

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2019
№12 (191)**

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. Коцаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мырнин, 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. Самоделькин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

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

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Eduard D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of 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, “Uralplemsentr” (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, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny 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

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

Содержание

Агротехнологии

Ю. И. Васильев, С. Ю. Турко, М. В. Назарова,
Ю. В. Чернявский 2

Процесс изменения влагозапасов на пашне
и пастбищах с учетом физического испарения

Е. В. Матвиенко 9

Посевные площади, валовые сборы
и урожайность сорго в России и Самарской области

И. Г. Сторчак, И. В. Чернова, Ф. В. Ерошенко,
Т. В. Волошенкова, Е. О. Шестакова 19

Использование NDVI для определения содержания
азота в растениях озимой пшеницы
в условиях Ставропольского края

Биология и биотехнологии

Д. М. Анатов, Р. М. Османов 31

Фенологические особенности начальных фаз цветения
и вегетации культиваров абрикоса Дагестана

*A. S. Barkova, V. A. Makutina, M. V. Modorov,
A. G. Isaeva, A. S. Krivonogova* 40

Features of the preparation of biological material
for genome editing in cattle

С. О. Назаров 45

Исследование процесса расхода рабочей жидкости
и программирования процессов
стрижки и купания овец

*М. В. Петропавловский, Н. А. Безбородова,
А. С. Романова, А. В. Лысов, В. В. Кожуховская* 52
Опыт применения полимеразной цепной реакции
при диагностике вируса лейкоза крупного рогатого
скота и её эффективность на разных этапах проведения
оздоровительных мероприятий

Т. И. Станиславович, Т. И. Кузьмина, А. В. Молчанов 60
Оценка деструктивных процессов хроматина
гранулезных клеток овариальных фолликулов коров
и функциональный статус ооцита

Экономика

И. Г. Генералов, С. А. Суслов 65

Развитие внутрирегионального производственного
зернового кластера

Т. Г. Гурнович, Е. А. Остапенко 73

Особенности социально-экономического развития
территорий южного макрорегиона в условиях
пространственной конкуренции

Е. В. Dvoryadkina, O. A. Belikova 84
Local budgets of municipal districts of rural type

А. О. Рада 89

Определение приоритетных направлений внедрения
цифровых технологий на предприятиях растениеводства
на основе нечетких экспертных оценок
(на материалах Кемеровской области)

Contents

Agrotechnologies

*Yu. I. Vasilyev, S. Yu. Turko, M. V. Nazarova,
Yu. V. Chernyavskiy*

The process of change of humidificaion reserves in agriculture
and pastures taking into account physical evaporation

E. V. Matvienko

Sowing area, gross fees and sorghum yield in Russia
and Samara region

*I. G. Storchak, I. V. Chernova, F. V. Eroshenko,
T. V. Voloshenkova, E. O. Shestakova*

The use of NDVI to determine
the nitrogen content in winter wheat plants
in the Stavropol region

Biology and biotechnologies

D. M. Anatov, R. M. Osmanov

Phenological features of the initial phases of flowering
and vegetation of apricot cultivars of Dagestan

*A. S. Barkova, V. A. Makutina, M. V. Modorov,
A. G. Isaeva, A. S. Krivonogova*

Features of the preparation of biological material
for genome editing in cattle

S. O. Nazarov

Research of the process of expense of working liquid
and programming processes of sheep crutching
and dipping operation

*M. V. Petropavlovskiy, N. A. Bezborodova, A. S. Romanova,
A. V. Lysov, V. V. Kozhukhovskaya*

Experience in the use of polymerase
chain reaction in the diagnosis of bovine leukemia
virus and its effectiveness at different stages
of health activities

T. I. Stanislavovich, T. I. Kuzmina, A. V. Molchanov
Assessment of the destructive processes of chromatin
of granulosa cells and functional status of oocyte in bovine
ovarian follicles

Economy

I. G. Generalov, S. A. Suslov

Development of an intra-regional production
grain cluster

T. G. Gurnovich, E. A. Ostapenko

Peculiarities of social and economic development
of the territories of the southern macroregion
in the conditions of spatial competition

E. B. Dvoryadkina, O. A. Belikova

Local budgets of municipal districts of rural type

A. O. Rada

Definition of priority directions of introduction
of digital technologies in the enterprise plant based
on fuzzy expert assessments
(on materials of the Kemerovo region)

Процесс изменения влагозапасов на пашне и пастбищах с учетом физического испарения

Ю. И. Васильев¹, С. Ю. Турко¹, М. В. Назарова¹✉, Ю. В. Чернявский¹

¹ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

✉ E-mail: mn1967@list.ru

Аннотация. Цель и задачи. Поставленной задачей исследования является испарительный процесс с открытой почвенной поверхности при разном режиме выпадающих осадков и влагонакопления перед вегетацией растений. **Материалы и методы.** Приводились теоретические выкладки и применялись методы математического моделирования процесса изменения влагозапасов в почвенном слое. В полевых исследованиях учитывалась испаряемость на фоне имеющегося (фактического) растительного экрана (озимой пшеницы). **Результаты исследований.** Разработан алгоритм описания динамики влагозапасов в почве с учетом временного фактора, а точнее посуточного их изменения. Алгоритм построен по принципу последовательной проводки событий. Вся расчетная работа велась в пошаговом автоматическом режиме (посуточно) за весь период вегетации растений. В статье обращается внимание на большую роль в испарительном процессе растительного экрана, особенно его параметров. Выявлено, что определенную роль играет и количество влаги в почвенном слое. При этом показано, что с увеличением влагозапасов в почве испарение в абсолютных величинах во времени увеличивается, а в нормированном виде – уменьшается. Причин, по мнению авторов, две. Одна из них связана с дифференциацией влаги в почве, а другая – с чисто математическими свойствами (поскольку при нормировании испарения знаменатель и числитель дроби изменяются по разным законам). **Научная новизна.** Полученные структуры и алгоритмы позволяют не только определять посуточно влагозапасы в почве на пашне и на пастбищах (с учетом физического испарения), но и при дальнейшей проработке могут стать основой моделирования процессов при разных сценариях изменения климата.

Ключевые слова: процесс, испарение, моделирование, опыт, программирование, алгоритм, влагозапасы, почва, окружающая среда.

Для цитирования: Васильев Ю. И., Турко С. Ю., Назарова М. В., Чернявский Ю. В. Процесс изменения влагозапасов на пашне и пастбищах с учетом физического испарения // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-2-8.

Дата поступления статьи: 02.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Влагозапасы в почве, как показывает опыт, играют очень важную роль в формировании растительности. В то же время само протекание испарительного процесса (а следовательно, и процесса изменения влагозапасов в почве) во многом определяется физическим состоянием почвы и параметрами растительного экрана на ее поверхности. Кроме того, влагозапасы в почве определяются еще и режимом выпадающих осадков, причем не только их количественным составом, но и временем выпадения. В связи с этим законы изменения влагозапасов в функции времени полезно знать, так как не только можно будет судить о текущей урожайности сельскохозяйственных и травянистых культур на пашне и пастбищах в конкретном году, но и это даст возможность строить прогностические модели продуктивности растительности на перспективу при отработке того или иного сценария глобального изменения климата. Конечно, нужно помнить и о том факте, что урожайность растений формируется под воздействием множества факторов, а не только от влияния влагозапасов. Но все же последний показатель является одним из определяющих в аридной зоне. Мате-

матическое описание изменения влагозапасов в почве, несомненно, будет полезно для практического земледелия [1, с. 69; 2, с. 54; 3, с. 507].

Методология и методы исследования (Methods)

Поставленная задача исследования динамики влагозапасов на пашне и пастбищах нами решается без учета потерь влаги через транспирацию. Иначе говоря, в опытах учитывается только физическое испарение, причем на открытой почве и при наличии растительного экрана на ее поверхности.

Поскольку в натуральных условиях подобную проблему было решать очень сложно, а точнее невозможно, возникла необходимость проведения лабораторных опытов с учетом требований опытного дела и моделирования [4, с. 59; 5, с. 48].

В лабораторных опытах использовались стеклянные сосуды и искусственный, не транспирирующий экран из виниловых трубочек. Были взяты следующие варианты: 1) площадь закрытия испаряющей поверхности 0, 10, 15, 20 и 30 %; 2) высота защитного экрана – 0, 10, 20 и 30 см; 3) доза увлажнения образца – 30, 60 и 90 мл. При этом

использовались сосуды объемом 180 см³, наполненные отсортированной почвенной фракцией размером 3–5 мм; 4) экспозиция каждого опыта была 3 часа, при температуре 17–28 °С и относительной влажности воздуха 50–81 %; 5) опыты проводились без участия ветра [6, с. 19].

В полевых исследованиях учитывалась испаряемость на фоне имеющегося (фактического) растительного экрана (озимой пшеницы) [7, с. 55].

Результаты (Results)

Как показали лабораторные эксперименты, в варианте без растительного экрана потери влаги за указанную экспозицию составили от 12,8 до 23,3 г (таблица 1).

Чтобы убедиться, каким образом изменяются влагопотери в функции влагосодержания в почве при отсутствии экрана, был построен график, приведенный на рис. 1.

Как видим, в этом случае с увеличением влаги в образце количество испарившейся влаги возрастает, но не

линейно. Иначе говоря, скорость испарения становится несколько меньшей. Это, на наш взгляд, происходит по следующей причине. При большей влажности образца в испарительный процесс вовлекается еще и внутрипоровая влага, а это более трудный процесс из-за большей связанности влаги с почвенными агрегатами.

Такое положение дел дало нам основание гипотетически предположить для поверхности без экрана следующую математическую схему моделирования испарительного процесса:

$$\frac{dE}{dW} = \frac{K_1}{(W + B)}, \quad (1)$$

где E – испаряющаяся влага из почвенного слоя 0–100 см, мм; W – влага в почве, мм (в том же слое); K_1 – коэффициент, зависящий от условий испарения влаги и свойств почвогрунтового слоя; $B = 100$ – коэффициент, введенный для избегания разрыва функции при $W = 0$.

Таблица 1
Весовая разница (г) образца до и после эксперимента

Объем жидкости в образце, мл	Площадь закрытия экраном, %	Высота элементов экрана, см		
		10	20	30
30	Контроль (без экрана)	12,8	14,4	17,8
	10	11,2	8,2	12,2
	15	10,2	9,3	10,3
	20	8,4	8,5	10,0
	30	7,0	7,5	8,9
60	Контроль (без экрана)	16,5	20,7	10,7
	10	13,0	13,8	11,3
	15	11,7	12,8	10,6
	20	10,5	8,7	9,1
	30	6,9	10,5	8,7
90	Контроль (без экрана)	23,3	23,3	23,3
	10	12,5	18,5	12,5
	15	10,2	14,6	9,3
	20	10,5	15,1	6,8
	30	7,7	11,3	6,5

Table 1
Weight difference (g) of the sample before and after the experiment

The volume of fluid in the sample, ml	Screen closing area, %	The height of the screen elements, cm		
		10	20	30
30	Control (no screen)	12.8	14.4	17.8
	10	11.2	8.2	12.2
	15	10.2	9.3	10.3
	20	8.4	8.5	10.0
	30	7.0	7.5	8.9
60	Control (no screen)	16.5	20.7	10.7
	10	13.0	13.8	11.3
	15	11.7	12.8	10.6
	20	10.5	8.7	9.1
	30	6.9	10.5	8.7
90	Control (no screen)	23.3	23.3	23.3
	10	12.5	18.5	12.5
	15	10.2	14.6	9.3
	20	10.5	15.1	6.8
	30	7.7	11.3	6.5

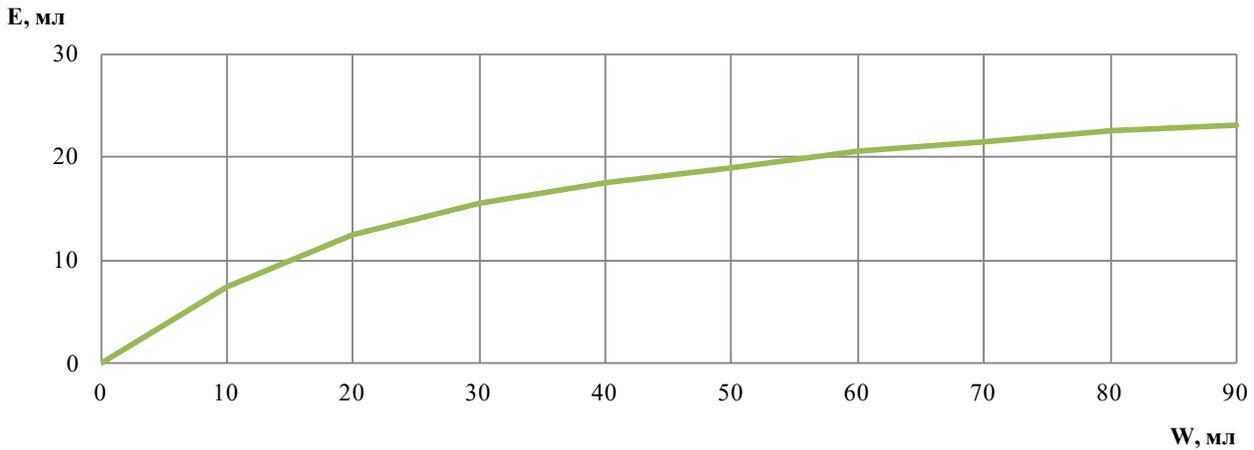


Рис. 1. Связь испарения (E) с содержанием влаги в образце (W) (вариант без экрана)

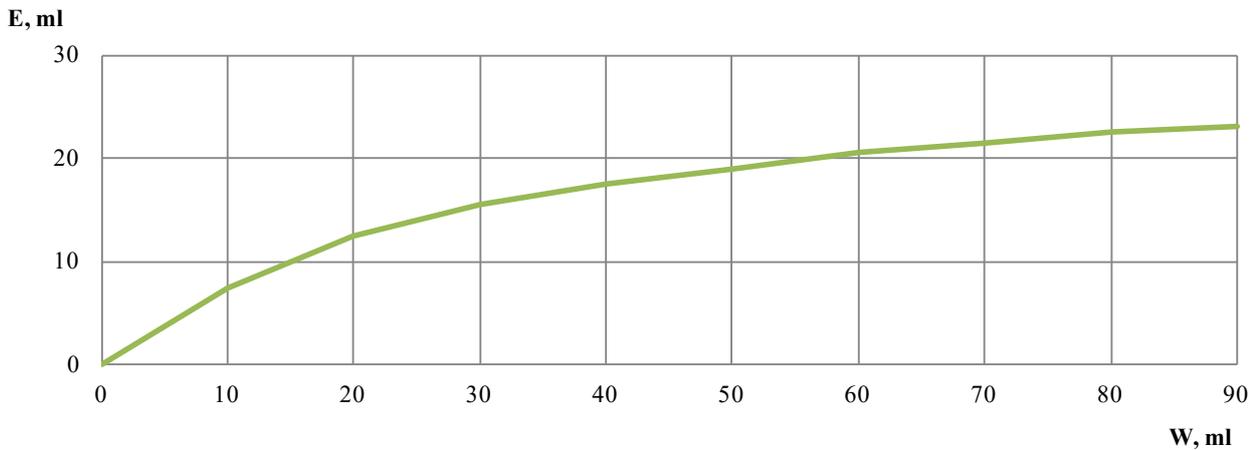


Fig. 1. Connection of evaporation (E) with the moisture content in the sample (W) (version without screen)

Разделяя переменные в уравнении (1) и произведя интегрирование, получаем:

$$E = K_1 \ln(W + B) + C, \quad (2)$$

где C – постоянная интегрирования неопределенного интеграла, находящаяся по граничным условиям.

