
| Полесский 4             | –                       | 51,6     | –         | –     |

Table 2

Resistance of zoned varieties of flax to diseases (breeding scientific institutions of the Russian Federation; (infectious and provocative nurseries of, average data for 2018–2020)

| Variety             | Degree of stability, % |      |             |       |
|---------------------|------------------------|------|-------------|-------|
|                     | Fusarium wilt          | Rust | Anthraxnose | Pasmo |
| Tomskiy 16          | 50.0                   | 94.7 | 45.5        | 35.3  |
| Dobrynya            | 90.2                   | 100  | 49.4        | 36.8  |
| Voskhod             | 96.4                   | 84.4 | 42.4        | 37.5  |
| Tomskiy 17          | 75.0                   | 91.8 | 40.0        | 31.7  |
| Tomskiy 18          | 70.8                   | 93.4 | 48.8        | 31.2  |
| Tost                | 42.8                   | 98.4 | 39.8        | 37.5  |
| Tost 5              | 56.0                   | 87.6 | 48.7        | 35.7  |
| Tost 4              | 62.5                   | 98.7 | 47.3        | 38.9  |
| Pamyati Krepkova    | 47.2                   | 84.8 | 47.2        | 31.8  |
| Peresvet            | 20.8                   | 94.9 | 48.4        | 45.2  |
| Kvartet             | 8.5                    | 99.0 | 43.0        | 36.5  |
| Tomich              | 14.3                   | 96.4 | 47.3        | 40.4  |
| Tomich 2            | 19.5                   | 90.7 | 43.1        | 38.3  |
| Antey               | 83.3                   | 96.7 | 48.7        | 38.9  |
| Belochka            | 38.4                   | 71.3 | 46.6        | 33.3  |
| Vesta               | 81.7                   | 89.7 | 48.4        | 45.5  |
| Grant               | 82.5                   | 83.6 | 49.4        | 59.7  |
| Impul's             | 67.0                   | 79.1 | 46.8        | 33.3  |
| Krom                | 62.5                   | 95.4 | 41.1        | 32.2  |
| Laska               | 90.1                   | 95.0 | 48.8        | 35.4  |
| Levit 1             | 87.1                   | 76.5 | 47.4        | 38.0  |
| Orion               | 75.0                   | 97.5 | 48.7        | 39.4  |
| Priboy              | 75.0                   | 95.4 | 39.7        | 33.2  |
| Pskovskiy 359       | 79.2                   | 81.1 | 37.9        | 32.1  |
| Pskovskiy 85        | 58.3                   | 88.9 | 40.9        | 33.7  |
| Rusich              | 90.4                   | 90.5 | 38.9        | 35.2  |
| S-108               | 87.5                   | 74.7 | 34.6        | 32.5  |
| Alizee              | 74.4                   | 96.5 | 48.8        | 40.0  |
| Sinel'              | 69.3                   | 75.6 | 31.7        | 41.7  |
| Sinichka            | 50.0                   | 77.4 | 40.3        | 32.7  |
| Smolenskiy          | 87.5                   | 83.7 | 35.0        | 30.5  |
| Smolich             | 80.0                   | 83.7 | 41.4        | 35.4  |
| Tost 3              | 61.9                   | 80.6 | 42.3        | 36.2  |
| Agata               | 86.4                   | 95.6 | 48.5        | 37.1  |
| Vasilek             | 87.9                   | 84.5 | 49.4        | 35.3  |
| Merilin             | 83.9                   | 86.4 | 39.7        | 49.1  |
| Mogilevskiy 2       | 62.5                   | 78.8 | 38.4        | 37.9  |
| Soyuz               | 80.0                   | 89.7 | 38.1        | 45.4  |
| Feniks              | 77.6                   | 86.4 | 48.8        | 36.5  |
| Ural'skiy           | 91.7                   | 91.8 | 48.5        | 34.4  |
| Lider               | 54.0                   | 81.4 | 42.8        | 39.8  |
| LSD <sub>05</sub>   | 6.2                    | 5.4  | 1.2         | 1.3   |
| Receptive standards |                        |      |             |       |
| AP <sub>5</sub>     | 34.9                   | –    | –           | –     |
| Pendzhab            | –                      | –    | 25.6        | –     |
| П-73                | –                      | –    | –           | 26.9  |
| Polleskiy 4         | –                      | 51.6 | –           | –     |

По данным инфекционно-провокационных питомников Института льна (2018–2020 гг.), современные сорта, включенные в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию, в основном показывают высокую и среднюю устойчивость к ржавчине (таблицы 1, 2). Групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию в пределах 81,2–100 % характеризуются сорта селекции НИИЛ Универсал, Ленок, Дипломат, Зарянка, Росинка и др. (таблица 1). Среднюю устойчивость (75,0–79,3 %) к ржавчине показали сорта Тверца, Новоторжский, Левит-1, С-108, Могилевский, Импульс и др. (таблица 1, 2). Низкий уровень устойчивости к фузариозу на уровне 8,5–38,4 % отмечен на сортах Томич 2, Томич, Квартет, Белочка, Пересвет. Сорта Алексим, С-108, Русич, Альфа, Грант и др. были высокоустойчивы к фузариозному увяданию по сравнению с восприимчивым стандартом (таблицы 1, 2).

Сорта льна-долгунца Славный 82, Русич, Томский 17, Тверца, С-108, Русич и Памяти Крепкова были восприимчивы к пасмо: устойчивость на уровне восприимчивого стандарта П-73 или незначительно превышала его значение (27,8–42,0 %). Сорт белорусской селекции Грант и сорт селекции Института льна Цезарь показали устойчивость к пасмо на уровне 59,7 %. Все сорта были восприимчивы к антракнозу, за исключением сортов Дипломат и Тонус селекции Института льна. Устойчивость восприимчивого стандарта к антракнозу составила 26,8 %.

На 2020 г. Госреестр селекционных достижений РФ представлен 66 сортами льна-долгунца. Удельный вес сортов отечественной селекции составляет 84,8 %, зарубежных – 15,2 % (6,1 % – Нидерланды, 11,2 % – республика Беларусь), при этом на долю сортов Института льна приходится 34,8 %.

Исторически фузариозное увядание и ржавчина считаются основными сдерживающими факторами производства, которые при широком распространении могут серьезно ухудшить фитосанитарное состояние посевов льна-долгунца. Рост количества устойчивых сортов льна-долгунца к фузариозному увяданию в динамике за период с 1985 г. по 2020 г. составил от 14,3 % до 84,0 %, а к ржавчине – от 28,6 % до 88,0 %. Причем уровень устойчивости сортов к этим двум наиболее вредоносным заболеваниям достаточно высок и составляет 84,0–97,0 % к фузариозу и 95,0–100 % к ржавчине. Из 23 сортов селекции ВНИИЛ, допущенных к использованию в 2020 г., 20 характеризуются высокой групповой устойчивостью к ржавчине и фузариозному увяданию (Альфа, Александрит, Ленок, Тверской и др.) (таблица 1). Такой сортовой состав обеспечивает решение проблемы борьбы с ржавчиной, которая в настоящее время находится в депрессивном состоянии, а также способ-

ствует сокращению распространения фузариоза в посевах льна. Следует отметить, что такие сорта льна-долгунца, как Памяти Крепкова, Пересвет, Квартет, Белочка, Псковский 85, Тост, Томский 16, восприимчивы к фузариозу и поражаются от 44,0 до 91,5 %. Расширение посевных площадей под этими сортами может способствовать накоплению инфекции в почве и усилению распространения фузариоза. В связи с этим особое внимание необходимо обратить на расширение посевных площадей под сортами, устойчивыми к фузариозному увяданию: Русич, Алексим, А-29, С-108, Тверской, Восход, Ленок, Пралеска и др.

Высокий уровень групповой устойчивости к двум основным болезням современных сортов и селекционного материала ВНИИЛ позволил начать работу на устойчивость к другим болезням: пасмо и антракнозу. Впервые в мировой практике созданы сорта льна-долгунца Дипломат и Тонус, которые обладают комплексной устойчивостью к трем болезням: ржавчине, фузариозу и антракнозу, а сорт Цезарь – к четырем.

Селекционеры ВНИИ льна располагают большим потенциалом высокоустойчивого селекционного материала, который позволит успешно решать в ближайшие годы проблему выведения устойчивых к наиболее вредоносным болезням сортов льна-долгунца [18, с. 43].

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных исследований выявлено, что сорта льна-долгунца, включенные в Госреестр селекционных достижений РФ, различаются по уровню устойчивости к основным патогенам. 56,1 % занимают высокоустойчивые и устойчивые генотипы к фузариозному увяданию и 58,3 % – к ржавчине. Высокой групповой устойчивостью к фузариозному увяданию и ржавчине на уровне 84,3–100% характеризуются сорта селекции ВНИИЛ Универсал, Дипломат, Александрит, Алексим, Зарянка, Росинка и др. Все сорта, за исключением Дипломата и Тонуса (селекции Института льна), были восприимчивы к антракнозу. Устойчивость к пасмо показали сорта льна-долгунца Цезарь и Грант, остальные поражались патогеном в пределах 68,3–74,2 %.

Использование в производстве устойчивых и высокоустойчивых к комплексу наиболее вредоносных и распространенных болезней сортов льна-долгунца позволит сократить потенциал инфекции и ее накопление в природе, предотвратить эпифитотии заболеваний, что благоприятно скажется на оздоровлении окружающей среды и получении экологически чистой продукции.

### Благодарности (Acknowledgements)

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

### Библиографический список

1. Кудрявцев Н. А., Зайцева Л. А., Савоськин О. А. [и др.] Модернизация инструментария, инновационный подход к оценке и стабилизации фитосанитарной обстановки в льноводстве // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов научно-практической конференции. Тверь, 2018. С. 183–190.

2. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н. и др. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства // Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: сборник материалов научно-практической конференции. Тверь, 2018. С. 23–25.
3. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini // International Journal of Molecular Sciences. 2021. T. 22. No. 5. Article number. 2665. DOI: 10.3390/ijms22052665.
4. Novakovskiy R. O., Dvorianinova E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
5. Павлова Л. Н., Рожмина Т. А., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Киселева Т. А. Селекционная работа во ВНИИЛ: результаты и направления // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Томской школы селекции льна. Томск, 2017. С. 64–69.
6. Новаковский Р. О., Повхова Л. В., Краснов Г. С., Рожмина Т. А., Жученко А. А., Пушкова Е. Н., Кезими-на П., Кудрявцева А. В., Дмитриев А. А., Мельникова Н. В. Семейство генов дегидрогеназ коричневого спирта вовлечено в ответ устойчивых и восприимчивых генотипов льна на заражение *Fusarium oxysporum* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 7. С. 896–901. DOI: 10.18699/VJ19.564.
7. Прасолова О. В. Видовой состав и патогенность возбудителей фузариозного побурения льна на территории Российской Федерации // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 3 (39). С. 27–30.
8. Пролетова Н. В. Аминокислоты и белки в культуральных филтратах гриба – возбудителя антракноза *Colletotrichum lini* // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52) С. 121–127. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-121-127.
9. Кудрявцева Л. П. Вирулентность тверской популяции возбудителя ржавчины льна // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 2 (38). С. 33–37.
10. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litao, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of Fungal Pathogens on Bast Fiber Crops // Patagens. 2020. No. 9 (3): 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
11. Stafacka I., Grauda D., Stramkale S., The evalution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
12. Кудрявцева Л. П., Рожмина Т. А., Соколова Н. С. Особенности наследования признака устойчивости льна к антракнозу // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 4 (36). С. 21–24.
13. Жученко А. А., Рожмина Т. А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве // Вестник аграрной науки. 2019. № 6 (81). С. 3–8.
14. Пролетова Н. В. Использование биотехнологических методов для создания новых генотипов льна, устойчивых к антракнозу // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 8. С. 24–28.
15. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. Москва: Изд-во РАСХН, 2000. С. 22–26.
16. Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Коллекции микроорганизмов – возбудителей болезней льна: методические рекомендации по созданию, поддержанию, хранению и практическому использованию. Торжок: ВНИИЛ, 2006. 12 с.
17. Крылова Т. В., Лошакова Н. И., Агеева А. О. Методические рекомендации по созданию искусственной полевой популяции возбудителя ржавчины. Торжок: ВНИИЛ, 2009. 7 с.
18. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н. Инновационные приемы в селекции льна-долгунца // Льноводство: современное состояние и перспективы развития: материалы межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию Томской школы селекции льна. Томск, 2017. С. 43–45.

#### Об авторах:

Людмила Платоновна Кудрявцева<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, старший научный сотрудник, ORCID-0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951; +7 (48251) 9-18-44, +7 906 549-66-26, info.trk@fncl.ru

<sup>1</sup> Федеральний научний центр луб'яних культур, Тверь, Росія

# The stability of varieties is an important element of the integrated protection of flax from

L. P. Kudryavtseva<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

✉ E-mail: info.trk@fncl.ru

**Abstract.** The purpose of the research is to characterize the varieties of long-legged flax included in the State Register of Breeding Achievements in terms of resistance to fusarium wilt, rust, anthracnose and pasmo. The research was conducted in 2018–2020 in vegetative, laboratory and field conditions at the All-Russian Research Institute of Flax (currently: A separate division Research Institute of Flax). As an **object of research**, we used varieties of flax-long-legged flax included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation for 2018–2020. **Methods.** The studies were carried out using modern mycological and phytopathological methods. Laboratory, vegetation and field experiments were conducted according to the All-Russian Research Institute of Flax methods. **Results and practical significance.** Among the studied 66 varieties, 56.1 % were highly resistant and resistant genotypes to fusarium wilt and 58.3 % – to rust. The specific weight of the Flax Institute varieties for this period was 34.8 %. High resistance to rust and fusarium wilt was characterized by the VNIIL selection varieties: Universal, Diplomat, Alexim, Dewdrop, Zaryanka, Aleksandrit. For the first time, scientists of the Flax Institute have created varieties of flax-long – legged (Diplomat and Tonus) resistant to three diseases: rust, fusarium wilt and anthracnose, and the Caesar variety-to four diseases. All varieties, with the exception of Diplomat and Tonus, a selection of the Flax Institute, were susceptible to anthracnose. The Grant variety of the selection of the Republic of Belarus and the Caesar variety were resistant to pasmo by 59.7 %, the rest were characterized by resistance to damage by 27.8–42.0 %. **Scientific novelty.** The characteristics of the resistance of the varieties included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation are comprehensively described on infectious and provocative backgrounds using natural and synthetic populations of pathogens diseases of flax. Varieties with group resistance to 2, 3, and 4 diseases are identified. The use of flax varieties resistant to the most economically dangerous diseases in flax crops will reduce the infectious potential and its accumulation in nature.

**Keywords:** long-legged flax, variety, disease resistance, pathogen.

**For citation:** Kudryavtseva L. P. Ustoychivost' sortov – vazhnyy element integrirrovannoy zashchity l'na-dolguntsa ot bolezney [Stability of varieties – an important element of integrated protection of flax from diseases] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 36–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-36-44. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 01.02.2021, **date of review:** 19.02.2021, **date of acceptance:** 02.08.2021.

## References

1. Kudryavtsev N. A., Zaytseva L. A., Savos'kin O. A., et al. Modernizatsiya instrumentariya, innovatsionnyy podkhod k otsenke i stabilizatsii fitosanitarnoy obstanovki v l'novodstve [Modernization of tools, an innovative approach to assessing and stabilizing the phytosanitary situation in flax growing] // Nauchnoye obespecheniye proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, problemy i perspektivy: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver', 2018. Pp. 183–190. (In Russian.)
2. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N., et al. Novye sorta l'na-dolguntsa – osnova povysheniya effektivnosti otrasli l'novodstva [New varieties of fiber flax – the basis for increasing the efficiency of the flax industry] // Nauchnoye obespecheniye proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyaniye, problemy i perspektivy: sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferentsii. Tver', 2018. Pp. 23–25. (In Russian.)
3. Samsonova A., Kanapin A., Bankin M., Logachev A., Gretsova M., Rozhmina T., Samsonova M. A genomic blueprint of flax fungal parasite *Fusarium oxysporum* f. sp. lini // International Journal of Molecular Sciences. 2021. T. 22. No. 5. Article number 2665. DOI: 103390/ijms22052665.
4. Novakovskiy R. O., Dvorianinova E. M., Rozhmina T. A., Pushkova E. N., Povkhova L. V., Snezhkina A. V., Krasnov G. S., Kudryavtseva A. V., Melnikova N. V., Dmitriev A. A., Gryzunov A. A. Data on genetic polymorphism of flax (*Linum usitatissimum* L.) pathogenic fungi of *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Aureobasidium*, *Septoria* and *Melampsora* genera // Data in Brief. 2020. T. 31. Article number 105710. DOI: 10.1016/j.dib.2020.105710.
5. Pavlova L. N., Rozhmina T. A., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N., Kiseleva T. A. Seleksionnaya rabota vo VNIIL: rezul'taty i napravleniya [Selection work at the All-Russian Flax Research Institute: results and directions] // L'novodstvo: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya: materialy mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 80-letiyu Tomskoy shkoly seleksii l'na. Tomsk, 2017. Pp. 64–69. (In Russian.)

6. Novakvskiy R. O., Povkhova L. V., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Zhuchenko A. A., Pushkova E. N., Kezimina P., Kudryavtseva A. V., Dmitriyev A. A., Mel'nikova N. V. Semeystvo genov degidrogenaz korichnevoogo spirta вовлечено в ответ устойчивых и восприимчивых генотипов л'на на заражение Fusarium oxysporum [The brown alcohol dehydrogenase gene family is involved in the response of resistant and susceptible flax genotypes to Fusarium oxysporum infection] // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019. Vol. 23. No. 7. Pp. 896–901: DOI: 10.18699/VJ19.564. (In Russian.)
7. Prasolova O. V. Vidovoy sostav i patogennost' vzbuditeley fuzarioznogo pobureniya l'na na territorii Rossiyskoy Federatsii [Species composition and pathogenicity of pathogens of fusarium browning of flax in the territory of the Russian Federation] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2017. No. 3 (39). Pp. 27–30. (In Russian.)
8. Proletova N. V. Aminokisloty i belki v kul'tural'nykh fil'tratakh griba – vzbudatelya antraknoza *Colletotrichum lini* [Amino acids and proteins in culture filtrates of the anthracnose pathogen fungus *Colletotrichum lini*] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2020 No. 4 (52). Pp. 121–127 DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-121-127. (In Russian.)
9. Kudryavtseva L. P. Virulentnost' tverskoy populyatsii vzbudatelya rzhavchiny l'na [Virulence of the Tver population of the flax rust pathogen] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2017. No. 2 (38). Pp. 33–37. (In Russian.)
10. Chend I., Tang Xiaoyu, Gao Chunshed, Lu Lhimin, Chen Jia, Guo Litao, Wang Tuhong Xu Jianping. Molecular diagnostics and pathogenesis of fungal pathogens of Flax kultur // Patagens. 2020. No. 9 (3). Pp. 223–242. DOI: 10.3390/pathogens9030223.
11. Stafacka I., Grauda D., Stramkale S., The evalution of disease resistance of flax genotypes in relation to environmental factors // Zemdirbyste-Agriculture. 2019. Vol. 106. No. 4. Pp. 367–375. DOI: 10.13080/z-a.2019.106.047.
12. Kudryavtseva L. P., Rozhmina T. A., Sokolova N. S., Osobennosti nasledovaniya priznaka ustoychivosti l'na k antraknozu [Features of inheritance of a sign of flax resistance to anthracnose] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2016. No. 4 (36). Pp. 21–24. (In Russian.)
13. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A. Geneticheskiye resursy i selektsiya rasteniy – glavnyye mekhanizmy adaptatsii v sel'skom khozyaystve [Genetic resources and plant breeding are the main mechanisms of adaptation in agriculture] // Bulletin of agrarian science. 2019. No. 6 (81). Pp. 3–8. (In Russian.)
14. Proletova N. V. Ispol'zovaniye biotekhnologicheskikh metodov dlya sozdaniya novykh genotipov l'na, ustoychivyykh k antraknozu [Using biotechnological methods to create new flax genotypes resistant to anthracnose] // Achievements of Science and Technology of AIC. 2019. Vol. 33. No. 8. Pp. 24–28. (In Russian.)
15. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. Metodicheskiye ukazaniya po fitopatologicheskoy otsenke ustoychivosti l'na-dolguntsa k bolezniam [Methodological guidelines for phytopathological assessment of the resistance of flax to diseases]. Moscow: Izd-vo RASKHN, 2000. Pp. 22–26. (In Russian.)
16. Loshakova N. I., Krylova T. V., Kudryavtseva L. P. Kollektzii mikroorganizmov – vzbuditeley bolezney l'na: metodicheskiye rekomendatsii po sozdaniyu, podderzhaniyu, khraneniyu i prakticheskomu ispol'zovaniyu [Collections of microorganisms – pathogens of flax diseases: methodological recommendations for the creation, maintenance, storage and practical use]. Torzhok: VNIIL, 2006. 12 p. (In Russian.)
17. Krylova T. V., Loshakova N. I., Ageyeva A. O. Metodicheskiye rekomendatsii po sozdaniyu iskusstvennoy polevoy populyatsii vzbudatelya rzhavchiny [Methodological recommendations for the creation of an artificial field population of the rust pathogen]. Torzhok: VNIIL, 2009. 7 p. (In Russian.)
18. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rummyantseva V. N. Innovatsionnyye priyemy v selektsii l'na-dolguntsa [Innovative techniques in the selection of flax] // L'novodstvo: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ravitiya: materialy mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 80-letiyu Tomskoy shkoly selektsii l'na. Tomsk, 2017. Pp. 43–45. (In Russian.)

#### Authors' information:

Lyudmila P. Kudryavtseva<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of breeding technologies, senior researcher, ORCID-0000-0001-8425-6502, AuthorID 770951; +7 (48251) 9-18-44, +7 906 549-66-26, [info.trk@fncl.ru](mailto:info.trk@fncl.ru)

<sup>1</sup> Federal Scientific Center of Bast Crops, Tver, Russia

## Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L.

А. А. Реут<sup>1</sup>✉, С. Г. Денисова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия  
✉E-mail: cvetok.79@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время тяжелые металлы рассматриваются в качестве основных загрязнителей почв. Известно, что вегетативная масса сельскохозяйственных культур способна накапливать их в большом количестве. Декоративные цветочные культуры, которые прочно занимают свою экологическую нишу, практически не рассматриваются с данной точки зрения. **Цель работы** – изучение особенностей накопления тяжелых металлов в надземных и подземных органах некоторых представителей рода *Paeonia* L. в условиях урбанизированной среды города Уфы. Объектами исследований являлись семь таксонов пиона (*P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch., *P. × hybrida* Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc). **Методика.** Изучение элементного состава надземной и подземной частей проводили по методике № М-02-1009-05 атомной спектроскопии. Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel. **Научная новизна.** Впервые для исследования взяты разные таксоны и части растений пионов. **Результаты.** Выявлено, что в изученных образцах содержание меди в 4,15–2520,00 раз выше, чем других элементов. Отмечено, что минимальные концентрации мышьяка, кадмия, хрома, марганца и железа отмечены в корнях; свинца и никеля – в цветках; меди – в листьях изучаемых пионов. Максимальное содержание мышьяка, свинца, хрома обнаружено в листьях; кадмия, никеля, марганца – в стеблях; железа – в цветках. Результаты корреляционного анализа показали, что абсолютные значения концентраций изучаемых элементов у рассматриваемых таксонов пиона коррелируют между собой в слабой и средней степени. Корреляционное изучение пар элементов позволяет оценить синергизм накопления и его отсутствие, что соответствует мнению других авторов.

**Ключевые слова:** *Paeonia*, тяжелые металлы, надземные органы, подземная масса, Республика Башкортостан.

**Для цитирования:** Реут А. А., Денисова С. Г. Сравнительный анализ содержания тяжелых металлов в сырье некоторых представителей рода *Paeonia* L. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 45–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-45-55.

**Дата поступления статьи:** 28.09.2021, **дата рецензирования:** 04.10.2021, **дата принятия:** 11.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

С ростом градостроительства происходит изменение городской среды, которая во многих отношениях отличается от природной. Одна из важных характеристик урбанизированной территории – загрязнение почв тяжелыми металлами в силу их токсического и мутагенного действия на растения и все живые организмы. Тяжелые металлы занимают особое положение среди других техногенных загрязняющих веществ, поскольку, не подвергаясь физико-химической или биологической деградации, накапливаются в поверхностном слое почв и изменяют их свойства, в течение длительного времени оставаясь доступными для корневого поглощения растениями и активно включаясь в процессы миграции по трофическим цепям [1, с. 35], [2, с. 28].

Содержание тяжелых металлов в растительной продукции определяется комплексом факторов, основными из которых – видовые особенности растений, физиологическая значимость элементов и их содержание в окружающей среде. Под влиянием этих факторов формируется характерное для вида распределение элементов по органам [3, с. 113].

Известно, что вегетативная масса сельскохозяйственных культур способна накапливать значительно больше тяжелых металлов, чем клубни и корнеплоды, что представляет особую важность в выращивании таких овощных культур [4, с. 10]. Декоративные цветочные культуры, которые прочно занимают свою экологическую нишу, практически не рассматриваются с данной точки зрения [5, с. 204], [6, с. 190].

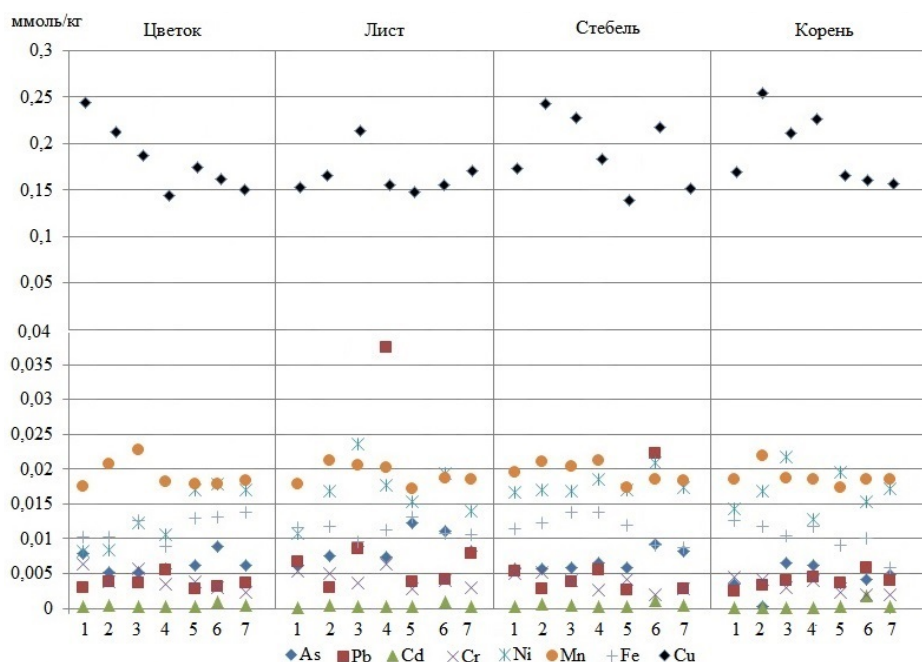
В связи с вышеизложенным актуально изучение особенностей накопления тяжелых металлов в надземных и подземных органах некоторых представителей рода *Paemonia* L. в условиях урбанизированной среды города Уфы.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Исследование проводилось на базе Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленно-го структурного подразделения ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН) в весенне-летний периоды 2018–2021 годов.

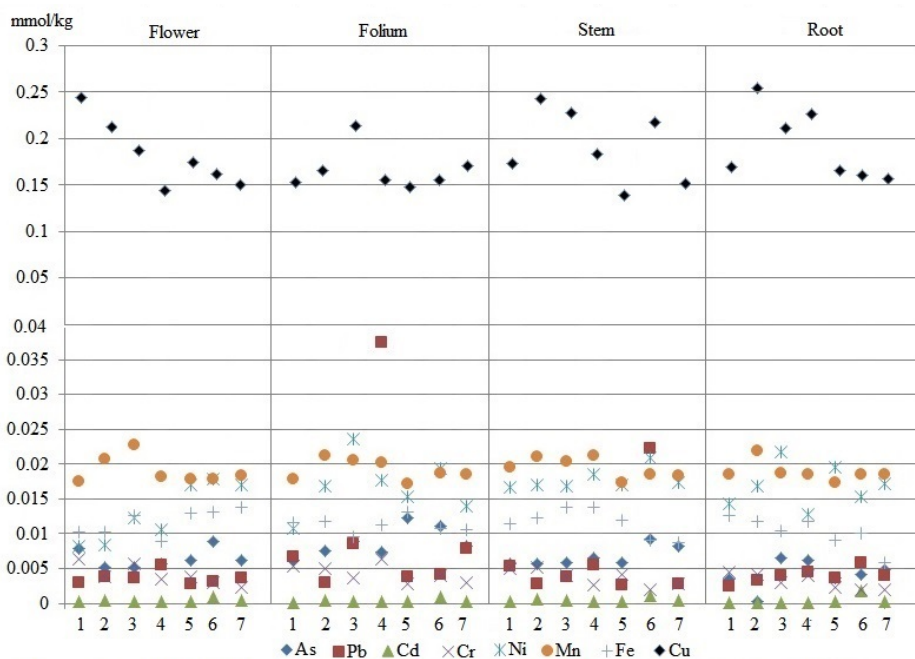
Объектами исследований являлись четыре вида (*P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch.) (сем. *Paemoniaceae* Rudolphi) и три сорта пиона, созданные на основе *P. lactiflora* Pall. (Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc), интродуцированные и выращенные на базе ЮУБСИ УФИЦ РАН [7, с. 129].

Климат района исследований – континентальный, с продолжительной холодной зимой и умеренно теплым летом, большой изменчивостью температуры воздуха, особенно весной и осенью. Среднегодовая температура воздуха равна +2,6 °C, среднемесячная



1. Аппассионата 2. Мустай Карим 3. Jeanne d'Arc 4. *P. delavayi* 5. *P. lactiflora* 6. *P. lactiflora* f. *rosea* 7. *P. peregrina*

Рис. 1. Содержание мышьяка, свинца, кадмия, хрома, меди, никеля, марганца, железа в органах пиона



1. Appassionata 2. Mustaj Karim 3. Jeanne d'Arc 4. *P. delavayi* 5. *P. lactiflora* 6. *P. lactiflora* f. *rosea* 7. *P. peregrina*

Fig. 1. The content of arsenic, plumbum, cadmium, chromium, copper, nickel, manganese, iron in organs of paeony

температура воздуха в январе составляет  $-14,3^{\circ}\text{C}$ , в июле  $+19,3^{\circ}\text{C}$ , абсолютный минимум  $-53,0^{\circ}\text{C}$  ниже нуля, абсолютный максимум  $-37,0^{\circ}\text{C}$  выше нуля, среднегодовое количество осадков  $-580\text{ мм}$  [8, с. 31]. Почвообразующими породами служат элювий и делювиальные желто-бурые суглинки. Почва отличается большой уплотненностью [9, с. 12].

Изучение элементного состава растительных образцов проводили на базе аналитической лаборатории научно-исследовательского института сельского хозяйства. Для исследования были взяты цветки, стебли, листья и корни объектов исследований. Для проведения анализа с 10 средневозрастных генеративных растений каждого таксона в фазе цветения (май – июнь) брали цветки, листья и стебли. Сбор надземных частей интродуцентов проводили в утренние часы. Корни выкапывали в конце сентября – начале октября (до первых заморозков). Корни очищали от примесей, промывали в проточной, а затем в дистиллированной воде. Для количественного анализа цветки, стебли, листья и корни высушивали до воздушно-сухого состояния, затем измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий  $1\text{ мм}$  [10, с. 218].

Изучение элементного состава образцов проводили по методике № М-02-1009-05 атомной спектроскопии [11, с. 80], [12, с. 143].

Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel [13], [14, с. 35], [15, с. 101], [16, с. 96].

### Результаты (Results)

Проведен анализ результатов исследования микроэлементного состава цветков, листьев, стеблей и корней семи разных таксонов пиона (Аппассионата, Мустай Карим, Jeanne d'Arc, *P. delavayi*, *P. lactiflora*, *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. peregrina*). Для каждой группы сырья представлены исследования по восьми элементам (мышьяк, свинец, кадмий, хром, медь, никель, марганец, железо). Количественные показатели элементов приведены к ммоль/кг воздушно-сухого сырья.

Как видно из рис. 1, все изучаемые растения имеют достаточно высокое содержание меди (в  $4,15\text{--}2520,00$  раз выше по сравнению с другими элементами) во всех видах сырья. Максимальное содержание меди отмечено в корнях, минимальное – в стеблях.

Концентрация других элементов в изучаемых органах пионов находится практически на одном уровне, и по содержанию их можно расположить в порядке возрастания (таблица 1).

Известно, что наиболее высокие количества мышьяка фиксируются в листьях и корнеплодах растений [17, с. 292]. Выявлено, что наименьшее содержание данного элемента отмечали в цветках у сорта Jeanne d'Arc ( $0,0051\text{ ммоль/кг}$ ), в листьях – у сорта Аппассионата ( $0,0062\text{ ммоль/кг}$ ), в стеблях и корнях – у сорта Мустай Карим ( $0,0056$  и  $0,0003\text{ ммоль/кг}$  со-

ответственно). Наибольшая концентрация данного элемента наблюдалась в цветках и стеблях *P. lactiflora* f. *rosea* ( $0,0090$  и  $0,0092\text{ ммоль/кг}$  соответственно).

Известно, что свинец в природных популяциях присутствует во всех растениях, при этом его роль в метаболизме не установлена [18, с. 38]. Показано, что максимальное содержание свинца отмечено в листьях у большинства образцов. Минимальные показатели встречаются в разных видах сырья (рис. 1). Наименьшее количество свинца обнаружено в корнях сорта Аппассионата ( $0,0024\text{ ммоль/кг}$ ), в цветках и стеблях *P. lactiflora* ( $0,0029$  и  $0,0027\text{ ммоль/кг}$  соответственно) и листьях сорта Мустай Карим ( $0,0030\text{ ммоль/кг}$ ). Наибольшее содержание изучаемого элемента выявлено в листьях и цветках *P. delavayi* ( $0,0374$  и  $0,0055\text{ ммоль/кг}$ ), стеблях и корнях *P. lactiflora* f. *rosea* ( $0,0223$  и  $0,0059\text{ ммоль/кг}$  соответственно).

Согласно литературным данным, наибольшие концентрации кадмия в загрязненных растениях всегда обнаруживаются в корнях и листьях [18, с. 53]. Выявлено, что низкие концентрации кадмия отмечены в корнях *P. delavayi* ( $0,0001\text{ ммоль/кг}$ ), листьях сорта Аппассионата ( $0,0002\text{ ммоль/кг}$ ), цветках Jeanne d'Arc ( $0,0002\text{ ммоль/кг}$ ), стеблях *P. lactiflora* ( $0,0003\text{ ммоль/кг}$ ). Высокими значениями этого элемента характеризовались стебли, листья, цветки и корни *P. lactiflora* f. *rosea* ( $0,00104$ ;  $0,001023$ ;  $0,000934$  и  $0,000454\text{ ммоль/кг}$  соответственно).

Некоторые растения, главным образом из районов развития серпентинитов или хромитовых месторождений, могут накапливать хром до  $0,3\%$  сухой массы [17, с. 294]. Наибольшие показатели хрома выявлены в разных частях растений – цветках, листьях и стеблях. Наименьшие значения отмечены в корнях у большинства образцов. Так, минимальное содержание отмечали в корнях и стеблях *P. lactiflora* f. *rosea* ( $0,001936$  и  $0,001975\text{ ммоль/кг}$  соответственно); цветках *P. peregrina* ( $0,002359\text{ ммоль/кг}$ ) и листьях *P. lactiflora* ( $0,002859\text{ ммоль/кг}$ ). Максимальная концентрация данного элемента наблюдалась в цветках и корнях сорта Аппассионата ( $0,0063$  и  $0,0046\text{ ммоль/кг}$  соответственно), листьях *P. delavayi* ( $0,0064\text{ ммоль/кг}$ ) и стеблях сорта Мустай Карим ( $0,0051\text{ ммоль/кг}$ ).

Наименьшее количество меди обнаружено в стеблях и листьях *P. lactiflora* ( $0,1477$  и  $0,1384\text{ ммоль/кг}$  соответственно), цветках *P. delavayi* ( $0,144\text{ ммоль/кг}$ ), корнях *P. peregrina* ( $0,1562\text{ ммоль/кг}$ ). Максимальное накопление меди отмечено в цветках, стеблях и корнях. Наибольшее содержание изучаемого элемента выявлено в корнях и стеблях сорта Мустай Карим ( $0,2538$  и  $0,2425\text{ ммоль/кг}$  соответственно), цветках сорта Аппассионата ( $0,2441\text{ ммоль/кг}$ ), листьях Jeanne d'Arc ( $0,2134\text{ ммоль/кг}$ ).

Выявлено, что низкие концентрации никеля отмечались в цветках, листьях и стеблях сорта Аппассионата ( $0,0082$ ;  $0,0107$ ;  $0,0167\text{ ммоль/кг}$  соответственно)

и корнях *P. delavayi* (0,0127 ммоль/кг). Высокими значениями этого элемента характеризовались листья и корни Jeanne d'Arc (0,02336 и 0,0217 ммоль/кг соответственно) и цветки и стебли *P. lactiflora* f. *rosea* (0,0179 и 0,0209 ммоль/кг соответственно).

Показано, что минимальное содержание марганца отмечали в листьях, стеблях, корнях *P. lactiflora* (0,0172; 0,0172; 0,0174 ммоль/кг соответственно). Максимальная концентрация данного элемента отмечалась в цветках Jeanne d'Arc (0,0227 ммоль/кг), листьях и корнях сорта Мустай Карим (0,0213 и 0,0219 ммоль/кг соответственно); стеблях *P. delavayi* (0,0212 ммоль/кг).

Максимальное и минимальное содержание железа характерно для разных частей растений. Наименьшее количество железа обнаружено в

корнях и стеблях *P. peregrina* (ммоль/кг соответственно), цветках *P. delavayi* (0,0088 ммоль/кг) и листьях Jeanne d'Arc (0,0095 ммоль/кг). Наибольшее содержание изучаемого элемента выявлено в цветках *P. peregrina* (0,0139 ммоль/кг), стеблях Jeanne d'Arc (0,0138 ммоль/кг), листьях *P. lactiflora* (0,0131 ммоль/кг) и корнях сорта Аппассионата (0,0125 ммоль/кг).

Таким образом, в результате анализа полученных данных выявлено, что минимальные концентрации мышьяка, кадмия, хрома, марганца и железа отмечены в корнях; свинца и никеля – в цветках; меди – в листьях изучаемых пионов. Максимальное содержание меди обнаружено в корнях; мышьяка, свинца, хрома – в листьях; кадмия, никеля, марганца – в стеблях; железа – в цветках. Поэтому срезка пионов в

Таблица 1

Ряды элементов в порядке возрастания в разных образцах сырья некоторых представителей рода *Paeonia*

| Таксоны                              | Ряд элементов в порядке возрастания   |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                      | Цветок                                | Лист                                  |
| Аппассионата                         | Cd < Pb < Cr < As < Ni < Fe < Mn < Cu | Cd < Cr < As < Pb < Ni < Fe < Mn < Cu |
| Мустай Карим                         | Cd < Cr < Pb < As < Ni < Fe < Mn < Cu | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| Jeanne d'Arc                         | Cd < Pb < As < Cr < Ni < Fe < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. delavayi</i>                   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Pb < Cu |
| <i>P. lactiflora</i>                 | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i> | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu | Cd < Cr < Pb < Fe < As < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. peregrina</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
|                                      |                                       |                                       |
|                                      | Стебель                               | Корень                                |
| Аппассионата                         | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Pb < As < Cr < Fe < Ni < Mn < Cu |
| Мустай Карим                         | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < As < Pb < Cr < Fe < Ni < Mn < Cu |
| Jeanne d'Arc                         | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. delavayi</i>                   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. lactiflora</i>                 | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i> | Cd < Cr < Fe < As < Mn < Ni < Pb < Cu | Cd < Cr < As < Pb < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. peregrina</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |

Table 1

Rows of elements in ascending order in different samples of raw materials of some representatives of the genus *Paeonia*

| Taxon                                | A series of elements in ascending order |                                       |
|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|
|                                      | Flower                                  | Leaf                                  |
| <i>Appassionata</i>                  | Cd < Pb < Cr < As < Ni < Fe < Mn < Cu   | Cd < Cr < As < Pb < Ni < Fe < Mn < Cu |
| <i>Mustay Karim</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Ni < Fe < Mn < Cu   | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>Jeanne d'Arc</i>                  | Cd < Pb < As < Cr < Ni < Fe < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. delavayi</i>                   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Pb < Cu |
| <i>P. lactiflora</i>                 | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i> | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu   | Cd < Cr < Pb < Fe < As < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. peregrina</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
|                                      |                                         |                                       |
|                                      | Stem                                    | Root                                  |
| <i>Appassionata</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Pb < As < Cr < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>Mustay Karim</i>                  | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < As < Pb < Cr < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>Jeanne d'Arc</i>                  | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. delavayi</i>                   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. lactiflora</i>                 | Cd < Pb < Cr < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Mn < Ni < Cu |
| <i>P. lactiflora</i> f. <i>rosea</i> | Cd < Cr < Fe < As < Mn < Ni < Pb < Cu   | Cd < Cr < As < Pb < Fe < Ni < Mn < Cu |
| <i>P. peregrina</i>                  | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu   | Cd < Cr < Pb < As < Fe < Ni < Mn < Cu |

осенний период перед уходом на покой позволяет избежать накопления данных микроэлементов в почве. Кроме того, по данным зарубежных исследователей, уборка вегетативной массы растений, накапливающей тяжелые металлы, – это потенциальный метод предотвращения попадания токсичных загрязнителей в пищевую цепочку и сохранения биологического разнообразия [19, с. 4946]. Также полученные данные можно использовать в образовательной деятельности в курсах агрохимических дисциплин.

Показано, что повышенной аккумуляцией тяжелых металлов среди изученных культиваров харак-

теризуется вид *P. lactiflora* f. *rosea*, пониженной – *P. lactiflora*.

Для двухфакторного дисперсионного анализа для удобства расчетов данные были прологарифмированы. Анализ результатов двухфакторного дисперсионного анализа выявил значимые различия по содержанию тяжелых металлов по таксонам и частям растения. Выявлено, что основное влияние на содержание кадмия, хрома, марганца оказывают таксоны с долей влияния 56,45–70,83 %; на долю второго фактора (часть растения) приходится 2,37–14,87 %; вклад взаимодействия «таксон – часть растения» составил 17,11–29,23% (таблица 2).

Таблица 2

## Результаты двухфакторного дисперсионного анализа элементного состава пионов

| Элементы      | Источники варьирования | <i>SS</i> | <i>Df</i> | <i>ms</i> | <i>F</i> <sub>факт</sub> | Доля, % |
|---------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|---------|
| Мышьяк (As)   | Общее                  | 34,57     | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 7,74      | 6,00      | 1,29      | 1605,87                  | 22,39   |
|               | Часть растения (Б)     | 11,48     | 3,00      | 3,83      | 4764,83                  | 33,22   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 15,30     | 18,00     | 0,85      | 1057,89                  | 44,26   |
|               | Случайное              | 0,04      | 54,00     | 0,0008    | –                        | –       |
| Свинец (Pb)   | Общее                  | 30,67     | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 9,21      | 6,00      | 1,53      | 5353,04                  | 30,01   |
|               | Часть растения (Б)     | 5,74      | 3,00      | 1,91      | 6678,85                  | 18,72   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 15,71     | 18,00     | 0,87      | 3044,60                  | 51,21   |
|               | Случайное              | 0,02      | 54,00     | 0,0003    | –                        | –       |
| Кадмий (Cd)   | Общее                  | 36,95     | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 21,32     | 6,00      | 3,55      | 51,83                    | 57,71   |
|               | Часть растения (Б)     | 5,49      | 3,00      | 1,83      | 26,71                    | 14,87   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 6,32      | 18,00     | 0,35      | 5,12                     | 17,11   |
|               | Случайное              | 3,70      | 54,00     | 0,0686    | –                        | –       |
| Хром (Cr)     | Общее                  | 10,06     | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 5,68      | 6,00      | 0,95      | 709,62                   | 56,45   |
|               | Часть растения (Б)     | 1,36      | 3,00      | 0,45      | 339,60                   | 13,51   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 2,94      | 18,00     | 0,16      | 122,48                   | 29,23   |
|               | Случайное              | 0,072     | 54,00     | 0,00133   | –                        | –       |
| Медь (Cu)     | Общее                  | 2,68      | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 1,18      | 6,00      | 0,20      | 668,02                   | 44,19   |
|               | Часть растения (Б)     | 0,25      | 3,00      | 0,08      | 277,82                   | 9,19    |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 1,23      | 18,00     | 0,07      | 231,78                   | 46,00   |
|               | Случайное              | 0,016     | 54,00     | 0,00030   | –                        | –       |
| Никель (Ni)   | Общее                  | 5,48      | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 1,66      | 6,00      | 0,28      | 421,16                   | 30,25   |
|               | Часть растения (Б)     | 1,53      | 3,00      | 0,51      | 777,33                   | 27,92   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 2,25      | 18,00     | 0,13      | 191,00                   | 41,16   |
|               | Случайное              | 0,035     | 54,00     | 0,00066   | –                        | –       |
| Марганец (Mn) | Общее                  | 0,50      | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 0,35      | 6,00      | 0,06      | 836,37                   | 70,83   |
|               | Часть растения (Б)     | 0,01      | 3,00      | 0,00      | 55,97                    | 2,37    |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 0,13      | 18,00     | 0,01      | 102,48                   | 26,04   |
|               | Случайное              | 0,004     | 54,00     | 0,00007   | –                        | –       |
| Железо (Fe)   | Общее                  | 2,95      | 83,00     | –         | –                        | –       |
|               | Таксон (A)             | 0,43      | 6,00      | 0,07      | 21,20                    | 14,43   |
|               | Часть растения (Б)     | 0,30      | 3,00      | 0,10      | 30,25                    | 10,30   |
|               | Взаимодействие (АБ)    | 2,03      | 18,00     | 0,11      | 33,73                    | 68,87   |
|               | Случайное              | 0,181     | 54,00     | 0,00335   | –                        | –       |

Table 2  
Results of two-way analysis of variance of the elemental composition of paeonies

| The elements   | Sources of variation  | SS    | Df    | ms      | F <sub>fact</sub> | Share, % |
|----------------|-----------------------|-------|-------|---------|-------------------|----------|
| Arsenic (As)   | General               | 34.57 | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 7.74  | 6.00  | 1.29    | 1605.87           | 22.39    |
|                | Part of the plant (B) | 11.48 | 3.00  | 3.83    | 4764.83           | 33.22    |
|                | Interaction (AB)      | 15.30 | 18.00 | 0.85    | 1057.89           | 44.26    |
|                | Random                | 0.04  | 54.00 | 0.0008  | —                 | —        |
| Plumbum (Pb)   | General               | 30.67 | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 9.21  | 6.00  | 1.53    | 5353.04           | 30.01    |
|                | Part of the plant (B) | 5.74  | 3.00  | 1.91    | 6678.85           | 18.72    |
|                | Interaction (AB)      | 15.71 | 18.00 | 0.87    | 3044.60           | 51.21    |
|                | Random                | 0.02  | 54.00 | 0.0003  | —                 | —        |
| Cadmium (Cd)   | General               | 36.95 | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 21.32 | 6.00  | 3.55    | 51.83             | 57.71    |
|                | Part of the plant (B) | 5.49  | 3.00  | 1.83    | 26.71             | 14.87    |
|                | Interaction (AB)      | 6.32  | 18.00 | 0.35    | 5.12              | 17.11    |
|                | Random                | 3.70  | 54.00 | 0.0686  | —                 | —        |
| Chromium (Cr)  | General               | 10.06 | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 5.68  | 6.00  | 0.95    | 709.62            | 56.45    |
|                | Part of the plant (B) | 1.36  | 3.00  | 0.45    | 339.60            | 13.51    |
|                | Interaction (AB)      | 2.94  | 18.00 | 0.16    | 122.48            | 29.23    |
|                | Random                | 0.072 | 54.00 | 0.00133 | —                 | —        |
| Copper (Cu)    | General               | 2.68  | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 1.18  | 6.00  | 0.20    | 668.02            | 44.19    |
|                | Part of the plant (B) | 0.25  | 3.00  | 0.08    | 277.82            | 9.19     |
|                | Interaction (AB)      | 1.23  | 18.00 | 0.07    | 231.78            | 46.00    |
|                | Random                | 0.016 | 54.00 | 0.00030 | —                 | —        |
| Nickel (Ni)    | General               | 5.48  | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 1.66  | 6.00  | 0.28    | 421.16            | 30.25    |
|                | Part of the plant (B) | 1.53  | 3.00  | 0.51    | 777.33            | 27.92    |
|                | Interaction (AB)      | 2.25  | 18.00 | 0.13    | 191.00            | 41.16    |
|                | Random                | 0.035 | 54.00 | 0.00066 | —                 | —        |
| Manganese (Mn) | General               | 0.50  | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 0.35  | 6.00  | 0.06    | 836.37            | 70.83    |
|                | Part of the plant (B) | 0.01  | 3.00  | 0.00    | 55.97             | 2.37     |
|                | Interaction (AB)      | 0.13  | 18.00 | 0.01    | 102.48            | 26.04    |
|                | Random                | 0.004 | 54.00 | 0.00007 | —                 | —        |
| Iron (Fe)      | General               | 2.95  | 83.00 | —       | —                 | —        |
|                | Taxon (A)             | 0.43  | 6.00  | 0.07    | 21.20             | 14.43    |
|                | Part of the plant (B) | 0.30  | 3.00  | 0.10    | 30.25             | 10.30    |
|                | Interaction (AB)      | 2.03  | 18.00 | 0.11    | 33.73             | 68.87    |
|                | Random                | 0.181 | 54.00 | 0.00335 | —                 | —        |

На содержание мышьяка, свинца, меди, никеля и железа основной вклад внесло взаимодействие «таксон – часть растения» (41,16–68,87 %); на долю первого фактора приходится 14,43–44,19 %, на долю второго – 9,19–33,22% (таблица 2).

В результате проведенного корреляционного анализа выявлены соотношения содержания изучаемых элементов друг с другом в разных частях растения (рис. 2). Следует отметить, что действительные коэффициенты корреляции на уровне 95 %, согласно общепринятой методике [20, с. 37], были сгруппированы следующим образом:

1) со значением от 0,31 до 0,5 – группа коэффициентов корреляции, обозначающих умеренную степень тесноты связи между признаками;

2) от 0,5 до 0,7 – группа коэффициентов корреляции средней степени тесноты связи между признаками;

3) от 0,71 до 1 – группа коэффициентов корреляции, обозначающих высокую степень тесноты связи между признаками.

Так, показано, что количество свинца и никеля в стеблях, кадмия в цветках находится в прямой зависимости от содержания мышьяка с корреляцией в диапазоне 0,65–0,80. Также выявлена обратная зависимость содержания свинца и марганца в цветках, хрома в листьях, железа в стеблях, марганца в корнях от количества мышьяка с корреляцией в диапазоне 0,50–0,79.

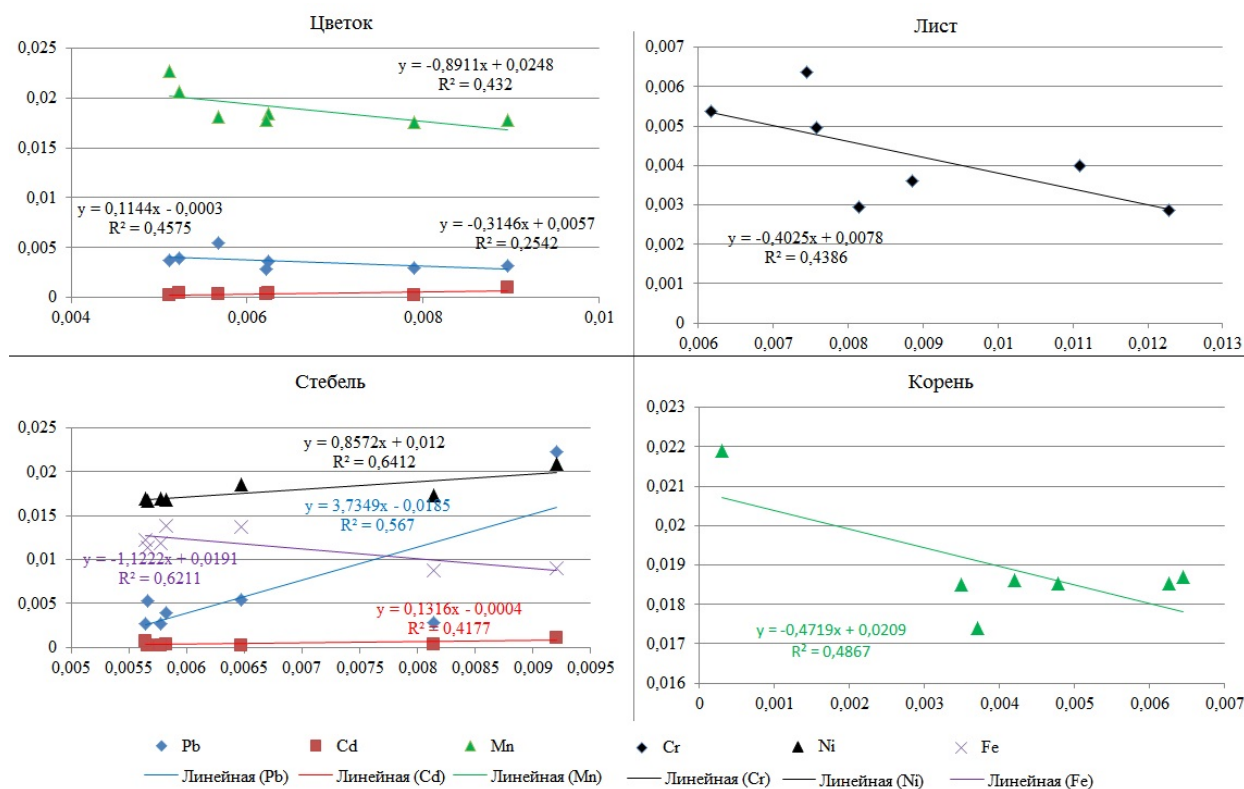


Рис. 2. Соотношение элементов в анализируемых частях растений

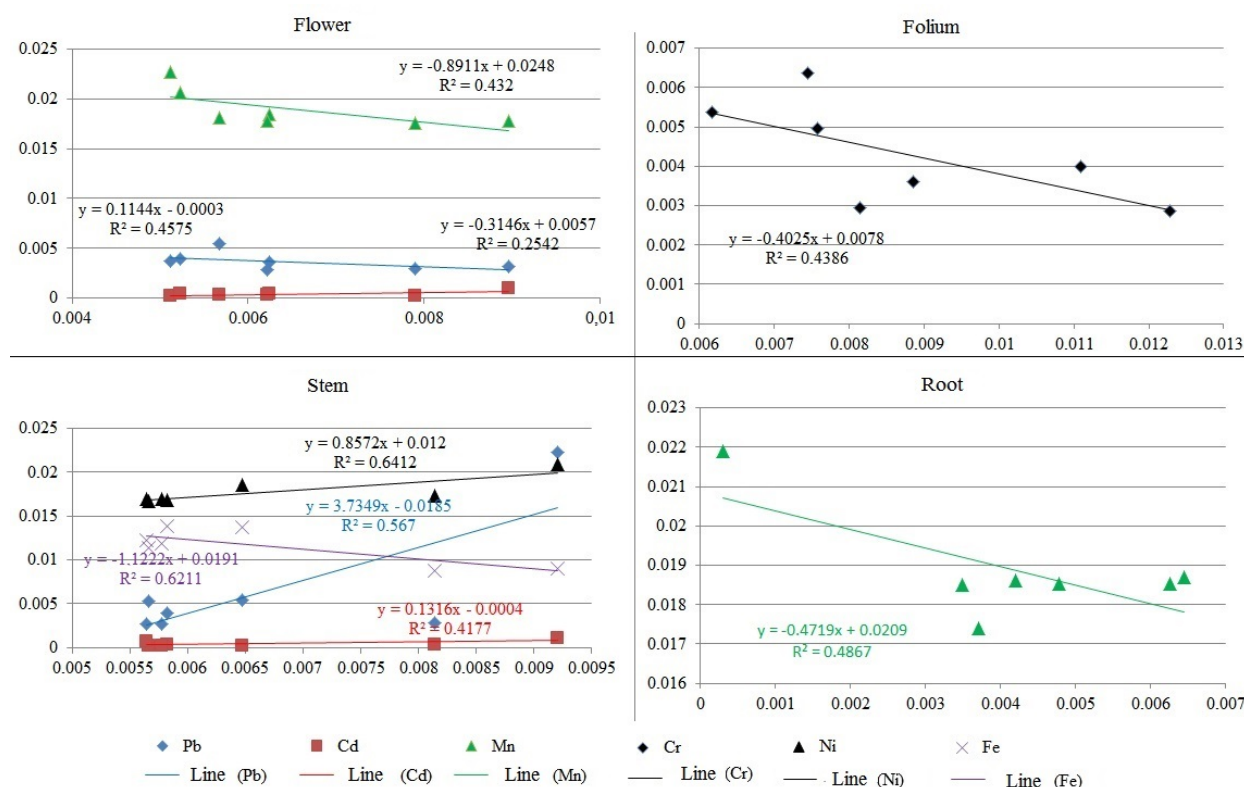


Fig. 2. The ratio of elements in the analyzed parts of plants

Содержание кадмия и никеля в стеблях, хрома в листьях находится в прямой зависимости от количества свинца с корреляцией в диапазоне 0,65–0,92. В то же время количество хрома в корнях, меди и железа в цветках находится в обратной зависимости от содержания свинца с диапазоном корреляции 0,47–0,64.

Содержание хрома, меди и никеля в стеблях, никеля в цветках находится в прямой зависимости от количества кадмия с корреляцией в диапазоне 0,36–0,74. У кадмия и хрома в цветках отмечена обратная зависимость с корреляцией 0,59.

Содержание меди и железа в корнях, меди в цветках напрямую коррелирует с количеством хрома, диапазон корреляций 0,62–0,80. Также выявлена обратная корреляция никеля и хрома в цветках (0,63).

Количество марганца, железа в корнях, никеля в листьях напрямую коррелирует с содержанием меди с диапазоном корреляций 0,55–0,73. В то же время отмечена обратная корреляция количества меди с никелем в цветках и железом в листьях с корреляциями 0,66 и 0,80 соответственно.

Выявлена прямая зависимость содержания никеля в цветках с содержанием железа (0,85) и обратная этих же элементов в листьях (0,58).

Также отмечена прямая зависимость содержания марганца в стеблях от количества железа (0,64).

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ содержания восьми элементов в разных образцах сырья некоторых представителей рода *Paeonia* позволил выявить, что минимальные концентрации мышьяка, кадмия, хрома, марганца и железа наблюдаются в корнях; свинца и никеля – в цветках; меди – в листьях изучаемых пионов. Максимальное количество мышьяка, свинца и хрома обнаружено в листьях; кадмия, никеля, марганца – в стеблях; же-

леза – в цветках. Показано, что фолиарное поглощение данных элементов преобладает над корневым. Отмечена видо- и сортоспецифичность в содержании элементов в надземных и подземных частях растений.

Результаты корреляционного анализа показали, что абсолютные значения концентраций изучаемых элементов у рассматриваемых таксонов пиона коррелируют между собой в слабой и средней степени. Корреляционное изучение пар элементов позволяет оценить синергизм накопления и его отсутствие, что соответствует мнению других авторов.

Таким образом, на примере разных таксонов пиона показано, что в условиях реального техногенного загрязнения существующие различия в накоплении тяжелых металлов свидетельствуют о возможности уменьшения экологического риска посредством целенаправленного подбора культиваров.

### Благодарности (Acknowledgements)

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России» и в рамках государственного задания ЮУБ-СИ УФИЦ РАН по теме АААА-А18-118011990151-7.

### Библиографический список

1. Седельникова Л. Л., Чанкина О. В. Содержание тяжелых металлов в вегетативных органах красоднева гибридного (*Heimerocallis hybrida*) в урбанизированной среде // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2 (113). С. 34–43.
2. Михальчук Н. В. Тяжелые металлы и микроэлементы в фоновых почвах и агроландшафтах юго-запада Беларуси // Агроэкологический журнал. 2017. № 3. С. 27–31.
3. Ветрова О. А., Кузнецов М. Н., Леоничева Е. В., Мотылева С. М., Мертвищева М. Е. Накопление тяжелых металлов в органах земляники садовой в условиях техногенного загрязнения // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 5. С. 113–119. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.5.113rus.
4. Ильинский А. В. Анализ коэффициентов биологического поглощения тяжелых металлов для кормовой свеклы // Евразийский союз ученых. 2020. № 2-6 (71). С. 9–12.
5. Мажайский Ю. А., Гальченко С. В., Гусева Т. М., Чердакова А. С. Накопление тяжелых металлов декоративными цветочными культурами // Успехи современной науки и образования. 2016. № 9. Т. 3. С. 203–205.
6. Елагина Д. С., Архипова Н. С., Сибгатуллина М. Ш. Изучение особенностей накопления тяжелых металлов растениями *Amaranthus retroflexus* L. // Молодые ученые и фармация XXI века: сборник научных трудов Четвертой научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2016. С. 189–195.
7. Миронова Л. Н., Реут А. А. Пионы. Коллекции ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: Башк. энцикл., 2017. 152 с.
8. Реут А. А., Миронова Л. Н. Редкие виды рода *Paeonia* L. при культивировании в Башкирском Предуралье // Аграрная Россия. 2018. № 2. С. 30–34.
9. Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН / Абрамова Л. М., Анищенко И. Е., Вафин Р. В., Голованов Я. М., Жигунов О. Ю., Зарипова А. А., Кашаева Г. Г., Лебедева М. В., Полякова Н. В., Реут А. А., Шигапов З. Х.; отв. Ред. Л. М. Абрамова. Уфа: Мир печати, 2019. 304 с.
10. Фотев Ю. В., Шевчук О. М., Сысо А. И. Изучение вариативности элементного состава семян сортообразцов *Vigna unguiculata* (L.) Walp. на юге Западной Сибири и в Крыму // Химия растительного сырья. 2021. № 2. С. 217–226. DOI: 10.14258/JCPRM.2021027543.
11. Реут А. А., Биглова А. Р., Аллаярова И. Н. Сравнительный анализ химического состава растительного сырья некоторых представителей родов *Narcissus* L. и *Camassia* Lindl. // Аграрный вестник Урала. 2021. № 2 (205). С. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90.
12. Симонова О. А., Симонов М. В., Товстик Е. В. Сортоспецифичность биоаккумуляции железа в растениях ячменя // Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 3 (23). С. 142–150. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-142-151.
13. Гончар-Зайкин П. П., Чертов В. Г. Надстройка к Excel для статистической оценки и анализа результатов полевых и лабораторных опытов [Электронный ресурс]. URL: <http://vniioh.ru/nadstrojka-k-excel-dlya-statisticheskoy-ocenki-i-analiza-rezultatov-polevykh-i-laboratornykh-opytov> (дата обращения: 26.09.2021).

14. Чекин Г. В., Никифоров В. М. Развитие корневой системы яровой пшеницы на ранних стадиях онтогенеза при предпосевной обработке семян хелатными препаратами // Актуальные проблемы агротехнологий XXI века и концепции их устойчивого развития: материалы национальной заочной научно-практической конференции. Воронеж, 2016. С. 34–38.

15. Нестеров М. И., Кривожижина Л. В., Ермолаева Е. Н., Кантюков С. А. Влияние степени и срока кровопотери на уровень триглицеридов, фосфолипидов, общего холестерина, холестерина в липопротеинах [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25632> (дата обращения: 26.09.2021).

16. Будко Е. В., Ямпольский Л. М., Жуков И. М., Черникова Д. А. Концентрационные корреляции элементной организации гемостатических растений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 7. С. 95–100.

17. Мешкинова С. С., Ельчиной О. А., Шаховцева Е. В. Микроэлементы в растениях Северного Алтая // Ползуновский вестник. 2006. № 2. С. 291–295.

18. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. 439 с.

19. Parveen S., Bhat I. U. H., Khanam Z., (...), Yusoff H. M., Akhter M. S. Phytoremediation: In situ alternative for pollutant removal from contaminated natural media: A brief review // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2022. Vol. 12. Iss. 4. Pp. 4945–4960. DOI: 10.33263/BRIAC124.49454960.

20. Копань Ю. Г. Корреляционный анализ как метод оценки количественных признаков нового сорта хризантемы садовой в условиях Южного берега Крыма // Бюллетень Никитского ботанического сада. 2008. Вып. 97. С. 36–39.

#### Об авторах:

Антонина Анатольевна Реут<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

Светлана Галимулловна Денисова<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, ORCID 0000-0002-9005-9377, AuthorID 636056; +7 905 356-02-88, [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)

<sup>1</sup> Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

## Comparative analysis of the content of heavy metals in raw materials of some representatives of the genus *Paeonia* L.

A. A. Reut<sup>1</sup>✉, S. G. Denisova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉E-mail: [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

**Abstract.** Currently, heavy metals are considered as priority soil pollutants. It is known that the vegetative mass of agricultural crops is capable of accumulating them in large quantities. Ornamental flower crops, which firmly occupy their ecological niche, are practically not considered from this point of view. **The aim** of this work is to study the features of the accumulation of heavy metals in the aboveground and underground organs of some representatives of the genus *Paeonia* L. in the urbanized environment of the city of Ufa. The objects of research were seven taxa of *Paeonia* (*P. peregrina* Mill., *P. lactiflora* Pall., *P. lactiflora* f. *rosea*, *P. delavayi* Franch., *P. × hybrida* Appassionata, Mustai Karim, Jeanne d'Arc). **Methodology.** The study of the elemental composition of the aboveground and underground parts was carried out according to the method No. M-02-1009-05 atomic spectroscopy. Mathematical data processing was carried out using generally accepted methods of variation statistics using the AgCStat software package in the form of an Excel add-in. **Scientific novelty.** For the first time, different taxa and parts of *Paeonia* plants were taken for research. **Results.** It was revealed that in the studied samples the copper content is 4,15–2520,00 times higher than that of other elements. It is noted that the minimum concentrations of arsenic, cadmium, chromium, manganese and iron are noted in the roots; plumbum and nickel – in flowers; copper – in the leaves of the studied paeonies. The maximum content of arsenic, plumbum, chromium is found in the leaves; cadmium, nickel, manganese – in the stems; iron – in flowers. That is, cutting paeonies in the autumn before retirement avoids the accumulation of these microelements in the soil. The results of the correlation analysis showed that the absolute values of the concentrations of the studied elements in the considered taxa of paeonies correlate with each other to a weak and medium degree. Correlation study of pairs of elements makes it possible to assess the synergism of accumulation and its absence, which is consistent with the opinion of other authors.

**Keywords:** *Paeonia*, heavy metals, aboveground organs, underground mass, Republic of Bashkortostan.

**For citation:** Reut A. A., Denisova S. G. Srovnitelnyy analiz soderzhaniya tyazhelykh metallov v syrye nekotorykh predstaviteley roda *Paeonia* L. [Comparative analysis of the content of heavy metals in raw materials of some representatives of the genus *Paeonia* L.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 45–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-45-55. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 28.09.2021, **date of review:** 04.10.2021, **date of acceptance:** 11.10.2021.