Используя граничные условия, т. е. $W = 0, E = 0$, получаем, что $C = -K_1 \ln B$.

Подставляя теперь значение C в уравнение (2), имеем:

$$E = K_1 \ln\left(\frac{W + B}{B}\right). \quad (3)$$

Очевидно, что остаток влаги в почвенном слое после первых суток при условии отсутствия осадков и гидростатика будет равен:

$$W_1 = W_0 - K_1 \ln\left(\frac{W_0 + B}{B}\right), \quad (4)$$

где W_0 – запасы влаги перед первыми сутками испарительного процесса, мм.

В уравнении (4) неизвестными нужно считать два показателя – коэффициенты K_1 и B .

Для раскрытия первого коэффициента воспользуемся подходом А. Р. Константинова, согласно которому:

$$K_1 = \frac{0,3d_e \gamma_1 (1 + mv_1)(e_{0,5} - e_{2,0}) KP}{\ln\left(\frac{100}{Z_0}\right)}, \quad (5)$$

где m – коэффициент влияния на испарительный процесс скорости ветра (введен нами); d_e, γ_1 – коэффициенты, зависящие от свойств испаряющей поверхности и температу-

ры на уровне 0,5 и 2,0 м, а также скорости ветра на высоте 1 м; KP – коэффициент, учитывающий испаряющие свойства почвенного слоя; $e_{0,5}, e_{2,0}$ – упругость водяного пара на высотах 0,5 и 2,0 м.

При этом значения d_e могут быть найдены из соотношения:

$$d_e = 1 + 0,72\sqrt{1 - 28(Z_0 - Z_{00})R_i} - 1, \quad (6)$$

где Z_0, Z_{00} – соответственно параметр фактической шероховатости почвенной поверхности и параметр, равный 1 см; R_i – число Ричардсона, определяемое с помощью соотношения вида [4]:

$$R_i = \frac{-0,025(T_{0,5} - T_{2,0}) \ln^2(100/Z_0)}{v_1^2}, \quad (7)$$

где $T_{0,5}, T_{2,0}$ – температура воздуха на высоте, соответственно, 0,5 и 2,0 м; Z_0 – параметр шероховатости испаряющей поверхности; v_1 – скорость ветра на высоте 1 м, м/с.

Что же касается значения γ_1 в уравнении (5), то оно находится по формуле:

$$\gamma_1 = \frac{1}{\sqrt[4]{1 - R_i}}. \quad (8)$$

Надо отметить, что коэффициент K_1 в уравнении еще окончательно не раскрыт. Предположительно можно считать, что он зависит еще от нескольких факторов, определяющих испарительный процесс. Неясными являются на сегодняшний день диапазоны изменения коэффициентов m и KP . Концептуально они зависят от состояния почвы и ее свойств [8, с. 82; 9, с. 19].

Анализ уравнений (5) и (7) свидетельствует и о том, что при больших градиентах упругости водяного пара в воздухе и больших разностях температур в нем на уровнях 0,5 и 2,0 м значения коэффициента K_1 оказываются большими. То же происходит и с увеличением скорости ветра, повышением шероховатости почвенной поверхности. Нужно отметить и то, что градиент температуры влияет на величину K_1 через число Ричардсона, а влияние скорости ветра осуществляется и через число Ричардсона, и непосредственно через коэффициент m . Что же касается влияния текущего влагосодержания в почвенном слое на испарительный процесс, то надо сказать, что его влияние идет по логарифмическому закону и всецело зависит от текущего значения W_0 (начальные влагозапасы).

Используя приведенные выше теоретические наработки, а также учитывая общепринятые современные методы математического моделирования [3, с. 58; 10, с. 1107; 11, с. 11; 12, с. 230; 13, с. 409] и алгоритмирования (имитации) был разработан алгоритм описания динамики влагозапасов в почве с учетом временного фактора, а точнее посу-

точного их изменения. Алгоритм построен по принципу последовательной проводки событий. Вся расчетная работа ведется в пошаговом, причем автоматическом режиме (посуточно) за весь период вегетации растений.

Сделанные согласно этому – алгоритму расчеты свидетельствуют о достаточной корректности получаемых результатов. Причем они говорят о существенном влиянии на конечный результат времени выпадения осадков (рис. 2).

А, В, С, D – варианты без осадков (начальные влагозапасы соответственно 220, 160, 100 и 50 мм; I, II, III, IV – фенологические фазы; 1-5; 1'-5'; 1''-5'' – различные варианты пополнения влагозапасов за счет осадков (на графике вертикальные отрезки).

Из представленного рис. 2 вытекает целый ряд очень важных выводов. Один из них относится к важности весеннего накопления влаги. Исследования показали, что от этого зависит продолжительность обеспечения влагой растительности во время вегетационного периода, особенно при неблагоприятном осадковом режиме.

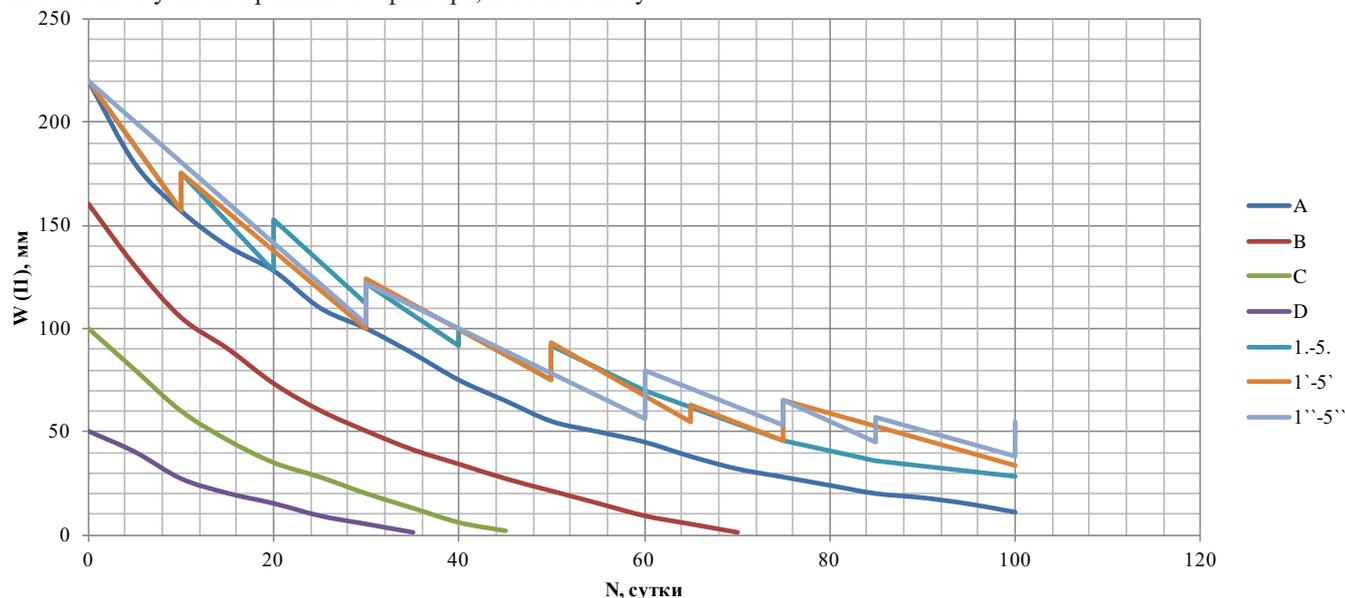


Рис. 2. Изменение влагозапасов во времени из почвенного слоя (при отсутствии на поверхности почвы защитного экрана)

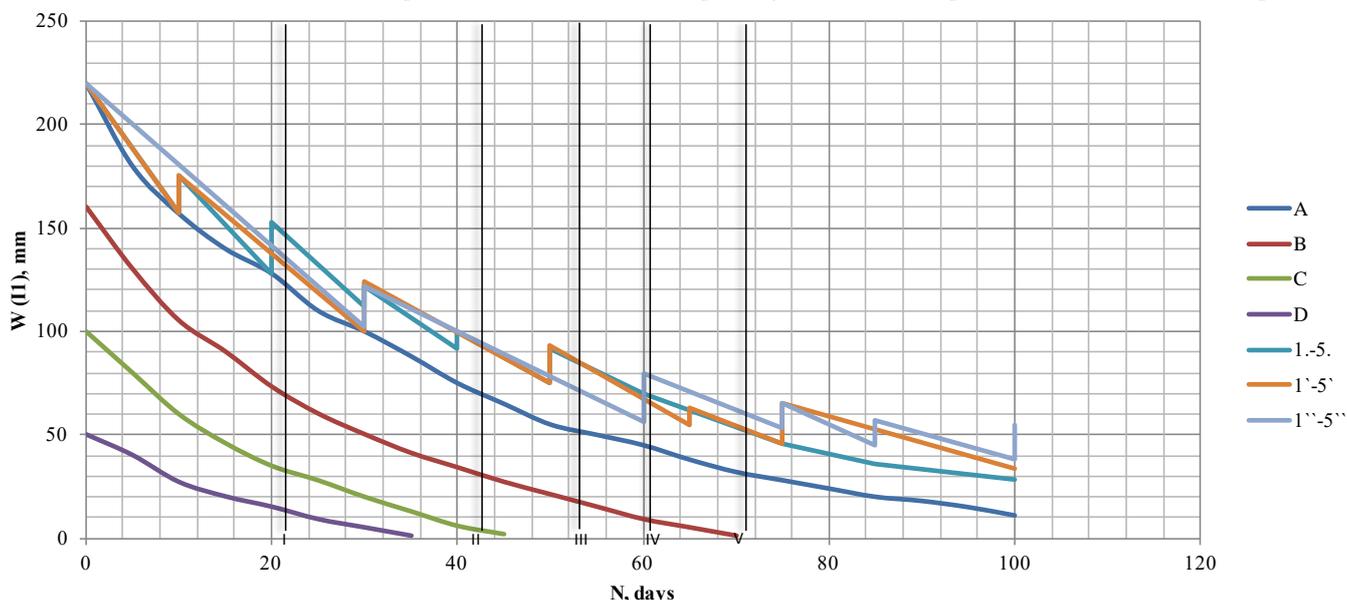


Fig. 2. Change in moisture reserves over time from the soil layer (in the absence of a protective screen on the soil surface)

Важно также отметить значимость времени выпадения осадков, поскольку это влияет на характер динамики влагозапасов в почве и определяет конечные значения их при завершении вегетации растений [14, с. 235].

Расчеты показали также, что изменение влагозапасов в почве во временном аспекте суть процесс нелинейный. Это значит, что конечный результат его неоднозначный. И играют определенную роль время выпадения осадков и количественная сторона приходящей части влаги.

Выявлено, что при смещении сроков выпадения осадков к началу вегетации (в пределах вегетационного периода) средние значения влагозапасов в первой части вегетационного периода увеличиваются, а во второй, наоборот, уменьшаются. При смещении же их в сторону конца вегетации наблюдается обратная картина, т. е. в первой части вегетации влагозапасы снижаются, а во второй – возрастают.

Конечно, может быть и другая картина по временным периодам. Все зависит от характера погодных условий, года и периодичности пополнения влаги в почве. Иначе говоря, конечный результат по влагозапасам есть функция отмеченного фактора и еще целого ряда других причин (начальных значений влагозапасов, временного распределения осадков, почвенного состояния). Этот процесс строго не детерминирован и носит вероятностный характер. Поэтому брать его за оценочный показатель, как это делается сейчас, при определении коэффициента водопотребления, мягко говоря, рискованно, а точнее ошибочно. Это рискованно еще и потому, что на данный показатель

может оказывать существенное влияние (которое определяется его параметрами) и растительный экран. Но это вопрос другой, готовящейся статьи.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Следует отметить один очень важный момент, а именно то, что в предлагаемой модели использованы общие представления о динамике влагозапасов в почве и слабо интерпретирован такой параметр, как *KP*. Поэтому дальнейшие исследования должны быть направлены на его раскрытие (для различных почв и технологий возделывания сельскохозяйственных растений), а также на установление пределов его изменения.

Следует сказать и то, что созданные структуры и программный продукт обеспечивают возможность прогнозирования динамики влагозапасов не только в современных условиях, но и при отработке различных сценариев глобального изменения климата. В перспективе созданные наработки с успехом могут быть трансформированы в более серьезные структуры. Например, в систему, обеспечивающую расчет испарительного процесса и динамики влагозапасов в почве при наличии на ее поверхности различных по плотности растительных экранов, а в дальнейшем и вообще влагооборота между подстилающей поверхностью и прилегающей воздушной средой. Таким образом, может появиться возможность прогноза фактической биопродуктивности растений в конкретных климатических и погодных условиях [15, с. 253].

Библиографический список

1. Быков Ф. Л., Василенко Е. В., Гордин В. А., Тарасова Л. Л. Статистическая структура поля влажности верхнего слоя почвы по данным наземных и спутниковых наблюдений // Метеорология и гидрология. 2017. № 6. С. 68–84.
2. Зайцев Р. Н., Ревенко В. Ю., Агафонов О. М., Волобуев В. А. Сравнительная оценка способов повышения влагообеспеченности почв // Наука, техника и образование. 2016. № 10 (28). С. 54–58.
3. Merlin O., Olivera-Guerra L., Hssaine B., Amazirh A., Rafi Z., Ezzahar J., Gentine P., Khabba S., Gascoin S., Er-Raki S. A phenomenological model of soil evaporative efficiency using surface soil moisture and temperature data // Agricultural and Forest Meteorology. 2018. Vol. 256–257. Pp. 501–515. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.04.010.
4. Салугин А.Н., Кулик А.К., Власенко М.В. Численное моделирование вертикального движения влаги в зоне аэрации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 57–64.
5. Салугин А. Н., Кулик А. К., Власенко М. В. Динамика элементов водного баланса в моделях почвенных гидрологических процессов // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 3. С. 47–50.
6. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Медведев И. Ф. Влияние технологических систем на водный режим почвы в степном Заволжье // Аграрный научный журнал. 2017. № 4. С. 16–20.
7. Васильев Ю. И. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 4. С. 54–57.
8. Турко С. Ю. Математическое моделирование влагопотерь из почвы при отсутствии на ее поверхности защитного растительного экрана // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1 (65). С. 81–87.
9. Турко С. Ю. Математическое описание процессов роста и урожайности кормовых культур в аридных условиях // Вестник Башкирского ГАУ. 2016. № 2 (38). С. 18–22.
10. Шабанов В. В., Солошенко А. Д. Инструменты для оценки продуктивности злаковых растений на различных элементах катены // Степи Северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума. Оренбург, 2018. С. 1106–1108.
11. Денисов Е. П., Солодовников А. П., Линьков А. С., Четвериков Ф. П. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. 2014. № 8 (65). С. 10–15.
12. Кулик Н. Ф. Термоградиентный перенос влаги в почве и возможности её использования растениями // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН. 2018. С. 230–234.

13. Balugani E., Lubczynski M. W., Van Der Tol C., Metselaar K. Testing three approaches to estimate soil evaporation through a dry soil layer in a semi-arid area // Journal of Hydrology. 2018. Vol. 567. Pp. 405–419. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.018.
14. Белюченко И. С. Перспективы развития агроландшафтных систем в степной зоне края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 108. С. 232–247.
15. Сажин А. Н. [и др.] Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.

Об авторах:

Юрий Иванович Васильев¹, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный деятель науки РФ, научный консультант, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 7926

Светлана Юрьевна Турко¹, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru

Марина Владимировна Назарова¹, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7933-3152, AuthorID 392262; +7 961 064-69-27, mn1967@list.ru

Юрий Владимирович Чернявский¹, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-1781-433X,

AuthorID 148489; +7 909 392-04-78, schwartzyrgen@gmail.ru

¹ Федеральний научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук, Волгоград, Россия

The process of change of humidification reserves in agriculture and pastures taking into account physical evaporation

Yu. I. Vasilyev¹, S. Yu. Turko¹, M. V. Nazarova^{1✉}, Yu. V. Chernyavskiy¹

¹ Federal Scientific Center for Agroecology Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

✉E-mail: mn1967@list.ru

Abstract. Purpose and objectives. The stated objective of the study is the evaporation process with an open soil surface under different conditions of precipitation and moisture accumulation before the plant vegetation. **Materials and methods.** Theoretical calculations were given and methods of mathematical modeling of the process of changing moisture reserves in the soil layer were applied. In field studies, evaporation was taken into account against the background of the existing (actual) vegetable screen (winter wheat). **Research results.** An algorithm has been developed to describe the dynamics of moisture reserves in the soil, taking into account the time factor, or rather, their daily change. The algorithm is built on the principle of sequential posting of events. All settlement work was carried out in a step-by-step, automatic mode (daily) for the entire period of plant vegetation. The article draws attention to the large role in the evaporation process of the vegetable screen, especially its parameters. It was revealed that the amount of moisture in the soil layer also plays a role. It was shown that with increasing moisture reserves in the soil, evaporation in absolute terms, in time, increases, and in a normalized form decreases. The reasons, according to the authors, are two. One of them is associated with the differentiation of moisture in the soil, and the other is associated with purely mathematical properties (since the denominator and numerator of the fraction change according to different laws when normalizing evaporation). **Scientific novelty.** The resulting structures and algorithms allow us not only to determine the daily moisture reserves in the soil on arable land and on pastures (taking into account physical evaporation), but also during further study can become the basis for modeling processes under different climate change scenarios.

Keywords: process, evaporation, modeling, experience, programming, algorithm, moisture reserves, soil, environment.

For citation: Vasilyev Yu. I., Turko S. Yu., Nazarova, M. V., Chernyavskiy Yu. V. Protsess izmeneniya vlagozapasov na pashne i pastbishchakh s uchetom fizicheskogo ispareniya [The process of change of humidification reserves in agriculture and pastures taking into account physical evaporation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-2-8. (In Russian.)

Paper submitted: 02.10.2019.

References

1. Bykov F. L., Vasilenko E. V., Gordin V. A., Tarasova L. L. Statisticheskaya struktura polya vlazhnosti verhnego sloya pochvy po dannym nazemnyh i sputnikovyh nablyudenij [Statistical structure of the moisture field of the upper soil layer according to ground and satellite observations] // Meteorologiya i gidrologiya. 2017. No. 6. Pp. 68–84.
2. Zaytsev R. N., Revenko V. Yu., Agafonov O. M., Volobuev V. A. Sravnitel'naya otsenka sposobov povysheniya vlagooberpechennosti pochv [Comparative evaluation of ways to improve soil moisture] // Nauka, tekhnika i obrazovanie. 2016. No. 10 (28). Pp. 54–58.

3. Merlin O., Olivera-Guerra L., Hssaine B., Amazirh A., Rafi Z., Ezzahar J., Gentine P., Khabba S., Gascoïn S., Er-Raki S. A phenomenological model of soil evaporative efficiency using surface soil moisture and temperature data // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2018. Vol. 256–257. Pp. 501–515. DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.04.010.
4. Salugin A. N., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Chislennoe modelirovanie vertikal'nogo dvizheniya vlagi v zone aeratsii [Numerical simulation of the vertical movement of moisture in the aeration zone] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2018. No. 2 (50). Pp. 57–64.
5. Salugin A. N., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Dinamika elementov vodnogo balansa v modelyakh pochvennykh gidrologicheskikh protsessov [Dynamics of water balance elements in models of soil hydrological processes] // *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2018. No. 3. Pp. 47–50.
6. Goryanin O. I., Shcherbinina E. V., Medvedev I. F. Vliyanie tekhnologicheskikh sistem na vodnyy rezhim pochvy v stepnom Zavolzh'e [The influence of technological systems on the water regime of the soil in the Volga steppe] // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2017. No. 4. Pp. 16–20.
7. Vasil'ev Yu. I. Metodologiya prognoza var'irovaniya urozhaya zernovykh kul'tur v agrolesolandshafte v svyazi s nestabil'nost'yu klimaticheskikh kharakteristik [Methodology for predicting the variation of the yield of grain crops in agroforestry due to the instability of climatic characteristics] // *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokozyaystvennykh nauk*. 2013. No. 4. Pp. 54–57.
8. Turko S. Yu. Matematicheskoe modelirovanie vlagopoter' iz pochvy pri otsutstvii na eye poverkhnosti zashchitnogo rastitel'nogo ekrana [Mathematical modeling of moisture loss from the soil in the absence of a protective vegetable screen on its surface] // *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2017. No. 1 (65). Pp. 81–87.
9. Turko S. Yu. Matematicheskoe opisanie protsessov rosta i urozhaynosti kormovykh kul'tur v aridnykh usloviyakh [Mathematical description of the processes of growth and yield of forage crops in arid conditions] // *Vestnik Bashkirskogo GAU*. 2016. No. 2 (38). Pp. 18–22.
10. Shabanov V. V., Soloshenkov A. D. Instrumenty dlya otsenki produktivnosti zlakovykh rasteniy na razlichnykh elementakh kateny [Tools for assessing the productivity of cereal plants on various elements of the catena] // *Stepi Severnoy Evrazii: materialy VIII mezhdunarodnogo simpoziuma*. Orenburg, 2018. Pp. 1106–1108.
11. Denisov E. P., Solodovnikov A. P., Lin'kov A. S., Chetverikov F. P. Agrofizicheskie protsessy formirovaniya zapasov produktivnoy vlagi v pochve [Agrophysical processes of formation of productive moisture reserves in the soil] // *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta im. N. I. Vavilova* 2014. No. 8 (65). Pp. 10–15.
12. Kulik N. F. Termogradientnyy perenos vlagi v pochve i vozmozhnosti eye ispol'zovaniya rasteniyami [Thermogradient transfer of moisture in the soil and the possibility of its use by plants] // *Sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoe 50-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrohimii SO RAN*. 2018. Pp. 230–234.
13. Balugani E., Lubczynski M. W., Van Der Tol C., Metselaar K. Testing three approaches to estimate soil evaporation through a dry soil layer in a semi-arid area // *Journal of Hydrology*. 2018. Vol. 567. Pp. 405–419. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2018.10.018.
14. Belyuchenko I. S. Perspektivy razvitiya agrolandschaftnykh sistem v stepnoy zone kraya [Prospects for the development of agrolandscape systems in the steppe zone of the region] // *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. No. 108. Pp. 232–247.
15. Sazhin A. N. [et al.] Pogoda i klimat Volgogradskoy oblasti [Weather and climate of Volgograd region]. Volgograd: VNIALMI, 2017. 333 p.

Authors' information:

Yuriy I. Vasilyev¹, doctor of agricultural sciences, honored scientist of the Russian Federation, science consultant, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 7926

Svetlana Yu. Turko¹, candidate of agricultural sciences, researcher, ORCID 0000-0002-2546-4755, AuthorID 185088; +7 961 064-31-17, turkosvetlana73@mail.ru

Marina V. Nazarova¹, junior researcher, ORCID 0000-0002-7933-3152, AuthorID 392262; +7 961 064-69-27, mn1967@list.ru

Yuriy V. Chernyavskiy¹, candidate of economic sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-1781-433X, AuthorID 148489; +7 909 392-04-78, schwartzyrigen@gmail.ru

¹ Federal Scientific Center for Agroecology Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Посевные площади, валовые сборы и урожайность сорго в России и Самарской области

Е. В. Матвиенко¹

¹ Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН, Кинель, Россия

✉ E-mail: opel0076687@yandex.ru

Аннотация. Цель работы – анализ и оценка посевных площадей сорго, урожайности и валового сбора в целом по России и по Самарской области. Исследования базируются на методах эффективного производства сорго и биологических особенностей культуры. Составлялась статистика, обрабатывались данные по посевным площадям сорго в России в целом за период 1990–2018 гг. **Результаты и область применения:** приводятся данные по площадям и валовому сбору сорго в целом по России. Так, за период 2015–2016 гг., площадь под сорго была рекордной и составляла 224,2 и 228,7 тыс. га по сравнению с 1990 г., когда площадь составляла 67,3 тыс. га. Главным регионом в России по наибольшей площади сорго была Саратовская область, где было посеяно по данным на 2018 г. 26,4 тыс. га, или 37,1 % от общей доли посеянных площадей сорго. В Самарской области площадь под сорго составила в пределах 4,0 тыс. га и 5,5 % от общей доли. В 2018 г. производство сорго составило 49 тыс. тонн. Урожайность сорго в России в 2018 г. в среднем была на уровне 11 ц/га. В Самарской области она составляла 18,3 ц/га. **Научная новизна** заключается в области семеноводства сорго в Самарской области. Надежным источником повышения производства сочных и зеленых кормов могут стать посевы сахарного и зернового сорго. Высокой потенциальной урожайностью и качеством зерна отличаются сорта сорго зернового – Премьера, Славянка, Рось и Кинельское 63, созданные в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН.

Ключевые слова: сорго, посевные площади, урожайность, валовые сборы, сорта, качество, семеноводство.

Для цитирования: Матвиенко Е. В. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сорго в России и Самарской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18.

Дата поступления статьи: 09.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Природные условия Самарской области (резко континентальный климат, недостаток влаги и высокие температуры) требуют поиска новых путей повышения эффективности земледелия [13, с. 4; 14, с. 280; 3, с. 37; 15]. Надежным источником повышения производства сочных и зеленых кормов, зерна могут стать посевы сахарного и зернового сорго [3, с. 37].

Высокая засухоустойчивость, малая требовательность к почвам, относительная солевыносливость, стабильность урожаяев силосной и зеленой массы зерна позволяют широко возделывать сорговые культуры во многих засушливых районах страны. В зоне недостаточного увлажнения сорго не имеет себе равных по продуктивности среди кормовых и зерновых культур [3, с. 37].

Культура сорго способна формировать хорошие урожаи не только в зонах сухих степей, но и в зоне полупустынь, где за год выпадает осадков всего в пределах 200–300 мм. Сорго способно благоприятно переносить очень сильные изменения температуры почвы и воздуха. В Поволжье такие условия могут наблюдаться ежегодно. Сорго за свою способность переносить засуху получило название «верблюд растительного мира» [13, с. 4]. Целесообразность возделывания сорго в засушливых и полусухих районах области России обуславливается его высокой продуктивностью и универсальностью использования. Зеле-

ная масса и зерно из сорго очень хорошо поедаются всеми видами животных и птицей. Например, это отличный корм для свиней, коров, овец, лошадей, кроликов, кур, гусей и разных видов рыб [14, с. 280; 9, с. 56; 5, с. 47].

Если вносятся минеральные удобрения под сахарное сорго, то повышаются содержание сырого протеина, а также урожайность зеленой массы. Ее используют для приготовления зеленого корма, силоса, сенажа в кормлении КРС, овец, лошадей, кроликов [2, с. 43]. Из сока, который получают из стеблей сахарного сорго, делают сироп, который используют на пищевые цели, а также в кондитерской промышленности и для питания диабетиков [6, с. 44]. Оно богато углеводами, белками, аминокислотами, каротином, минеральными и дубильными веществами, витаминами, которые играют важную роль в повышении продуктивности животных.

Зерно сорго может содержать, по усредненным данным, около 70 % крахмала, 12 % белка и 3,5 % жира и относится к очень ценным сбалансированным кормам. По питательным свойствам зерно сорго и зеленая масса почти не уступают такой культуре, как кукуруза. В 100 кг зеленой массы из сорго может содержаться 23,5 кг кормовых единиц, 0,8 кг переваримого белка; в сене – 49,2 кг и 2,2 кг, в соломе – 50,2 кг и 1,8 кг; в мякне – 44,2 кг и 2,4 кг; в силосе – 22,0 кг и 0,6 кг; в зерне – 118,8 кг и 7,9 кг соответственно [14, с. 280].

Сорго является важным страховым растением на случай засухи в первой половине лета, а также хорошей поживной и поукосной культурой [14, с. 280]. Оно служит важной мелиорирующей культурой при посеве на солонцах и надежным средством для борьбы с вторичным засолением [14, с. 280].