### References

1. Sedel'nikova L. L., Chankina O. V. Soderzhanie tyazhelykh metallov v vegetativnykh organakh krasodneva gibridnogo (*Hemerocallis hybrida*) v urbanizirovannoy srede [The content of heavy metals in the vegetative organs of the hybrid Krasodnev (*Hemerocallis hybrida*) in an urbanized environment] // The Bulletin of KrasGAU. 2016. No. 2 (113). Pp. 34–43. (In Russian.)
2. Mikhal'chuk N. V. Tyazhelye metally i mikroelementy v fonovykh pochvakh i agrolandshaftakh yugo-zapada Belarusi [Heavy metals and microelements in background soils and agricultural landscapes in southwestern Belarus] // Agroekological journal. 2017. No. 3. Pp. 27–31. (In Russian.)
3. Vetrova O. A., Kuznetsov M. N., Leonicheva E. V., Motyleva S. M., Mertvishcheva M. E. Nakoplenie tyazhelykh metallov v organakh zemlyaniki sadovoy v usloviyakh tekhnogennoy zagryazneniya [Accumulation of heavy metals in organs of garden strawberry in conditions of technogenic pollution] // Agricultural Biology. 2014. No. 5. Pp. 113–119. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.5.113rus (In Russian.)
4. Il'inskiy A. V. Analiz koeffitsientov biologicheskogo pogloshcheniya tyazhelykh metallov dlya kormovoy svekly [Analysis of biological absorption coefficients of heavy metals for fodder beet] // Eurasian Union of Scientists. 2020. No. 2-6 (71). Pp. 9–12. (In Russian.)
5. Mazhayskiy Yu. A., Gal'chenko S. V., Guseva T. M., Cherdakova A. S. Nakoplenie tyazhelykh metallov dekorativnymi tsvetochnymi kul'turami [Accumulation of heavy metals by decorative flower crops] // Uspekhi sovremennoy nauki i obrazovaniya. 2016. No. 9. Vol. 3. Pp. 203–205. (In Russian.)
6. Elagina D. S., Arkhipova N. S., Sibgatullina M. Sh. Izuchenie osobennostey nakopleniya tyazhelykh metallov rasteniyami *Amaranthus retroflexus* L. [Study of the features of the accumulation of heavy metals by plants of *Amaranthus retroflexus* L.] // Molodye uchenye i farmatsiya XXI veka: sbornik nauchnykh trudov Chetvertoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Moscow, 2016. Pp. 189–195. (In Russian.)
7. Mironova L. N., Reut A. A. Piony. Kollektzii botanicheskogo sada-instituta Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN. [Peonies. Collections of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Ufa: Bashk. entsikl., 2017. 152 p. (In Russian.)
8. Reut A. A., Mironova L. N. Redkie vidy roda *Paeonia* L. pri kul'tivirovani v Bashkirskom Predural'e [Rare species of the genus *Paeonia* L. cultivated in the Bashkir Urals] // Agrarian Russia. 2018. No. 2. Pp. 30–34. (In Russian.)
9. Rasteniya Yuzhno-Ural'skogo botanicheskogo sada-instituta UFITS RAN [Plants of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences] // Abramova L. M., Anishchenko I. E., Vafin R. V., Golovanov Ya. M., Zhigunov O. Yu., Zaripova A. A., Kashaeva G. G., Lebedeva M. V., Polyakova N. V., Reut A. A., Shigapov Z. Kh.; otv. red. L. M. Abramova. Ufa: Mir pechati, 2019. 304 p. (In Russian.)
10. Fotev Yu. V., Shevchuk O. M., Syso A. I. Izuchenie variabel'nosti elementnogo sostava semyan sortoobraztsov *Vigna unguiculata* (L.) Walp. na yuge Zapadnoy Sibiri i v Krymu [Study of the variability of the elemental composition of seeds of the cultivars *Vigna unguiculata* (L.) Walp. in the south of Western Siberia and Crimea] // Chemistry of plant raw material. 2021. No. 2. Pp. 217–226. DOI: 10.14258/JCPRM.2021027543. (In Russian.)
11. Reut A. A., Biglova A. R., Allayarova I. N. Srovnitel'nyy analiz khimicheskogo sostava rastitel'nogo syr'ya nekotorykh predstaviteley rodov *Narcissus* L. i *Camassia* Lindl. [Comparative analysis of the chemical composition of plant materials of some representatives of the genera *Narcissus* L. and *Camassia* Lindl.] // Agrarian Bulletin of Urals. 2021. No. 2 (205). Pp. 79–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-205-02-79-90. (In Russian.)
12. Simonova O. A., Simonov M. V., Tovstik E. V. Sortovye osobennosti bioakkumulyatsii zheleza v rasteniyakh yachmenya [Varietal features of bioaccumulation of iron in barley plants] // Taurida herald of the agrarian sciences. 2020. No. 3 (23). Pp. 142–150. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-3-23-142-151. (In Russian.)
13. Gonchar-Zaykin P. P., Chertov V. G. Nadstroyka k Excel dlya statisticheskoy otsenki i analiza rezul'tatov polevykh i laboratornykh opytov [Excel add-in for statistical evaluation and analysis of the results of field and laboratory experiments] [e-resource]. URL: <http://vniioh.ru/nadstroyka-k-excel-dlya-statisticheskoy-ocenki-i-analiza-rezultatov-polevykh-i-laboratornykh-opytov/> (date of reference: 26.09.2021). (In Russian.)
14. Chekin G. V., Nikiforov V. M. Razvitie kornevoy sistemy yarovoy pshenitsy na rannikh stadiyakh ontogeneza pri predposevnoy obrabotke semyan khelatnymi preparatami [Development of the root system of spring wheat at the early stages of ontogenesis during pre-sowing treatment of seeds with chelate preparations] // Aktual'nye problemy

agrotekhnologiy XXI veka i kontseptsii ikh ustoychivogo razvitiya: materialy natsional'noy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh, 2016. Pp. 34–38. (In Russian.)

15. Nesterov M. I., Krivokhizhina L. V., Ermolaeva E. N., Kanyukov S. A. Vliyanie stepeni i sroka krovopoteri na uroven' triglitseridov, fosfolipidov, obshchego kholesterina, kholesterina v lipoproteinakh [Influence of the degree and duration of blood loss on the level of triglycerides, phospholipids, total cholesterol, cholesterol in lipoproteins] [e-resource]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25632> (date of reference: 26.09.2021). (In Russian.)

16. Budko E. V., Yampol'skiy L. M., Zhukov I. M., Chernikova D. A. Kotsentratsionnye korrelyatsii elementnoy organizatsii gemostaticheskikh rasteniy [Concentration correlations of the elemental organization of hemostatic plants] // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2018. No. 7. Pp. 95–100. (In Russian.)

17. Meshkinova S. S., El'chinnova O. A., Shakhovtseva E. V. Mikroelementy v rasteniyakh Severnogo Altaya [Trace elements in plants of Northern Altai] // Polzunovskiy vestnik. 2006. No. 2. Pp. 291–295. (In Russian.)

18. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh [Trace elements in soils and plants]. Moscow: Mir, 1989. 439 p. (In Russian.)

19. Parveen S., Bhat I. U. H., Khanam Z., (...), Yusoff H. M., Akhter M. S. Phytoremediation: In situ alternative for pollutant removal from contaminated natural media: A brief review // Biointerface Research in Applied Chemistry. 2022. Vol. 12. Iss. 4. Pp. 4945–4960. DOI: 10.33263/BRIAC124.49454960.

20. Kopan' Yu. G. Korrelyatsionnyy analiz kak metod otsenki kolichestvennykh priznakov novogo sortimenta khrizantemy sadovoy v usloviyakh Yuzhnogo berega Kryma [Correlation analysis as a method for assessing the quantitative characteristics of a new assortment of garden chrysanthemum in the conditions of the southern coast of Crimea] // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2008. No. 97. Pp. 36–39. (In Russian.)

#### Authors' information:

Antonina A. Reut<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, leading researcher laboratories for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-4809-6449, AuthorID 625318; +7 917 465-18-89, [cvetok.79@mail.ru](mailto:cvetok.79@mail.ru)

Svetlana G. Denisova<sup>1</sup>, candidate of biological sciences, senior researcher laboratories for the introduction and selection of floral plants, ORCID 0000-0002-9005-9377, AuthorID 636056; +7 905 356-02-88, [svetik-7808@mail.ru](mailto:svetik-7808@mail.ru)

<sup>1</sup> South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

## Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО

Б. С. Джабраилова<sup>1</sup> ✉

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

✉ E-mail: barsa70@list.ru

**Аннотация.** В регионах СЗФО, как и в целом по стране, практически ежегодно наблюдается сокращение сельскохозяйственных угодий и пашни. Важной проблемой остается неиспользование сельскохозяйственных земель по их назначению. Выявление и возврат в оборот неиспользуемых земель сельхозназначения, прежде всего пашни, является важной социально-экономической задачей практически во всех регионах СЗФО. Механизм регулирования земельных отношений должен быть направлен не только на решение задач эффективного использования земельных ресурсов для достижения прогнозируемых темпов роста сельскохозяйственного производства, но и на решение социальных проблем территории, повышение качества жизни сельского населения. Рациональное использование земель сельхозназначения предполагает, что землепользование должно не только быть экономически эффективным для сельхозпроизводителя, но и с точки зрения неоздоженно-го подхода способствовать развитию сельских территорий. **Цель** исследования – с учетом диверсификации сельской экономики исследовать возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО. **Методы.** В работе использовались монографический, абстрактно-логический, экономико-статистический методы. Для подготовки табличных и графических материалов использовались данные Министерства сельского хозяйства РФ, Росреестра, Росстата, органов управления регионального уровня. **Научная новизна** заключается в постановке и решении вопроса о необходимости и возможности возвращения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО. **Результаты.** В ходе исследования проведен анализ количественных изменений и проблем ввода в оборот неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в регионах СЗФО, выявлены долгосрочные негативные последствия сокращения сельхозземель в этих регионах, предложены меры по их устранению с целью эффективного использования земельных ресурсов сельских территорий и перераспределения в интересах эффективных хозяйствующих субъектов.

**Ключевые слова:** земли сельскохозяйственного назначения, неиспользуемые земли сельскохозяйственного назначения, сельские территории, невостребованные земельные доли, сельхозугодья, пашня.

**Для цитирования:** Джабраилова Б. С. Возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66.

**Дата поступления статьи:** 13.09.2021, **дата рецензирования:** 16.09.2021, **дата принятия:** 30.09.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Проблемы рационального использования сельхозугодий, вовлечения заброшенных и неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот, сохранения плодородных и ценных земель являются актуальными для решения задач импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности. Повышение объемов сельскохозяйственного производства и расширение посевных площадей в регионах СЗФО возможно через вовлечение в оборот неиспользуемых земель.

Земельные ресурсы являются базовыми ресурсами сельских территорий и способствуют развитию экономических отношений в сельской местности. Их многофункциональность определяет взаимосвязь

экономических, экологических, социальных и других процессов, протекающих на сельских территориях. При рассмотрении вклада земли в формирование многофункциональности сельских территорий научный интерес представляют следующие функции: рекреационная, экологическая, контроля над территорией, поддержания и сохранения природных и культурных ландшафтов [19, с. 93–113].

Основной функцией сельских территорий все еще является производство продуктов и товаров для городской экономики, но идет постепенный процесс смены парадигмы их развития. Она предусматривает диверсификацию сельской экономики за счет развития несельскохозяйственных видов деятельности, сферы услуг, расширения доли перерабатывающих

отраслей, формирования продовольственных цепочек с короткими поставками. Ключевым принципом такого развития является использование локальных ресурсов, имеющихся в данном районе (природных, человеческих, культурных, ландшафтных и др.) [12–14].

Цель настоящего исследования – с учетом диверсификации сельской экономики исследовать возможности вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах СЗФО.

#### Методология и методы исследования (Methods)

Теоретической основой при подготовке статьи послужили исследования отечественных и зарубежных ученых в области аграрной экономики и развития сельских территорий. Изучались проблемы регионов Северо-Западного федерального округа. Для расчетов использованы статистические базы и материалы Министерства сельского хозяйства РФ, Росреестра, Росстата и региональных органов управления. Применялись статистические методы обработки информации.

#### Результаты (Results)

Одной из основных проблем регулирования земельных отношений является нецелевое использова-

ние земель сельскохозяйственного назначения. Выявление и возврат в оборот неиспользуемых земель сельхозназначения, прежде всего пашни, является важной управленческой задачей практически во всех регионах СЗФО.

С начала экономических реформ во всех регионах СЗФО сокращались площади сельхозугодий. В 2019 году общая земельная площадь, используемая субъектами, занимающимися сельскохозяйственным производством, снизилась в округе на 4 % по сравнению с 2010 годом. Наибольшее снижение наблюдается в Вологодской области – на 41,6 %, в Ленинградской области – на 8,7 % (таблица 1).

В регионах округа с 2010 г. наметились две противоположные тенденции: роста и сокращения площадей сельхозугодий. К группе регионов с восходящим трендом относятся Республика Карелия, Архангельская, Калининградская и Псковская области. Для всех остальных регионов сохранился нисходящий тренд в динамике площадей сельхозугодий (таблица 2).

Таблица 1  
Изменение общей земельной площади, используемой хозяйствующими субъектами, занимающимися сельскохозяйственным производством (на начало года), 2010–2019 гг., млн га

| Регионы                           | 2010 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | 2019 г. | 2019 г. к 2010 г., % |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| Россия                            | 522,7   | 520,9   | 521,4   | 521,7   | 521,8   | 520,8   | 99,6                 |
| Северо-Западный федеральный округ | 41,6    | 40,5    | 40,4    | 40,4    | 40,4    | 39,9    | 96,0                 |
| Республика Карелия                | 0,129   | 0,137   | 0,137   | 0,140   | 0,136   | 0,136   | 105,7                |
| Республика Коми                   | 9,863   | 8,312   | 8,170   | 8,171   | 8,170   | 8,168   | 82,8                 |
| Архангельская область             | 1,753   | 2,653   | 2,653   | 2,653   | 2,655   | 2,655   | 151,4                |
| Ненецкий а.о.                     | 0,000   | 0,000   | 16,402  | 16,402  | 16,402  | 15,955  | 0,00                 |
| Вологодская область               | 3,055   | 1,850   | 1,846   | 1,845   | 1,830   | 1,784   | 58,4                 |
| Калининградская область           | 0,696   | 0,694   | 0,695   | 0,698   | 0,714   | 0,713   | 102,5                |
| Ленинградская область             | 1,654   | 1,518   | 1,520   | 1,518   | 1,518   | 1,510   | 91,3                 |
| Мурманская область                | 5,643   | 5,598   | 5,598   | 5,598   | 5,599   | 5,599   | 99,2                 |
| Новгородская область              | 0,779   | 0,724   | 0,702   | 0,703   | 0,707   | 0,709   | 91,1                 |
| Псковская область                 | 2,653   | 2,599   | 2,640   | 2,624   | 2,624   | 2,632   | 99,2                 |
| Санкт-Петербург                   | 0,033   | 0,034   | 0,028   | 0,028   | 0,027   | 0,028   | 84,1                 |

Источник: рассчитано с использованием [1–5].

Table 1  
Change in the total land area used by economic entities engaged in agricultural production (at the beginning of the year), 2010–2019, million hectares

| Region                         | 2010  | 2015  | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   | 2019 to 2010, % |
|--------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|-----------------|
| Russia                         | 522.7 | 520.9 | 521.4  | 521.7  | 521.8  | 520.8  | 99.6            |
| North-Western Federal District | 41.6  | 40.5  | 40.4   | 40.4   | 40.4   | 39.9   | 96.0            |
| Republic of Karelia            | 0.129 | 0.137 | 0.137  | 0.140  | 0.136  | 0.136  | 105.7           |
| Komi Republic                  | 9.863 | 8.312 | 8.170  | 8.171  | 8.170  | 8.168  | 82.8            |
| Arkhangelsk region             | 1.753 | 2.653 | 2.653  | 2.653  | 2.655  | 2.655  | 151.4           |
| Nenets Autonomous Okrug        | 0.000 | 0.000 | 16.402 | 16.402 | 16.402 | 15.955 | 0.00            |
| Vologda region                 | 3.055 | 1.850 | 1.846  | 1.845  | 1.830  | 1.784  | 58.4            |
| Kaliningrad region             | 0.696 | 0.694 | 0.695  | 0.698  | 0.714  | 0.713  | 102.5           |
| Leningrad region               | 1.654 | 1.518 | 1.520  | 1.518  | 1.518  | 1.510  | 91.3            |
| Murmansk region                | 5.643 | 5.598 | 5.598  | 5.598  | 5.599  | 5.599  | 99.2            |
| Novgorod region                | 0.779 | 0.724 | 0.702  | 0.703  | 0.707  | 0.709  | 91.1            |
| Pskov region                   | 2.653 | 2.599 | 2.640  | 2.624  | 2.624  | 2.632  | 99.2            |
| Saint Petersburg               | 0.033 | 0.034 | 0.028  | 0.028  | 0.027  | 0.028  | 84.1            |

Source: calculated using [1–5].

Таблица 2

Группировка регионов СЗФО по изменению площади сельхозугодий, используемых хозяйствующими субъектами, занимающимися сельскохозяйственным производством (на начало года), 2010–2019 гг., млн га

| Регионы                             | Годы        |               |               | 2010 г. к<br>2001 г., % | Годы          |               | 2019 г. к<br>2010 г., % |
|-------------------------------------|-------------|---------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|-------------------------|
|                                     | 2001        | 2005          | 2010          |                         | 2015          | 2019          |                         |
| Россия                              | 197         | 192,6         | 190,7         | 96,8                    | 115,5         | 117           | 61,4                    |
| <b>Регионы с восходящим трендом</b> |             |               |               |                         |               |               |                         |
| Республика Карелия                  | 132         | 110,7         | 99,7          | 75,5                    | 104,3         | 107,9         | 108,2                   |
| Архангельская область               | 600         | 510,9         | 461,5         | 76,9                    | 462,6         | 462,3         | 100,2                   |
| Калининградская область             | 641         | 648,5         | 633,8         | 98,9                    | 630           | 646,1         | 101,9                   |
| Псковская область                   | 1356        | 1254,6        | 1208,6        | 89,1                    | 1218,4        | 1237,3        | 102,4                   |
| <b>Итого</b>                        | <b>2729</b> | <b>2524,7</b> | <b>2403,6</b> | <b>340,454</b>          | <b>2415,3</b> | <b>2453,6</b> | <b>102,1</b>            |
| <b>Регионы с нисходящим трендом</b> |             |               |               |                         |               |               |                         |
| Вологодская область                 | 1189        | 1150,2        | 1102,6        | 92,7                    | 1079,3        | 1079,7        | 97,9                    |
| Ленинградская область               | 687         | 676,6         | 640,2         | 93,2                    | 630,4         | 630,5         | 98,5                    |
| Мурманская область                  | 23          | 22,3          | 18            | 78,3                    | 17,3          | 17,1          | 95,0                    |
| Новгородская область                | 636         | 636           | 610,2         | 95,9                    | 609,2         | 603           | 98,8                    |
| Республика Коми                     | 297         | 249           | 190,9         | 64,3                    | 187,3         | 187,3         | 98,1                    |
| <b>Итого</b>                        | <b>2832</b> | <b>2734,1</b> | <b>2561,9</b> | <b>90,5</b>             | <b>2523,5</b> | <b>2517,6</b> | <b>98,3</b>             |
| <b>Всего по СЗФО</b>                | <b>5561</b> | <b>5258,8</b> | <b>4965,5</b> | <b>89,3</b>             | <b>4938,8</b> | <b>4971,2</b> | <b>100,1</b>            |

Источник: рассчитано с использованием [1–5].

Table 2

Grouping of the Northwestern Federal District regions by changing the area of farmland used by economic entities engaged in agricultural production (at the beginning of the year), 2010–2019, million hectares

| Region                                             | Years       |               |               | 2010 to 2001,<br>% | Years         |               | 2019 to 2010,<br>% |
|----------------------------------------------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|
|                                                    | 2001        | 2005          | 2010          |                    | 2015          | 2019          |                    |
| Russia                                             | 197         | 192.6         | 190.7         | 96.8               | 115.5         | 117           | 61.4               |
| <b>Regions with an uptrend</b>                     |             |               |               |                    |               |               |                    |
| Republic of Karelia                                | 132         | 110.7         | 99.7          | 75.5               | 104.3         | 107.9         | 108.2              |
| Arkhangelsk region                                 | 600         | 510.9         | 461.5         | 76.9               | 462.6         | 462.3         | 100.2              |
| Kaliningrad region                                 | 641         | 648.5         | 633.8         | 98.9               | 630           | 646.1         | 101.9              |
| Pskov region                                       | 1356        | 1254.6        | 1208.6        | 89.1               | 1218.4        | 1237.3        | 102.4              |
| <b>Total</b>                                       | <b>2729</b> | <b>2524.7</b> | <b>2403.6</b> | <b>340.454</b>     | <b>2415.3</b> | <b>2453.6</b> | <b>102.1</b>       |
| <b>Downtrend regions</b>                           |             |               |               |                    |               |               |                    |
| Vologda region                                     | 1189        | 1150.2        | 1102.6        | 92.7               | 1079.3        | 1079.7        | 97.9               |
| Leningrad Region                                   | 687         | 676.6         | 640.2         | 93.2               | 630.4         | 630.5         | 98.5               |
| Murmansk region                                    | 23          | 22.3          | 18            | 78.3               | 17.3          | 17.1          | 95.0               |
| Novgorod region                                    | 636         | 636           | 610.2         | 95.9               | 609.2         | 603           | 98.8               |
| Komi Republic                                      | 297         | 249           | 190.9         | 64.3               | 187.3         | 187.3         | 98.1               |
| <b>Total</b>                                       | <b>2832</b> | <b>2734.1</b> | <b>2561.9</b> | <b>90.5</b>        | <b>2523.5</b> | <b>2517.6</b> | <b>98.3</b>        |
| <b>Total for the Northwestern Federal District</b> | <b>5561</b> | <b>5258.8</b> | <b>4965.5</b> | <b>89.3</b>        | <b>4938.8</b> | <b>4971.2</b> | <b>100.1</b>       |

Source: calculated using [1–5].

Среди регионов округа с 2010 года также наметились тенденции роста и сокращения пашни (таблица 3). К группе регионов с восходящим трендом относятся республики Карелия и Коми, Архангельская, Калининградская и Псковская области. Для всех остальных регионов сохранился нисходящий тренд.

Почти для всех регионов СЗФО причины сокращения и неиспользования земель сельхозназначения носят социально-экономический и природно-антропогенный характер и тесно взаимосвязаны между собой. К ним можно отнести:

- не востребуемые земельные доли;
- нецелевое использование земель сельхозназначения;

– недостаток материально-технических ресурсов и финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей для полноценной обработки имеющихся в их распоряжении угодий, как результат – постепенное сокращение посевных площадей, объемов вносимых удобрений, нарушение севооборотов, сосредоточение производства на наиболее плодородных землях, зачистку с нарушением требований охраны земель и проведения почвозащитных мероприятий;

– краткосрочная аренда, которая не мотивирует пользователей на рациональное землепользование и улучшение качественных свойств почв;

**Группировка регионов СЗФО по изменению площади пашни, используемой хозяйствующими субъектами, занимающимися сельскохозяйственным производством (на начало года), тыс. га**

| Регионы                             | Годы    |         |         | 2010 г.<br>к 2001 г., % | Годы    |         | 2019 г.<br>к 2010 г., % |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|-------------------------|
|                                     | 2001    | 2005    | 2010    |                         | 2015    | 2019    |                         |
| Россия                              | 119 700 | 116 800 | 115 500 | 96 500                  | 115 500 | 117 000 | 101 300                 |
| <b>Регионы с восходящим трендом</b> |         |         |         |                         |         |         |                         |
| Республика Карелия                  | 71      | 60,2    | 55,3    | 77,9                    | 58,8    | 59      | 106,7                   |
| Республика Коми                     | 95      | 79,2    | 65,6    | 69,1                    | 66,1    | 66,6    | 101,5                   |
| Архангельская область               | 273     | 238,2   | 222,6   | 81,5                    | 223,8   | 224     | 100,6                   |
| Калининградская область             | 354     | 354,2   | 344,9   | 97,4                    | 343,6   | 351,5   | 101,9                   |
| Псковская область                   | 809     | 689,5   | 677,3   | 83,7                    | 684,8   | 689,3   | 101,8                   |
| Итого                               | 1602    | 1421,3  | 1365,7  | 85,2                    | 1377,1  | 1390,4  | 101,8                   |
| <b>Регионы с нисходящим трендом</b> |         |         |         |                         |         |         |                         |
| Вологодская область                 | 792     | 765,2   | 750,7   | 94,8                    | 741,5   | 743,3   | 99,0                    |
| Ленинградская область               | 421     | 416,2   | 392,7   | 93,3                    | 386,4   | 387,7   | 98,7                    |
| Мурманская область                  | 18      | 17,1    | 13,4    | 74,4                    | 12,7    | 12,5    | 93,3                    |
| Новгородская область                | 438     | 441,2   | 431,1   | 98,4                    | 431     | 425,4   | 98,7                    |
| Итого                               | 1669    | 1639,7  | 1587,9  | 95,1                    | 1571,6  | 1568,9  | 98,8                    |
| Всего                               | 3271    | 3061    | 2972,7  | 90,3                    | 2966,3  | 2973,8  | 100,0                   |

Источник: рассчитано с использованием [1–5].

Table 3

**Grouping of the Northwestern Federal District regions by changing the area of arable land used by economic entities engaged in agricultural production (at the beginning of the year), thousand hectares**

| Region                                      | Years   |         |         | 2010 to 2001,<br>% | Years   |         | 2019 to 2010,<br>% |
|---------------------------------------------|---------|---------|---------|--------------------|---------|---------|--------------------|
|                                             | 2001    | 2005    | 2010    |                    | 2015    | 2019    |                    |
| Russia                                      | 119 700 | 116 800 | 115 500 | 96 500             | 115 500 | 117 000 | 101 300            |
| <b>Regions with an uptrend</b>              |         |         |         |                    |         |         |                    |
| Republic of Karelia                         | 71      | 60.2    | 55.3    | 77.9               | 58.8    | 59      | 106.7              |
| Komi Republic                               | 95      | 79.2    | 65.6    | 69.1               | 66.1    | 66.6    | 101.5              |
| Arhangelsk region                           | 273     | 238.2   | 222.6   | 81.5               | 223.8   | 224     | 100.6              |
| Kaliningrad region                          | 354     | 354.2   | 344.9   | 97.4               | 343.6   | 351.5   | 101.9              |
| Pskov region                                | 809     | 689.5   | 677.3   | 83.7               | 684.8   | 689.3   | 101.8              |
| Total                                       | 1602    | 1421.3  | 1365.7  | 85.2               | 1377.1  | 1390.4  | 101.8              |
| <b>Downtrend regions</b>                    |         |         |         |                    |         |         |                    |
| Vologoda region                             | 792     | 765.2   | 750.7   | 94.8               | 741.5   | 743.3   | 99.0               |
| Leningrad region                            | 421     | 416.2   | 392.7   | 93.3               | 386.4   | 387.7   | 98.7               |
| Murmansk region                             | 18      | 17.1    | 13.4    | 74.4               | 12.7    | 12.5    | 93.3               |
| Novgorod region                             | 438     | 441.2   | 431.1   | 98.4               | 431     | 425.4   | 98.7               |
| Total                                       | 1669    | 1639.7  | 1587.9  | 95.1               | 1571.6  | 1568.9  | 98.8               |
| Total for the Northwestern Federal District | 3271    | 3061    | 2972.7  | 90.3               | 2966.3  | 2973.8  | 100.0              |

Source: calculated using [1–5].

– снижение численности и уровня доходов сельского населения, миграция его в более крупные сельские населенные пункты и города;

– снижение естественного плодородия, деградация и загрязнение почв.

Уменьшение площадей земель сельскохозяйственного назначения оказывает отрицательное влияние на развитие сельскохозяйственного производства, снижает возможности потенциального производства сельхозпродукции. СЗФО в лидерах по доле неиспользуемых земель сельхозназначения – 6367,4 тыс. га (20,8 %). Среди субъектов РФ с наибольшей долей неиспользуемых земель больше всего регионов из СЗФО: Республика Коми (51,1 %), Псковская (60,5 %), Новгородская (60,8 %), Вологодская (61,7 %), Архангельская (70,6 %) области (рис. 1).

По отношению только к предыдущему году площадь неиспользуемых сельхозугодий округа в 2020 году увеличилась на 5,7 тыс. га, а пашни – на 33,2 тыс. га и составила 3,354 млн га и 1,502 млн га соответственно.

В СЗФО не используется 59,6 % сельхозугодий. Среди субъектов РФ с долей неиспользуемых сельхозугодий более 50 % – Ненецкий АО (100 %), Республика Коми (65,5 %), Псковская (73 %), Архангельская (74,0 %), Новгородская (60,9 %) и Вологодская (58,0 %) области.

Доля неиспользуемой пашни в СЗФО составляет 50,4 % от площади пашни в регионе. Значительное влияние на распространение неиспользуемых земель оказало большое количество не востребуемых земельных долей, выбывших из сельскохозяйственного оборота.

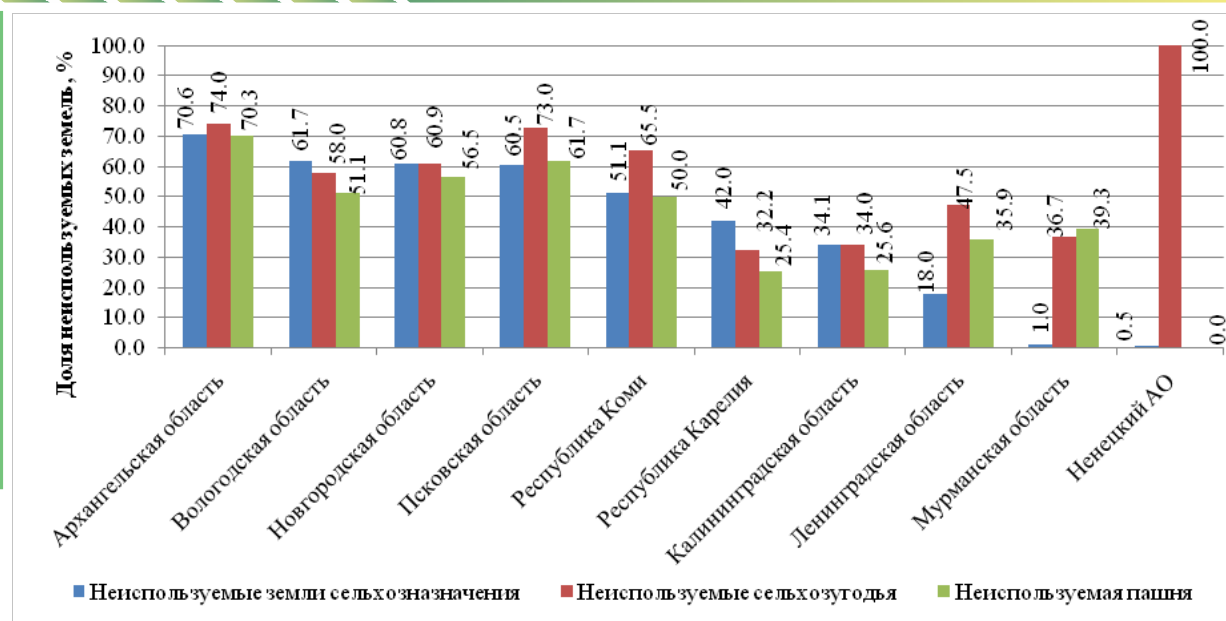


Рис. 1. Площади неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения, в регионах СЗФО на 01.01.2020 г., тыс. га.  
Источник: Построено с использованием [10, с. 300–301]

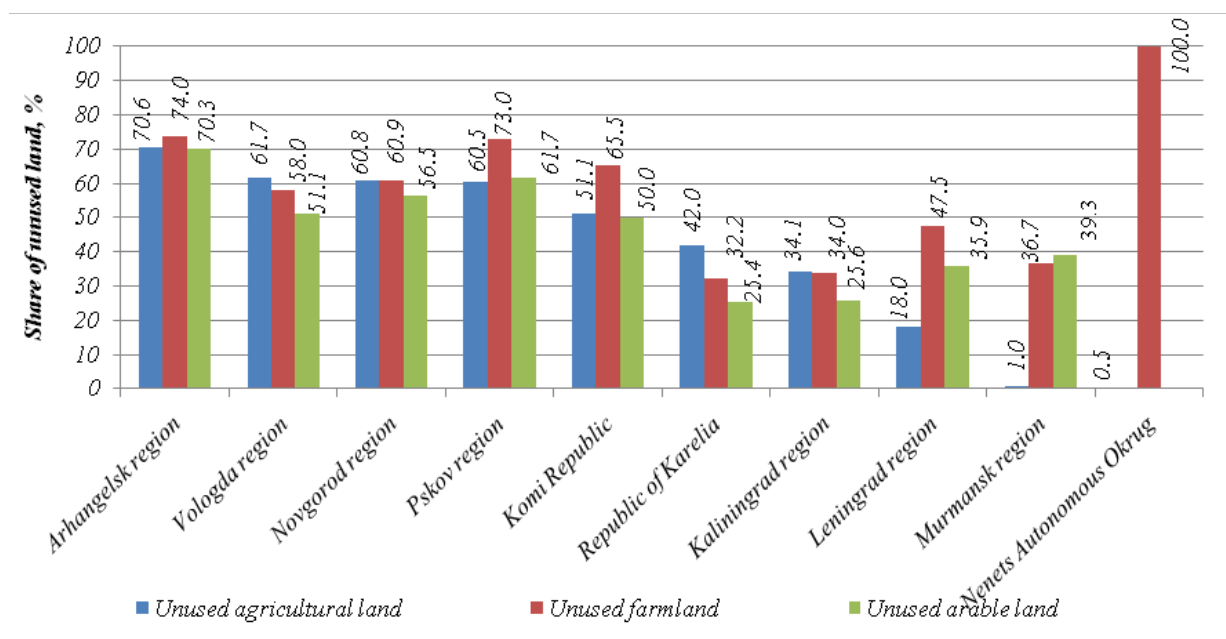


Fig. 1. Area of unused agricultural land, in the regions of the Northwestern Federal District on 01.01.2020, thousand hectares.  
Source: Built using [10, pp. 300–301]

Органы местного самоуправления сельских поселений из-за финансовых и ряда других трудностей не смогли завершить до 1 июля 2013 года выдел земельных долей в соответствии с требованиями федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования оборота земель сельскохозяйственного назначения». Их не удастся ввести в сельскохозяйственный оборот, так как не сформированы границы участков и не зарегистрированы права на них, что увеличивает площади неиспользуемых сельскохозяйственных угодий [16], [25].