Методология и методы исследования (Methods)

Методология выполнения данной работы предусматривала оценку специалистами Экспертно-аналитического центра агробизнеса «АБ-Центр» посевных площадей и валового сбора сорго за период 1990–2018 гг. [16]. Изучались показатели производства сорго в виде статистики и посевных площадей как в общем по России с 1990 по 2018 гг., так и отдельно по регионам страны с 2011 года по 2018 гг., а также по Самарской области.

Объектом исследований служил сорго, предметом – рекомендации по возделыванию культуры в засушливых регионах страны. Приводятся новые сорта зернового сорго, созданные в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН, Премьера, Славянка, Рось и Кинельское 63.

Результаты (Results)

В связи с тем, что в России реализуется национальный проект «Животноводство», проблема получения полноценных кормов приобретает актуальность. Часто повторяются засушливые условия, понижаются урожайность и производство фуражного зерна, необходимо вспомнить про незаслуженно забытую культуру – сорго зерновое [13, с. 5].

Целесообразность возделывания сорго в засушливых и полузасушливых районах области и России обуславливается его высокой продуктивностью и разным использованием. Зеленая масса и зерно сорго охотно поедаются свиньями, коровами, овцами, лошадьми, кроликами и разными видами рыб, птицей – курами, гусями [9, с. 56; 5, с. 47; 14, с. 280].

В России посевные площади под сорго составляли 166,7 тыс. га в 2014 году, произошло увеличение на 9,4 % по сравнению с 2013 г. и с 1990 годом (рис. 1) [16].

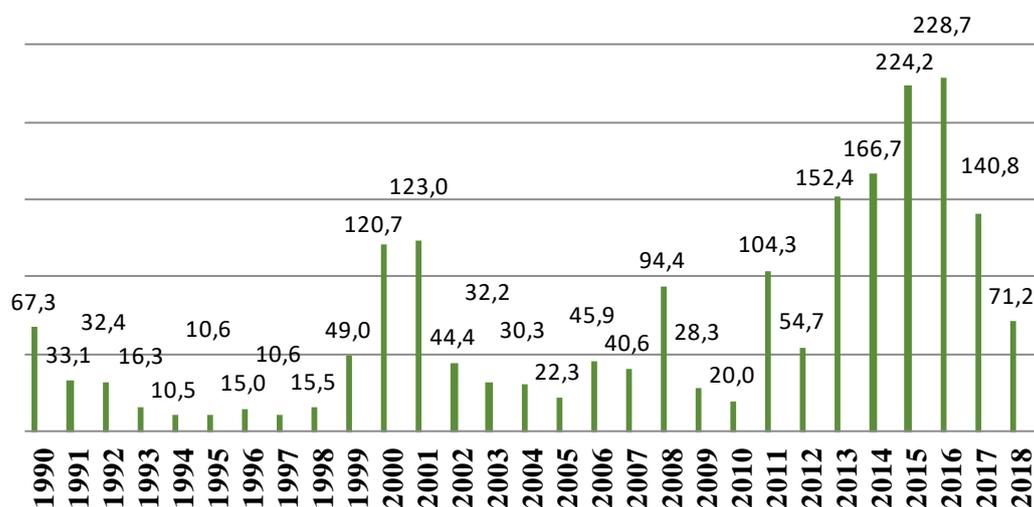


Рис. 1. Посевные площади сорго в России в 1990–2018 гг., тыс. га.

Источник: по данным Росстата

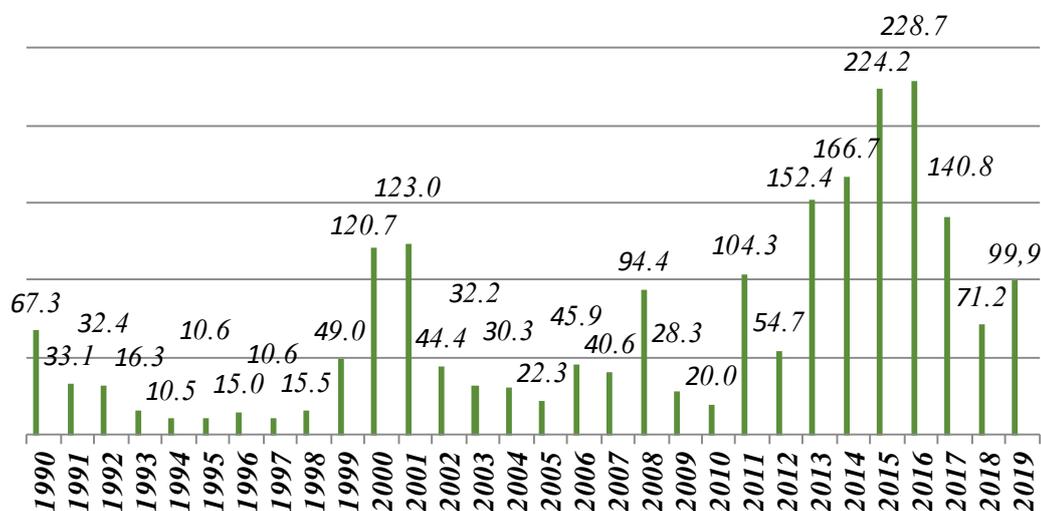


Fig. 1. Sorghum sown areas in Russia in 1990–2018, thousand hectares.

Source: according to Rosstat

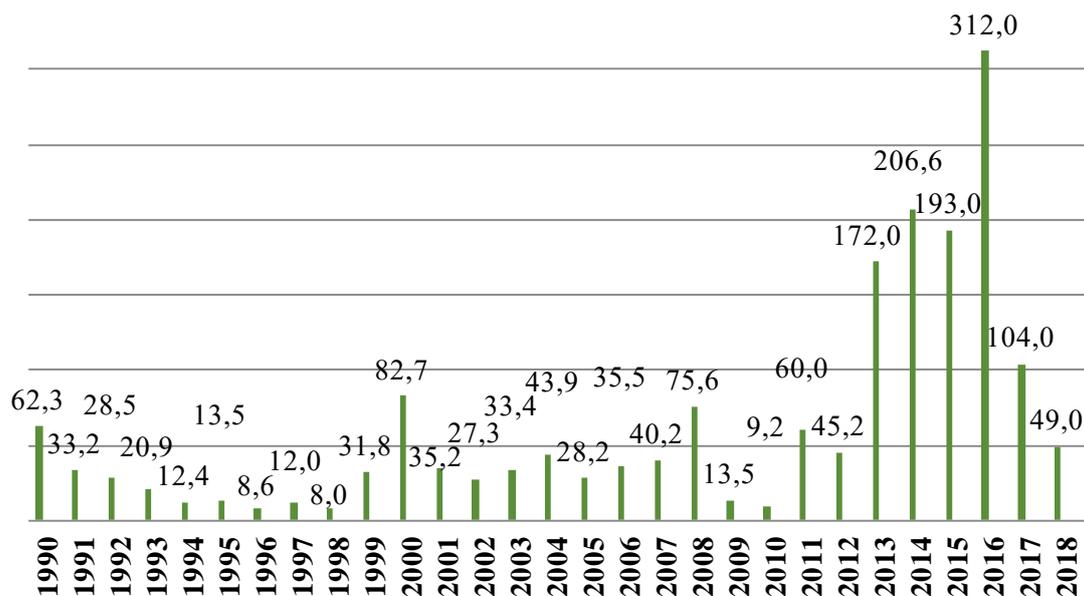


Рис. 2. Валовые сборы сорго в России в 1990–2018 гг., тыс. тонн.
Источник: по данным Росстата

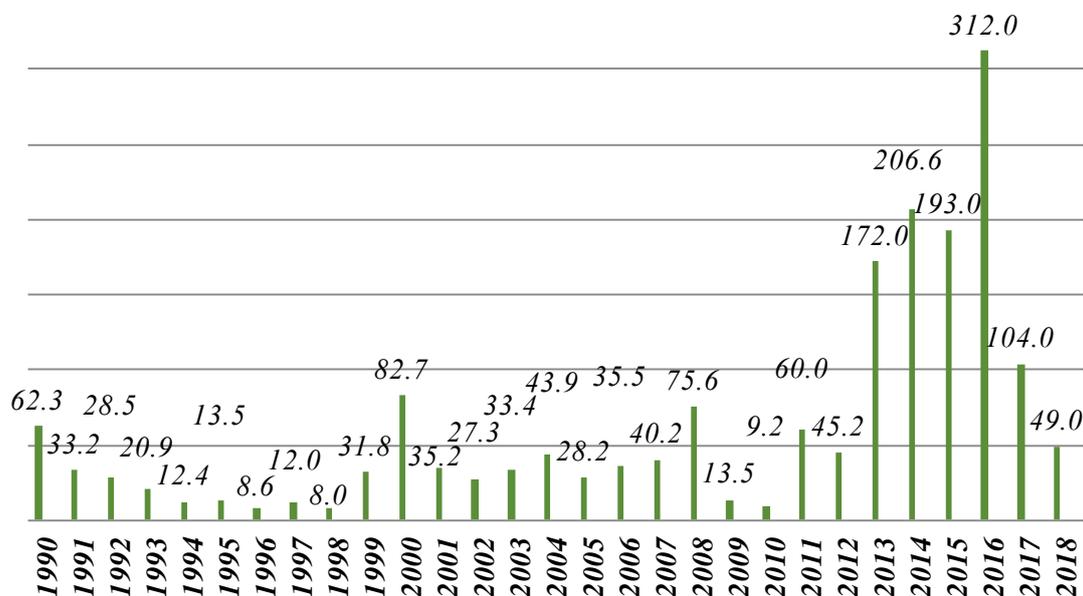


Fig. 2. Gross sorghum fees in Russia in 1990–2018, thousand tons.
Source: according to Rosstat

По отношению к 2012 году посевные площади под сорго увеличились практически в 3 раза, а вот за пятилетку площадь посева под сорго в целом по России выросла практически в 6 раз, а за 10 лет – в 5,5 раз. Показатель посевной площади под сорго вырос практически в 2,5 раза по сравнению с 1990 годом [16].

В 2015 и 2016 гг. посевная площадь под сорго была рекордной и составляла 224,2 и 228,7 тыс. га соответственно по сравнению с 1990 г., где площадь составляла 67,3 тыс. га. Но последующие 2017 и 2018 гг. ознаменовались падением посевных площадей сорго в России до 140,8 и 71,2 тыс. га соответственно [16].

Главным регионом выращивания сорго в России остается Ростовская область, где было посеяно в 2014 году 58,5 тыс. га. Доля от общих посевных площадей сорго в России составляла 31,5 %. Если сравнивать с 2013 г., то посевные площади сорго в Ростовской области увеличи-

лись практически на 35,4 % [16]. В России значительные размеры посевных площадей находятся также в Саратовской, Волгоградской, Оренбургской и Самарской областях. Культура сорго возделывается, кроме выше перечисленных, еще в 14 регионах страны. Основной причиной недостаточного распространения сорго в РФ и стабильного увеличения посевных площадей является недостаточное развитие животноводства [8, с. 48]. Производство сорго в России начиная с 1990 г. постоянно менялось. Происходило падение производство в 1996, 1998 и 2010 гг., где валовые сборы были рекордно низкие и варьировали от 8,0 до 9,2 тыс. тонн, начиная с 1990 года. И наоборот, высокие в 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг., где валовые сборы составляли от 104 до 312 тыс. тонн [16]. Рекордным годом по производству сорго, по данным Росстата, был 2016 г. (312 тыс. тонн). В 2018 г. производство сорго резко упало и составило 49 тыс. тонн (рис. 2) [16]. Если срав-

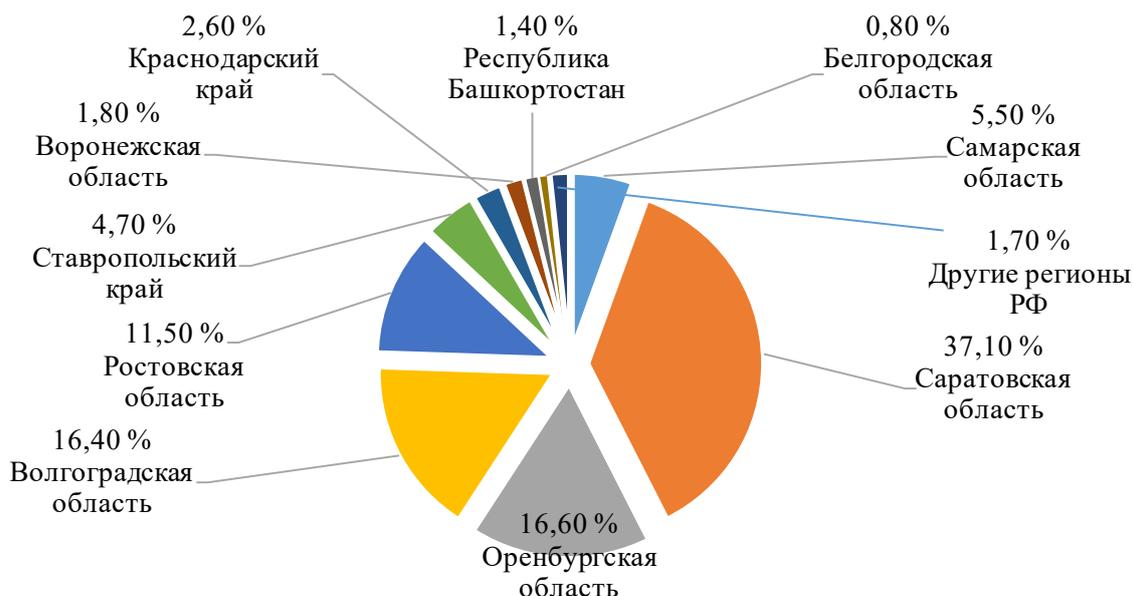


Рис. 3. Регионы лидеры по размеру посевных площадей сорго в России в 2018 году.
Источник: по данным Росстата

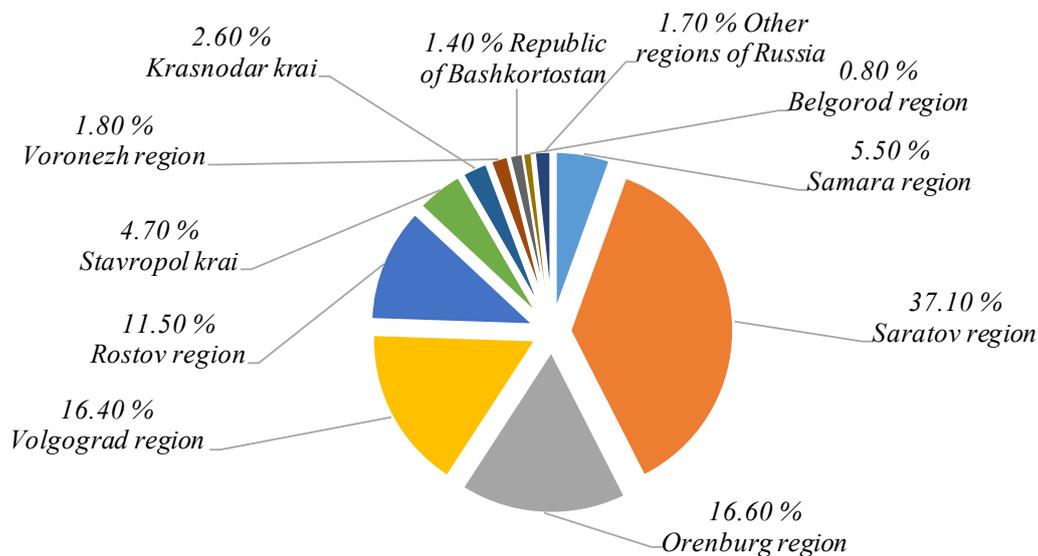


Fig. 3. Regions leaders in the size of sorghum sown areas in Russia in 2018.
Source: according to Rosstat

нивать производство сорго в России за пятилетку, то произошло увеличение в 15 раз, а если привести статистику за 10 лет, производство сорго увеличилось практически в 5 раз по сравнению в 1990 годом [16]. Лидирующее место по производству сорго и по посевным площадям по России занимает Ростовская область, где было намолочено практически 93,6 тыс. тонн, и это практически 45 % от общего объема валовых сборов сорго по регионам России [16]. В 2014 году наряду с Ростовской областью главными регионами производителями сорго были Волгоградская и Самарская области. Производство и сборы сорго в Самарской области упали до 4 тыс. тонн, что соответствует 69,1 %, что дает 2,1 % в общем по России по сбору сорго. По посевным площадям аналогичная ситуация в Самарской области. Сокращение составило на 9,2 % и площадь под сорго составил 8,3 тыс. га, что соответствует 3,7 % от всех посевных площадей в России. Самарская область в

2015 году по размерам посевных площадей вошла в пятерку лидеров [16].

Ниже приводятся регионы России, где сосредоточены наибольшие размеры площади под сорго.

Первое место по посевным площадям в 2018 г. занимает Саратовская область – 26,4 тыс. га, или 37,1 % от общероссийских. К сожалению, за один год посевные площади сократились на 18 тыс. га, или на 41 %.

Второе место занимает Оренбургская область. Размер площадей составил практически 12 тыс. га, и это 16 %.

Третье место – Волгоградская область, где сосредоточены 11,7 тыс. га, и доля по России составляет в пределах 16 %.

Четвертое место занимает Ростовская область – 8 тыс. га, или 12 %.

Также в пятерку лидеров входит и Самарская область, где размер площадей под сорго в 2018 г. было практически 4,0 тыс. га, или 5,5 % (рис. 3).



Рис. 4. Регионы лидеры по сбору сорго в России в 2018 году.
Источник: по данным Росстата

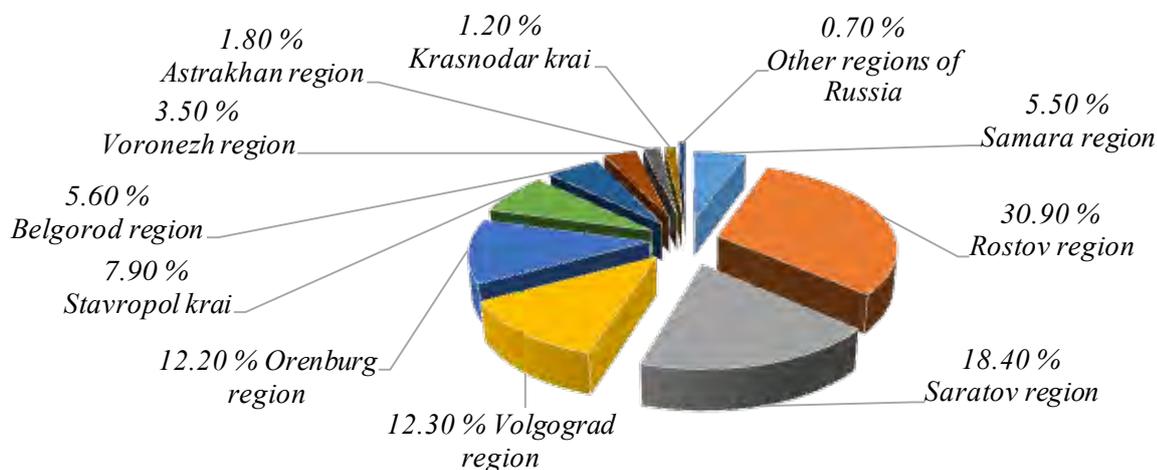


Fig. 4. Regions leaders in sorghum collection in Russia in 2018.
Source: according to Rosstat

Можно отметить, что в число лидеров по посевным площадям сорго в 2018 г. вошли: Краснодарский край, Ставропольский край, Белгородская область, Воронежская область и Республика Башкортостан [16].

По данным Росстата, посевные площади сорго в России в 2019 г. в предприятиях всех категорий составили 99,9 тыс. га, и это больше, чем в 2018 г., на 40 %, или 28,7 тыс. га) [16].

Ниже приводятся 5 регионов России, где сосредоточены наибольшие размеры площадей под сорго в 2019 г.

Первое место занимает, как и в 2018 г., Саратовская область, где площадь сорго составляла 41,9 тыс. га, что составляет долю по общей площади около 42 %.

Второе место – Оренбургская область. Размер площадей составлял 20,5 тыс. га, или 20,5 %.

В тройку лидеров также вошла Волгоградская область с площадью сорго около 13 тыс. га, или 13 % от общей доли.

Четвертое место у Ставропольского края, где сосредоточено около 7,6 тыс. га площади сорго, что составляет 7,6 %.

Замыкает пятерку лидеров Ростовская область, где площадь сорго была в пределах 6,8 тыс. га, что составляет 6,9 %.

Можно также отметить, что в число 20 по посевным площадям сорго в 2019 г. вошли Самарская область, Белгородская область, Республика Калмыкия, Краснодарский край, Воронежская область, Республика Крым, Брянская область, Липецкая область, Рязанская область, Омская область, Смоленская область, Тамбовская область, Астраханская область, Республика Адыгея и Республика Дагестан [16].

Посевные площади сорго зернового в мире составляют 39,3–44,8 млн га, а средняя урожайность зерна составляет 1,4–1,6 т/га [8, с. 484; 17].

По данным Росстата, в 2018 г. валовые сборы в России составили 49 тыс. тонн, что примерно на 53 %, или 54 тыс. тонн, меньше по сравнению с 2017 г. Если сравнить предыдущую пятилетку, то получится, что на 71 %, или на 123 тыс. тонн, меньше. Если взять для сравнения 2001 год, то сборы увеличились на 39 %, или 14 тыс. тонн (рис. 4) [16]. Ниже приводятся 5 регионов России, где в

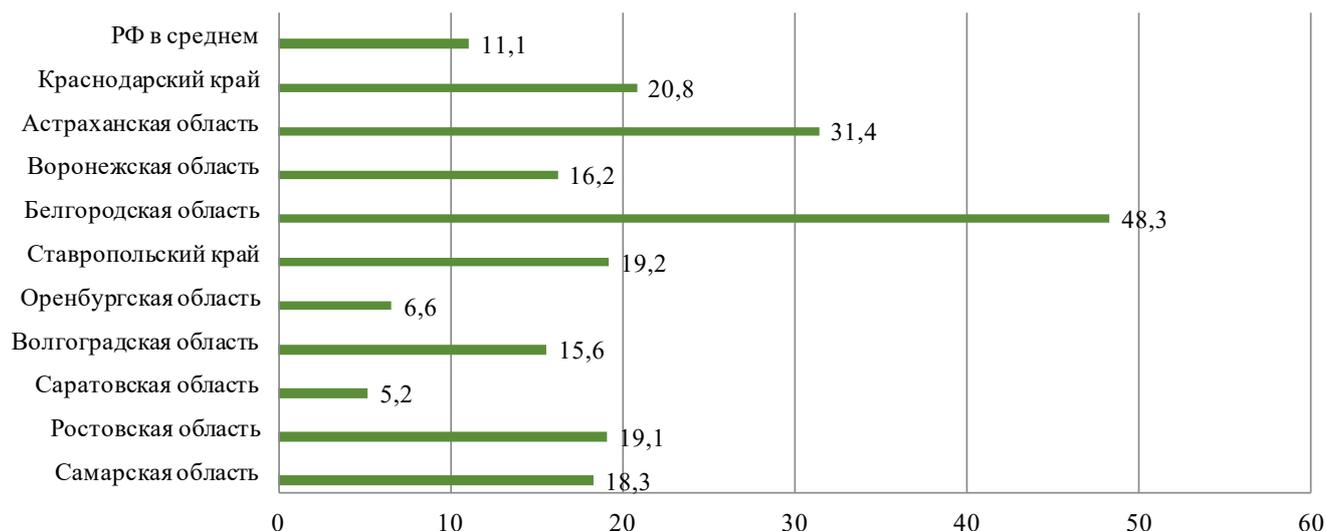


Рис. 5. Регионы – лидеры по урожайности сорго в России в 2018 году.
Источник: по данным Росстата

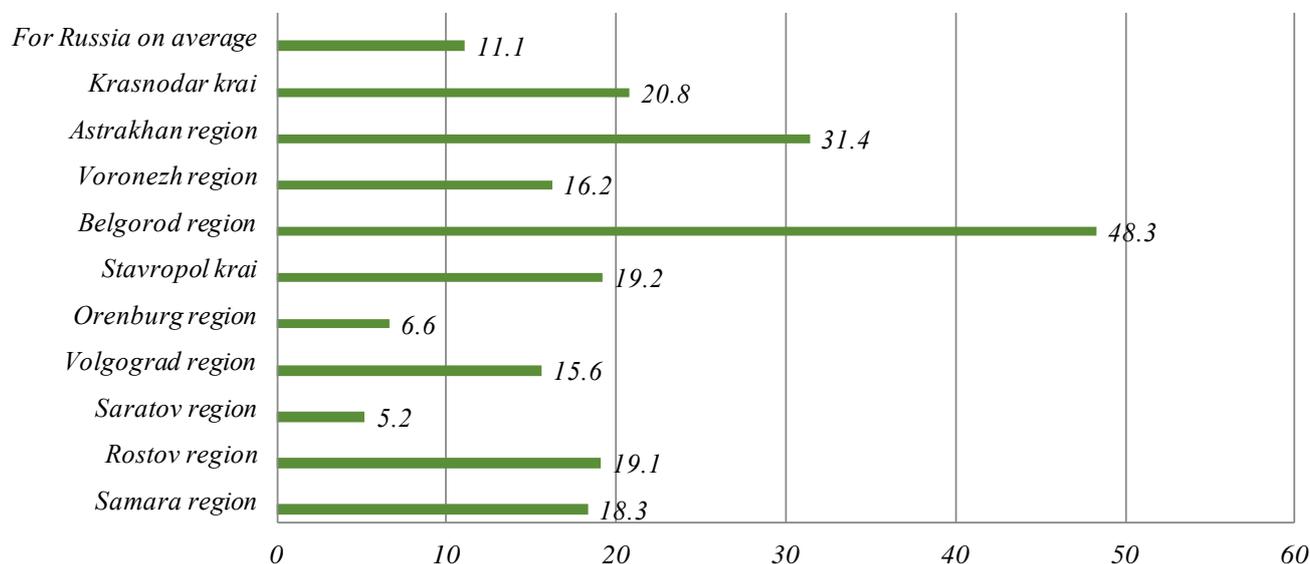


Fig. 5. Regions leaders in sorghum yield in Russia in 2018.
Source: according to Rosstat

2018 г. наибольшей сбор сорго. Безусловное первое место – Ростовская область – 15 тыс. тонн сорго, по России в общем объеме 31 %. На втором месте Саратовская область – 9 тыс. тонн сорго, в общем объеме 18 %. Волгоградская область занимает третье место по сбору сорго – 6 тыс. тонн, или 12 %. Четвертое место занимает по сбору Оренбургская область – 6 тыс. тонн, или 12 %. И замыкает пятерку лидеров Ставропольский край, где было собрано почти 4,0 тыс. тонн, и в общем объеме это составляет 8,0 % [16]. По валовым сборам сорго в 2018 г. также вошли следующие регионы: Белгородская область, Самарская область, Воронежская область, Астраханская область, Краснодарский край [16].

Важно отметить, что основной производитель сорго в России – это Приволжский федеральный округ, где сосредоточено около 28,5–141,6 тыс. га, затем идет Южный федеральный округ, где сосредоточено около 23,8–94,0 тыс. га.

На остальные регионы приходится намного меньшая часть посевов – около 2,4–13,8 тыс. га [4].

Урожайность сорго в России в 2018 г. в среднем составила 11 ц/га, что почти на 5 %, или 0,5 ц/га, выше урожайности 2017 г. (рис. 5).

В среднем за 5 лет урожайность сорго в России снижалась – на 3 ц/га, или на 23 %, а вот если взять период за 10 лет – урожайность сорго уменьшалась на 5 %, или на 0,6 ц/га [16].

Средняя урожайность сорго за период 2001–2010 гг. в России была в пределах 12 ц/га, а в 2011–2018 гг. – 12,2 ц/га [16].

Среднегодовая урожайность сорго в России в 2001–2010 гг. составляла 12,0 ц/га, в 2011–2018 гг. – 12,2 ц/га [16].

Урожайность сорго по регионам-производителям в России варьировалась и составила в 2018 г. от 5,2 ц/га в Саратовской области и до 48,3 ц/га в Белгородской области. В остальных регионах урожайность составила: Самарская область – 18,3 ц/га; Ростовская область – урожайность составила 19,1 ц/га; в Ставропольском крае – 19,2 ц/га; Волгоградская область – 15,6 ц/га; Оренбургская область – 6,6 ц/га; Воронежская область – 16,2 ц/га; Астраханская область – 31,4 ц/га, а в Краснодарском крае урожайность была 20,8 ц/га [16].

Для Самарской области зерновое сорго – культура новая и очень перспективная. В числе основных путей повышения урожайности сорго увеличение посевных площадей и валового сбора зерна сорго является создание и внедрение в производство новых сортов, которые адаптированы к почвенно-климатическим условиям выращивания [3, с. 39; 7, с. 646].