Наличие земельных долей, не трансформированных в земельные участки, которые, в свою очередь, не зарегистрированы в собственность конкретных хо-

зяйствующих субъектов с присвоением участкам кадастрового номера, создает хаос и неопределенность в земельных отношениях, ведет к криминализации земельного рынка, спекулятивным сделкам с землей, сдерживает развитие оборота земель. В районах с доминированием невостребованных долей и бесхозных земель создается неблагоприятный климат для привлечения инвестиций, а местные бюджеты недополучают значительные суммы земельного налога [17, с. 16].

Неразграниченность госсобственности на земли сельскохозяйственного назначения также сдерживает оборот земель. В государственной и муниципальной собственности находится 26,4 млн га земель сельхозназначения, в собственности граждан – 3,4 млн га,

в собственности юридических лиц – 0,9 млн га [10, с. 31]. На рис. 2 представлено распределение земель сельхозназначения по итогам процесса разграничения государственной собственности на землю в регионах СЗФО.

Таким образом, в государственной собственности находится большая доля земель сельскохозяйственного назначения, значительная часть которой остается неразграниченной, что не способствует развитию земельного рынка и дальнейшему вовлечению земель в сельскохозяйственный оборот. Предстоит большая работа на всех уровнях управления по разграничению собственности на этих землях и активизации земельного оборота.

Сложные агроклиматические условия в регионах СЗФО, недостаток материально-технических ресурсов и финансовых средств у сельхозтоваропроизводителей для сохранения и поддержания сельхозугодий в надлежащем состоянии приводит к снижению плодородия почв и неэффективности их использования. Деграция почв и зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесом, подтопления и переувлажнения, продолжающиеся в регионах округа, в дальнейшем могут стать причиной необратимых процессов на значительных площадях земель сельхозназначения. И чем дольше эти земли не используются, тем дороже мероприятия по их возвращению в сельскохозяйственный оборот. Часто возврат этих

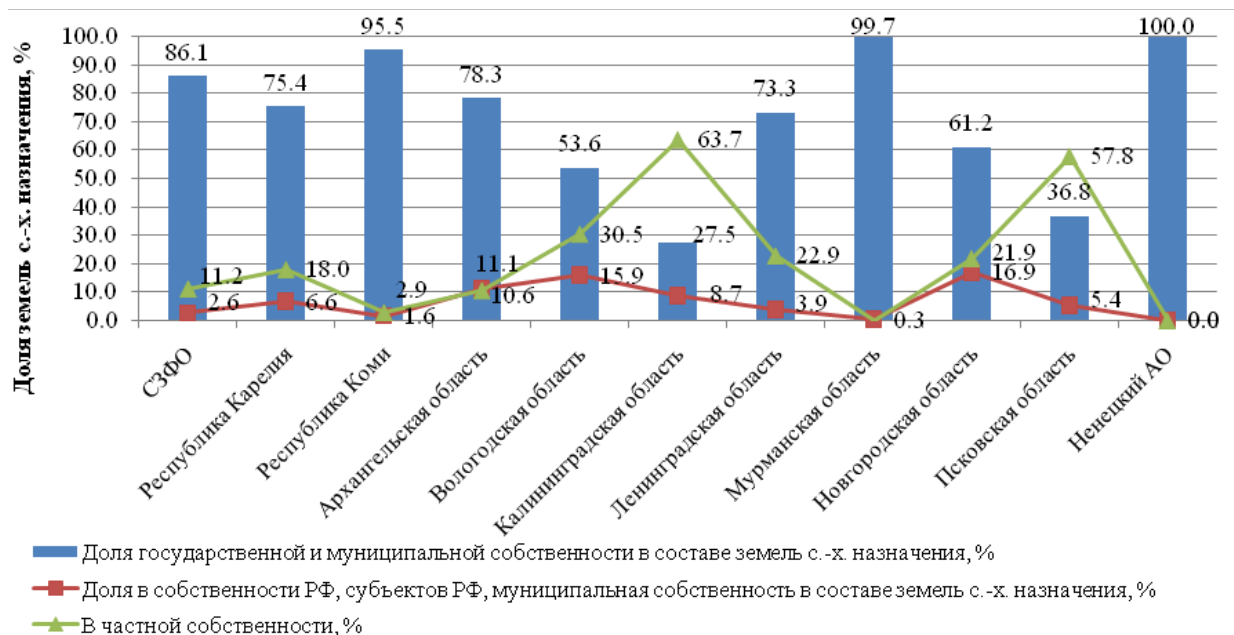


Рис. 2. Доля земель сельхозназначения по итогам процесса разграничения государственной собственности на землю в регионах СЗФО.

Источник: Построено с использованием [10, с. 193–194]



Fig. 2. The share of agricultural land according to the results of the process of differentiation of state ownership of land in the regions of the Northwestern Federal District.

Source: Constructed using [10, pp. 193–194]

земель становится экономически неэффективным, поскольку мероприятия по восстановлению плодородия таких почв превышает потенциальную прибыль от сельскохозяйственной деятельности на ней.

Экономическая эффективность введения в оборот неиспользуемых земель зависит напрямую от их плодородия и степени зарастания. Возвращение пашни в оборот – это один из факторов увеличения производства и экспорта сельхозпродукции. Однако сдерживающим фактором выступают затраты по введению в оборот залежной земли, которые по разным оценкам могут составлять от 6 до 120 тыс. руб/га. Мелиоративное обустройство сельскохозяйственных угодий также требует больших финансовых затрат.

Выбывшие из оборота земли – это в основном изначально низкоплодородные почвы, нуждающиеся в коренном улучшении и мелиорации, а в настоящее время уже покрытые лесом и кустарниками. Подходящими для них формами агропроизводства могут стать охота, аграрный туризм, лесное хозяйство.

Из-за отсутствия финансирования в большинстве районов Ленинградской области более 25 лет не проводилась оценка качественного состояния почв. Управление Росреестра отмечает, что располагает неактуальными материалами, не отражающими фактического состояния земель [23, с. 40].

Это подчеркивает важность решения проблемы неволеваемых земельных долей и неиспользуемых сельскохозяйственных угодий. В реализации этой задачи очень важна роль господдержки. В соответствии с принятой госпрограммой вовлечения в оборот сельхозземель и развития мелиоративного комплекса с 2022 до 2031 года в России планируется ввести в оборот 13,2 млн га неиспользуемых земель и сохранить в сельхозобороте не менее 3,6 млн га мелиорированных почв. Выделено более 530 млрд руб. на вовлечение земель в сельхозоборот и мелиорацию [24]. Эта программа будет способствовать сокращению неиспользуемых, заброшенных земельных участков, границы которых не определены и не зарегистрированы в кадастре.

Существуют различные точки зрения на вопрос необходимости и целесообразности вовлечения всех неиспользуемых земель в сельхозоборот. Одни исследователи считают, что каждый сельхозпроизводитель или региональные и муниципальные власти должны исходить из социально-экономической целесообразности проекта. Кроме того, есть опасность повышенной эмиссии парниковых газов при введении в сельхозоборот неиспользуемых земель: в десятки раз больше, чем при возделывании находящейся в обработке пашни. Поскольку потенциал роста урожайности в России еще не исчерпан, в некоторых случаях будет выгоднее повышать эффективность производства, поддерживая в хорошем состоянии уже используемые земли, чем вовлекать в оборот новые площади [6].

По мнению других экспертов, ввести в оборот за десять лет 13,2 млн га нереально. Если это будет экономически целесообразно, сельхозпроизводители

сами будут наращивать площади земель без стимулирующих программ, им больше нужны нормальные долгосрочные правила ведения бизнеса [6].

Для реализации этой программы в регионах СЗФО необходима инвентаризация земель сельскохозяйственного назначения для оценки количества сельхозугодий и пашни в обработке, количества неиспользуемых земель, их качества и потребности сельхозпроизводителей в них. Важно не только вводить земли в оборот, но и наладить их кадастровый учет, чтобы потенциальные инвесторы и сельхозпроизводители могли увидеть, где, сколько и какого качества земли можно использовать для будущих инвестпроектов.

Совершенствование механизма возврата в оборот неиспользуемых земель и развитие земельного рынка будут определяться результативностью действий муниципальных органов по оформлению и изъятию неволеваемых земельных долей и неэффективно используемых земельных участков в муниципальную собственность в судебном порядке, а затем по продаже земли или сдаче в аренду желающим [8, с. 63]. Эти мероприятия будут способствовать созданию новых производств и занятости, росту инвестиционной привлекательности сельской территории, доходности, налоговых поступлений в бюджет муниципальной территории, дадут толчок развитию не только в сельскохозяйственной отрасли, но и в смежных сферах.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Проведенное исследование показало, что в регионах СЗФО имеются земельный потенциал и возможности вовлечения в оборот неиспользуемых земель для расширения земельного фонда и сельскохозяйственной деятельности.

Механизм вовлечения неиспользуемых земель и выбывших угодий в регионах СЗФО должен включать следующие мероприятия:

- инвентаризация всех неиспользуемых земель в регионах СЗФО, уточнение их местоположения, площадей, собственников, правового статуса;
- на основе данных инвентаризации формирование единых региональных и муниципальных информационных баз, и цифровых карт неиспользуемых земель;
- создание региональных земельных фондов для управления и аккумуляции неиспользуемых земель в собственности государства и последующей сдачи их в аренду;
- проверки Россельхознадзора для выявления случаев нецелевого использования земель и применения к таковым процедуры принудительного изъятия земельных участков и других санкций;
- усиление соответствующих поставленным задачам муниципального земельного контроля и кадрового обеспечения в них;
- решение проблемы земельных долей (ускорение работы по актуализации списков дольщиков земельных участков, мониторинг оборота этих долей);
- экономическое стимулирование пользователей земель (возмещение для К(Ф)Х и СХО затрат на ка-

дастровые и землеустроительные работы, субсидирование введения в оборот неиспользуемых земельных участков, беспроцентные ссуды на выкуп земельных долей);

- проведение работ по устранению реестровых ошибок и кадастровый учет земельных участков;
- актуальная качественная оценка состояния неиспользуемых земель;
- создание предпосылок и стимулов к формированию необходимой рыночной среды (инвестиционный климат, цифровизация производства и др.) [21, с. 794];
- рассмотрение на государственном уровне возможности многократного увеличения налога на зем-

лю, не используемую по прямому сельскохозяйственному назначению;

- разработка и реализация специальных целевых региональных программ повышения эффективности использования земельного фонда в сельской местности [22, с. 149].

Реализация предлагаемых мероприятий будет способствовать вовлечению неиспользуемых земель в оборот, развитию рынка земли, росту объемов сельскохозяйственного производства в регионах СЗФО, достижению продовольственной безопасности и устойчивому развитию сельских территорий.

### Библиографический список

1. Агропромышленный комплекс России в 2018 году. Статистический сборник. Москва: Министерство сельского хозяйства, 2019. 555 с.
2. Агропромышленный комплекс России в 2017 году. Статистический сборник. Москва: Министерство сельского хозяйства, 2018. 549 с.
3. Агропромышленный комплекс России в 2012 году. Статистический сборник. Москва: Министерство сельского хозяйства, 2013. 603 с.
4. Агропромышленный комплекс России в 2005 году. Статистический сборник. Москва: Министерство сельского хозяйства, 2006. 559 с.
5. Агропромышленный комплекс России в 2001 году. Статистический сборник. Москва: Министерство сельского хозяйства, 2002. 451 с.
6. «Био-Тон» продолжит возвращать в оборот залежные земли [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agro-investor.ru/companies/news/35896-bio-ton-prodolzhit-vozvrashchat-v-oborot-zaleznyye-zemli> (дата обращения: 03.09.2021).
7. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. Москва: Росреестр, 2020. 206 с.
8. Джабраилова Б. С. Неотложные задачи государственного регулирования рыночного оборота земли в аграрном секторе в условиях Северо-Запада [Электронный ресурс] // Российский электронный научный журнал. 2018. № 4 (30). С. 59–68. DOI: 10.31563/2308-9644-2018-30-4-59-68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39190112> (дата обращения: 11.09.2021).
9. Доклад о состоянии и использовании земель в Ленинградской области в 2020 году. Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Ленинградской области. Санкт-Петербург, 2021. 47 с.
10. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2019 году. Москва: Росинформагротех, 2021. 404 с.
11. Емельянова Т. А., Столяров В. М., Ломакин Г. В., Мельникова А. А. Актуальные проблемы введения в оборот неиспользуемых земель // Московский экономический журнал. 2019. № 11. С. 11–18.
12. Костяев А. И. Идентификация российской модели развития сельских территорий // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 10. С. 88–103.
13. Костяев А. И. К вопросу о парадигме развития сельских территорий. Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. 2018. № 6. С. 3–12.
14. Костяев А. И. Концептуальные подходы к развитию сельских территорий с учётом европейского опыта // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 6 (67). С. 141–148. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.141-148.
15. Костяев А. И., Никонова Г. Н. Земли Северо-западного приграничья России в контексте концепции многофункциональности сельских территорий // Балтийский регион – регион сотрудничества – 2019: материалы III международной научно-практической конференции: в 2 частях. Калининград, 2020. С. 29–46.
16. Костяев А. И., Никонова Г. Н., Трафимов А. Г. Земельный потенциал сельских территорий: перспективы развития // Экономика сельского хозяйства России. 2015. № 11. С. 24–30.
17. Костяев А. И., Никонова Г. Н., Трафимов А. Г., Джабраилова Б. С. Трансформация структуры собственности на землю и воспроизводственный процесс в аграрном секторе // Экономика сельского хозяйства России. 2014. № 12. С. 13–20.
18. Костяев А. И. К вопросу о научных основах разработки стратегий развития сельских территорий // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 4. С. 462–474. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.462-474.
19. Костяев А. И. Сельские территории северо-западного российского приграничья: проблемы и пути развития [Электронный ресурс] // Балтийский регион. 2019. № 4. С. 93–113. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/>

selskie-territorii-severo-zapadnogo-rossiyskogo-prigranichya-problemy-i-puti-razvitiya-1 (дата обращения: 17.09.2021).

20. Мантино Ф. Сельское развитие в Европе. Политика, институты и действующие лица на местах с 1970-х годов до наших дней / Пер. с итал. И. Храмовой. Рим: ФАО; Milano: Business Media of the Sole 24 Ore, corp., 2010. 272 с.

21. Никонова Г. Н., Джабраилова Б. С., Никонов А. Г. Территориальные особенности рынка земли в сельской местности // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 6. С. 786–796. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.786-796.

22. Никонова Г. Н., Трафимов А. Г., Джабраилова Б. С. Первоочередные задачи государственного регулирования рынка сельскохозяйственных угодий в условиях Северо-Запада Российской Федерации [Электронный ресурс] // Российский электронный научный журнал. 2016. № 3 (21). С. 140–155. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27197038> (дата обращения: 11.09.2021).

23. Доклад о состоянии и использовании земель в Ленинградской области в 2020 году. Управление федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Ленинградской области. Санкт-Петербург. 2021. 45 с.

24. Правительство утвердило госпрограмму эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса. [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/news/42191> (дата обращения: 03.09.2021).

25. Трафимов А. Г. Земельный вопрос в развитии пригородной сельскохозяйственной организации // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2016. № 10. С. 39–43.

#### Об авторах:

Барият Сагидовна Джабраилова<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ORCID 0000-0003-3345-8811, AuthorID 706732; [barsa70@list.ru](mailto:barsa70@list.ru)

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия

## Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the Northwestern Federal District

B. S. Dzhabrailova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

✉E-mail: [barsa70@list.ru](mailto:barsa70@list.ru)

**Abstract.** In the regions of the Northwestern Federal District, as well as in the whole country, almost every year there is a reduction in the area of agricultural land and arable land. An important problem remains the non-use of agricultural land for their intended purpose. Identification and return to circulation of unused agricultural land, primarily arable land, is an important socio-economic task in almost all regions of the Northwestern Federal District. The mechanism of regulating land relations should be aimed not only at solving the problems of effective use of land resources to achieve the projected growth rates of agricultural production, but also at solving social problems of the territory, improving the quality of life of the rural population. Rational use of agricultural land implies that land use should not only be economically efficient for the agricultural producer, but also from the point of view of the neo-endogenous approach to promote the development of rural areas. **The purpose of this study is** taking into account the diversification of the rural economy, to explore the possibilities of involving unused agricultural land in the NWFD regions. **Methods.** The paper uses the following research methods: monographic, abstract-logical, economic-statistical. The reports of Rosstat, Rosreestr, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation and information of regional level management bodies became the information and empirical base. **The scientific novelty** lies in the formulation and solution of the question of the need and possibility of involving unused agricultural land in the regions of the Northwestern Federal District in the turnover. **Results.** As a result of the study, the long-term negative consequences of the reduction of agricultural land, the problems of putting unused land into circulation were identified, measures were proposed to eliminate them in order to effectively use the land resources of rural territories and redistribution in the interests of efficient economic entities.

**Keywords:** agricultural lands, unused agricultural lands, rural territories, unclaimed land shares, farmland, arable land.

**For citation:** Dzhabrailova B. S. Vozmozhnosti вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель в регионах SZFO [Opportunities to involve unused agricultural land in the turnover in the regions of the Northwestern Federal District] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 56–66. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-56-66. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 13.09.2021, **date of review:** 16.09.2021, **date of acceptance:** 30.09.2021.

### References

1. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2018 godu. Statisticheskiy sbornik [Agro-industrial complex of Russia in 2018. Statistical collection]. Moscow: Ministry of Agriculture, 2019. 555 p. (In Russian.)
2. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2017 godu. Statisticheskiy sbornik [Agro-industrial complex of Russia in 2017. Statistical collection]. Moscow: Ministry of Agriculture, 2019. 549 p. (In Russian.)
3. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2012 godu. Statisticheskiy sbornik [Agro-industrial complex of Russia in 2012. Statistical collection]. Moscow: Ministry of Agriculture, 2019. 603 p. (In Russian.)
4. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2005 godu. Statisticheskiy sbornik [Agro-industrial complex of Russia in 2005. Statistical collection]. Moscow: Ministry of Agriculture, 2019. 559 p. (In Russian.)
5. Agropromyshlennyy kompleks Rossii v 2001 godu. Statisticheskiy sbornik [Agro-industrial complex of Russia in 2001. Statistical collection]. Moscow: Ministry of Agriculture, 2019. 451 p. (In Russian.)
6. “Bio-Ton” prodolzhit vozvrashchat’ v оборот залежные земли [“Bio-Ton” will continue to return fallow lands to circulation] [e-resource]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/companies/news/35896-bio-ton-prodolzhit-vozvrashchat-v-oborot-zaleznyye-zemli> (date of reference: 03.09.2021). (In Russian.)
7. Gosudarstvennyy (natsional’nyy) доклад o sostoyanii i ispol’zovanii zemel’ v Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu [State (national) report on the state and use of land in the Russian Federation in 2019]. Moscow: Rosreestr6 2020. 206 p. (In Russian.)
8. Dzhabrailova B.S. Neotlozhnye zadachi gosudarstvennogo regulirovaniya rynochnogo oborota zemli v agrarnom sektore v usloviyakh Severo-Zapada [Urgent tasks of state regulation of market turnover of land in the agricultural sector in the North-West] [e-resource] // Russian electronic scientific journal. 2018. No. 4 (30). Pp. 59–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39190112> (date of reference: 11.09.2021). DOI: 10.31563/2308-9644-2018-30-4-59-68. (In Russian.)
9. Doklad o sostoyanii i ispol’zovanii zemel’ Leningradskoy oblasti v 2020 godu [Report on the status and use of lands of the Leningrad region in 2020]. Upravlenie federal’noy sluzhby gosudarstvennoy registratsii, kadastra i kartografii po Leningradskoy oblasti. Saint Petersburg, 2021. 62 p. (In Russian.)
10. Doklad o sostoyanii i ispol’zovanii zemel’ sel’skokhozyaystvennogo naznacheniya Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu [Report on the state and use of agricultural lands of the Russian Federation in 2019]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2021. 404 p. (In Russian.)
11. Emel’yanova T. A., Stolyarov V. M., Lomakin G. V., Mel’nikova A. A. Aktual’nye problemy vvedeniya v оборот неиспользуемых земель [Actual problems of introduction of unused lands into circulation] // Moscow journal. 2019. No. 11. Pp. 11–18. (In Russian.)
12. Kostyaev A. I. Identifikatsiya rossiyskoy modeli razvitiya sel’skikh territoriy [Identification of the Russian model of rural development] // Ekonomika sel’skogo khozyaystva Rossii. 2018. No. 10. Pp. 88–103. (In Russian.)
13. Kostyaev A. I. K voprosu o paradigme razvitiya sel’skikh territoriy [On the paradigm of the development of rural areas] // Fundamental’nye i prikladnye issledovaniya kooperativnogo sektora ekonomiki. 2018. No. 6. Pp. 3–12. (In Russian.)
14. Kostyaev A. I. Kontseptual’nye podkhody k razvitiyu sel’skikh territoriy s uchetom evropeyskogo opyta [Conceptual approaches to the development of rural territories taking into account the European experience] // Agricultural Science Euro-North-East. 2018. No. 6 (67). Pp. 141–148. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.141-148. (In Russian.)
15. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Zemli Severo-zapadnogo prigranich’ya Rossii v kontekste kontseptsii mnogofunktsional’nosti sel’skikh territoriy [The lands of the North-western borderlands of Russia in the context of the concept of multifunctionality of rural territories] // Baltiyskiy region – region sotrudnichestva – 2019: materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 chastyakh. Kaliningrad, 2020. Pp. 29–46. (In Russian.)
16. Kostyaev A. I., Nikonova G. N., Trafimov A. G. Zemel’nyy potentsial sel’skikh territoriy: perspektivy razvitiya [Land potential of rural territories: development prospects] // Ekonomika sel’skogo khozyaystva Rossii. 2015. No. 11. Pp. 24–30. (In Russian.)

17. Kostyaev A. I., Nikonova G. N., Trafimov A. G., Dzhabrailova B. S. Transformatsiya struktury sobstvennosti na zemlyu i vosproizvodstvennyy protsess v agrarnom sektore [Transformation of the structure of land ownership and the reproduction process in the agricultural sector] // *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2014. No. 12. Pp. 13–20. (In Russian.)
18. Kostyaev A. I. K voprosu o nauchnykh osnovakh razrabotki strategiy razvitiya sel'skikh territoriy [On the question of the scientific foundations of the development of strategies for the development of rural territories] // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020. Vol. 21. No. 4. Pp. 462–474. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.4.462-474. (In Russian.)
19. Kostyaev A. I. Sel'skie territorii severo-zapadnogo rossiyskogo prigranich'ya: problemy i puti razvitiya [Rural territories of the north-western Russian border region: problems and ways of development] [e-resource] // *The Baltic Region*. 2019. No. 4. Pp. 93–113. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/selskie-territorii-severo-zapadnogo-rossiyskogo-prigranichya-problemy-i-puti-razvitiya-1> (date of reference: 17.09.2021). (In Russian.)
20. Mantino F. Sel'skoe razvitiye v Evrope. Politika, instituty i deystvuyushchie litsa na mestakh s 1970-kh godov do nashikh dney [Rural development in Europe. Politics, Institutions and Local Actors from the 1970s to the Present] / Translated from Italian by I. Khramova. Rome: FAO; Milano: Business Media of the Sole 24 Ore cop., 2010. 272 p. (In Russian.)
21. Nikonova G. N., Dzhabrailova B. S., Nikonov A. G. Territorial'nye osobennosti rynka zemli v sel'skoy mestnosti [Territorial features of the land market in rural areas] // *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020. T. 21. No. 6. Pp. 786–796. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.6.786-796. (In Russian.)
22. Nikonova G. N., Trafimov A. G., Dzhabrailova B. S. Pervoocherednye zadachi gosudarstvennogo regulirovaniya rynka sel'skokhozyaystvennykh ugodiy v usloviyakh Severo-Zapada Rossiyskoj Federatsii [Priority tasks of state regulation of the agricultural land market in the conditions of the North-West of the Russian Federation] [e-resource] // *Russian electronic scientific journal*. 2016. No. 3 (21). Pp. 140–155. (In Russian.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27197038> (date of reference: 11.09.2021).
23. Report on the state and use of land in the Leningrad region in 2020. Department of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Leningrad region. Saint Petersburg. 2021. 45 p.
24. Pravitel'stvo utverdilo gosprogrammu effektivnogo вовлечения в оборот земель sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya i razvitiya meliorativnogo kompleksa [The Government has approved the state program for the effective involvement of agricultural land in the turnover and the development of the reclamation complex] [e-resource]. URL: <http://government.ru/news/42191> (date of reference: 03.09.2021). (In Russian.)
25. Trafimov A. G. Zemel'nyy vopros v razvitii prigorodnoy sel'skokhozyaystvennoy organizatsii [The land issue in the development of a suburban agricultural organization] // *Economy of agricultural and processing enterprises*. 2016. No. 10. Pp. 39–43. (In Russian.)

**Authors' information:**

Bariyat S. Dzhabrailova<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, senior researcher of the Institute of Agrarian Economics and Rural Development, ORCID 0000-0003-3345-8811, AuthorID 706732; [barsa70@list.ru](mailto:barsa70@list.ru)

<sup>1</sup> Saint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Pushkin, Russia

## Экономическая природа развития антипарадигмальных явлений новой экономической политики государства в аграрном секторе экономики

Л. Н. Дулепинских<sup>1✉</sup>, А. Г. Светлаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика

Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

✉E-mail: dulepinskih.liudmila@yandex.ru

**Аннотация.** Несмотря на осуществление производственной деятельности в условиях кризисных ситуаций, предприятия сельскохозяйственной отрасли увеличивают объемы производства сельхозпродукции. Вопросы развития аграрного производства и мер государственной поддержки сельскохозяйственного бизнеса в настоящее время приобретают особую актуальность. Данная статья посвящена проблемам текущей деятельности и перспективам развития агропромышленного комплекса в условиях кризисных ситуаций. **Цель** нашей работы – изучение причин неравномерного развития агропредприятий различных форм собственности, разработка мероприятий, способствующих созданию благоприятных условий в агропромышленном комплексе для производства и реализации продукции. Для достижения цели мы обозначили следующие задачи: выявить противоречия, препятствующие увеличению производства сельскохозяйственной продукции; разработать основные направления развития агробизнеса. **Методы.** При оценке развития современной экономической политики применялись математико-статистические методы исследований, выделены определяющие показатели, рассмотрены факторы воздействия на развитие деятельности аграрной экономики в сфере последних изменений. **Результаты.** Авторами рассмотрены ключевые направления государственной поддержки сельхозтоваропроизводителей, обозначены задачи дальнейшего развития агропромышленного комплекса, определены участники взаимодействия в аграрном секторе экономики. Разработаны стратегические мероприятия новой экономической политики в аграрном секторе экономики, направленные на создание благоприятных условий для производства и реализации продукции агропромышленного комплекса с учетом внедрения госплана и госзаказа. Сгруппированы риски и угрозы, препятствующие осуществлению стратегических мероприятий. Определены потребители продовольствия, взаимодействующие с производителями в системе госзаказа. Обозначены преимущества создания центра надзора и контроля по проверке деятельности хозяйствующих субъектов в аграрном секторе экономики. Авторами разработана модель механизма реализации стратегических мероприятий новой экономической политики в аграрном секторе экономики страны. **Научная новизна** исследования заключается в разработке модели механизма реализации стратегических мероприятий новой экономической политики в аграрном секторе экономики.

**Ключевые слова:** аграрный сектор экономики, сельскохозяйственные предприятия, кризисные ситуации, новая экономическая теория.

**Для цитирования:** Дулепинских Л. Н., Светлаков А. Г. Экономическая природа развития антипарадигмальных явлений новой экономической политики государства в аграрном секторе экономики // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 67–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-67-79.

**Дата поступления статьи:** 28.09.2021, **дата рецензирования:** 04.10.2021, **дата принятия:** 11.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

Российское сельское хозяйство привлекает к себе внимание, демонстрируя рост производства в условиях проявления кризисных ситуаций [1, с. 137]. В сложной экономической ситуации развитие сельского хозяйства не является монополизированным. Большое количество производителей развивают этот сектор экономики за счет своих интересов и усилий.

Государственная поддержка сельхозтоваропроизводителей нацелена на модернизацию и технологи-

ческое обновление аграрного сектора и играет решающую роль в развитии отрасли. [2, с. 6]. Поддержка осуществляется на основе Федерального закона «О развитии сельского хозяйства»<sup>1</sup> и принятой во исполнение этого закона Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования аграр-

<sup>1</sup> Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. N 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.09.2021).

ных рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия до 2025 года<sup>2</sup>.

Развитие сельскохозяйственной отрасли осуществляется благодаря субсидированию инвестиционных кредитов, компенсации части затрат на приобретение скота, элитных семян, сельскохозяйственной техники и оборудования [3, с. 3650].

На полках отечественных магазинов сократилась доля иностранных товаров, уменьшился разрыв между экспортом и импортом пищевой и сельскохозяйственной продукции [4, с. 1547]. Нормы потребления продовольствия в среднем близки к рекомендованным медицинским параметрам. Для того чтобы сохранить темп роста аграрной отрасли, необходимо увеличить объем экспорта продукции и спрос на нее внутри страны [5, с. 3].

Устойчивость сельскохозяйственной отрасли в стране в кризисных ситуациях подчеркивает рост ее доли в ВВП. Однако политика государственной поддержки аграриев неустойчива, а бюджет в настоящее время уязвим. Набор программ, мероприятия, механизмы и объемы финансирования часто претерпевают изменения и не благоприятствуют повышению уровня использования аграрного потенциала [6, с. 14]. Политика государства должна быть направлена на сокращение затрат, не зависящих от сельхозпроизводителей, и повышение конкурентоспособности отечественных товаров [7, с. 108].

Меры государственной поддержки зависят от категории хозяйств и субъектов РФ. В приоритет государства входит выделение бюджетных средств крупнейшим агрохолдингам. В рамках государственной программы развития агропромышленного комплекса выделяются большие объемы финансовых средств конкретным собственникам, благодаря чему для крупных предприятий создаются конкурентные преимущества по сравнению с остальными средними и малыми производителями. Рост производства в сельскохозяйственной отрасли обеспечивается в основном за счет значительной финансовой поддержки крупнейших сельскохозяйственных организаций [8, с. 17].

Один крупный аграрный холдинг может контролировать производство на территории нескольких муниципалитетов, вытесняя малые формы аграрного бизнеса. При этом нарушается устойчивость развития сельскохозяйственного производства. При управлении многочисленными предприятиями происходит отвлечение ресурсов от основной производственной деятельности. В этом состоит отличие отечественных холдингов от зарубежных производителей, которые формируют свою сырьевую базу за счет создания кооперативов и взаимодействия с фермерскими хозяйствами [9, с. 764].

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 25.09.2021).

Однако около 30 % продукции производят средние и малые хозяйства, работающие в основном без государственной поддержки [10, с. 57].

Продовольственная система не может быть устойчивой, если опирается только на несколько крупных холдингов, к тому же в случае банкротства одного из участников растет риск нарушения устойчивости системы. Считаем необходимым пересмотреть традиционные взгляды на ситуацию в рамках аграрной экономики, анализ которых позволит установить ключевые точки и тенденции развития в системе аграрного сектора экономики, а также рассмотреть развитие антипарадигмальных явлений новой экономической политики государства в аграрном секторе экономики. Под антипарадигмальными явлениями новой экономической политики мы понимаем комплекс мер, включающих в себя социальные, экономические, технологические и иные мероприятия, направленные на совершенствование отечественной экономики с целью изменения устоявшегося мнения во времени, имеющие приоритет в развитии плановой экономики с учетом государственной поддержки на взаимовыгодных условиях с частным бизнесом.

#### Методология и методы исследования (Methods)

На сегодняшний день в связи с военными действиями, катастрофическими природными явлениями, пандемией коронавируса COVID-19 перед мировым сообществом стоит проблема сокращения популяции населения. К тому же использование генно-модифицированных продуктов в питании наносит вред здоровью человека, провоцируя аллергические реакции, пищевые отравления, развитие раковых заболеваний, оказывает негативное влияние на развитие будущих поколений человечества. Поэтому люди все чаще стали задумываться, безопасно ли то, что они потребляют в пищу.

На прилавках магазинов представлен широкий ассортимент продовольственных товаров, но это не значит, что все они высокого качества. Высокий уровень конкуренции вынуждает производителей искать пути снижения себестоимости товаров, зачастую это влияет на их качество. Цена же экологически чистых продуктов остается достаточно высокой. Низкий уровень достатка рядового населения не позволяет купить в магазине экологически чистую, безопасную для здоровья человека продукцию.

Авторы считают, что правительство уделяет мало внимания повышению уровня и качества жизни населения, производству безопасных продуктов питания. Государство желает отойти от рычагов управления за счет программного обеспечения, но действующие государственные программы развития аграрного производства не всегда эффективны. Вливания огромных объемов бюджетных средств не дают желаемого результата. Деньги уходят зачастую в территории с благоприятными климатическими условиями, выгодным географическим расположением, развитой инфраструктурой, близкие к основным центрам накопления капитала и осваиваются с помощью противо-

правных действий производителей за счет подделки вания подтверждающих расходы документов, хотя в стране есть экологически чистые поля и территории для производства безопасных продуктов питания для населения.

Современная экономическая теория определяет отсутствие универсальной формы собственности для эффективного функционирования и развития предприятия и значимость развития уровня конкуренции и структуры рынка.