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Биологические особенности сорго важно учитывать для создания и внедрения новых технологий в производство. Родина сорго – Африка, и культура характеризуется как теплолюбивая [10, с. 5]. Внедрение сорго в новые районы возделывания: семена начинают прорастать при температуре 10–12 °С; если с такой температурой период продолжительный, то семена могут загнивать в почве. Всходы очень долго появляются, примерно на 20-й день и более. Поле может зарастать сорными растениями. Всходы могут появиться быстрее на 8–10-й день, если почва прогреется на глубине заделки семян до 15–16 °С. Для сорго оптимальная температура 20–30 °С, оно может выносить жару до 42 °С. Небольшой период с пониженными температурами до –2...–3 °С может вызвать гибель всходов [13, с. 8].

При посеве в третьей декаде мая вводимые культуры можно использовать для зеленого корма с середины июля по конец августа, для силоса – почти до мороза [11, с. 13 810; 8, с. 11 813].

Изучение инорайонных сортов из других научно-исследовательских институтов показало нестабильное вызревание семян по причине их позднеспелости. Поэтому сразу встал вопрос создавать свои сорта, которые были бы адаптированы к местным условиям и которые давали бы урожайность в условиях Самарской области.

Для полного созревания сорго необходима сумма активных температур выше +10 °С за вегетационный период (от всходов до созревания). Для местных сортов – Премьера, Славянка, Рось и Кинельское 63, которые созданы в Поволжском НИИСС – филиалом СамНЦ РАН этот показатель 1800–2000 °С [13, с. 8–9]. Это дает возможность убрать вовремя в конце августа – первой декаде сентября до наступления осенних заморозков.

Важно отметить, что в начале 90-х годов в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН велась кропотливая работа по созданию сортов зернового сорго, которые давали бы стабильную урожайность зерна по годам, технологичны и использовались для различных целей: на монокорм, силос и фуражное зерно.

Главная роль в получении стабильного и высокого урожая растениеводческой отрасли агропромышленного комплекса России отводится сорту [1, с. 13]. Стоит отметить также, что Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН создал и внедряет в производства новые раннеспелые, обладающие высокой потенциальной урожайностью и качеством зерна сорта сорго зернового – Премьера, Славянка, Рось и Кинельское 63. Все они внесены в Государственный реестр селекционных достижений РФ.

Работа по созданию сортов зернового сорго в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН направлена в первую очередь на получение материала, который обладал бы скороспелостью, быстрым начальным ростом, высокой

семенной продуктивностью и низкой восприимчивостью к патогенам [14, с. 281].

Влажность зерна в условиях Самарской области имеет очень важное значение. Влажность – это главный фактор, который показывает количество питательных веществ зерна и продолжительность его хранения. Стоит отметить также, что, чем выше содержание влаги в массе, тем меньше она будет содержать питательных веществ и тем хуже будет храниться. Если зерно содержит много влаги, то в нем начинают происходить физиологические и физико-химические процессы. У зерна сорго начинаются процессы набухания, и оно прорастает. Идут процессы активизации ферментов, при этом происходит снижение натурности, сыпучести зерна, и оно становится уязвимым для механических повреждений. Уборку зернового сорго проводят в фазе полной спелости, при влажности зерна до 20 % убирают прямым комбайнированием, свыше 20 % – раздельным способом [14, с. 283].

Ниже приводится более подробная характеристика сортов, которые созданы в Поволжском НИИСС – филиале СамНЦ РАН.

Сорт Премьера относится к виду сорго кафрское, раннеспелый, низкорослый, до 120 см высотой. Зерно округлое, желтовато-бурое, на 1/3 открытое. В зерне содержится 9–11 % сырого протеина, 77–79 % БЭВ и 3–4 % жира. Сорт пригоден для использования в следующих целях: фуражное зерно и монокорм, приготовление концентрированного силоса для всех видов животных и птицы. Урожайность зерна достаточно высока и стабильна по годам – от 2,5 до 4,4 т/га.

Сорт Славянка относится к виду сорго кафрское, раннеспелый, низкорослый, до 110 см высотой. Зерно эллиптическое, со спины округлое, коричневое, легко вымолачивается, ровное в пределах метелки. В зерне содержится 10–14 % сырого протеина, 7–883 % БЭВ и 3–6 % жира. Благодаря тонкостебельности растения при раздельной уборке быстро высыхают. Использование: фуражное зерно. Урожайность зерна – до 4,4 т/га.

Сорт Рось относится к виду сорго кафрское, раннеспелый, низкорослый, до 130 см высотой. Зерно имеет округлую форму, цвет желтовато-белый. В зерне содержится 10–11 % сырого протеина, 80–82 % БЭВ и 4–5 % жира. Использование: на фуражные цели, а также получение крахмала и спирта. Урожайность зерна в конкурсном сортоиспытании – до 5,3 т/га.

Сорт Кинельское 63 относится к виду сорго кафрское, раннеспелый, низкорослый, до 100 см высотой. Зерно округлое, оранжево-красное, на 3/4 мучнистое. В зерне содержится 9–13 % сырого протеина, 63–78 % крахмала и 3–6 % жира. Использование сорта – на фуражные цели. Урожайность зерна составила от 2,8 т/га до 5,1 т/га при сплошном посеве и до 6,0 т/га с междурядьями 50 см [14, с. 281]. Современная организация семеноводства осуществляется на основании Закона Российской Федерации «О семеноводстве» и в соответствии с ГОСТ Р 52325-2005. Согласно этому закону предусмотрена следующая трехступенчатая система семеноводства: это производство оригинальных (ОС) семян первичных звеньев семеноводства, питомников размножения и суперэллиты, произведен-

ные оригиналом сорта и предназначенные для дальнейшего размножения; элитные (ЭС) семена, полученные от последующего размножения; репродукционные (РС) для семенных целей, полученных от последовательного посева элитных семян; репродукционные (РС_т) для производства товарной продукции [13, с. 30].

Семенные участки сорго рекомендуется располагать на чистых от сорняков землях и, конечно, на плодородных. Требуется строгое соблюдение обязательных условий для получения качественных семян. Первичные и передовые агротехнические приемы возделывания сорго создают лучшие условия для роста и развития, формирования высоких урожаев. Кроме того, важно отметить, что на семенных участках необходимо строго соблюдать ряд требований для чисто семеноводческого характера, без которых нельзя добиться хороших результатов в получении высококачественных семян.

Необходимо помнить, что культура сорго – перекрестноопыляющееся растение, разные виды и сорта которого легко скрещиваются между собой. Чтобы вырастить чистосортный не переопыленный посевной материал, семеноводческие посева размещают с соблюдением сле-

дующих правил: пространственная изоляция 500–1000 м от посевов суданской травы и других сортов сахарного и зернового сорго [13, с. 31].

При выборе участка под культуру сорго необходимо выполнить основные требования: в первую очередь чистое от сорняков поле от однолетних злаковых, так как после появления всходов в период от 20 до 25 дней оно растет медленно и тем самым может быть заглушено сорняками. Сорго – культура пластичная, она способна давать хорошие урожаи при посеве после различных предшественников, но лучшими культурами, после которых остается поле не засоренным и с достаточным запасом влаги, это озимые, зернобобовые, кукуруза, ранние колосовые культуры, картофель и многолетние травы, которые убраны на сено [13, с. 15].

Ежегодно ведется работа в области семеноводства сорго в Самарской области для поддержания на должном селекционном уровне биологических, морфологических и хозяйственно-ценных признаков и свойств сортов, а также для производства необходимого объема семян высших репродукций.

Библиографический список

1. Алабушев А. В., Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Горпиниченко С. И. Семеноводство сорго зернового в Ростовской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 1. С. 12–15.
2. Бельченко С. А., Дронов А. В., Шаповалов В. Ф. Продуктивность сортифта кормового сорго в зависимости от фона минерального питания // Вестник Ульяновской ГСХА. 2018. № 2. С. 38–44. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31.
3. Глуховцев В. В., Сыркина Л. Ф., Антимонов А. К., Антимонова О. Н. Роль новых сортов сахарного и зернового сорго в укреплении кормовой базы в засушливых условиях Среднего Поволжья и Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 37–39.
4. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (дата обращения: 20.09.2019).
5. Капустин С.И., Володин А.Б., Капустин А.С. Хозяйственно ценные признаки коллекционных образцов сорго зернового // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 2 (18). С. 46–52. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-46-14.
6. Капустин С. И., Володин А. Б., Кухарук М. Ю., Капустин А. С. Оценка исходного материала для селекции высокосахаристых сортов и гибридов сорго // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 44–51.
7. Kapustin S. I., Volodin A. B., Vlasova O. I., Donets I. A., Golub A. S., Kapustin A. S. The use of sorghum-sudanese hybrids in the North Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 646–653.
8. Ковтунов В. В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3. С. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49.
9. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А., Сухенко Н. Н., Игнатъева Н. Г. Питательность ценность зернового сорго // Фермер Поволжье. 2018. № 8. С. 56–58.
10. Ковтунова Н. А., Ковтунов В. В., Горпиниченко С. И. [и др.] Рекомендации по технологии возделывания сорго зернового, сахарного и суданской травы. Саратов: ООО «Амирит», 2018. 28 с.
11. Shkodina E., Balum O., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 7. Pp. 13810–13815.
12. Shkodina E., Balum O., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Agroecological studies of southern forage crops in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 9. Pp. 11813–11815.
13. Сыркина Л. Ф., Антимонов А. К., Антимонова О. Н., Акимова Л. И. Рекомендации по возделыванию зернового сорго в Самарской области. Кинель, 2010. 38 с.
14. Сыркина Л. Ф., Косых Л. А., Антимонов А. К., Антимонова О. Н. Продуктивность и кормовая ценность сортов зернового сорго для северной зоны соргосеяния // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2. С. 280–285.

15. Сыркина Л. Ф., Антимонов А. К. Сахарное сорго – ценная кормовая культура для засушливых условий Среднего Поволжья [Электронный ресурс]. URL: <https://agropost.ru/rasteniyevodstvo/kormovie/saharnoe-sorgo-cennaya-kormovaya-kultura.html> (дата обращения: 20.09.2019).

16. Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр» [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru> (дата обращения: 24.09.2019).

17. FAOSTAT [Электронный ресурс]. URL: <http://faostat.fao.org> (дата обращения: 21.09.2019).

Об авторах:

Евгений Владимирович Матвиенко¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3171-153X, AuthorID 718828; +7 917 944-37-51, opel0076687@yandex.ru

¹ Поволжский НИИСС – филиал СамНЦ РАН, Кинель, Россия

Sowing area, gross fees and sorghum yield in Russia and Samara region

E. V. Matvienko¹

¹ Volga Research Institute for Breeding and Seed Breeding – Branch of Samara Science Center of Russian Academy of Sciences, Kinel', Russia

✉ E-mail: opel0076687@yandex.ru

Abstract. Purpose. Analysis and assessment of sorghum sown areas, yields and gross collection in general for Russia and the Samara region. **Research is based on methods** of efficient production of sorghum and biological features of culture. Statistics were compiled and data on sorghum sowing areas in Russia as a whole were processed for the period 1990–2018. **Results and scope of application.** Data on sorghum areas and gross collection in Russia as a whole are given. Thus for the period 2015–2016, the area under sorghum was record-breaking and amounted to 224.2 and 228.7 thousand hectares, compared to 1990 when the area was 67.3 thousand hectares. The main region in Russia for the largest area of sorghum was – Saratov region, where it was sown according to the data for 2018 – 26.4 thousand hectares, or 37.1 % of the total share of sown area of sorghum. In the Samara region, the area under sorghum was within 4.0 thousand hectares and 5.5 % of the total share. In 2018, sorghum production amounted to 49 thousand tons. Sorghum yields in Russia in 2018 averaged 11 c/ha. In the Samara region it was – 18.3 c/ha. **Scientific novelty lies** in the field of sorghum seed production in the Samara region. Sugar and grain sorghum crops can be a reliable source of increased production of juicy and green feed. Those with high potential yield and grain quality differ in grain sorghum varieties – Premyera, Slavyanka, Ros' and Kinel'skoye 63, created in Volga Research Institute for Breeding and Seed Breeding – Branch of Samara Science Center of Russian Academy of Sciences.

Keywords: sorghum, sown areas, yield, gross fees, varieties, quality, seed production.

For citation: Matvienko E. V. Posevnyye ploshchadi, valovyye sbory i urozhaynost' sorgo v Rossii i Samarskoy oblasti [Sowing area, gross fees and sorghum yield in Russia and Samara region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 9–18. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-9-18. (In Russian.)

Paper submitted: 09.10.2019.

References

1. Alabushev A. V., Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Gorpichenko S. I. Semenovodstvo sorgo zernovogo v Rostovskoy oblasti [Breeding of grain sorghum in the Rostov region] // Agricultural Science Euro-North-East. 2016. No. 1. Pp. 12–15. (In Russian.)
2. Bel'chenko S. A., Dronov A. V., Shapovalov V. F. Produktivnost' sortimenta kormovogo sorgo v zavisimosti ot fona mineral'nogo pitaniya [Productivity of feed sorgho variety depending on mineral nutrition] // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. No. 2. Pp. 38–44. DOI 10.31367/2079-8725-2019-62-2-27-31. (In Russian.)
3. Glukhovtsev V. V., Syrkina L. F., Antimonov A. K., Antimonova O. N. Rol' novykh sortov sakharnogo i zernovogo sorgo v ukreplenii kormovoy bazy v zasushlivykh usloviyakh Srednego Povolzh'ya i Urala [The role of sweet and grain Sorghum in fodder reserves strengthening under the arid conditions of Central Povolzhye and the Urals] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. No. 3. Pp. 37–39. (In Russian.)
4. Yedinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (YeMISS) [Unified interdepartmental information and statistical system (UIISS)] [e-resource]. URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950> (appeal date: 20.09.2019). (In Russian.)

5. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Khozyaystvenno tsennyye priznaki kollektzionnykh obraztsov sorgo zernovogo [Economically valuable features of new varieties of grain sorghum] // Tavricheskiy vestnik agarnoy nauki. 2019. No. 2. Pp. 46–52. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-2-18-46-14. (In Russian.)
6. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kukharuk M. Yu., Kapustin A. S. Otsenka iskhodnogo materiala dlya selektsii vysokosakharistykh sortov i gibridov sorgo [Assessment of the original material for the selection of high-sugar-coating varieties and hybrids of sorgho] // Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2019. No. 2. Pp. 44–51. (In Russian.)
7. Kapustin S. I., Volodin A. B., Vlasova O. I., Donets I. A., Golub A. S., Kapustin A. S. The use of sorghum-sudanese hybrids in the North Caucasus // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. Vol. 10. No. 2. Pp. 646–653.
8. Kovtunov V. V. Posevnaya ploshchad' i urozhaynost' sorgo zernovogo [Sown area and productivity of grain sorghum] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 3. Pp. 47–49. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-57-3-47-49. (In Russian.)
9. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Lushpina O. A., Sukhenko N. N., Ignat'yeva N. G. Pitatel'nost' tsennost' zernovogo sorgo [Pitatel'nost' tsennost' zernovogo sorgo] // Fermer Povolzh'ye. 2018. No. 8. Pp. 56–58. (In Russian.)
10. Kovtunova N. A., Kovtunov V. V., Gorpichenko S. I. [et al.] Rekomendatsii po tekhnologii vozdeleyvaniya sorgo zernovogo, sakharnogo i sudanskoy travy [Recommendations on the technology of cultivation of sorghum grain, sugar and Sudan grass]. Saratov: OOO "Amirit", 2018. 28 p. (In Russian.)
11. Shkodina E., Balum O., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Agroecological testing of sugar sorghum, sudanese grass and sorghum-sudanese hybrids in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 7. Pp. 13810–13815.
12. Shkodina E., Balum O., Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Agroecological studies of southern forage crops in the natural conditions of the Novgorod region // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 9. Pp. 11813–11815.
13. Syrkina L. F., Antimonov A. K., Antimonova O. N., Akimova L. I. Rekomendatsii po vozdeleyvaniyu zernovogo sorgo v Samarskoy oblasti [Recommendations for the cultivation of grain sorghum in the Samara region]. Kinel', 2010. 38 p. (In Russian.)
14. Syrkina L. F., Kosykh L. A., Antimonov A. K., Antimonova O. N. Produktivnost' i kormovaya tsennost' sortov zernovogo sorgo dlya severnoy zony sorgoseyaniya [Productivity and feeding value of grain sorghum varieties for the northern zone of sowing sorgho] // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 2. Pp. 280–285. (In Russian.)
15. Syrkina L. F., Antimonov A. K. Sakharnoye sorgo – tsennaya kormovaya kul'tura dlya zasushlivykh usloviy Srednego Povolzh'ya [e-resource]. [Sugar sorghum is a valuable fodder crop for the arid conditions of the Middle Volga]. URL: <https://agropost.ru/rasteniyevodstvo/kormovie/saharnoe-sorgo-cennaya-kormovaya-kultura.html> (appeal date: 20.09.2019). (In Russian.)
16. Ekspertno-analiticheskiy tsentr agrobiznesa "AB-Tsentr" [Expert-analytical center of agribusiness "AB-Center"] [e-resource]. URL: <https://ab-centre.ru> (appeal date: 24.09.2019). (In Russian.)
17. FAOSTAT [e-resource]. URL: <http://faostat.fao.org> (appeal date: 21.09.2019).

Authors' information:

Evgeniy V. Matvienko¹, candidate of biological sciences, junior researcher, ORCID 0000-0002-3171-153X, AuthorID 718828; +7 917 944-37-51, opel0076687@yandex.ru

¹ Volga Research Institute for Breeding and Seed Breeding – Branch of Samara Science Center of Russian Academy of Sciences, Kinel', Russia

Использование NDVI для определения содержания азота в растениях озимой пшеницы в условиях Ставропольского края

И. Г. Сторчак¹, И. В. Чернова¹✉, Ф. В. Ерошенко¹, Т. В. Волошенкова¹, Е. О. Шестакова¹

¹Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

✉E-mail: chernova_skfu@mail.ru

Аннотация. Недостаток азота приводит к снижению урожая и качества зерна у растений озимой пшеницы. Поэтому необходимо контролировать азотное питание в течение всего периода роста и развития растений, что позволит оперативно оценить потребности в минеральных подкормках с целью получения высоких урожаев качественного зерна. **Цель исследования** – установить возможность использования нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) для мониторинга растений озимой пшеницы на предмет содержания азота в условиях Ставропольского края. **Методы.** Работа выполнена в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» на производственных посевах озимой пшеницы. Отборы растительных образцов (сноповой материал) проводили по общепринятой методике. Повторность – четырехкратная. Определение химического состава органов растений проводили по методике В. Т. Куркаева с соавторами, а содержание хлорофилла – по Милаевой и Примаку. **Результаты.** Так как качество зерна озимой пшеницы напрямую зависит от обеспеченности растений азотом, были изучены взаимосвязи между содержанием азота в растениях озимой пшеницы и значениями вегетационного индекса NDVI. Получены высокие коэффициенты корреляции между этими показателями. Так, в среднем по полям R_{corr} в 2012 году был равен $-0,89$, а в 2013 и 2014 годах $-0,82$. Кроме того, ввиду зависимости содержания азота от количества хлорофилла удалось провести анализ корреляционной связи между этим показателем и NDVI полей, который показал устойчивую обратную связь с количеством хлорофилла в единице биомассы (мг/г) (в среднем оценивается величиной $-0,79$). Выявлена взаимосвязь между качеством зерна и данными дистанционного зондирования Земли. Наиболее явно она прослеживается в случае с максимальным и средним NDVI за период от возобновления весенней вегетации до полной спелости зерна озимой пшеницы.

Ключевые слова: вегетационный индекс, динамика NDVI, озимая пшеница, содержание азота, содержание хлорофилла, качество зерна, коэффициенты корреляции, ДЗЗ.

Для цитирования: Сторчак И. Г., Чернова И. В., Ерошенко Ф. В., Волошенкова Т. В., Шестакова Е. О. Использование NDVI для определения содержания азота в растениях озимой пшеницы в условиях Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 19–31. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-19-30.

Дата поступления статьи: 13.09.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Производство озимой пшеницы традиционно является ведущей отраслью сельского хозяйства Ставропольского края и в значительной степени определяет развитие других отраслей [1, с. 2121]. Получение высококачественного урожая зерна озимой пшеницы является актуальной задачей сельхозтоваропроизводителей, которая сегодня решается путем разработки быстрых и надежных методов мониторинга посевов и контроля хода формирования урожая и качества зерна. Для этого все чаще используют данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) [2, с. 202; 3, с. 39]. Спутниковые снимки различного пространственного и временного разрешения [4, с. 162] позволяют получать информацию о состоянии посевов на разных территориальных уровнях: отдельное поле, район или край. Недостаток азотного питания растений озимой пшеницы приводит к снижению не только урожая, но и качества зерна [5, с. 106]. Одной из причин, ведущих к

снижению производства высококачественного зерна в Ставропольском крае (хотя валовый его сбор за последние годы увеличился), является медленный рост вносимых минеральных удобрений [6, с. 24]. Поэтому необходимо контролировать азотное питание на протяжении всего периода роста и развития растений, что позволит своевременно принять необходимые корректировки для получения высоких урожаев качественного зерна. Зачастую способы определения содержания азота в растениях требуют лабораторных анализов, очень трудоемки и длительны по времени.

В литературе встречаются отдельные работы, свидетельствующие о том, что содержание азота в растениях оказывает влияние на данные дистанционного зондирования Земли [7, с. 118]. К сожалению, таких исследований крайне мало, а для условий Ставропольского края они не проводились вовсе. Так как Ставрополье является одним из лидеров в Российской Федерации по производству вы-

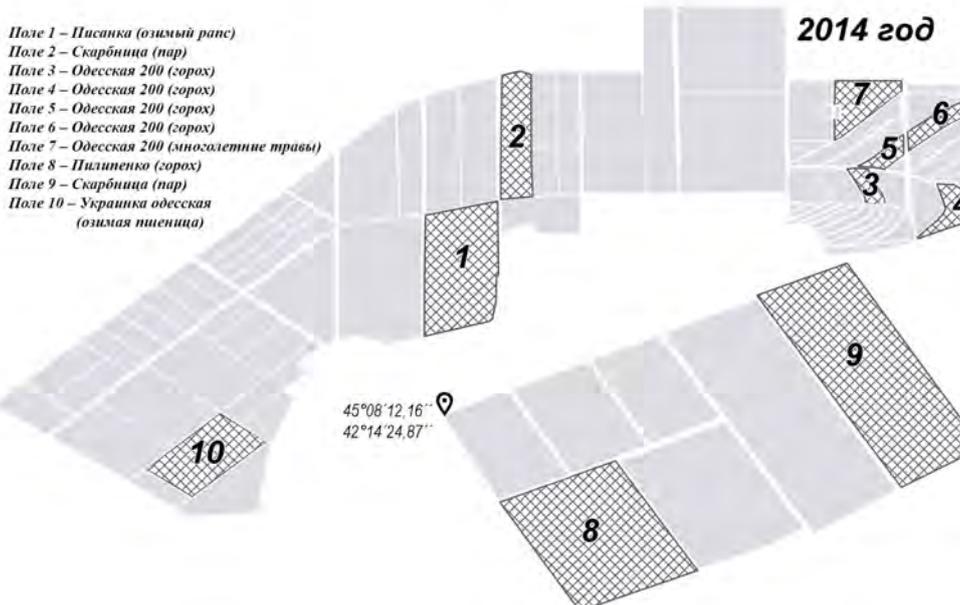
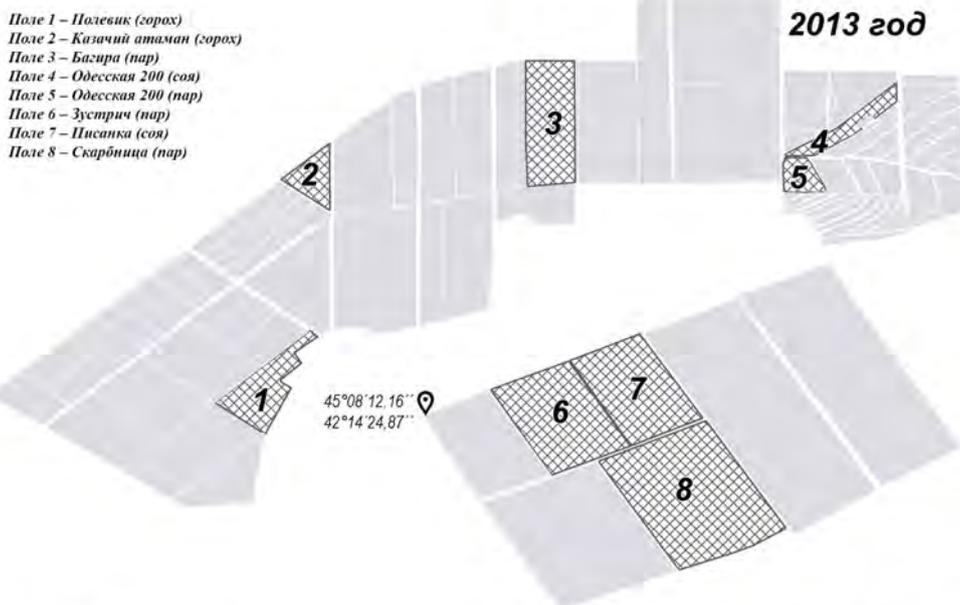
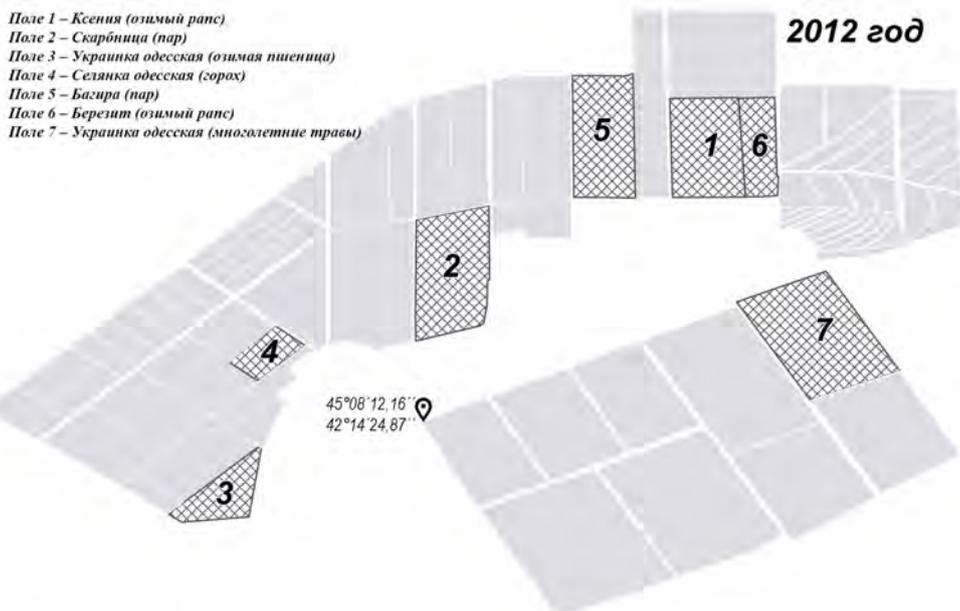