В истории России НЭП (новая экономическая политика) проводился при советской власти с 1921 по 1928 годы. Планировалось вывести страну из кризиса и создать условия для дальнейшего развития аграрного сектора экономики [11, с. 127].

Во время НЭПа сформировалась инфраструктура рыночной экономики, открывались банки, биржи, торговые организации и ярмарки. В 1920-е годы сюда вошло и более половины крестьянских хозяйств. Приняли Земельный кодекс. Заработали банковская кредитная система и сеть специализированных банков [12, с. 38].

НЭП за всю историю России обсуждался многими учеными с различных точек зрения. Нужно признать, что новая экономическая политика той эпохи была результативна: развивался рынок благодаря восстановлению небольших предприятий, укреплялись экономические связи между деревней и городом, создавались рабочие места. А такая форма хозяйственных отношений между государством и бизнесом, как концессия, актуальна до сих пор. Потребительская кооперация порождала здоровую конкуренцию между предприятиями разных форм собственности, рос товарооборот, появилась возможность управлять приоритетными отраслями экономики страны. Зародилось государственное планирование [13, с. 140]. Вернулся интерес к решению вопросов государственного обеспечения за счет госзакупок. Учитывая различные мнения экспертов, нужно признать, что во времена НЭПа были созданы условия для восстановления народного хозяйства и заданы новые темпы роста экономики России и НЭП доказал свою экономическую эффективность [14, с. 75]. Но после кризиса НЭПа Россия выбрала социально-экономический путь развития.

Белоруссия в отличие от России пошла по другому пути. В республике не спешили с приватизацией, осуществляется контроль над ценами и работает система централизованного управления, сохранено планирование. Александр Соколов отмечает, что благодаря такому пути развития Белоруссия находится на 37 месте в мире из 150 стран по уровню индекса человеческого развития с поправкой на неравенство и опережает Россию на 41 место [15, с. 3].

Институт государственной собственности в Республике Беларусь реформировался по следующим этапам:

- 1) 1987–1992 гг. – номенклатурная приватизация;
- 2) 1992–1996 гг. – массовая приватизация;

3) 1997–2005 гг. – реставрация «власти-собственности».

Н. А. Бычков отмечает, что за последние 13 лет численность объектов государственной собственности в сельском хозяйстве сократилась на 36 %, увеличилось количество организаций с долей участия государства в уставных капиталах с 78 до 654 объектов (в 8 раз), выросла численность организаций с долей иностранной собственности в 2,6 раза, с иностранной собственностью – в 4 раза [16, с. 31].

Экономическая политика в Белоруссии направлена на комплексное развитие аграрного сектора экономики, способного противостоять внутренним и внешним угрозам и вызовам. А. Н. Воробьев считает, что в республике аграриям оказывается существенная финансовая поддержка:

- Министерство сельского хозяйства и продовольствия совместно с Министерством экономики регулируют закупочные цены на сельхозпродукцию, закупаемую для государственных нужд;
- устанавливаются надбавки к основным ценам на отдельную продукцию для стимулирования ее производства;
- государство обеспечивает бесплатное образование и дополнительную подготовку кадров АПК для всех форм хозяйствования;
- компенсирует затраты на энергоресурсы;
- предоставляет сельхозпредприятиям материальные ресурсы в форме товарного кредита (топливо, горюче-смазочные материалы) [17, с. 131].

В Республике в 2020 году произведено на душу населения 137 кг мяса в убойном весе, 828 кг молока, 373 яйца, 638 кг картофеля, 187 кг овощей. В Белоруссии полностью обеспечена продовольственная безопасность. За счет собственного производства удовлетворяется потребность населения в продуктах питания на 83 %, на импорт продовольственных товаров приходится 8 % [18, с. 199].

Предлагаем рассмотреть пример современного развития Китая на основе экономической политики большевиков. Существует много мнений о причинах быстрого роста экономики Китая. Дэн Хунту, Сюй Баолян, Цзоу Ян считают, что именно начало рыночных преобразований в стране с сельского хозяйства позволило решить проблему дефицита продовольствия и показать быстрый эффект успешных реформ [19, с. 21].

Правительство Китая считает отрасль сельского хозяйства одним из перспективных направлений аграрной политики и использует административно-экономические рычаги управления для обеспечения продовольственной безопасности страны. За период перехода от плановой экономики к рыночно-ориентированной Китай смог достичь высокого уровня показателей производства основной сельскохозяйственной продукции.

По мнению О. В. Черкасовой, успешное развитие аграрного сектора экономики Китая зависит от непосредственного участия государства и исполнения

государственной программы реформ, связанных с агропромышленным комплексом, и ежегодных, пятилетних планов социально-экономического развития Госсовета КНР. Коммунистическая партия Китая и Госсовет КНР определили основные задачи по развитию сельского хозяйства Китая:

- регулирование процесса урбанизации;
- стимулирование роста доходов фермеров;
- контроль структуры сельского хозяйства;
- контроль землепользования;
- развитие малых форм хозяйствования;
- улучшение коммунальной инфраструктуры на селе;
- расширение обеспечения госбюджетных финансовых вложений в АПК [20, с. 442].

Правительство КНР ведет гибкую налоговую политику в отношении представителей агробизнеса. Существенные налоговые льготы получают сельхозпроизводители, ведущие свой бизнес в отстающих, отдаленных территориях страны. Возврат 40 % уплаченного налога получают иностранные граждане, ведущие агробизнес, 20 % дотаций получают производители, которые занимаются экспортом произведенной сельхозпродукции. Аграрии страны освобождаются от уплаты налогов на 15 лет. Таким образом, правительство Китая обеспечивает рост сельскохозяйственного производства и расширяет налоговую базу [21, с. 40].

В Республике в 2020 году произведено 76,39 млн тонн мяса, 34,4 млн тонн молока, 34,68 млн яиц, 98,27 млн тонн овощей. В Китае за счет собственного производства полностью обеспечен спрос на зерно [22, с. 240]. Для обеспечения продовольственной безопасности государства используется практика инвестирования зарубежных агропредприятий.

Го Каймин, Хан Цзин и Янь Сы считают, что в современном аграрном секторе Китая нужно распространять капиталоемкие технологии. Замена трудоемких технологии позволит перейти работникам АПК в промышленное производство и будет способствовать развитию технического прогресса и сферы услуг [23, с. 39]. Следует заметить, что китайскую динамику экономики трудно объяснить, используя стандартные модели.

Все вышеназванные подходы по оценке развития современной экономической политики предусматривают применение математико-статистических методов исследований, выделение определяющих показателей и рассмотрение факторов воздействия на развитие деятельности аграрной экономики в сфере последних изменений.

Для реализации поставленных авторами настоящей статьи задач будет использован комплексный подход к развитию аграрного сектора экономики. Для выявления проблем управления АПК с учетом его специфики мы используем метод теоретического анализа.

## Результаты (Results)

Считаем необходимым перейти к созданию благоприятных условий для реализации продукции АПК, увеличения объемов производства за счет внедрения госплана и госзаказа [24, с. 372].

Предлагаем рассмотреть модель механизма реализации стратегических мероприятий новой экономической политики в аграрном секторе экономики страны.

– Участниками реализации нашего проекта должны стать:

- Инспекция федеральной налоговой службы;
- Министерство сельского хозяйства;
- Федеральное агентство по государственным резервам (Росрезерв);
- Федеральное казначейство;
- Главное управление экономической безопасности и противодействия коррупции;
- Счетная палата Российской Федерации;
- администрации муниципальных образований;
- кредитные и финансовые институты региона;
- предприятия АПК;
- образовательные организации;
- военные подразделения.

Производителями продовольствия являются сельскохозяйственные организации различных форм собственности и предприятия переработки сельскохозяйственной продукции.

Потребителями продовольствия определены население (городские и сельские территории); военнослужащие; обучающиеся дошкольных, средних и высших образовательных учреждений; контингент спецучреждений (системы здравоохранения и ФСИН России) (рис. 1).

Определение стратегических задач включает переход от существующей аграрной политики к перспективной по следующим направлениям:

- разработка новых мер государственной поддержки и перераспределение имеющихся финансовых средств в целях повышения эффективности производственной деятельности предприятий АПК;
- обеспечение регулярного поступления продовольствия (с учетом его качественных и количественных характеристик) на продовольственный рынок;
- обеспечение гарантированной реализации сельскохозяйственной продукции в рамках утвержденного госплана через госзаказ;
- усовершенствование взаимодействия фискальных и правоохранительных органов в вопросах выявления экономических преступлений и организация профилактических мероприятий.

Для решения поставленных задач предлагаем организационные и экономические мероприятия. В рамках организационных мероприятий считаем своевременным:

- разработать новые меры государственной поддержки АПК;
- разработать механизм внедрения госплана в целях укрепления экономической политики АПК;

- привлекать сельхозтоваропроизводителей к организации нормированного снабжения населения продовольственными товарами, в т. ч. через проведение сельскохозяйственных ярмарок;
- организовывать продовольственное обеспечение военнослужащих и мобилизационных запасов в

рамках госзаказа и замену запасов согласно нормам хранения;

- создавать центры надзора и контроля за проверкой деятельности хозяйствующих субъектов в аграрном секторе экономики.

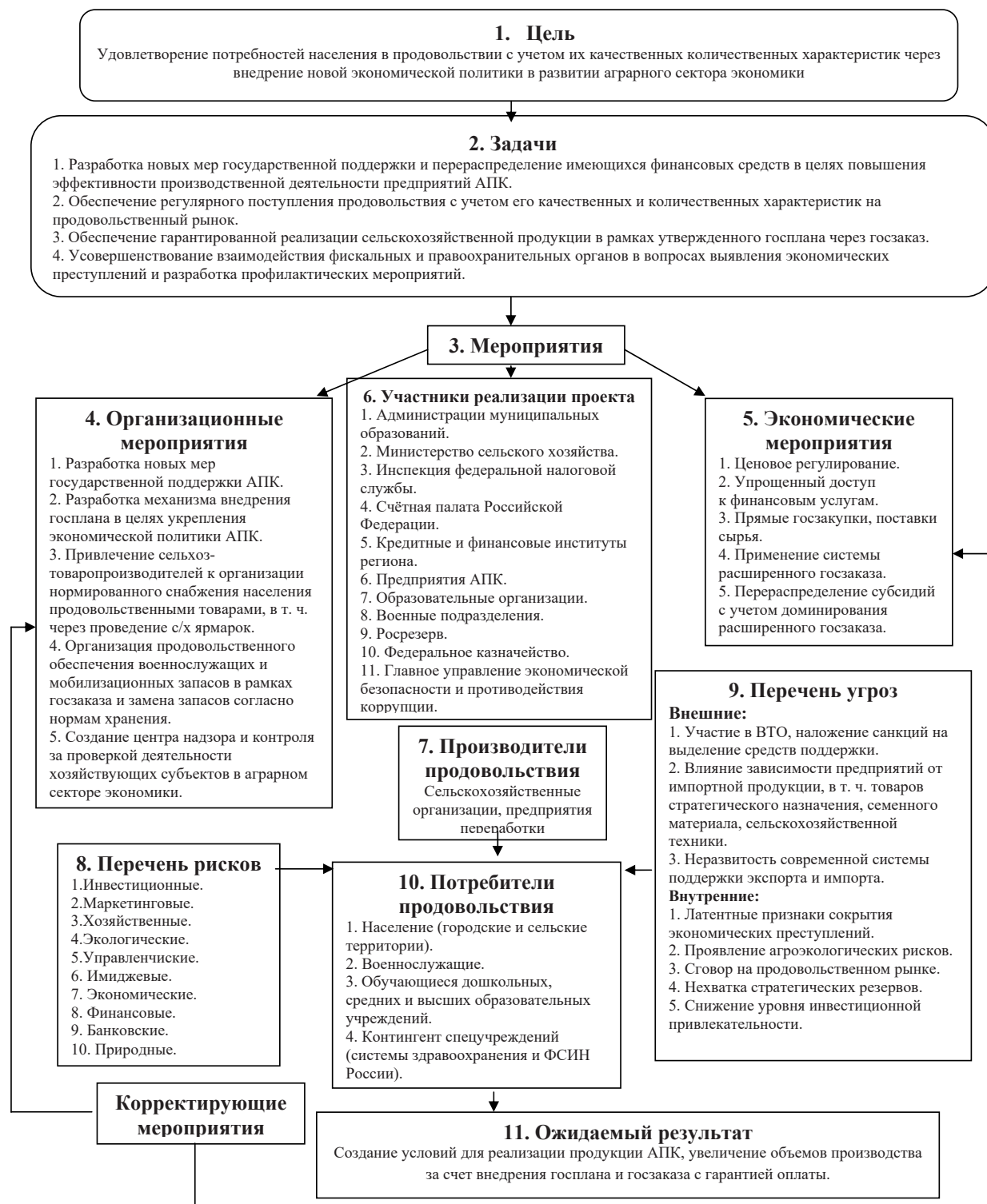


Рис. 1. Модель механизма реализации стратегических мероприятий новой экономической политики в аграрном секторе экономики

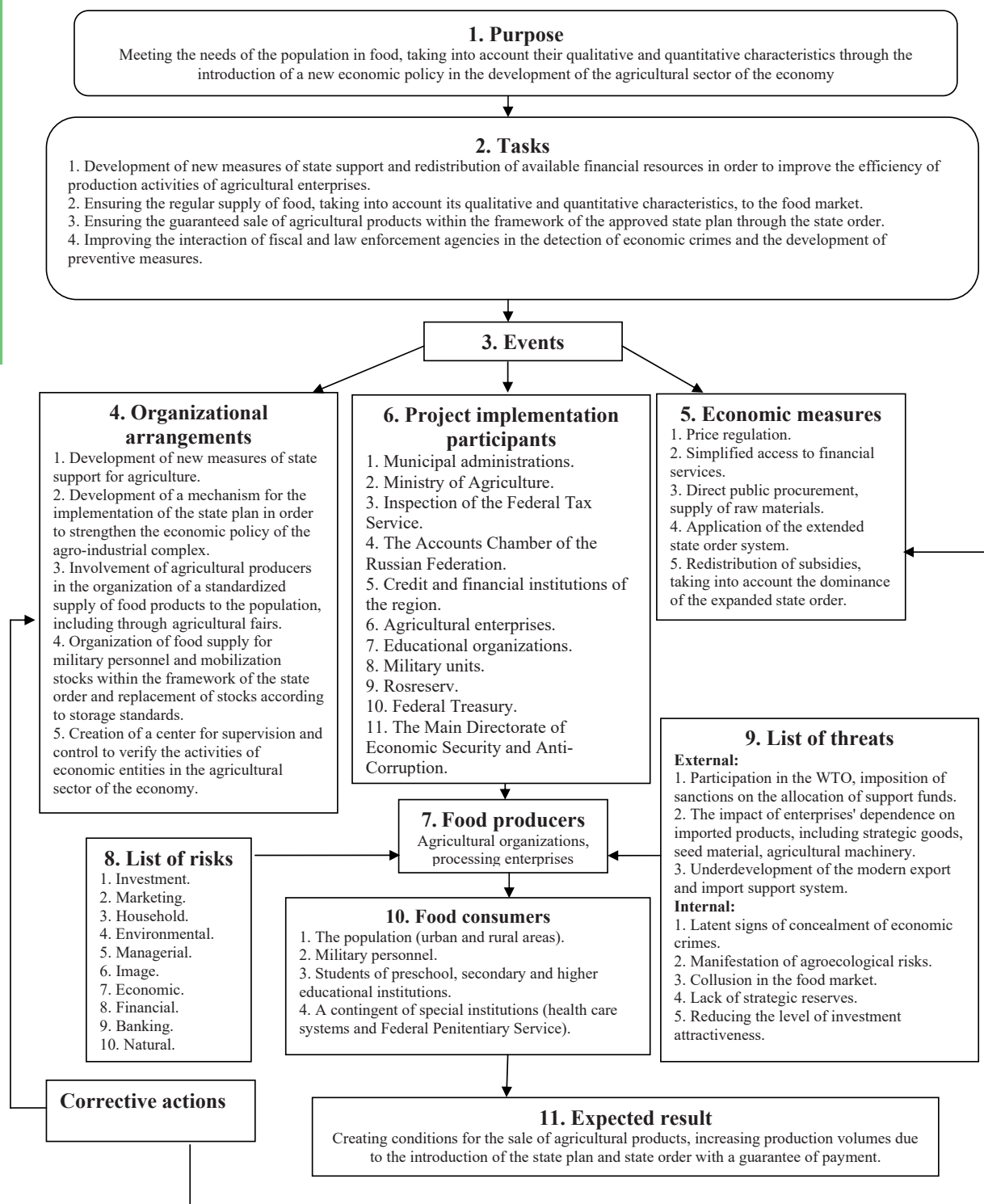


Fig. 1. Model of the mechanism for the implementation of strategic measures of the new economic policy in the agricultural sector of the economy

Для укрепления экономической политики агро-промышленного комплекса предлагаем разработать механизм внедрения госплана. Госплан поможет определить направление и выработать стратегию дальнейшего хозяйственного развития страны. Госплан станет помощником при составлении кратко-, средне-, долгосрочных планов, целевых программ.

Процесс планирования должен быть выстроен по принципу межуровневого согласования с региональными, местными властями и производственными организациями в отраслевых разрезах. При этом плановая инициатива, предложения по выполнению показателей выдвигались бы от предприятий, муниципалитетов, отраслевых министерств и ведомств.

Ведь на самом деле все общество строит планы. Производитель рассчитывает производство товаров, продавец – объем продаж своего товара в рамках платежеспособного спроса, покупатель, заказчик планируют объем закупок согласно своей платежеспособности. Плановая экономика преобразовалась в различные проекты, бизнес-планы, балансы, программы. Муниципалитеты, регионы и федеральные службы освоили бюджетное планирование с принятием бюджета на три года. Основная доля бюджетных средств идет на финансирование целевых программ, национальных проектов. Но не все социально-экономические проблемы страны охвачены нацпроектами. Нет понимания целостности системы государственного стратегического планирования.

Внедрение госплана объединит производственные планы, муниципальные и региональные программы, отражающие подлинные проблемы территорий, национальные проекты, федеральные целевые программы с помощью взаимосвязанных количественных и качественных индикаторов в стратегию социально-экономического развития страны с длительной перспективой.

А создание центров надзора и контроля за проверкой деятельности хозяйствующих субъектов должно объединить институты государственного, правового, финансового, отраслевого, регионального, внешне-экономического и социального планирования в единый процесс.

Очень важно, чтобы основные плановые директивы были подкреплены государственной финансовой поддержкой. В настоящее время уровень государственной поддержки аграрного бизнеса достаточно мал, он покрывает отчасти налоговые выплаты предприятия. В летние месяцы, во время полевых работ, заготовки кормов и уборки зерновых, до 40 % выручки от реализации произведенной продукции уходит на оплату электроэнергии и топлива. Важно предоставлять сельхозтоваропроизводителям льготы по оплате газа, электроэнергии, топлива в целях сохранения паритета цен между продукцией сельского хозяйства и промышленности.

Считаем оправданным использование ценовых скидок в период полевых работ. Например, Министерство сельского хозяйства Российской Федерации закупает в фонд резерва удобрения, средства защиты растений, химикаты для борьбы с борщевиком Соновского, а сельхозпредприятиям они реализуются со скидкой 40 %.

Предлагаем пересмотреть важное для сельхозтоваропроизводителей направление «погектаровка» и добавить для оценки эффективности данной поддержки целевой показатель «производство продукции на одного работника». Данный показатель позволит охарактеризовать уровень использования экономического, биологического потенциала земли и качество управления эффективностью использования земельных ресурсов, определить эффективность сельскохозяйственного производства, эффективность вложен-

ных средств в обработку земель сельхозназначения. Также предлагаем перечислять компенсирующие выплаты сразу после посевных работ, для того чтобы хозяйства могли подготовить технику и составляющие к заготовке кормов и уборке зерновых, и включить в статью данных выплат при страховании не только зерновые культуры, но и многолетние травы. Ставку выплат за гектар использованной земли индексировать в зависимости от роста потребительских цен. Для оптимизации питания сельскохозяйственных растений и повышения плодородия почв разработать меру поддержки – возмещение части затрат на агрохимические исследования почв, мелиорацию и фосфоритование земель. Для более эффективного использования сельскохозяйственных площадей и вовлечения не востребуемых долей в сельхозоборот предлагаем упростить регламент подтверждающих работы документов.

Для того чтобы сельхозтоваропроизводители не брали кредиты для проведения сельскохозяйственных работ, государству нужно в весеннее время авансировать хозяйства выдачей до 90 % субсидий на производство продукции.

Аграрный маркетинг в нашей стране развит еще недостаточно успешно. Большинство аграрных предприятий производят сельскохозяйственное сырье и сразу же реализуют его перерабатывающим предприятиям. Однако уникальность сельского маркетинга заключается в том, что произведенная продукция может быть не только произведена и реализована, но и здесь же переработана, упакована и подготовлена к реализации в виде широкого ассортимента товаров разного назначения (не только продовольственные товары). Основными факторами, определяющими развитие аграрного маркетинга, являются:

- погодные условия;
- сезонность производства;
- спрос на продовольственные товары различной ценовой категории;
- разнообразие организационных форм хозяйствования субъектов АПК;
- демпинг цен;
- уровень маркетингового обеспечения [25, с. 5].

Для обеспечения правильной пропорции объемов и ассортимента продовольственных товаров, которые сельхозтоваропроизводитель может произвести и реализовать и количеством товаров, которые готов приобрести покупатель по предложенной цене, заявленного качества в определенное время с огромной скоростью в аграрном секторе экономики стало развиваться новое направление маркетинга – онлайн-продажи.

Биржевая торговля позволяет крупным предприятиям сократить затраты на приобретение или реализацию больших партий сельскохозяйственной продукции независимо от расположения предприятия, сэкономить на услугах посредников, аренде помещений и торговых площадок.

Охотно используют это направление малые формы хозяйствования. Переработчики дают небольшую цену на продукцию средним и малым фермерам из-за малых объемов производства. С помощью интернет-площадок фермеры реализуют произведенную продукцию в близлежащих территориях. Электронная торговля позволяет быстрее и достовернее донести информацию о товаре покупателю, более точно планировать производство продукции, оперативно напрямую доставлять свежие продукты до потребителя, побуждает производителя за счет внедрения новых технологий расширять ассортимент производимой продукции. К тому же интернет-площадки в условиях пандемии COVID-19 стали актуальным и эффективным инструментом развития агробизнеса, позволяющим управлять определенными рисками и противостоять внешним факторам.

Для поднятия имиджа сельскохозяйственного производства, уровня жизни на селе, трансляции экологически чистой, здоровой продукции необходимо создать условия для проведения и поддерживать в городах и сельских территориях проведение универсальных ярмарок, где население может ознакомиться с ассортиментом производимой сельхозпредприятиями продукции, продегустировать и приобрести натуральные продукты. Нужно предоставить людям возможность найти своего поставщика, работающего на данной территории, а фермерам – представить свою продукцию широкому кругу потребителей, перенять опыт, наладить деловые контакты, отследить главные тенденции рынка. Считаем, что использование онлайн-продаж, организация нестационарной торговли, проведение универсальных ярмарок позволят расширить линейку продуктов местного производства и сдерживать рост цен на продовольственные товары.

В настоящее время организация питания в Российской армии передана на аутсорсинг. В мирное время такая организация данного вопроса считается приемлемой. И армия сейчас зависит от качества выполняемых предпринимателями услуг. В случае локального конфликта, наступления сложной экономической ситуации в стране аутсорсер может отказаться от оказания услуги и выполнения условий контракта. Поэтому важно создать современную систему организации продовольственного обеспечения военнослужащих, мобилизационных запасов и замену запасов согласно нормам хранения. Полагаем, что максимально эффективно и качественно обеспечить продовольствием военнослужащих смогут местные товаропроизводители, а привлечь их для участия в данной системе можно взаимодействием в рамках госзаказа. И это будет минимально обременительно для военного бюджета, а сельхозпредприятия будут обладать определенными преференциями при получении государственной поддержки. К тому же для хранения запасов предприятия могут использовать свою материально-техническую базу. Они будут заинтересованы в поддержании запасов на данном уровне, контроле качественного состояния продуктов, оптимизации количества запасов,

необходимых для освежения и обеспечения питания военнослужащих. Замену запасов, находящихся на ответственном хранении, организации смогут осуществлять на основании госплана на аналогичную продукцию самостоятельно, без дополнительного привлечения бюджетных средств.

Перечень экономических мероприятий включает в себя:

- ценовое регулирование;
- упрощенный доступ к финансовым услугам;
- прямые госзакупки, поставки сырья;
- применение системы расширенного госзаказа;
- перераспределение субсидий с учетом доминирования расширенного госзаказа.

Ценовое регулирование в аграрном секторе экономики связано с рядом факторов: сезонностью производства продукции, невысоким уровнем эластичности спроса на производимую продукцию, зависимостью сельхозпредприятий от переработчиков-монополистов, диспаритет цен. Перерабатывающие предприятия получают больше прибыли, перерабатывая сельскохозяйственное сырье, нежели производители, которые его произвели и понесли основные производственные затраты.

Считаем нужным применять гарантированные цены при реализации сельхозпродукции государственным потребителям, целевые цены – при госзакупках, договорные – при пополнении оперативного резерва сельхозпродукции и продовольствия страны, это даст возможность для расширения прямого производства. В новогодние праздничные дни, когда падает спрос на молочную продукцию, предлагаем применять товарные и закупочные интервенции. Этим мы гарантируем товаропроизводителям определенный рынок сбыта произведенной продукции.

Упрощенный доступ к финансовым услугам, прямые госзакупки и поставки сырья позволяют агропредприятиям планировать на целый год и более объем производства, продаж продукции, потребность в сырье, материалах, запасных частях, топливе и концентрировать свои ресурсы для финансирования крупных закупок непосредственно у производителя. Тем самым снизится себестоимость произведенного продукта.

Система расширенного госзаказа в аграрном секторе экономики может стать эффективной формой регулирования социально-экономического развития на региональном уровне за счет осуществления закупок конкретной продукции у хозяйствующих субъектов и финансирования затрат на производство определенных работ и услуг, тем самым сэкономив при этом бюджетные средства. Субсидирование агропредприятий предлагаем осуществлять с учетом доминирования расширенного госзаказа. В приоритете господдержки должны быть производители основных видов продукции (молоко, мясо, яйцо, овощи), обеспечивающие госрезерв и госзаказ.

Все угрозы реализации стратегических мероприятий новой экономической политики можно сгруппи-

ровать по уровню возникновения на внешние и внутренние. Основными из внутренних угроз являются проявление агроэкологических рисков, изменение погодных условий, влияние на производство продукции неблагоприятных природных факторов (засуха, эрозия почв, наводнения). К числу внешних угроз отнесем зависимость страны в некоторых видах импортного продовольствия, сельскохозяйственной техники, семенного материала.

Наиболее серьезными последствиями угроз являются участие в ВТО, наложение санкций на выделение средств поддержки.

При определении видов рисков выделяем инвестиционные, маркетинговые, хозяйственные, экологические, управленческие, имиджевые, экономические, финансовые, банковские и природные. Вышеперечисленные риски имеют между собой связи разных уровней, одни могут усиливать действие других. Например, реализация природных рисков может привести к активации инвестиционных, финансовых, экономических рисков и привести к экологической катастрофе. Все рассматриваемые факторы отражают комплексное влияние социально-экономической ситуации в стране на деятельность сельскохозяйственных организаций и предприятий переработки.

#### **Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)**

Внедрение предложенных нами стратегических мероприятий новой экономической политики в аграрном секторе экономики исключит ряд отрицательных последствий.

Например, в рамках организационных мероприятий предлагаем разработать новые меры государственной поддержки АПК с внедрением госплана через ценовое регулирование, прямые госзакупки, поставки сырья и применение системы расширенного госзаказа, а также рассмотреть как направление бюджетной поддержки организацию продовольственного обеспечения военнослужащих и мобилизационных запасов в рамках госзаказа и замену запасов согласно нормам хранения, а оказание субсидиарной поддержки перераспределить с учетом доминирования расширенного госзаказа.

Организация прямых связей современной логистической системы между организациями систем образования, здравоохранения, ГУФСИН и сельхозтоваропроизводителями создаст благоприятные условия для быстрого продвижения произведенной продукции к потребителю и сохранения качества продуктов. Потребители будут обеспечены своевременным питанием согласно качественным и количественным характеристикам. Ориентируясь на установленную закупочную цену, сельхозпредприятие сможет более точно спланировать свою деятельность, максимально используя природные и экономические условия и производственные мощности для его развития.

Создание центров надзора и контроля за проверкой деятельности хозяйствующих субъектов в аграрном секторе экономики позволит видеть в нужные сроки необходимую информацию на различных уровнях управления, правильно оценить реальную ситуацию развития АПК, корректировать запланированные показатели развития производства продукции, контролировать эффективность использования бюджетных средств [26, с. 75]. При этом затраты на совершенствование управления должны быть определены с учетом перераспределения денежных средств.

Анализируя вышеизложенное, считаем необходимым определить инструменты и механизмы внедрения новой экономической политики в развитии аграрного сектора экономики. Безусловно, намеченные в нашей статье стратегические мероприятия НЭПа по обеспечению создания благоприятных условий для удовлетворения потребностей населения в продовольствии с учетом современных требований имеют необходимость в более широкой проработке и рассмотрении в дальнейших исследованиях, а также воплощении их в практике. Считаем, что исследования в области новой экономической политики государства в аграрном секторе экономики являются актуальными, имеют практическую значимость и будут интересны широкому кругу лиц.

#### **Библиографический список**

1. Сухарева О. А., Малинник К. М. Подходы к управлению реализацией инвестиционного проекта в условиях неопределенности внешней среды // Проблемы и перспективы экономических отношений на пространстве ЕАЭС: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2017. С. 136–141.
2. Ушаев И. Г. Основные направления стратегии устойчивого социально-экономического развития АПК России // АПК: Экономика, управление. 2017. № 6. С. 4–24.
3. Zhahov N. V., Krivoshlykov V. S., Shatokhin M. V. Ways of Modern Agriculture In: Specifics and State Support // The 30th International Business Information Management Association Conference. Madrid, Spain, 2017. Pp. 3646–3653.
4. Kovalev V., Kryllo S., Semin A. The Impact of the sanctions policy on agriculture and the processes of integration within the EEU // Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage: Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference. Madrid, Spain, 2019. Pp. 1543–1556.
5. Алтухов А. И. Проблемы развития АПК страны и необходимость их ускоренного решения // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 4. С. 3–4.
6. Васильев А. Н., Щукина А. Я. Анализ рейтинга ряда стран мирового сообщества по Глобальному индексу инновационного развития [Электронный ресурс] // Вестник ВУиТ. 2018. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru>.

ru/article/n/analiz-reytinga-ryada-stran-mirovogo-soobschestva-po-globalnomu-indeksu-innovatsionnogo-razvitiya (дата обращения: 26.09.2021).

7. Вожаева Н. Г., Волков И. В., Козлов В. А., Павлов А. В. Современные тенденции и проблемы развития сельского хозяйства [Электронный ресурс] // АНИ: экономика и управление. 2019. № 2 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-i-problemy-razvitiya-selskogo-hozyaystva> (дата обращения: 26.09.2021).

8. Эпштейн Д. Б. Инвестиционная эффективность агрохолдингов и факторы эффективности инвестиций // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 12. С. 26–35.

9. Kovalev V., Falchenko O., Savelyeva I. Import substitution as a strategy for the new industrialization of the Russian agricultural sector in the Eurasian economic union // Advances in Social Science, Educational and Humanities Research: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension – SICNI 2018. Ekaterinburg, 2019. Vol. 240. Pp. 761–766.

10. Газдиев А. Р. Современное состояние государственной поддержки сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-gosudarstvennoy-podderzhki-selskohozyaystvennogo-proizvodstva> (дата обращения: 26.09.2021).

11. Фатьянов Я. И. НЭП: основные преобразования и итоги [Электронный ресурс] // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nep-osnovnye-preobrazovaniya-i-itogi> (дата обращения: 26.09.2021).

12. Дулепинских Л. Н., Светлаков А. Г. Генезис и эволюция развития новой экономической политики в аграрном секторе экономики России // Микроэкономика. 2021. № 1. С. 36–42. DOI: 10.33917/mic-1.96.2021.36-42.

13. Катрич А. Д. История развития государственных и муниципальных закупок [Электронный ресурс] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 5-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-gosudarstvennyh-i-munitsipalnyh-zakupok> (дата обращения: 26.09.2021).

14. Сергеева С. А., Ситников А. А. Институциональный аспект формирования контрактной системы Российской Федерации [Электронный ресурс] // Инновации и инвестиции. 2021. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalnyy-aspekt-formirovaniya-kontraktnoy-sistemy-rossiyskoy-federatsii> (дата обращения: 26.09.2021).

15. Тезисы об экономике Белоруссии: страна для выживания или страна для жизни [Электронный ресурс] // Ведомости. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/11/05/845797-tezisi-belorusskoi> (дата обращения: 16.09.2021).

16. Бычков Н. А., Мохначева Н. Г. Эффективность государственного сектора сельского хозяйства и пути его трансформации в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-reformirovaniya-ubytochnyh-selskohozyaystvennyh-organizatsiy-i-privlecheniya-investitsiy-v-minskoy-oblasti> (дата обращения: 16.09.2021).

17. Воробьев В. А. Совершенствование аграрной политики в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. URL: [http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/28266/1/Vorobev\\_V.\\_A.\\_132\\_138.pdf](http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/28266/1/Vorobev_V._A._132_138.pdf) (дата обращения: 15.09.2021).

18. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник МИНСК 2021 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_39702](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_39702) (дата обращения: 16.09.2021).

19. Juntu D., Baolian S., Yang Ts.. The economic logic of Chinese industrialization: from the priority of heavy industry to the strategy of comparative advantages // Jingji yanju. 2018. No. 11. Pp. 17–31.

20. Черкасова О. В. Некоторые аспекты современной аграрной политики в Китае [Электронный ресурс] // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. № 13-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-sovremennoy-agrarnoy-politiki-v-kitae> (дата обращения: 16.09.2021).

21. Мищенко И. В., Боровиков А. В. Аграрная политика Китая и возможности ее применения в России [Электронный ресурс] // Экономика. Профессия. Бизнес. 2018. Т. 1. № 1. С. 38–42. URL: <http://journal.asu.ru/ec/article/view/201807> (дата обращения: 16.09.2021).

22. China Statistical Yearbook 2021 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.stats.gov.cn/english/Statistical-/AnnualData> (дата обращения: 15.09.2021).

23. Kaiming G., Jing H., Si Ya. Factors that influenced the restructuring of the sectoral structure of the Chinese economy during the period of reforms and “openness” // Jingji yanju. Pekin. 2017. No. 3. Pp. 32–46.

24. Феклистова Д. П. История зарождения и становления института государственных закупок в России [Электронный ресурс] // Молодой ученый. 2017. № 7 (141). С. 371–373. URL: <https://moluch.ru/archive/141/39595> (дата обращения: 26.09.2021).

25. Ильина Е. А. Особенности маркетинга в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум: материалы VIII Международной студенческой научной конференции. URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016020056> (дата обращения: 12.09.2021).

26. Нагуманова Р. В., Сабирова А. И. Контроллинг как современный метод управления субъектами различных сфер деятельности. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2016. 82 с.

**Об авторах:**

Людмила Николаевна Дулепинских<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры организации аграрного производства, ORCID 0000-0003-4716-8268, AuthorID 1125878; +7 904 848-04-15, [dulepinskih.liudmila@yandex.ru](mailto:dulepinskih.liudmila@yandex.ru)

Андрей Геннадьевич Светлаков<sup>1</sup>, доктор экономических наук, профессор кафедры организации аграрного производства, ORCID 0000-0002-2321-0284, AuthorID 431129; +7 922 386-56-86, [sag08perm@mail.ru](mailto:sag08perm@mail.ru)

<sup>1</sup> Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

## The economic nature of the development of anti-paradigm phenomena of the new economic policy of the state in the agricultural sector of the economy

L. N. Dulepinskih<sup>1</sup>✉, A. G. Svetlakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉E-mail: [dulepinskih.liudmila@yandex.ru](mailto:dulepinskih.liudmila@yandex.ru)

**Abstract.** Despite the implementation of production activities in crisis situations, agricultural enterprises are increasing the production of agricultural products. The issues of the development of agricultural production and measures of state support for agricultural business are currently becoming particularly relevant. This article is devoted to the problems of current activities and prospects for the development of the agro-industrial complex in crisis situations. **The purpose** of our work is to study the causes of uneven development of agricultural enterprises of various forms of ownership, to develop measures that contribute to the creation of favorable conditions in the agro-industrial complex for the production and sale of products. To achieve this goal, we have identified the following tasks: to identify contradictions that prevent an increase in agricultural production; to develop the main directions for the development of agribusiness. **Methods.** In assessing the development of modern economic policy, mathematical and statistical research methods were used, defining indicators were identified, and factors affecting the development of the agricultural economy in the field of recent changes were considered. **Results.** The authors considered the key areas of state support for agricultural producers, outlined the tasks of further development of the agro-industrial complex, identified the participants of interaction in the agricultural sector of the economy. Strategic measures of the new economic policy in the agricultural sector of the economy have been developed, aimed at creating favorable conditions for the production and sale of products of the agro-industrial complex, taking into account the implementation of the state plan and state order. The risks and threats that hinder the implementation of strategic measures are grouped. Food consumers interacting with producers in the public procurement system have been identified. The advantages of creating a center for supervision and control to verify the activities of economic entities in the agricultural sector of the economy are outlined. The authors have developed a model of the mechanism for implementing strategic measures of the new economic policy in the agricultural sector of the country's economy. **The scientific novelty** of the research lies in the development of a model of the mechanism for the implementation of strategic measures of the new economic policy in the agricultural sector of the economy.

**Keywords:** agricultural sector of the economy, agricultural enterprises, crisis situations, new economic theory.

**For citation:** Dulepinskih L. N., Svetlakov A. G. The economic nature of the development of anti-paradigm phenomena of the new economic policy of the state in the agrarian sector of the economy // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 67–79. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-67-79. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 28.09.2021, **date of review:** 04.10.2021, **date of acceptance:** 11.10.2021.

### References

1. Sukhareva O. A. Podkhody k upravleniyu realizatsiyey investitsionnogo proekta v usloviyakh neopredelennosti vneshney sredy [Approaches to managing the implementation of an investment project in the conditions of uncertainty of the external environment] // Problemy i perspektivy ekonomicheskikh otnosheniy na prostranstve EAES: sbornik statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ufa, 2017. Pp. 136–141. (In Russian.)

2. Ushachev I. G. Osnovnye napravleniya strategii ustoychivogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya APK Rossii [The main directions of the strategy of sustainable socio-economic development of the agro-industrial complex of Russia] // APK: Ekonomika, upravlenie. 2017. No. 6. Pp. 4–24. (In Russian.)
3. Zhahov N. V., Krivoshlykov V. S., Shatokhin M. V. Ways of Modern Agriculture In: Specifics and State Support // The 30th Inter-national Business Information Management Association Conference. Madrid, Spain, 2017. Pp. 3646–3653.
4. Kovalev V., Kryllo S., Semin A. The Impact of the sanctions policy on agriculture and the processes of integration within the EEU // Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage: Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference. Madrid, Spain, 2019. Pp. 1543–1556.
5. Altukhov A. I. Problemy razvitiya APK strany i neobkhodimost' ikh uskorennoy resheniya [Problems of agricultural development of the country and the need for rapid decisions] // Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii. 2018. No. 4. Pp. 3–4. (In Russian.)
6. Vasil'yev A. N., Shchukina A. Ya. Analiz reytinga ryada stran mirovogo soobshchestva po Global'nomu indeksu innovatsionnogo razvitiya [Analysis of the rating of a number of countries of the world community on the Global Index of Innovative Development] [e-resource] // Vestnik VUiT. 2018. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-reytinga-ryada-stran-mirovogo-soobshchestva-po-globalnomu-indeksu-innovatsionnogo-razvitiya> (date of reference: 26.09.2021). (In Russian.)
7. Vozhdaeva N. G., Volkov I. V., Kozlov V. A., Pavlov A. V. Sovremennye tendentsii i problemy razvitiya sel'skogo khozyaystva [Modern trends and problems of agricultural development] [e-resource] // Azimuth of scientific research: economics and administration. 2019. No. 2 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-tendentsii-i-problemy-razvitiya-selskogo-hozyaystva> (date of reference: 26.10.2021). (In Russian.)
8. Epshteyn D. B. Investitsionnaya effektivnost' agrokholdingov i faktory effektivnosti investitsiy [Investment efficiency of agricultural holdings and investment efficiency factors] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2017. No. 12. Pp. 26–35. (In Russian.)
9. Kovalev V., Falchenko O., Savelyeva I. Import substitution as a strategy for the new industrialization of the Russian agricultural sector in the Eurasian economic union // Advances in Social Science, Educational and Humanities Research: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Scientific Conference on New Industrialization: Global, National, Regional Dimension – SICNI 2018. Ekaterinburg, 2019. Vol. 240. Pp. 761–766.
10. Gazdiev A. R. Sovremennoe sostoyanie gosudarstvennoy podderzhki sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [The current state of state support for agricultural production] // Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2016. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-gosudarstvennoy-podderzhki-selskohozyaystvennogo-proizvodstva> (date of reference: 26.09.2021). (In Russian.)
11. Fat'yanov Ya. I. NEP: osnovnye preobrazovaniya i itogi [NEP: main transformations and results] [e-resource] // Economy and business: theory and practice. 2018. No. 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nep-osnovnye-preobrazovaniya-i-itogi> (date of reference: 26.10.2021). (In Russian.)
12. Dulepinskiy L. N. Genezis i evolyutsiya razvitiya novoy ekonomicheskoy politiki v agrarnom sektore ekonomiki Rossii [Genesis and evolution of the development of a new economic policy in the agrarian sector of the Russian economy] // Mikroekonomika. 2021. No. 1. Pp. 36–42. DOI 10.33917/mic-1.96.2021.36-42. (In Russian.)
13. Katrich A. D. Istoriya razvitiya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh zakupok [History of development of state and municipal procurement] [e-resource] // Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2019. No. 5-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-razvitiya-gosudarstvennykh-i-munitsipalnykh-zakupok> (date of reference: 26.10.2021). (In Russian.)
14. Sergeeva S. A., Sitnikov A. A. Institutsional'nyy aspekt formirovaniya kontraktnoy sistemy Rossiyskoy Federatsii [Institutional aspect of the formation of the contract system of the Russian Federation] [e-resource] // Innovations and Investments magazine. 2021. No. 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/institutsionalnyy-aspekt-formirovaniya-kontraktnoy-sistemy-rossiyskoy-federatsii> (date of reference: 26.10.2021). (In Russian.)
15. Tezisy ob ekonomike Belorussii: strana dlya vyzhivaniya ili strana dlya zhizni [Theses on the economy of Belarus: a country for survival or a country for life] [e-resource]. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/11/05/845797-tezisi-belorusskoi> (date of reference: 16.09.2021). (In Russian.)
16. Bychkov N. A., Mohnacheva N. G. Effectiveness of agriculture public sector and ways of its transformation in the Republic of Belarus [e-resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-reformirovaniya-ubytochnykh-selskohozyaystvennykh-organizatsiy-i-privlecheniya-investitsiy-v-minskoy-oblasti> (date of reference: 16.09.2021).
17. Vorob'yev V. A. Sovershenstvovanie agrarnoy politiki v Respublike Belarus [Improvement of agrarian policy in the Republic of Belarus] [e-resource]. URL: [http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/28266/1/Vorobev\\_V\\_A\\_132\\_138.pdf](http://www.bseu.by:8080/bitstream/edoc/28266/1/Vorobev_V_A_132_138.pdf) (date of reference: 15.09.2021). (In Russian.)

18. Sel'skoe khozyaystvo Respubliki Belarus. Statisticheskiy sbornik MINSK 2021 [Agriculture of the Republic of Belarus. Statistical collection MINSK 2021]. URL: [https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public\\_compilation/index\\_39702](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_39702) (date of reference: 16.11.2021).
19. Juntu D., Baolian S., Yang Ts. The economic logic of Chinese industrialization: from the priority of heavy industry to the strategy of comparative advantages // *Jingji yanju*. 2018. No. 11. Pp. 17–31. (In Chinese.)
20. Cherkasova O. V. Nekotorye aspekty sovremennoy agrarnoy politiki v Kitae [Some aspects of modern agrarian policy in China] [e-resource] // *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya*. 2018. No. 13-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-aspekty-sovremennoy-agrarnoy-politiki-v-kitae> (date of reference: 16.09.2021).
21. Mishchenko I. V., Borovikov A. V. Agrarnaya politika Kitaya i vozmozhnosti ee primeneniya v Rossii [China's agrarian policy and the possibilities of its application in Russia] [e-resource] // *Economics. Profession. Business*. 2018. T. 1. No. 1. Pp. 38–42. URL: <http://journal.asu.ru/ec/article/view/201807> (date of reference: 16.09.2021).
22. China Statistical Yearbook 2021 [e-resource]. URL: <http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData> (date of reference: 15.09.2021).
23. Kaiming G., Jing H., Si Ya. Factors that influenced the restructuring of the sectoral structure of the Chinese economy during the period of reforms and “openness” // *Jingji yanju*. 2017. No. 3. Pp. 32–46. (In Chinese.)
24. Feklistova D. P. Istoriya zarozhdeniya i stanovleniya instituta gosudarstvennykh zakupok v Rossii [History of the origin and formation of the Institute of Public Procurement in Russia] [e-resource] // *Molodoy uchenyy*. 2017. No. 7 (141). Pp. 371–373. URL: <https://moluch.ru/archive/141/39595> (date of reference: 26.09.2021). (In Russian.)
25. Il'ina E. A. Osobennosti marketinga v sel'skom khozyaystve [Features of marketing in agriculture] [e-resource] // *Studencheskiy nauchnyy forum: materialy VIII Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii*. URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016020056> (date of reference: 12.09.2021). (In Russian.)
26. Nagumanova R. V. Kontrolling kak sovremennyy metod upravleniya sub'ektami razlichnykh sfer deyatelnosti [Controlling as a modern method of managing subjects of various spheres of activity]. Kazan: Kazanskiy (Privolzhskiy) federal'nyy universitet, 2016. 82 p. (In Russian.)

#### **Authors' information:**

Lyudmila N. Dulepinskih<sup>1</sup>, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agricultural production organization, ORCID 0000-0003-4716-8268, AuthorID 1125878; +7 904 848-04-15, [dulepinskih.liudmila@yandex.ru](mailto:dulepinskih.liudmila@yandex.ru)

Andrey G. Svetlakov<sup>1</sup>, doctor of economic sciences, professor of the department of agricultural production organization, ORCID 0000-0002-2321-0284, AuthorID 431129; +7 922 386-56-86, [sag08perm@mail.ru](mailto:sag08perm@mail.ru)

<sup>1</sup> Perm State Agro-Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

## Аграрная структура Ростовской области: уровень развития и механизмы управления

О. В. Исаева<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Россия

✉E-mail: olga.isaeva-84@yandex.ru

**Аннотация.** Цель. Статья посвящена анализу уровня развития аграрной структуры, исследованию проблем и сдерживающих факторов функционирования различных форм хозяйствования в целях выделения и проработки механизмов управления аграрной отраслью. **Методы.** В ходе научного исследования были использованы такие методы, как монографический, эконометрический, аналитический, абстрактно-логический, а также метод мониторинговых исследований. **Результаты.** Исследования показали, что российская сельскохозяйственная отрасль представлена различными формами агрохозяйствования: представителями крупного и малого агробизнеса с постоянным усилением степени доминирования первых. Однако для отдельных регионов в силу специфики национальных и культурно-исторических особенностей характерно доминирование малого агробизнеса в производстве аграрной продукции. Одним из таких регионов стала Ростовская область, в которой на долю фермерства и хозяйств населения приходится 55,4 % сельхозпроизводства области. Это, в свою очередь, позволяет сделать вывод о нецелесообразности смещения акцентов государственного регулирования и поддержки в сторону одной из форм агрохозяйствования. **Научная новизна.** Предложены некоторые механизмы и инструменты управления аграрной структурой, обеспечивающие совершенствование институциональной среды и создание равных условий для развития как малого, так и крупного агробизнеса, а также учитывающие сильные и слабые стороны развития каждой из форм агрохозяйствования. С целью определения наиболее действенных и результативных инструментов и механизмов управления аграрным сектором экономики применительно для конкретного региона, реализация которых позволит активизировать потенциал как всей отрасли, так и отдельных агроструктур, предлагается провести анализ уровня развития аграрной структуры региона.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, аграрная структура, крупные сельхозорганизации, малые формы хозяйствования, инструменты и механизмы управления, технико-технологическая обеспеченность.

**Для цитирования:** Исаева О. В. Аграрная структура Ростовской области: уровень развития и механизмы управления // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 80–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-80-90.

**Дата поступления статьи:** 17.08.2021, **дата рецензирования:** 25.08.2021, **дата принятия:** 15.09.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

В современных условиях хозяйствования аграрный сектор России в большей степени, нежели другие отрасли экономики, подвержен влиянию изменчивости мирового хозяйственного уклада, связанного с геополитической нестабильностью, разрушением хорошо отлаженных и формированием новых торгово-экономических партнерских отношений, нарушением каналов поставки импортной высокопроизводительной техники и инновационных агротехнологий, а также волатильностью национальной валюты и другими факторами. Для АПК страны все еще остро стоят вопросы продовольственного самообеспечения и импортозамещения, обеспечения качественных характеристик выпускаемой продукции, расширения экспортного потенциала не только сельскохозяйственного сырья, но и продуктов переработки.

Для сглаживания негативных последствий влияния вышеуказанных факторов требуется совершен-

ствование механизмов и инструментов управления агропродовольственной сферой в целом и развития институциональной среды хозяйствующих агросубъектов в частности. В целях решения вышеназванных задач для определения потенциальных точек роста аграрного сектора экономики необходимо провести диагностику и анализ уровня развития сельскохозяйственной отрасли.

### Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе использования системного подхода с применением:

— монографического, эконометрического методов, институционального и системного анализа, метода мониторинговых исследований — с целью изучения вектора развития различных структур агрохозяйствования;

— абстрактно-логического метода — для определения и изучения логических внутренних и внешних связей аграрной структуры отечественного АПК,

выявления механизмов и инструментов госрегулирования, обеспечивающих формирование институциональной среды благоприятной для функционирования различных форм агрохозяйствования;

– метода обобщений и оценки результатов социологического исследования, а также научных изысканий по предложенной теме – с целью выделения ключевых проблем и потенциальных точек роста различных субъектов агробизнеса.

### Результаты (Results)

Сельскохозяйственный сектор России представлен совокупностью различных аграрных структур, сочетанием субъектов крупного агробизнеса с малыми формами хозяйствования (крестьянские (фермерские) хозяйства (включая ИП) и хозяйства населения). При этом в отдельных регионах малым агробизнесом производится более 50–70 % регионального объема сельскохозяйственной продукции. В Южном федеральном округе (ЮФО) в силу специфики входящих субъектов, а также традиционных особенностей народов практически во всех регионах (за исключением Краснодарского края и Республики

Крым) доминирующее положение занимают малые формы хозяйствования (МФХ) с долей производства от 53,7 % в Волгоградской области до 88,2 % в Республике Калмыкия (рис. 1). Данные результаты подтверждают выводы отдельных ученых-экономистов, а также авторское убеждение о значимой роли малых форм агрохозяйствования в АПК страны. Это, в свою очередь, требует учета потребности и совершенствования институциональной среды функционирования не только для крупного агробизнеса, но и для наиболее уязвимого – малого агропредпринимательства.

Ростовская область, обладая значительными земельными ресурсами (около 8,5 млн га сельскохозяйственных угодий), по данным на 2020 г. занимает и в ЮФО, и в России 2-е место по производству сельскохозяйственной продукции. Специализация региона – в основном растениеводческая, в 2020 г. в области продукции растениеводства произведено на 223,9 млрд руб., или 77,2 % областного агропроизводства.

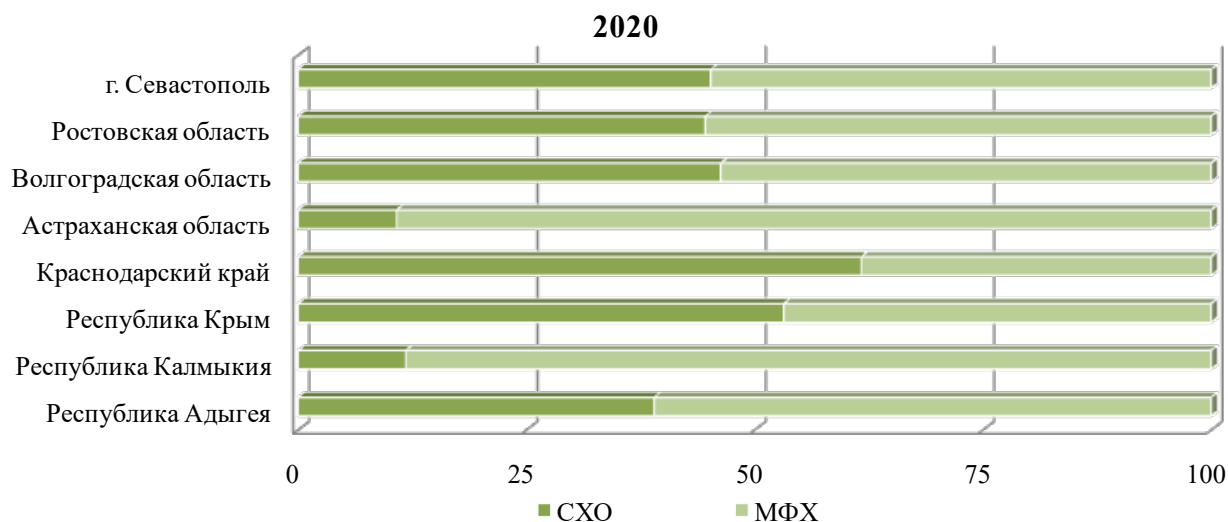


Рис. 1. Структура производства сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств в регионах ЮФО в 2020 г., %.  
Источник: разработано по [1]

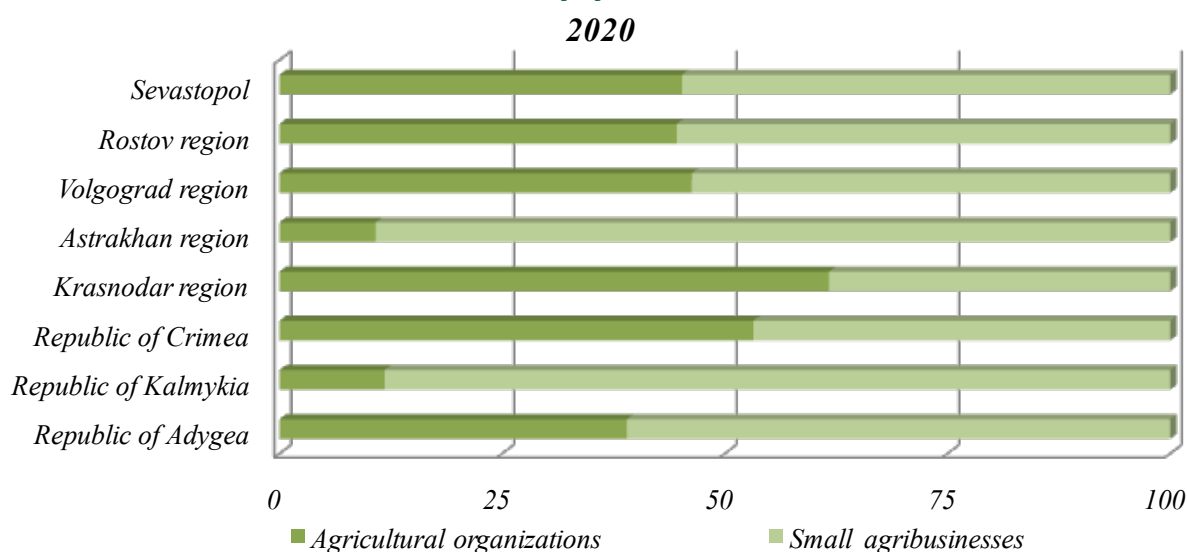


Fig. 1. Agricultural production structure products by categories of farms in the regions of Southern Federal District 2020, %.  
Source: developed by [1]

В регионе отмечаются динамичные темпы развития фермерства, что привело к усилению позиций К(Ф)Х (включая ИП) в производстве аграрной продукции. В Ростовской области на долю фермерства в 2020 г. приходится 26,8 %, этот параметр в 2,2 раза увеличился от уровня 2010 г., что значительно выше показателей в целом по стране и ЮФО. Если в 2010 г. в РФ на долю К(Ф)Х приходилось 7,2 % аграрного производства, в ЮФО – 13,8 %, то в 2020 г. отмечается почти двукратное увеличение данного показателя – до 14,3 и 24,4 % соответственно.

Как показывают исследования, в силу крайней незащищенности малого бизнеса, несовершенства действующего законодательства, перекоса мер и направлений государственной поддержки в сторону крупных агроформирований количество субъектов малого агробизнеса крайне нестабильно, имеет общую тенденцию к сокращению. В то же время при рассмотрении региональной специфики развития сельхозотрасли прослеживается наличие качественного и количественного потенциала роста и развития субъектов малого агропредпринимательства, что в значительной мере объясняется их высокой адаптивностью и экономической гибкостью, приводящей к

укреплению позиций и усилению роли малых форм хозяйствования в отраслевых производственных показателях (рис. 2).

Уровень технологичности агросектора не может в полной мере обеспечить высококонкурентные преимущества аграрной продукции как на российском, так и на международном рынке, а также обеспечить минимизацию возможных потерь урожая в связи с нарушением сроков проведения сельскохозяйственных работ. За 20-летний период энергообеспеченность сельскохозяйственных организаций (СХО) России сократилась почти на 39 %, для Ростовской области характерно снижение на 31,8 %. С 2015 г. отмечается замедление темпов сокращения обеспеченности энергетическими мощностями, среднее значение данного показателя за последние 6 лет составило около 200 л. с. на 100 га посевов в целом по стране, 197 л. с. – в донском регионе, что не обеспечивает ведение высокоэффективного и конкурентоспособного производства. По данным экспертов, для обеспечения выполнения агротехнических работ в сельском хозяйстве в оптимальные сроки энергообеспеченность аграриев должна быть на уровне  $\geq 300$  л. с. на 100 га пашни [3].

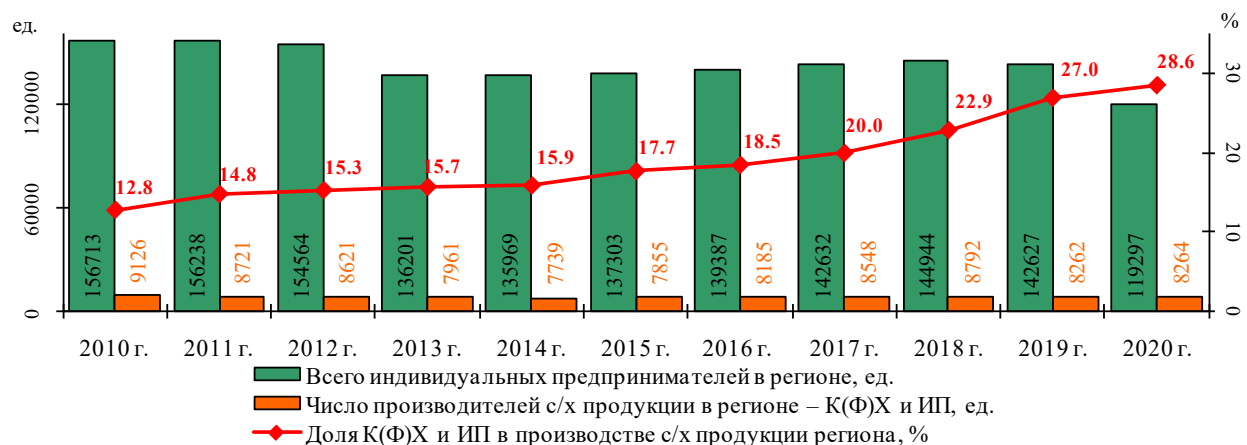


Рис. 2. Положение и роль субъектов малого агробизнеса Ростовской области. Источник: разработано по [1], [2]

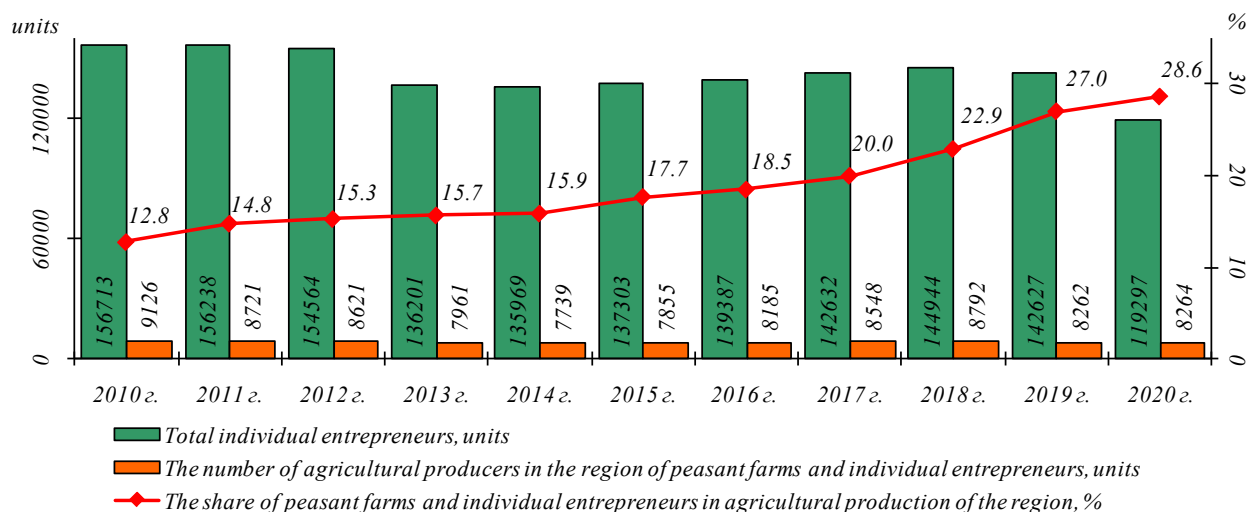


Fig. 2. The position and role of small agribusiness entities Rostov region.

Source: developed by [1], [2]

## Наличие основных видов сельхозтехники в К(Ф)Х и ИП в России и Ростовской области по данным ВСХП 2006, 2016 гг.

| Показатель                             | 2006 г.       |                       |         |                  | 2016 г.       |                       |         |                  | 2016 г.<br>к 2006<br>г., % |
|----------------------------------------|---------------|-----------------------|---------|------------------|---------------|-----------------------|---------|------------------|----------------------------|
|                                        | Всего,<br>ед. | В т. ч. в возрасте, % |         |                  | Всего,<br>ед. | В т. ч. в возрасте, % |         |                  |                            |
|                                        |               | До 4 лет              | 4–8 лет | 9 лет и<br>более |               | До 4 лет              | 4–8 лет | 9 лет и<br>более |                            |
| Российская Федерация                   |               |                       |         |                  |               |                       |         |                  |                            |
| Наличие тракторов                      | 158 793       | 5,1                   | 12,7    | 82,2             | 190 486       | 14,3                  | 23,1    | 62,6             | 120,0                      |
| Наличие<br>зерноуборочных<br>комбайнов | 54 014        | 4,7                   | 10,0    | 85,3             | 62 795        | 13,0                  | 19,2    | 67,8             | 116,3                      |
| Ростовская область                     |               |                       |         |                  |               |                       |         |                  |                            |
| Наличие тракторов                      | 13 263        | 6,5                   | 16,0    | 77,5             | 13 334        | 13,7                  | 20,9    | 65,4             | 100,5                      |
| Наличие<br>зерноуборочных<br>комбайнов | 4 696         | 5,9                   | 13,9    | 80,2             | 5 229         | 13,4                  | 17,7    | 68,9             | 113,5                      |

Источник: разработано по [6], [7].

Table 4

## Availability of the main types of agricultural machinery in peasant farms and individual entrepreneurs in Russia and Rostov region according to the All-Russian Agricultural Census of 2006 and 2016

| Indicator                          | 2006         |                            |           |                 | 2016         |                            |           |                 | 2016 to 2006, % |
|------------------------------------|--------------|----------------------------|-----------|-----------------|--------------|----------------------------|-----------|-----------------|-----------------|
|                                    | Total, units | Including at the age of, % |           |                 | Total, units | Including at the age of, % |           |                 |                 |
|                                    |              | Up to 4 years              | 4–8 years | 9 years or more |              | Up to 4 years              | 4–8 years | 9 years or more |                 |
| Russian Federation                 |              |                            |           |                 |              |                            |           |                 |                 |
| Availability of tractors           | 158 793      | 5.1                        | 12.7      | 82.2            | 190 486      | 14.3                       | 23.1      | 62.6            | 120.0           |
| Availability of combine harvesters | 54 014       | 4.7                        | 10.0      | 85.3            | 62 795       | 13.0                       | 19.2      | 67.8            | 116.3           |
| Rostov region                      |              |                            |           |                 |              |                            |           |                 |                 |
| Availability of tractors           | 13 263       | 6.5                        | 16.0      | 77.5            | 13 334       | 13.7                       | 20.9      | 65.4            | 100.5           |
| Availability of combine harvesters | 4 696        | 5.9                        | 13.9      | 80.2            | 5 229        | 13.4                       | 17.7      | 68.9            | 113.5           |

Source: developed by [6], [7].

Как показали исследования, в Ростовской области при наличии плодородных земель, благоприятных природно-климатических условий, а также кадровых ресурсов на текущий момент потенциал развития аграрной отрасли не реализован в полной мере. По итогам 2019 г. в рейтинге стран мира по урожайности зерновых культур Россия находится на 99 месте с показателем около 27 ц/га. В Ростовской области в 2020 г. данный показатель составил 34,5 ц/га (34,1 ц/га в 2019 г.). Для сравнения: в мировых аграрных странах-лидерах показатели урожайности значительно выше российских. Так, в США при энергообеспеченности аграрного сектора 850 л. с. на 100 га посевов урожайность зерновых составляет 80 ц/га, в Германии при 450 л. с. на 100 га посевов урожайность – 69,5 ц/га [4]. При существующем уровне обеспеченности энергетическими мощностями сельского хозяйства в регионе урожайность зерновых в 2,0–2,3 раза, а в целом по России – в 2,5–2,9 раза ниже показателей высокоразвитых аграрных стран.

По данным Росстата, в СХО за последние 20 лет отмечается более чем двукратное сокращение показателей обеспеченности используемой сельхозтехники. Так, в 2020 г. в целом по стране на 1000 га пашни приходится 2,9 трактора, на 1000 га посевов зерновых культур – 2 зерноуборочных комбайна против 7,4 и 5

ед. соответственно в 2000 г. В региональном аспекте прослеживается такая же тенденция. В Ростовской области уровень обеспеченности сельхозтехникой в 2020 г. полностью соответствовал общероссийским показателям. В Германии данные показатели составляют 65 и 11,5 ед., в США – 25,9 и 17,9 ед., в Канаде – 16,0 и 7,0 ед. соответственно [5]. С непрерывным снижением количества техники, приходящейся на 1000 га посевов, значительно увеличивается нагрузка на единицу сельскохозяйственной техники. По данным на 2020 г. в Ростовской области нагрузка на один трактор составила 344 га, на зерноуборочный комбайн – 422 га, что чуть ниже общероссийских показателей (349 и 451 га соответственно), увеличившись немногим более чем в два раза от уровня 2000 г.

Ситуацию с технической оснащенностью фермерских хозяйств и индивидуальных предпринимателей рассмотрим на основе результатов Всероссийских сельскохозяйственных переписей (ВСХП) 2006 и 2016 гг. Анализ данных ВСХП показал, в 2016 г. в целом по стране количество тракторов в К(Ф)Х и ИП увеличилось на 20 %, зерноуборочных комбайнов – на 16,3 % в сравнении с показателями 2006 г. В Ростовской области количество тракторов за рассматриваемый период практически не изменилось (+ 0,5 %), зерноуборочных комбайнов – увеличилось на 13,5 %

(таблица 1). При этом наблюдается положительная тенденция обновления техники: в 2016 г. доля тракторов в возрасте до 4 лет составила 13,7 % против 6,5 % в 2006 г., зерноуборочных комбайнов – 13,4 % (5,9 % в 2006 г.); удельный вес тракторов старше 9 лет сократился на 12,1 %, зерноуборочных комбайнов – на 11,3 %. Следует отметить, что темпы обновляемости и приобретения новой техники в разрезе страны значительно выше показателей региона: в 2016 г. доля тракторов в возрасте до 4 лет составила 14,3 %, зерноуборочных комбайнов – 13,0 % против 5,1 % и 4,7 % соответственно в 2006 г. Доля тракторов старше 9 лет составила 62,6 % (–19,6 пп), зерноуборочных комбайнов – 67,8 (–17,5 пп).

Несмотря на некоторые положительные тенденции по обеспеченности сельскохозяйственной техникой фермерских хозяйств, с учетом увеличения площади пашни в данной форме хозяйствования чуть более чем на 60 % в целом по России, в Ростовской области почти на 20 %, темпы обновления техники крайне низки. Как показали авторские расчеты, в РФ за рассматриваемый период нагрузка на один трактор увеличилась на 33,7 % – до 140,9 га пашни в 2016 г.; на один зерноуборочный комбайн приходится 235,4 га посевов соответствующих культур (+41,0 % к 2006 г.). Для донского региона характерно следующее: нагрузка на один трактор в 2016 г. составила 144,7 га пашни (+18,9 %), нагрузка на зерноуборочный комбайн увеличилась почти на 53 %, что во многом объясняется увеличением посевов зерновых культур на 70,2 %.

Исследования показали ежегодное стабильное увеличение производства сельхозпродукции на душу населения. В 2020 г. данный показатель составил для Ростовской области – 69,2 тыс. руб/чел; Южного федерального округа – 61,81 тыс. руб/чел; в целом по России – 41,71 тыс. руб/чел, что в 11,2, 9,0 и 8,2 раза соответственно больше показателя 2000 г. (рис. 3). Следует отметить, что за рассматриваемый период для донского региона характерно сокращение населения на 5,8 %, что в некоторой мере искажает статистику роста данного показателя. Для сравнения: в 2020 г. в аграрных регионах-лидерах – Краснодарском крае и Белгородской области – производство сельхозпродукции на душу населения составило 70,34 и 172,15 тыс. руб/чел соответственно, что в 7,72 и 17,1 раза выше уровня 2000 г. при росте численности населения на 10,6 % в Краснодарском крае и 2,7 % в Белгородской области.

Сложившаяся аграрная структура как в целом по России, так и в регионах юга страны включает различные по типу, размерам, используемым технологиям, эффективности производства субъекты агробизнеса, с различной степенью эффективности специализирующихся на производстве отдельных видов продукции. При этом для каждой из форм хозяйствования характерны как плюсы, так и минусы функционирования [9, с. 24], [10], [11].

Основные преимущества крупных СХО и агрохолдинговых формирований заключаются в высоком

уровне технико-технологической оснащенности, товарности, диверсификации производства, инвестиционной привлекательности, инновационной активности, в эффекте масштаба, характеризующемся снижением затрат на производство единицы продукции при укрупнении производства и пр.

Однако наличие крупных агрохолдингов и концентрация их деятельности в отдельных регионах могут приводить к усилению влияния деструктивных рисков социально-экономического характера: сокращению занятости местного населения и активизация миграционных процессов, препятствию развитию и вытеснению малого агробизнеса с территорий, нарушению экологического равновесия местности, что влечет за собой нарушение устойчивости экономики сельских территорий. Банкротство или расформирование субъектов агрохолдингового типа может вызвать не только значительное сокращение объемов производства аграрной продукции, но и экономический кризис и социальную панику на сельских территориях. Одним из таких примеров стало банкротство в 2019 г. агрохолдинга «Евродон» в Ростовской области, что привело к резкому росту числа безработных (порядка 6 000 чел.), потерям бюджета из-за невозврата кредитных средств и отсутствию налоговых поступлений, а также поступлений во внебюджетные фонды, росту цен на мясо индейки и усилению влияния инфляционных процессов [12, с. 119–121]. Кроме того, для крупных агроформирований характерны высокие транзакционные издержки и усложненный процесс принятия управленческих решений.

Для агроструктур малых форм характерна способность к быстрой реакции на изменения потребности продовольственного рынка, к поиску оптимальных путей использования финансовых и производственных ресурсов, к возможности с учетом небольших земельных участков специализироваться на производстве плодовой и ягодной продукции, орехов, меда, сыров и пр., а также к заполнению продовольственной ниши по производству органической продукции.

Однако МФХ присущи негативные факторы, сдерживающие их активное развитие: низкий уровень технико-технологического развития, слабая финансовая обеспеченность, незаинтересованность во внедрении инновационных научных новинок, недостаточная развитость агропродовольственного рынка и инфраструктуры логистики и хранения, низкая активность субъектов малого агробизнеса к кооперированию, значительный перекос господдержки в сторону предоставления субсидий крупным сельхозпредприятиям и агрохолдинговым структурам [13].

Рассматривая сильные и слабые стороны той или иной категории сельхозпроизводителей с точки зрения экономической и производственной результативности их деятельности, можно говорить о том, что смещение акцентов на какую-то одну форму агрохозяйствования является неверным решением. Современные реалии требуют создания и поддержания аграрной структуры, сочетающей все формы хозяй-

ствования (малый, средний и крупный агробизнес), на равных условиях функционирования без искусственно созданных перекосов и препятствий развития той или иной аграрной структуры [14, с. 31–35], [15, с. 42–44]. Особенно актуален данный вопрос для Ростовской области – региона, в котором более половины валового аграрного производства региона производится малыми формами агрохозяйствования. Данные выводы подтверждаются прогнозными расчетами развития аграрной структуры Ростовской области на 2030 г., которые были выполнены с использованием программного средства, разработанного учеными ВНИИЭиН [16] (рис. 4). Согласно проведенным расчетам, на долю малых форм агрохозяйствования предположительно будет приходиться 52,8 % общеобластного производства, из которых львиная доля будет отведена фермерскому сектору – 34,7 %.

Как показали исследования уровня развития аграрной структуры Ростовской области, наличие проблемных мест и сдерживающих факторов развития, характерных для агроструктур различных форм хозяйствования, требуют проработки и реализации отдельных механизмов и инструментов управления их деятельностью, к которым можно отнести следующие [17–25]:

– доработка и совершенствование управленческих подходов к реализации мер и направлений государственной поддержки и программ стимулирования развития хозяйствующих агросубъектов (в особенности малых их форм) на региональном и муниципальном уровнях, учитывающих потребности хозяйствующих субъектов на местах, а не обобщенные в целом по стране данные; четкое определение источников финансирования, а также пошаговое и прозрачное построение этапов достижения целевых показателей программ развития;

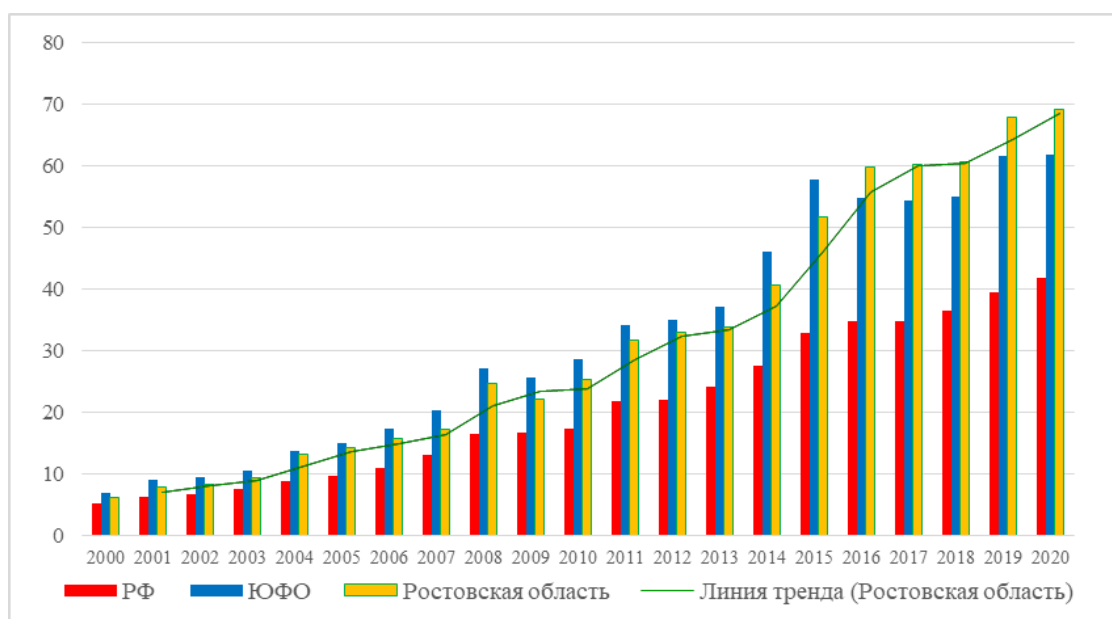


Рис. 3. Производство сельскохозяйственной продукции на душу населения, тыс. руб. (в фактически действующих ценах).  
Источник: разработано по [1], [8]

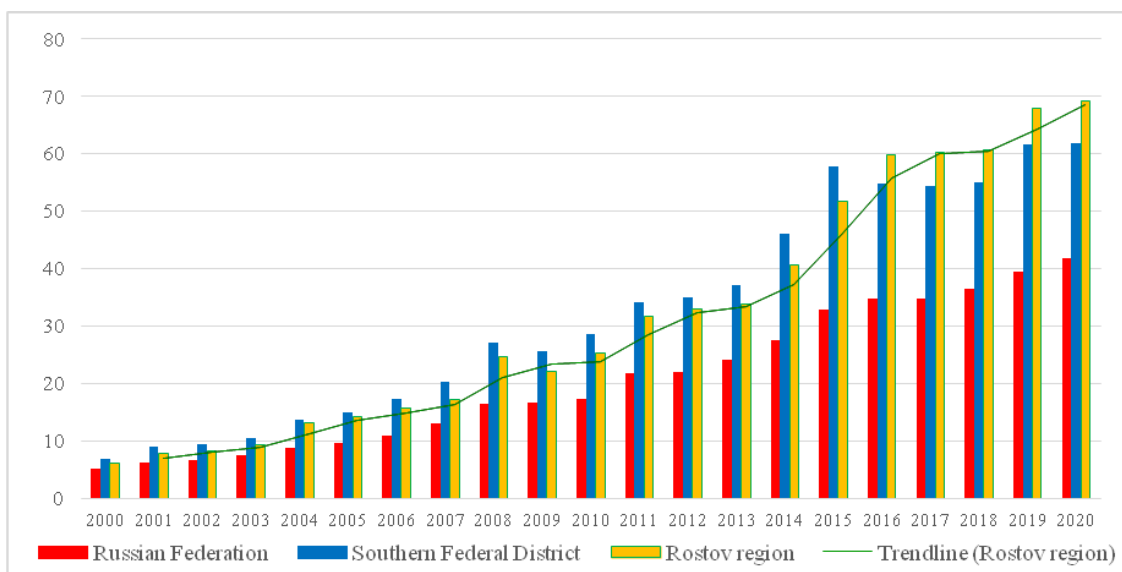


Fig. 3. Agricultural production per capita, thousand rubles (at actual prices).  
Source: developed by [1], [8]

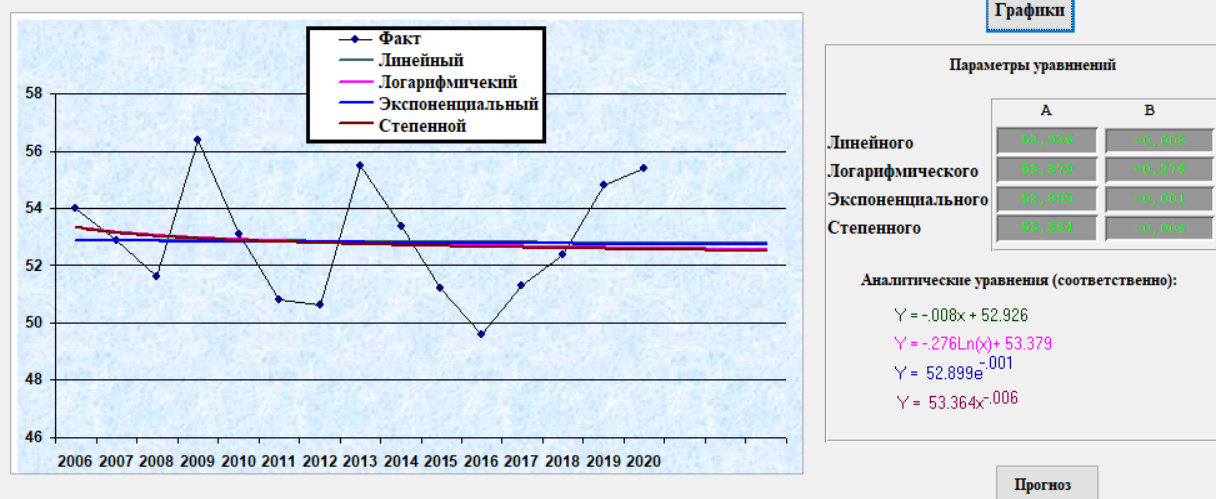


Рис. 4. Окно прогнозных расчетов, отражающих текущую тенденцию и тренд развития малых форм агрохозяйствования на 2030 г.

Источник: авторские расчеты на основе [16]

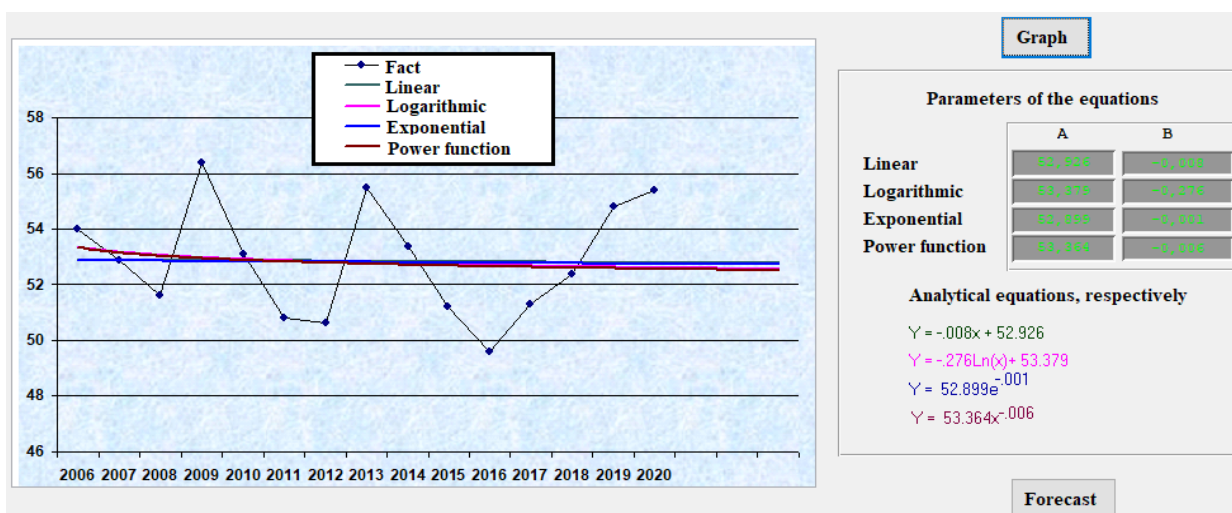


Fig. 4. Forecast calculations reflecting the current trend and the trend of development of small forms of agricultural management for 2030.

Source: author's calculation developed by [16]

– разработка комплексной государственной политики, направленной на технико-технологическую модернизацию аграрной отрасли и обеспечивающей расширение мер господдержки посредством реализации финансово-лизинговых программ, предоставления доступности субъектов агробизнеса к дешевым кредитным ресурсам;

– активное повышение уровня отечественной аграрной науки и образования, создание механизмов взаимодействия науки и сельскохозяйственного бизнеса, активное стимулирование трансфера технологий и инноваций в производственную сферу;

– повышение инвестиционной привлекательности отрасли посредством реализации комплекса мер по совершенствованию нормативно-правовой базы, направленных на защиту прав и интересов инвестора, упрощение систем взаимодействия участников инвестиционного процесса и органов местного самоуправления, создание организационно-экономических стимулов инвестиционного климата сельских территорий;

– проработка и выстраивание четких организационных и экономических стимулов для организации интегрированных систем производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции, построения кооперативных вертикальных и горизонтальных связей, продвижения идеи контрактного сотрудничества крупного агробизнеса с фермерскими хозяйствами, а также государственно-частного и муниципально-частного партнерства в агропромышленной сфере.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Согласно проведенным исследованиям, структура отечественного сельского хозяйства России представлена сочетанием различных форм хозяйствования с доминированием крупного агробизнеса. Однако в отдельных регионах страны, например в Ростовской области, значительную долю занимает фермерский сектор, ежегодно усиливая свои позиции в региональном сельскохозяйственном производстве.

Для каждой из форм хозяйствования характерны как сильные, так и слабые стороны функционирования, которые либо стимулируют развитие агропроизводства, либо обеспечивают тормозящий эффект в отрасли. Для сглаживания негативного эффекта требуется совершенствование нормативно-законодательных, финансово-экономических и организационных механизмов и инструментов управления агропродовольственной сферой, институциональной среды хозяйствующих агросубъектов. К таким элементам управления можно отнести:

- совершенствование мер, направлений и подходов осуществления государственной поддержки, а также механизмов и правил ее реализации с учетом конкретных потребностей хозяйствующих агросубъектов;
- активизацию инновационной деятельности и технико-технологической модернизации посредством совершенствования лизинговых программ и системы льготного кредитования;

- содействие созданию трехсторонних систем (государство, агробизнес и наука) научно-технического сотрудничества, обеспечивающего результативный трансфер технологий в производственную деятельность;

- повышение инвестиционной привлекательности аграрной отрасли и степени защищенности участников инвестпроектов;

- проработку стимулов экономического и организационного характера расширения механизмов взаимодействия субъектов агробизнеса посредством кооперации и интеграции, контрактного сотрудничества, договоров государственно-частного и муниципально-частного сотрудничества и пр.

Следует отметить, что для выделения потенциальных точек роста той или иной агроструктуры, а также определения наиболее действенных и результативных инструментов управления требуется провести диагностику и анализ уровня развития аграрной структуры отрасли.

### Библиографический список

1. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 13.06.2021).
2. Официальный сайт Федеральной налоговой службы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nalog.ru> (дата обращения: 13.06.2021).
3. Кашин В. И. Энерговооруженность АПК. Реальность и перспективы [Электронный ресурс]. URL: <https://podmoskovye.bezformata.com/listnews/energovoorozhennost-apk/76111842/?amp=1> (дата обращения: 10.06.2021).
4. Информационная система Кноема [Электронный ресурс]. URL: <https://knoema.ru> (дата обращения: 20.05.2021).
5. Информация к пленарной дискуссии VII Российского Агротехнического Форума [Электронный ресурс]. URL: <https://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/b0d/nekrasov-r.v..pdf> (дата обращения: 07.06.2021).
6. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. В 9 т. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2008. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/520> (дата обращения: 07.05.2021).
7. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. В 8 т. Москва: ИИЦ «Статистика России», 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/519> (дата обращения: 07.05.2021).
8. Официальный сайт Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/site> (дата обращения: 13.06.2021).
9. Казора М. Ю. Эффективное функционирование форм хозяйствования // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 11. С. 23–26. DOI: 10.32651/2011-23.
10. Исаева О. В. Многоукладность аграрного сектора экономики: ключевые проблемы и факторы развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11. № 2. С. 234–254. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1207> (дата обращения: 07.07.2021). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-234-254.
11. Шагайда Н. И., Узун В. Я. Тенденции развития и основные вызовы аграрного сектора России (Аналитический доклад) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/acc/acc691395e0c3ad6d65a687e15ed7b9.pdf> (дата обращения: 07.07.2021).
12. Узун В. Я. Банкротство агрохолдинга: причины, последствия, уроки (на примере АХ «Евродон») // Вопросы экономики. 2020. № 10. С. 117–131. DOI: 10.32609/0042-8736-2020-10-117-131.
13. Isaeva O., Kabanenko M., Chistyakov A., Dubrova L., Filin N. The key factors for development of Russian agricultural enterprises of various business patterns [Электронный ресурс] // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf\\_interagromash2020\\_13022/e3sconf\\_interagromash2020\\_13022.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13022/e3sconf_interagromash2020_13022.html) (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513022.
14. Многоукладность в российском сельском хозяйстве: текущее состояние и концепция развития: монография / А. Н. Тарасов, О. В. Исаева, М. А. Холодова [и др.]. Ростов-на-Дону: ВНИИЭиН – филиал ФГБНУ ФРАНЦ; Изд-во ООО «АзовПринт», 2019. 256 с.

15. Узун В. Я., Шагайда Н. И. Оценка влияния институциональных и структурных изменений на развитие аграрного сектора России // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 39–58. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-4-39-58.
16. Пат. 2008613739 Российская Федерация, G06N 7/06. Расчет прогнозных экономических показателей развития сельского хозяйства с использованием линейных и нелинейных трендовых моделей (AR-AREA-TREND) / А. Н. Тарасов, В. Л. Дунаев, Б. П. Колесниченко, А. В. Бойко; заявитель и патентообладатель ВНИИ-ИЭиН. № 2008612535 ; заявл. 14.04.08.
17. Аслаева С. Ш. Диагностика уровня развития сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 5. С. 82–87. DOI: 10.32651/205-82.
18. Пак З. Ч., Кравченко Д. П., Молчанова Л. А. Механизмы и инструменты управления развитием субъектов малого предпринимательства АПК // АПК: экономика, управление. 2021. № 4. С. 3–12. DOI: 10.33305/214-3.
19. Папцов А. Г., Ушачев И. Г., Маслова В. В., Авдеев М. В. Ценовая ситуация на агропродовольственном рынке России: проблемы и пути решения // АПК: экономика, управление. 2021. № 3. С. 3–12. DOI: 10.33305/213-3.
20. Ушачев И. Г., Чекалин В. С. Современные тенденции и перспективы развития АПК России // Стандарты и качество. 2019. № 7. С. 74–79.
21. Кирсанова О. В. Роль государственного регулирования в развитии агрострахования // АПК: экономика, управление. 2015. № 12. С. 48–52.
22. Совершенствование государственного регулирования развития сельского хозяйства: монография / А. И. Алтухов, В. И. Векленко, В. А. Семькин [и др.]. Курск, 2019. 208 с.
23. Павлушкина О. И., Кирсанова О. В., Черная А. Е. Дорожная карта участия коммерческой организации в государственно-частном партнерстве // Научное обозрение: теория и практика. 2015. № 2. С. 6–14.
24. Formation of innovation system of AIC: mechanism of transfer of innovations: monograph / I. G. Ushachev, I. S. Sandu, V. I. Nechaev, et al. Moscow, 2019. 186 p.
25. Alukhanyan A., Panfilova O. Modelling the process of technical re-equipment of the MTF with the simultaneous selection of the optimal plan for its operation on the farm [Электронный ресурс] // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf\\_interagromash2020\\_13007/e3sconf\\_interagromash2020\\_13007.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13007/e3sconf_interagromash2020_13007.html) (дата обращения: 07.05.2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513007.

#### Об авторах:

Ольга Викторовна Исаева<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-6022-9945, AuthorID 1056517; +7 928 959-84-05, [olga.isaeva-84@yandex.ru](mailto:olga.isaeva-84@yandex.ru)

<sup>1</sup> Федеральное Ростовское аграрное научное учреждение, Рассвет, Россия

## Agrarian structure of the Rostov region: level of development and governance mechanisms

O. V. Isaeva✉

<sup>1</sup> Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

✉E-mail: [olga.isaeva-84@yandex.ru](mailto:olga.isaeva-84@yandex.ru)

**Abstract. Purpose.** The article is dedicated to the analysis of the level of development of the agrarian structure, the research of problems and constraints of the functioning of various forms of management in order to identify and study the mechanisms of management of the agricultural sector. **Methods.** In the course of the scientific research, such methods as monographic, econometric, analytical, abstract-logical, as well as the method of monitoring studies were used. **Results.** Studies have shown that the Russian agricultural industry is represented by various forms of agricultural management: representatives of large and small agribusiness with a constant increase in the degree of dominance of large agribusiness. However, for some regions, due to the specifics of national, cultural and historical characteristics, the dominance of small agribusiness in the production of agricultural products is characteristic. One of these regions is the Rostov region, where the share of farming and households accounts for 55.4 % of the region's agricultural production. This, in turn, allows us to conclude that it is impractical to shift the emphasis of state regulation and support towards one of the forms of agricultural management. **Scientific novelty.** Some mechanisms and tools for managing the agrarian structure are proposed to provide for the improvement of the institutional environment and the creation of equal conditions for the development of both small and large agribusiness, as well as taking into account the strengths and weaknesses of the development of each form of agricultural management. In order to determine the most effective and efficient tools and mechanisms for managing the agricultural sector of the economy in relation to

a specific region, the implementation of which will activate the potential of both the entire industry and individual agricultural structures, it is proposed to analyze the level of development of the agricultural structure of the region.

**Keywords:** agriculture, agricultural structure, large agricultural organizations, small forms of management, management tools and mechanisms, technical and technological security.

**For citation:** Isaeva O. V. Agrarnaya struktura Rostovskoy oblasti: uroven' razvitiya i mekhanizmy upravleniya [Agrarian structure of the Rostov region: level of development and governance mechanisms] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 80–90. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-80-90. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 17.08.2021, **date of review:** 25.08.2021, **date of acceptance:** 15.09.2021.

### References

1. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki [Official website of the Federal State Statistics Service] [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (date of reference: 13.06.2021). (In Russian.)
2. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy nalogovoy sluzhby [Official website of the Federal Tax Service of Russia] [e-resource]. URL: <https://www.nalog.ru> (date of reference: 13.06.2021). (In Russian.)
3. Kashin V. I. Energovooruzhennost' APK. Real'nost' i perspektivy [Energy-armedness of the agro-industrial complex. Reality and prospects] [e-resource]. URL: <https://podmoskovye.bezformata.com/listnews/energovooruzhennost-apk/76111842/?amp=1> (date of reference: 10.06.2021). (In Russian.)
4. Informatsionnaya sistema Knoema [Information system Knoema] [e-resource]. URL: <https://knoema.ru> (date of reference: 20.05.2021). (In Russian.)
5. Informatsiya k plenarnoy diskussii VII Rossiyskogo Agrotekhnicheskogo Foruma [Information for the plenary discussion of the VII Russian Agrotechnical Forum] [e-resource]. URL: <https://atf.rosspetsmash.ru/upload/iblock/b0d/nekrasov-r.v..pdf> (date of reference: 07.06.2021). (In Russian.)
6. Itogi Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2006 goda [Results of the All-Russian Agricultural Census 2006]. In 9 vol. Moscow: IITs "Statistika Rossii", 2008. [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/520> (date of reference: 07.05.2021) (In Russian.)
7. Itogi Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2016 goda [Results of the All-Russian Agricultural Census 2016]. In 8 vol. Moscow: IITs "Statistika Rossii", 2018. [e-resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/519> (date of reference: 07.05.2021) (In Russian.)
8. Ofitsial'nyy sayt Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy registratsii, kadastra i kartografii (Rosreestr) [Official website of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography] [e-resource]. URL: <https://rosreestr.gov.ru/site> (date of reference: 13.06.2021). (In Russian.)
9. Kazora M. Yu. Effektivnoye funktsionirovaniye form khozyaystvovaniya [Effective functioning of economic forms] // Economics of Agricultural of Russia. 2020. № 11. Pp. 23–26. (In Russian.)
10. Isaeva O. V. Mnogoukladnost' agrarnogo sektora ekonomiki: klyuchevyye problemy i faktory razvitiya [Multi-layers of the agrarian sector of economy: key problems and development factors] [e-resource] // Scientific journal of Russian Scientific Research Institute of land improvement problems. 2021. Vol. 11. No. 2. Pp. 234–254 (date of reference: 07.07.2021). (In Russian.)
11. Shagayda N. I., Uzun V. Ya. Tendentsii razvitiya i osnovnyye vyzovy agrarnogo sektora Rossii (Analiticheskiy doklad) [Development Trends and Main Challenges of the Russian Agricultural Sector (Analytical Report)] [e-resource]. URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/acc/acca691395e0c3ad6d65a687e15ed7b9.pdf> (date of reference: 07.07.2021). (In Russian.)
12. Uzun V. Ya. Bankrotstvo agrokholdinga: prichiny, posledstviya, uroki (na primere AKH "Evrodon") [Bankruptcy of the agricultural holding: Causes, consequences, lessons (The case of "Eurodon")] // Voprosy Ekonomiki. 2020. No. 10. Pp. 117–131. (In Russian.)
13. Isaeva O., Kabanenko M., Chistyakov A., Dubrova L., Filin N. The key factors for development of Russian agricultural enterprises of various business patterns [e-resource] // XIII International Scientific and Practical Conference "State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020". E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf\\_interagromash2020\\_13022/e3sconf\\_interagromash2020\\_13022.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13022/e3sconf_interagromash2020_13022.html) (date of reference: 07.05.2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513022.
14. Mnogoukladnost' v rossiyskom sel'skom khozyaystve: tekushcheye sostoyaniye i kontseptsiya razvitiya: monografiya [Multiformity in Russian agriculture: current state and concept of development: monograph] / A. N. Tarasov, O. V. Isaeva, M. A. Kholodova, et al. Rostov-on-Don: All-Russian research Institute of Economics and standards – branch of FSBSI FRARZ; izd-vo "AzovPrint", 2019. 256 p. (In Russian.)
15. Uzun V. Ya., Shagayda N. I. Otsenka vliyaniya institutsional'nykh i strukturnykh izmeneniy na razvitiye agrarnogo sektora Rossii [Evaluation of the impact of institutional and structural changes on the development of the Russian agricultural sector] // Voprosy Ekonomiki. 2019. No. 4. Pp. 39–58. (In Russian.)

16. Patent 2008613739 Russian Federation G06N 7/06 Raschet prognoznykh ekonomicheskikh pokazateley razvitiya sel'skogo khozyaystva s ispol'zovaniyem lineynykh i nelineynykh trendovykh modeley (AR-AREA-TREND) [Calculation of forecast economic indicators of agricultural development using linear and nonlinear trend models (AR-AREA-TREND)] / A. N. Tarasov, V. L. Dunaev, B. P. Kolesnichenko, et al.; the property VNIIEiN – № 2008612535; date of start register 14.04.08. (In Russian.)
17. Aslayeva S. Sh. Diagnostika urovnya razvitiya sel'skogo khozyaystva [Diagnostics of the level of agricultural development] // Economics of Agricultural of Russia. 2020. No. 5. Pp. 82–87. (In Russian.)
18. Pak Z. Ch., Kravchenko D. P., Molchanova L. A. Mekhanizmy i instrumenty upravleniya razvitiyem sub'yektov malogo predprinimatel'stva APK [Mechanisms and tools for managing the development of small businesses] // AIC: Economics, Management. 2021. No. 4. Pp. 3–12. (In Russian.)
19. Paptsov A., Ushachev I., Maslova V., Avdeev M. Tsenovaya situatsiya na agroprodovol'stvennom rynke Rossii: problemy i puti resheniya [Price situation in the Russian agri-food market: problems and solutions] // AIC: Economics, Management. 2021. No. 3. Pp. 3–12. (In Russian.)
20. Ushachev I. G., Chekalin V. S. Sovremennyye tendentsii i perspektivy razvitiya APK Rossii [Current trends and prospects for the development of the agro-industrial complex of Russia] // Standards and Quality. 2019. No. 7. Pp. 74–79. (In Russian.)
21. Kirsanova O. V. Rol' gosudarstvennogo regulirovaniya v razvitii agrostrakhovaniya [The role of government regulation in the development of agricultural insurance] // AIC: Economics, Management. 2015. No. 12. Pp. 48–52. (In Russian.)
22. Sovershenstvovaniye gosudarstvennogo regulirovaniya razvitiya sel'skogo khozyaystva: monografiya [Improving state regulation of agricultural development: monograph] / A. I. Altukhov, V. I. Veklenko, V. A. Semykin, et al. Kursk, 2019. 208 p. (In Russian.)
23. Pavlushkina O. I., Kirsanova O. V., Chernaya A. E. Dorozhnaya karta uchastiya kommercheskoy organizatsii v gosudarstvenno-chastnom partnerstve [Road map the Participation of commercial organizations in state-private partnership] // Scientific Review: Theory and Practice. 2015. No. 2. Pp. 6–14. (In Russian.)
24. Formation of innovation system of AIC: mechanism of transfer of innovations: monograph / I. G. Ushachev, I. S. Sandu, V. I. Nechaev, et al. Moscow, 2019. 186 p.
25. Alukhanyan A., Panfilova O. Modelling the process of technical re-equipment of the MTF with the simultaneous selection of the optimal plan for its operation on the farm [e-resource] // XIII International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020”. E3S Web Conf. 2020. Vol. 175. URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf\\_interagromash2020\\_13007/e3sconf\\_interagromash2020\\_13007.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/35/e3sconf_interagromash2020_13007/e3sconf_interagromash2020_13007.html) (date of reference: 07.05.2021). DOI: 10.1051/e3sconf/202017513007.

**Authors' information:**

Olga V. Isaeva<sup>1</sup>, candidate of economic sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-6022-9945, AuthorID 1056517; +7 928 959-84-05, [olga.isaeva-84@yandex.ru](mailto:olga.isaeva-84@yandex.ru)

<sup>1</sup> Federal Rostov Agrarian Scientific Center, Rassvet, Russia

## Оценка готовности сельских территорий к цифровой трансформации социальной сферы

Н. В. Мурашова<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

✉ E-mail: nata\_dmitrieva@list.ru

**Аннотация.** В статье акцентировано внимание на особую роль цифровой трансформации в развитии социальной сферы сельских территорий. Сегодня одной из стратегических задач государства является трансформация социально значимых сфер за счет внедрения цифровых технологий (платформенных решений) и цифровизации управления или отдельных зон взаимодействия. **Целью** данной статьи является уточнение теоретических основ и положений, определяющих процессы цифровой трансформации социальной сферы сельских территорий, применение которых позволяет наиболее эффективно подходить к финансовому и ресурсному обеспечению трансформационных процессов. В задачи исследования входило обосновать методику оценки уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации, систему показателей и использования полученных результатов для практического применения в управлении развитием сельских территорий. **Методы.** Методологическая основа данной статьи сформирована общенаучными принципами системного подхода; методами анализа – логического, факторного, сравнительного, стратегического; методами количественного и качественного исследования основных тенденций и направлений цифровой трансформации социальной сферы. **Научная новизна.** Уточнена система показателей и разработана авторская методика расчета оценки уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации. Авторская методика оценки, в отличие от существующих, позволяет определить зоны роста и сдерживания цифровой трансформации социальной сферы конкретных сельских территорий через анализ компонентов. **Результаты.** В результате исследования автором апробирована предложенная методика оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации и проведен анализ типичной сельской территории: определены зоны роста и сдерживания цифровой трансформации, а также предложены направления государственного регулирования и поддержки процессов цифровой трансформации социальной сферы.

**Ключевые слова:** оценка готовности, сельские территории, социальная сфера, устойчивое развитие, цифровая трансформация.

**Для цитирования:** Мурашова Н. В. Оценка готовности сельских территорий к цифровой трансформации социальной сферы // Аграрный вестник Урала. 2021. № 11 (214). С. 91–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-91-98.

**Дата поступления статьи:** 11.10.2021, **дата рецензирования:** 18.10.2021, **дата принятия:** 22.10.2021.

### Постановка проблемы (Introduction)

С позиций пространственного стратегического развития РФ сельские территории – это территории постоянного проживания почти 25 % населения страны. В связи с этим возникает необходимость в прогнозировании процессов, направленных на обеспечение долгосрочного стабильного функционирования социально-экономических систем сельских территорий и обеспечение их конкурентных преимуществ с опорой на стратегию инновационно-технологического развития [1, с. 69].

Одним из факторов формирования привлекательной среды для проживания в сельской местности является цифровая трансформация социальной сферы сельских территорий. Результаты такой трансформа-

ции открывают для населения возможности использования широкого спектра услуг и сглаживают резкую дифференциацию между городской и сельской местностью.

Содержание процессов, формирующих социальную сферу сельских территорий, и характеристики социально-экономического положения данных территорий, безусловно, оказывают влияние на темпы цифровой трансформации и возможности применения цифровых технологий. С другой стороны, для ускорения и наращивания эффективности процессов цифровой трансформации социальной сферы необходимо изучение тенденций самого процесса трансформации: анализ и оценка степени востребованности и готовности к цифровой трансформации социально-

экономических систем, выявление предпосылок к использованию цифровых технологий в управлении развитием сельских территорий [2, с. 106–108].

По мнению отечественных [3–5] и зарубежных исследователей [6], [7], одним из ключевых инструментов цифровой трансформации является внедрение цифровых платформ, которые способны координировать взаимодействие пространственно удаленных участников. В обобщенном виде цифровая платформа – это онлайн-ресурс, обеспечивающий взаимодействие двух и более сторон (групп пользователей) в рамках утвержденного протокола.

Взаимодействие через цифровые платформы нивелирует и ряд существенных недостатков социальной сферы сельских территорий, процессы которой особенно подвержены влиянию специфики проживания: малочисленность населения и труднодоступность территорий. Таким образом, скорость цифровой трансформации на таких территориях зависит, во-первых, от укрепления цифрового контура социальных объектов, во-вторых, эффективности модернизации взаимодействий внутри социальной сферы [2, с. 112–116].

#### Методология и методы исследования (Methods)

Для достижения поставленной цели автор опирался на положения научных подходов (системный, комплексный), что позволило обобщить результаты ранее проведенных исследований, уточнить систему показателей и разработать методику оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации.

В качестве информационной базы в статье были использованы работы отечественных и зарубежных исследователей, ряд положений методических инструментариев, апробируемых в исследованиях Института развития информационного общества (ИРИО) [8], Высшей школы экономики [9], обзорах Аналитического центра при Правительстве РФ [10].

Для оценки уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации муниципального образования использовались статистические данные государственного статистического наблюдения в сфере ИКТ, осуществляемого Росстатом (и его территориальными органами), данные муниципальной статистики и интегратора сети Интернет.

#### Результаты (Results)

Сегодня в сельских территориях назрела необходимость трансформации сферы социального обеспечения с учетом возможностей цифровых технологий и платформенных решений для оказания услуг: удаленно, посредством онлайн-площадок без непосредственного посещения организаций; в автоматическом режиме за счет межведомственного взаимодействия государственных органов; комплексно, исходя из возникновения и прогнозирования жизненных ситуаций; омниканально (через взаимную интеграцию разрозненных каналов коммуникации в единую систему) и экстерриториально (независимо от места жительства

или пребывания); персонифицированно, исходя из фактической нужды [11, с. 8].

В настоящее время социальная сфера в целом находится в переходном периоде от процесса формирования ИТ-инфраструктуры и базового протокола оказания услуг в электронном виде, когда при оценке эффективности социального обслуживания особое внимание уделяется адаптации государственных и муниципальных услуг к нуждам отдельных категорий граждан, к этапу трансформации управления социальной сферой и организационно-функциональной трансформации, когда основой становится обеспечение открытости, прозрачности, качества оказания услуг (снижение сроков и повышение адресности) и взаимодействия ведомств социальной сферы [12].

Процесс цифровой трансформации социального блока сельских территорий сопряжен с необходимостью определения методических подходов данного процесса, которые будут поддерживать заявленные функционально-организационные возможности трансформации [13, с. 21]. При этом одной из важных методических основ является оценка уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации.

Исходя из вышесказанного, автором предлагается усовершенствованная оценка уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации, включающая систему показателей по следующим компонентам: социально-экономический потенциал, ИТ-инфраструктура, электронное взаимодействие и потенциал для развития социальной сферы (таблица 1).

Данные компоненты оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации отражают:

- 1) обеспеченность социальной сферы сельских территорий информационно-техническими ресурсами;
- 2) обеспеченность социальной сферы сельских территорий финансовыми и кадровыми ресурсами (в том числе кадровым потенциалом);
- 3) восприимчивость организаций социальной и административной системы и населения к онлайн-взаимодействиям [14, с. 330].

Комплексность представляемой оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации заключается, во-первых, в многокомпонентной системе показателей, во-вторых, во введении в методику расчета нормализованных показателей, коррелирующих с заявленными значениями индикаторов стратегических и нормативно-правовых актов РФ в сферах устойчивого развития сельских территорий и формирования цифровой экономики, в-третьих, в обеспечении применения оценки для целей государственного стратегического управления (согласование предложенной системы показателей с существующей информационной и статистической базой) [15, с. 707].

## Показатели оценки уровня готовности сельских территорий к цифровой трансформации социальной сферы

| Социально-экономический потенциал                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ИТ-инфраструктура                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Электронное взаимодействие                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Потенциал для развития сферы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| П.1. Доля занятого населения в возрасте 25–64 лет, имеющего высшее образование, в общей численности занятого населения соответствующей возрастной группы, %.<br>П.2. Удельный вес студентов, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена, в общей численности населения, %.<br>П.3. Среднемесячная заработная плата работников организаций, руб.<br>П.4. Удельный вес прибыльных организаций, % | П.5. Число абонентов фиксированного широкополосного доступа к сети Интернет на 100 человек населения, чел.<br>П.6. Число абонентов мобильного широкополосного доступа к сети Интернет на 100 человек населения, чел.<br>П.7. Доля организаций, использовавших сеть Интернет, в общем объеме исследованных организаций, %.<br>П.8. Удельный вес организаций, использовавших ИКТ (серверы), %.<br>П.9. Удельный вес организаций, использующих ИКТ (CRM-, ERP-, SCM-системы), % | П.10. Доля ОГВ и ОМС, использовавших сеть Интернет, в общем числе обследованных организаций ОГВ и ОМС, %.<br>П.11. Доля населения, взаимодействовавшего с органами государственной власти и местного самоуправления через сеть Интернет (используя официальные сайты, порталы), %.<br>П.12. Доля населения, зарегистрированного на Едином портале государственных и муниципальных услуг, региональном портале государственных и муниципальных услуг, % | П.13. Число персональных компьютеров, подключенных к сети Интернет, на 100 работников учреждений культуры, шт.<br>П.14. Число персональных компьютеров, подключенных к сети Интернет, на 100 работников учреждений здравоохранения, шт.<br>П.15. Число персональных компьютеров, используемых в учебных целях, на 100 обучающихся государственных и муниципальных образовательных учреждениях, шт.<br>П.16. Удельный вес организаций социальной сферы, имеющих веб-сайт, % |

Table 1

## Indicators for assessing the level of rural areas' readiness for digital transformation of the social sphere

| Socio-economic potential                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | IT-infrastructure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Electronic interaction                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Potential for development of the sphere                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.1. The share of the employed population at the age of 25–64 with higher education in the total employed population of the corresponding age group, %.<br>I.2. The proportion of students enrolled in programs for the preparation of mid-level specialists in the total population, %.<br>I.3. Average monthly wages of employees of organizations, rubles.<br>I.4. Share of profitable organizations, % | I.5. The number of subscribers of fixed broadband access to the Internet network per 100 population, peoples<br>I.6. The number of mobile broadband Internet subscribers per 100 population, peoples<br>I.7. The share of organizations that used the Internet, in the total volume of the surveyed organizations, %.<br>I.8. Share of organizations using ICT (servers), %.<br>I.9. Share of organizations using ICT (CRM-, ERP-, SCM-systems), % | I.10. Share of OGV and CHI that used the Internet, in the total number of surveyed organizations of OGV and CHI, %.<br>I.11. The share of the population who interacted with government and local authorities via the Internet (using official websites, portals), %.<br>I.12. The share of the population registered on the Unified portal of state and municipal services, the regional portal of state and municipal services, % | I.13. The number of personal computers connected to the Internet, per 100 employees of cultural institutions, pcs.<br>I.14. The number of personal computers connected to the Internet, per 100 employees of healthcare institutions, pcs.<br>I.15. The number of personal computers used for educational purposes per 100 students of state and municipal educational institutions, pcs.<br>I.16. Share of social organizations with a website, % |

Для определения значимости показателей оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации автором был рассчитан коэффициент парной корреляции Пирсона, который характеризует тесноту связи между показателями. Значимость линейного коэффициента корреляции была подтверждена *t*-статистикой. При этом в качестве результирующего показателя, характеризующего социально-экономическую устойчивость региона, использовался ВРП на душу населения.

В качестве исходных данных корреляционного анализа используются статистические данные государственного статистического наблюдения, осуществляемого Росстатом, (разделы: Наука, инновации и

информационное общество<sup>1</sup>, Региональная статистика<sup>2</sup>) в целом по региону (Нижегородская область).

Корреляционный анализ показал высокую тесноту связи между 16 показателями оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации. Результаты подтвердили гипотезу исследования о том, что определение готовности социальной сферы к цифровой трансформации имеет большое значение в социально-экономическом развитии территорий.

<sup>1</sup> Информационное общество [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/14478> (дата обращения: 09.10.2021).

<sup>2</sup> Региональная статистика [Электронный ресурс]. URL: [https://rosstat.gov.ru/regional\\_statistics](https://rosstat.gov.ru/regional_statistics) (дата обращения: 09.10.2021).

Исходя из значений коэффициентов корреляции, наибольшее влияние оказывают такие показатели, как (представлены в порядке убывания):

- число абонентов мобильного широкополосного доступа к сети Интернет на 100 человек населения (П.6.) – 0,99;
- доля населения, взаимодействовавшего с органами государственной власти и местного самоуправления через сеть Интернет (порталы, официальные сайты и т. п.) (П.11.), – 0,99;
- доля населения, зарегистрированного на Едином портале государственных и муниципальных услуг, региональном портале государственных и муниципальных услуг (П.12.), – 0,99;
- удельный вес организаций, использующих ИКТ (CRM-, ERP-, SCM-системы) (П.9), – 0,98;
- среднемесячная заработная плата работников организаций (П.3.) – 0,97;
- число персональных компьютеров, подключенных к сети Интернет, на 100 работников учреждений здравоохранения (П.14.) – 0,97;
- удельный вес организаций социальной сферы, имеющих веб-сайт (П.16.), – 0,95;
- число персональных компьютеров, подключенных к сети Интернет, на 100 работников учреждений культуры (П.13.), – 0,94;
- удельный вес студентов, обучающихся по программам подготовки специалистов среднего звена, в общей численности населения (П.2.), – 0,92;
- доля занятого населения в возрасте 25–64 лет, имеющего высшее профессиональное образование, в общей численности занятого населения соответствующей возрастной группы (П.1.) – 0,89;
- удельный вес организаций, использовавших ИКТ (серверы) (П.8.), – 0,89;
- число персональных компьютеров, используемых в учебных целях, на 100 обучающихся государственных и муниципальных общеобразовательных учреждений (П.15.) – 0,83;
- удельный вес прибыльных организаций (П.4.) – 0,79;
- число абонентов фиксированного широкополосного доступа в сеть Интернет на 100 человек населения (П.5.) – 0,7;
- доля организаций, использовавших сеть «Интернет», в общем объеме исследованных организаций (П.7.) – 0,68;
- доля ОГВ и ОМС, использовавших сеть Интернет, в общем числе обследованных организаций ОГВ и ОМС (П.10.) – 0,67.

Обобщая этапы апробируемой авторской методики оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации, автор выделяет пять последовательных этапов:

1) формирование системы показателей оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации с использованием единичных индикаторов;

2) определение показателей по сельским территориальным образованиям рассматриваемого муниципального района;

3) дифференцирование значений показателей относительно нормализованного значения (нормализация показателей);

4) расчет значений компонентов (социально-экономического потенциала, ИТ-инфраструктуры, электронного взаимодействия, потенциала для развития сферы);

5) расчет итогового показателя оценки готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации.

Нормализация показателей – отношение текущего значения показателя для муниципального образования к эталонному (нормализующему) значению ( $N$ -значению) этого показателя (расчетное значение будет находиться в интервале от 0 до 1).

В качестве эталонного значения показателя используется либо максимально возможное значение – 100 %, либо значение исходя из достаточного и достижимого для муниципального образования значения показателя (с учетом целевых показателей стратегических, программных и других документов, принятых в РФ).

Таким образом, если муниципальное образование имеет эталонное значение показателя, то его оценка по данному показателю равна 1, если значение меньше эталонного, то его нормализованное значение будет меньше 1.

Расчет компонентов производится по представленным ниже формулам 1–5 исходя из количества показателей, входящих в него.

Компонент «Социально-экономический потенциал» определяется по формуле

$$СЭП = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{4} P_i' \quad (1)$$

где  $P_i$  – нормализованные значения показателей компонента «Социально-экономический потенциал»;

$i = 1 \dots 4$  – показатели, входящие в компонент «Социально-экономический потенциал» (таблица 1).

Компонент «ИТ-инфраструктура» определяется по формуле

$$ИТИ = \sum_{i=5}^9 \frac{1}{5} P_i' \quad (2)$$

где  $P_i$  – нормализованные значения показателей компонента «ИТ-инфраструктура»;

$i = 5 \dots 9$  – показатели, входящие в компонент «ИТ-инфраструктура» (таблица 1).

Компонент «Электронное взаимодействие» определяется по формуле

$$ЭВ = \sum_{i=10}^{12} \frac{1}{3} P_i' \quad (3)$$

где  $P_i$  – нормализованные значения показателей компонента «Электронное взаимодействие»;

$i = 10 \dots 12$  – показатели, входящие в компонент «Электронное взаимодействие» (таблица 1).

Компонент «Потенциал для развития социальной сферы» определяется по формуле

$$PC = \sum_{i=13}^{16} \frac{1}{4} Pi, \quad (4)$$

где  $Pi$  – нормализованные значения показателей компонента «Потенциал для развития социальной сферы»;  
 $i = 13...16$  – показатели, входящие в компонент «Электронное взаимодействие» (таблица 1).

Оценка уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации в муниципальных образованиях определяется по формуле

$$УГССТ = \frac{1}{4} СЭП + \frac{1}{4} ИТИ + \frac{1}{4} ЭВ + \frac{1}{4} ПС, \quad (5)$$

где СЭП – расчетное значение компонента «Социально-экономический потенциал»;

ИТИ – расчетное значение компонента «ИТ-инфраструктура»;

ЭВ – расчетное значение компонента «Электронное взаимодействие»;

ПС – расчетное значение компонента «Потенциал для развития социальной сферы».

Заключительным этапом оценки уровня готовности социальной сферы сельских территорий к цифровой трансформации является определение степени (высокий/средний/низкий уровень).

Соотнесение уровня готовности социальной сферы к цифровой трансформации будет производиться в интервале следующих его значений:

Таблица 2

### Результаты оценки уровня готовности социальной сферы Спасского муниципального района к цифровой трансформации\*

| №    | Показатель района | Эталонное значение | N-значение | Расчет компонентов | Уровень готовности |
|------|-------------------|--------------------|------------|--------------------|--------------------|
| П.1  | 31,0              | 100                | 0,310      | 0,571              | 0,42               |
| П.2  | 2,6               | 6,911              | 0,375      |                    |                    |
| П.3  | 24 618,2          | 35 212             | 0,699      |                    |                    |
| П.4  | 90                | 100                | 0,9        |                    |                    |
| П.5  | 0                 | 30                 | 0          | 0,394              |                    |
| П.6  | 73                | 100                | 0,73       |                    |                    |
| П.7  | 94,6              | 100                | 0,946      |                    |                    |
| П.8  | 25,1              | 100                | 0,251      |                    |                    |
| П.9  | 4,1               | 100                | 0,041      | 0,368              |                    |
| П.10 | 100               | 100                | 1          |                    |                    |
| П.11 | 4,4               | 100                | 0,044      |                    |                    |
| П.12 | 6,1               | 100                | 0,061      |                    |                    |
| П.13 | 7                 | 40                 | 0,175      | 0,340              |                    |
| П.14 | 9                 | 25                 | 0,36       |                    |                    |
| П.15 | 11                | 20                 | 0,55       |                    |                    |
| П.16 | 27,7              | 100                | 0,277      |                    |                    |

\* По данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Нижегородской области: [https://nizhstat.gks.ru/main\\_indicators](https://nizhstat.gks.ru/main_indicators) и муниципальной статистики <http://spasskoe.omsu-nnov.ru/?id=1282>.

Table 2

### Analysis of the components for assessing the level of readiness of the social sphere of the Spasskiy municipal district for digital transformation\*

| No.  | Area indicator | Reference value | N-value | Calculation of components | Readiness level |
|------|----------------|-----------------|---------|---------------------------|-----------------|
| I.1  | 31.0           | 100             | 0.310   | 0.571                     | 0.42            |
| I.2  | 2.6            | 6.911           | 0.375   |                           |                 |
| I.3  | 24 618.2       | 35 212          | 0.699   |                           |                 |
| I.4  | 90             | 100             | 0.9     |                           |                 |
| I.5  | 0              | 30              | 0       | 0.394                     |                 |
| I.6  | 73             | 100             | 0.73    |                           |                 |
| I.7  | 94.6           | 100             | 0.946   |                           |                 |
| I.8  | 25.1           | 100             | 0.251   |                           |                 |
| I.9  | 4.1            | 100             | 0.041   | 0.368                     |                 |
| I.10 | 100            | 100             | 1       |                           |                 |
| I.11 | 4.4            | 100             | 0.044   |                           |                 |
| I.12 | 6.1            | 100             | 0.061   |                           |                 |
| I.13 | 7              | 40              | 0.175   | 0.340                     |                 |
| I.14 | 9              | 25              | 0.36    |                           |                 |
| I.15 | 11             | 20              | 0.55    |                           |                 |
| I.16 | 27.7           | 100             | 0.277   |                           |                 |

\* According to the Territorial Authority of the Federal State Statistics Service for the Nizhny Novgorod Region: [https://nizhstat.gks.ru/main\\_indicators](https://nizhstat.gks.ru/main_indicators) and municipal statistics <http://spasskoe.omsu-nnov.ru/?id=1282>.

Низкий уровень (инфраструктурный уровень):

$$0 \leq \text{УГССТ} \leq 0,4$$

Средний уровень (зона роста):

$$0,41 \leq \text{УГССТ} \leq 0,7$$

Высокий уровень (экспертный уровень):

$$\text{УГССТ} \geq 0,71$$

Результаты расчетов оценки готовности для определения экономической готовности территориальной системы на примере Спасского муниципального района Нижегородской области, состояния его информационной и цифровой среды, а также зон роста и сдерживания трансформации приведены в таблице 2.

По результатам оценки общий уровень готовности к цифровой трансформации (0,42) района находится в стартовых позициях зоны роста, при этом социально-экономический потенциал (0,57) сформирован достаточный, однако потенциал для развития социальной сферы (0,34), информационно-техническая инфраструктура (0,39), уровень электронного взаимодействия (0,37) находятся на этапе формирования.

### Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Полученные результаты оценки диктуют необходимость следующих направлений государственного регулирования и поддержки процессов цифровой трансформации социальной сферы Спасского муниципального района:

- развитие форм (создание возможностей) для удаленного функционирования субъектов социальной сферы (в том числе разработка веб-сайтов (онлайн-платформ) структур социальной сферы);
- развитие информационно-технической инфраструктуры социальной сферы муниципального района посредством участия в региональной государственной программе «Информационное общество» (в том числе содействие объектам сферы при формиро-

вании базы программного обеспечения и компьютеризации);

- расширение направлений государственно-частного партнерства в реализации задач цифровой трансформации социальной сферы (например, в части формирования облачных систем);
- финансирование цифровых проектов в рамках проекта инициативного бюджетирования «Вам решать!»;

- создание (выделение) организационной структуры информационных и цифровых технологий в ОМСУ и объектах социальной сферы;
- развитие цифровых компетенций сотрудников социальной сферы и населения посредством системы муниципального обучения и консультирования;

- формирование программы по развитию цифрового потенциала муниципального района;
- разработка стратегии по цифровой трансформации социальной сферы муниципального района.

Таким образом, цифровая трансформация социальной сферы сельских территорий, являясь многокомпонентным процессом, предполагает планомерное развитие с учетом особенностей территории реализации (скорость распространения ИТ-инфраструктуры, уровень человеческого потенциала (в том числе цифровая грамотность) и т. д.). Без учета данных особенностей сельские территории не смогут включиться в процесс цифровых преобразований. Предлагаемая авторская методика позволяет учесть данные особенности (зоны роста и сдерживания) и оперативно скорректировать организационные и финансовые ресурсы процессов цифровой трансформации социальной сферы конкретной сельской территории в рамках реализации ведомственного проекта «Цифровое сельское хозяйство» и программы «Комплексное развитие сельских территорий».

### Библиографический список

1. Хилинская И. В., Лылов А. С. Социально-ориентированное развитие сельских территорий // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2017. № 11. С. 68–72.
2. Советова Н. П. Цифровизация сельских территорий: от теории к практике // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2021. № 2. С. 105–124.
3. Kovalenko E. G., Polushkina T. M., Yakimova O. Yu. Development of rural territories of Russia based on social standards // Espacios. 2018. Vol. 39. No. 36. Pp. 9–25.
4. Якимова О. Ю. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве как фактор развития сельских территорий // Социально-экономические аспекты развития сельских территорий: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической интернет-конференции, посвященной 60-летию экономического факультета. Нижний Новгород, 2021. С. 535–537.
5. Макарова Е. Г., Скрипиль И. А. Информационно-коммуникационные технологии как фактор развития сельской территории // Актуальные проблемы экономики и управления: вызовы XXI века: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 2016. С. 123–130.
6. Fernández-Macías E. Automation, Digitalisation and Platforms: Implications for Work and Employment. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. 25 p.
7. Bandara O., Vidanagamachchi K., Wickramarachchi R. A Model for assessing maturity of Industry 4.0 in the banking sector // Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Bangkok, 2019. Pp. 1141–1150.
8. Национальный индекс развития цифровой экономики: пилотная реализация. Москва, 2018. 92 с.
9. Сабельникова М. А., Абдрахманова Г. И., Гохберг Л. М. [и др.] Информационное общество: основные характеристики субъектов Российской Федерации. 2019: статистический сборник. Москва, 2019. 224 с.

10. Текущее развитие проектов в сфере цифровой экономики в регионах России: аналитический доклад. Москва, 2019. 113 с.

11. Распоряжение Правительства РФ от 20.02.2021 № 431-р «Об утверждении Концепции цифровой и функциональной трансформации социальной сферы, относящейся к сфере деятельности Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, на период до 2025 года» [Электронный ресурс]. URL: СПС «КонсультантПлюс» (дата обращения: 25.09.2021).

12. Грязина Л. С. Финансирование социального обслуживания населения – задача государства [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 11. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/11/93775> (дата обращения: 05.10.2021).

13. Тишкина Т. М. Программно-целевой метод в управлении территориальным развитием: современные тенденции // Вестник Екатеринбургского института. 2020. № 1 (49). С. 18–23.

14. Воронина Н. В. Информационно-коммуникационные технологии как фактор инновационного развития экономики // Информационные технологии XXI века: сборник научных трудов. Хабаровск, 2019. С. 329–332.

15. Косоруков А. А. Информационно-коммуникационные технологии как фактор эволюции публичной сферы: проблемы государственного регулирования // Государственное управление Российской Федерации: повестка дня власти и общества: материалы XVI Международной конференции. Москва, 2019. С. 703–712.

#### Об авторах:

Наталья Вячеславовна Мурашова<sup>1</sup>, аспирант, ORCID 0000-0001-7124-9039, AuthorID 996641;  
+7 908 233-00-75, [nata\\_dmitrieva@list.ru](mailto:nata_dmitrieva@list.ru)

<sup>1</sup> Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

## Assessment of rural areas' readiness for digital transformation of the social sphere

N. V. Murashova<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> Nizhny Novgorod State Engineering and Economics University, Knyaginino, Russia

✉E-mail: [nata\\_dmitrieva@list.ru](mailto:nata_dmitrieva@list.ru)

**Abstract.** The article focuses on the special role of digital transformation in the development of the social sphere of rural areas. Today, one of the strategic tasks of the state is the transformation of socially significant areas through the introduction of digital technologies (platform solutions) and digitalization of management or separate areas of interaction. **The purpose** of this article is to clarify the theoretical foundations and provisions that determine the processes of digital transformation of the social sphere of rural areas, the use of which allows the most effective approach to the financial and resource support of transformation processes. The objectives of the study were to substantiate the methodology for assessing the level of readiness of the social sphere of rural areas for digital transformation, a system of indicators and the use of the results obtained for practical use in managing the development of rural areas. **Methods.** The methodological basis of this article is formed by the general scientific principles of the systems approach; methods of analysis - logical, factorial, comparative, strategic; methods of quantitative and qualitative research of the main trends and directions of digital transformation of the social sphere. **Scientific novelty.** The author clarified the system of indicators and developed the author's method for calculating the assessment of the level of readiness of the social sphere of rural areas for digital transformation. Also, the author's assessment method, in contrast to the existing ones, makes it possible to determine the zones of growth and containment of the digital transformation of the social sphere of specific rural areas through the analysis of the components. **Results.** As a result of the study, the author tested the author's methodology for assessing the readiness of the social sphere of rural areas for digital transformation and analyzed a typical rural area: zones of growth and containment of digital transformation were identified, and directions of state regulation and support of the processes of digital transformation of the social sphere were proposed.

**Keywords:** readiness assessment, rural areas, social sphere, sustainable development, digital transformation.

**For citation:** Murashova N. V. Otsenka gotovnosti sel'skikh territoriy k tsifrovoy transformatsii sotsial'noy sfery [Assessment of rural areas' readiness for digital transformation of the social sphere] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 11 (214). Pp. 91–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-214-11-91-98. (In Russian.)

**Date of paper submission:** 11.10.2021, **date of review:** 18.10.2021, **date of acceptance:** 22.10.2021.

# References

1. Khilinskaya I. V., Lylov A. S. Sotsial'no-orientirovannoe razvitie sel'skikh territoriy [Socially-oriented development of rural areas] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2017. No. 11. Pp. 68–72. (In Russian.)
2. Sovetova N. P. Tsifrovizatsiya sel'skikh territoriy: ot teorii k praktike [Digitalization of rural areas: from theory to practice] // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2021. No. 2. Pp. 105–124. (In Russian.)
3. Kovalenko E. G., Polushkina T. M., Yakimova O. Yu. Development of rural territories of Russia based on social standards // Espacios. 2018. Vol. 39. No. 36. Pp. 9–25.
4. Yakimova O. Yu. Informatsionnye tekhnologii v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve kak faktor razvitiya sel'skikh territoriy [Information technologies in agricultural production as a factor in the development of rural areas] // Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty razvitiya sel'skikh territoriy: materialy Vserossiyskoy (natsional'noy) nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii, posvyashchennoy 60-letiyu ekonomicheskogo fakul'teta. Nizhniy Novgorod, 2021. Pp. 535–537. (In Russian.)
5. Makarova E. G., Skripil' I. A. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii kak faktor razvitiya sel'skoy territorii [Information and communication technologies as a factor in the development of rural areas] // Aktual'nye problemy ekonomiki i upravleniya: vyzovy XXI veka: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Krasnodar, 2016. Pp. 123–130. (In Russian.)
6. Fernández-Macías E. Automation, Digitalisation and Platforms: Implications for Work and Employment. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. 25 p.
7. Bandara O., Vidanagamachchi K., Wickramarachchi R. A Model for assessing maturity of Industry 4.0 in the banking sector // Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Bangkok, 2019. Pp. 1141–1150.
8. Natsional'nyy indeks razvitiya tsifrovoy ekonomiki: pilotnaya realizatsiya [National Index of Digital Economy Development: Pilot Implementation]. Moscow, 2018. 92 p. (In Russian.)
9. Sabelnikova M. A., Abdrakhmanova G. I., Gokhberg L. M., et al. Informatsionnoe obshchestvo: osnovnye kharakteristiki sub'ektov Rossiyskoy Federatsii. 2019: statisticheskiy sbornik [Information society: the main characteristics of the subjects of the Russian Federation. 2019: statistical collection]. Moscow, 2019. 224 p. (In Russian.)
10. Tekushchee razvitie projektov v sfere tsifrovoy ekonomiki v regionakh Rossii: analiticheskiy doklad [Current development of projects in the field of digital economy in the regions of Russia: analytical report]. Moscow, 2019. 113 p. (In Russian.)
11. Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 20.02.2021 № 431-r "Ob utverzhdenii Kontseptsii tsifrovoy i funktsional'noy transformatsii sotsial'noy sfery, otnosyashchey k sfere deyatel'nosti Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossiyskoy Federatsii, na period do 2025 goda" [Order of the Government of the Russian Federation of February 20, 2021 No. 431-r "On approval of the Concept of digital and functional transformation of the social sphere, related to the sphere of activity of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation, for the period up to 2025"] [e-resource]. URL: ConsultantPlus (date of access: 09/25/2021). (In Russian.)
12. Gryazina L. S. Finansirovanie sotsial'nogo obsluzhivaniya naseleniya – zadacha gosudarstva [Financing social services for the population – the task of the state] [e-resource] // Modern scientific research and innovations. 2020. No. 11. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2020/11/93775> (date of access: 05.10.2021). (In Russian.)
13. Tishkina T. M. Programmno-tselevoy metod v upravlenii territorial'nym razvitiem: sovremennye tendentsii [Target-oriented method in the management of territorial development: modern trends] // Bulletin of Catherine the Great National Institute. 2020. No. 1 (49). Pp. 18–23. (In Russian.)
14. Voronina N. V. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii kak faktor innovatsionnogo razvitiya ekonomiki [Information and communication technologies as a factor of innovative development of the economy] // Informatsionnye tekhnologii XXI veka: sbornik nauchnykh trudov. Khabarovsk. 2019. Pp. 329–332. (In Russian.)
15. Kosorukov A. A. Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii kak faktor evolyutsii publichnoy sfery: problemy gosudarstvennogo regulirovaniya [Information and communication technologies as a factor in the evolution of the public sphere: problems of state regulation] // Gosudarstvennoe upravlenie Rossiyskoy Federatsii: povestka dnya vlasti i obshchestva: materialy XVI Mezhdunarodnoy konferentsii. Moscow, 2019. Pp. 703–712. (In Russian.)

## Authors' information:

Natalya V. Murashova<sup>1</sup>, postgraduate, ORCID 0000-0001-7124-9039, AuthorID 996641; +7 908 233-00-75, [nata\\_dmitrieva@list.ru](mailto:nata_dmitrieva@list.ru)

<sup>1</sup> Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russia

**Учредитель и издатель:**

**Уральский государственный аграрный университет**

**Адрес учредителя, издателя и редакции:**

**620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42**



**Founder and publisher:**

**Ural State Agrarian University**

**Address of founder, publisher and editorial board:**

**620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.**

**Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»**

**Редакция журнала:**

*А. В. Ручкин* – кандидат социологических наук, шеф-редактор

*О. А. Багретцова* – ответственный редактор

*А. В. Ерофеева* – редактор

*Н. А. 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.

Подписано в печать: 10.11.2021 г. Усл. печ. л. 11,3. Авт. л. 10,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