Рис. 1. Размещение посевов озимой пшеницы: а) 2012 год, б) 2013 год, в) 2014 год

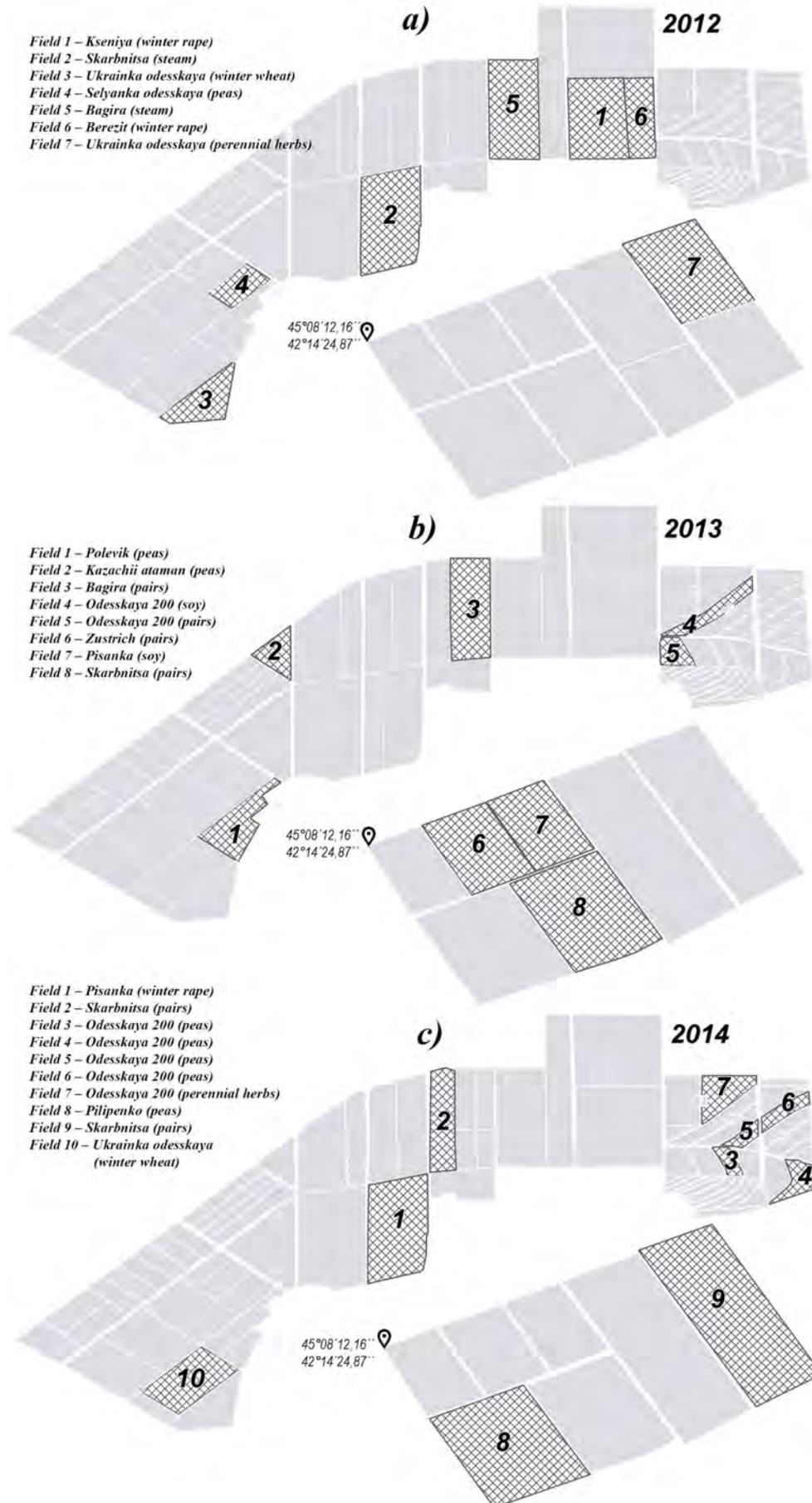


Fig. 1. Placement of winter wheat crops: a) 2012, b) 2013, c) 2014

сококачественного зерна пшеницы, разработка методов объективного контроля условий азотного питания посевов для этого региона приобретает особую актуальность. Поэтому **целью нашей работы** было установление возможности использования нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI) для контроля содержания азота в растениях озимой пшеницы в условиях Ставропольского края.

Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнялась с 2012 по 2018 годы в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» на производственных посевах озимой пшеницы

(рис. 1) [8]. В работе анализировали данные, полученные в фазы весеннего кущения, трубкования, колошения, налива зерна. Отборы растительных образцов (сноповый материал) проводили по общепринятой методике. Повторность – четырехкратная.

Почвы полей Северо-Кавказского ФНАЦ представлены черноземом обыкновенным, среднемощным, малогумусным, тяжелосуглинистым. Реакция почвенных образцов пахотного слоя почвы слабощелочная и нейтральная. Содержание гумуса в слое 0–20 см почвы за весь период наблюдения у всех полей было низким и находилось в пределах 3,17–3,77 %.

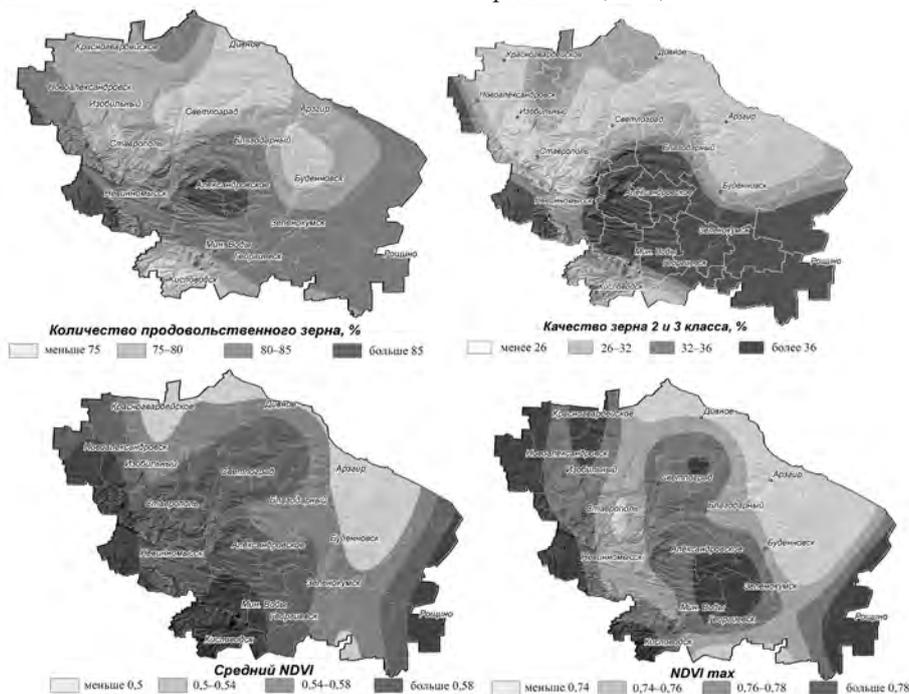


Рис. 2. Распределение по территории Ставропольского края качества зерна и характеристик динамики NDVI озимой пшеницы в 2012–2018 гг.

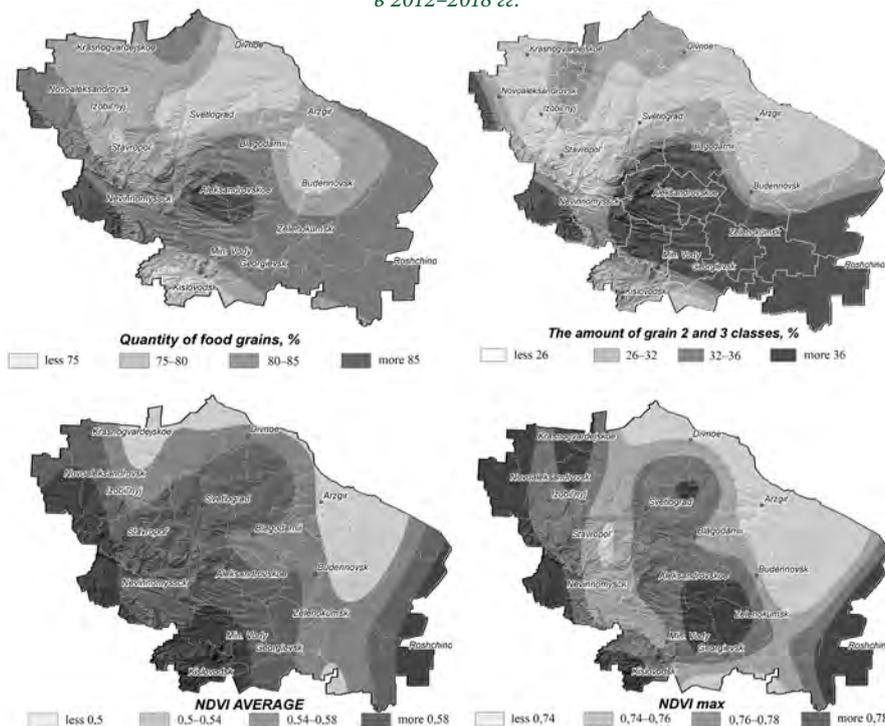


Fig. 2. Distribution of grain quality and characteristics of NDVI dynamics of winter wheat on the territory of Stavropol region in the years 2012–2018

В среднем по полям содержание подвижного фосфора в пахотном слое было в пределах 23–27 мг/кг, азота – находилось в пределах 0,22–0,23 %. У представленных полей содержание обменного калия варьировалось от 140 мг/кг до 470 мг/кг.

Климатические условия 2011–2012 гг. Осенью 2011 г. погодные условия в крае складывались не совсем благоприятно для посева и получения всходов озимой пшеницы. Третья декада сентября отличалась повышенными температурами и недобором осадков. Дожди, способствующие всходам, прошли в 1 и 2 декадах октября. Длительность осенней вегетации в третьей декаде октября была меньше обычной (50–60 дней), причиной этому послужили низкие температуры. Кроме того, наблюдалось позднее возникновение весенней вегетации (переход через +5 °С отмечен в третьей декаде марта). Сложившиеся погодные условия не позволили растениям озимой пшеницы в достаточной мере раскуститься и сформировать оптимальный стеблестой. В апреле и мае отмечался недобор осадков (57 % и 21 % соответственно) на фоне высоких температур (апрель – превышение среднесезонного значения на 4,3 °С, май – на 3,7 °С). В результате таких экстремальных условий наблюдалось ускорение (на 10 дней) сроков наступления фазы. В июне, при формировании и наливе зерна, условия вегетации ухудшились (температура превышала среднесезонное значение на 2,6 °С), что значительно отразилось на конечном урожае.

2012–2013 гг. Относительно неблагоприятно для сева и появления всходов растений озимой пшеницы сложились агроклиматические условия осени 2012 г. Температурные режимы сентября и октября были превышены в среднем на 2,2 °С и 4,6 °С соответственно на фоне половинной нормы осадков в сентябре и при засушливом октябре (недобор осадков составил 85 %). В первой декаде декабря наблюдался благоприятный водный режим (220 % от нормы), кроме того, высокие температуры на протяжении всего декабря (+6,3 °С, что на +2,6 °С выше нормы) положительно сказывались на развитии посевов озимой пшеницы.

Температурный режим зимних месяцев в крае был превышен на 1,5 °С многолетних значений, наблюдался недобор осадков (43 %). На 14 дней раньше обычного срока отмечалось возобновление весенней вегетации. В марте выпало две нормы осадков, на 2,2 °С температура воздуха превышала среднесезонные значения. В апреле отмечался недостаточный уровень осадков, температурный режим оставался повышенным. Первая и вторая декады мая характеризовались повышенными температурами (на 4,4 °С выше среднесезонных значений в первой декаде, на 2,0 °С – во второй). При этом количество осадков второй декады составило около 162 % от среднесезонных значений. Условия первой декады июня были благоприятными для налива зерна озимой пшеницы. В дальнейшем наблюдалась повышенная температура воздуха (на 2,4 °С выше среднесезонного значения во второй декаде и на 1,7 °С – в третьей), недобор осадков в третьей декаде июня составил половину нормы.

2013–2014 гг. Благоприятные условия для роста и развития растений озимой пшеницы сложились в сентябре и октябре 2013 г. В эти месяцы наблюдалось обильное выпадение осадков. На 15 дней раньше среднесезонных сроков наступило возобновление весенней вегетации. В начале весны средняя температура превышала норму на 2,7 °С, количество осадков в марте составило 129 % от среднесезонного значения. В апреле наблюдался недобор осадков (19 %) на фоне пониженной температуры воздуха (на 0,5 °С). Ситуация изменилась в мае, когда температура воздуха превышала норму на 2,8 °С, но обильные осадки (168 %) не позволили оказать отрицательного влияния на ход формирования урожая озимой пшеницы. Благоприятные погодные условия мая компенсировали недобор осадков в июне (46 %). Кроме того, была близка к норме (21,3 °С) и среднемесячная температура воздуха. Таким образом, погодные условия благоприятно влияли на формирование урожая озимой пшеницы в 2014 году.

В целом в 2011–2012 сельскохозяйственном году наблюдалось раннее прекращение осенней и позднее возобновление весенней вегетации на фоне повышенного температурного режима и значительного недобора осадков в весенне-летний период. В начале 2012–2013 сельскохозяйственного года (сентябрь, октябрь) отмечалась сильная засуха, которая в значительной степени компенсировалась благоприятными условиями ноября и декабря, кроме того, отмечалось раннее возобновление весенней вегетации и своевременное выпадение осадков в репродуктивный период. Наиболее благоприятным как по температурному режиму, так и по количеству осадков был 2013–2014 сельскохозяйственный год, положительное влияние наблюдалось во все периоды роста и развития озимой пшеницы.

Нормализованный разностный вегетационный индекс получали с помощью сервиса «Вега» ИКИ РАН [9, с. 581]. Определение химического состава органов растений озимой пшеницы проводили по методике В. Т. Куркаева с соавторами, а содержание хлорофилла – по Милаевой и Примака. Также для анализа использовали данные Статуправления Ставропольского края.

Статистические данные по качеству зерна озимой пшеницы предоставлены Ставропольским филиалом ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» [10].

Математическую и статистическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере с помощью пакета программ Microsoft Office 2010.

Результаты (Results)

Нами были построены карты распределения качества зерна озимой пшеницы и различных показателей, характеризующих динамику NDVI озимой пшеницы по каждому району Ставропольского края (рис. 2).

На рисунке представлены показатели ДЗЗ, наиболее тесно связанные с качеством зерна. Полного совпадения ни с одной из характеристик нами не выявлено. Однако для таких показателей, как максимальный и средний NDVI за период от начала весенней вегетации до полной спелости, связь прослеживается. Так, максимальные их значения отмечены на территории Изобильного город-

ского округа (ГО) и Новоалександровского ГО, а также Шпаковского муниципального района (МР), Кочубеевского и Предгорного МР, а минимальные – Ипатовского и Нефтекумского ГО, Апанасенковского, Арзгирского и Левокумского МР.

Анализ данных качественных показателей зерна показал, что наибольшее количество зерна 2-го и 3-го классов в Ставропольском крае в 2012–2018 гг. получают в таких муниципальных районах, как Александровский, Кочубеевский, Новоселицкий, Степновский, Курский, а также в Благодарненском, Минераловодском, Георгиевском и Советском ГО. Наименьшее – в Красногвардейском МР,

Петровском ГО, Левокумском МР, Арзгирском МР, Грачевском МР и Шпаковском МР. Максимальное количество продовольственного зерна было выращено на территории Кочубеевского, Александровского и Новоселицкого районов. Минимальные значения этого показателя отмечены в Петровском ГО, Буденновском, Апанасенковском, Предгорном, Туркменском и Арзгирском муниципальных районах. В целом по Ставропольскому краю ухудшение качества производимого зерна озимой пшеницы происходит с запада на восток, так как в этом направлении изменяются почвенно-климатические зоны, следовательно, и условия выращивания.

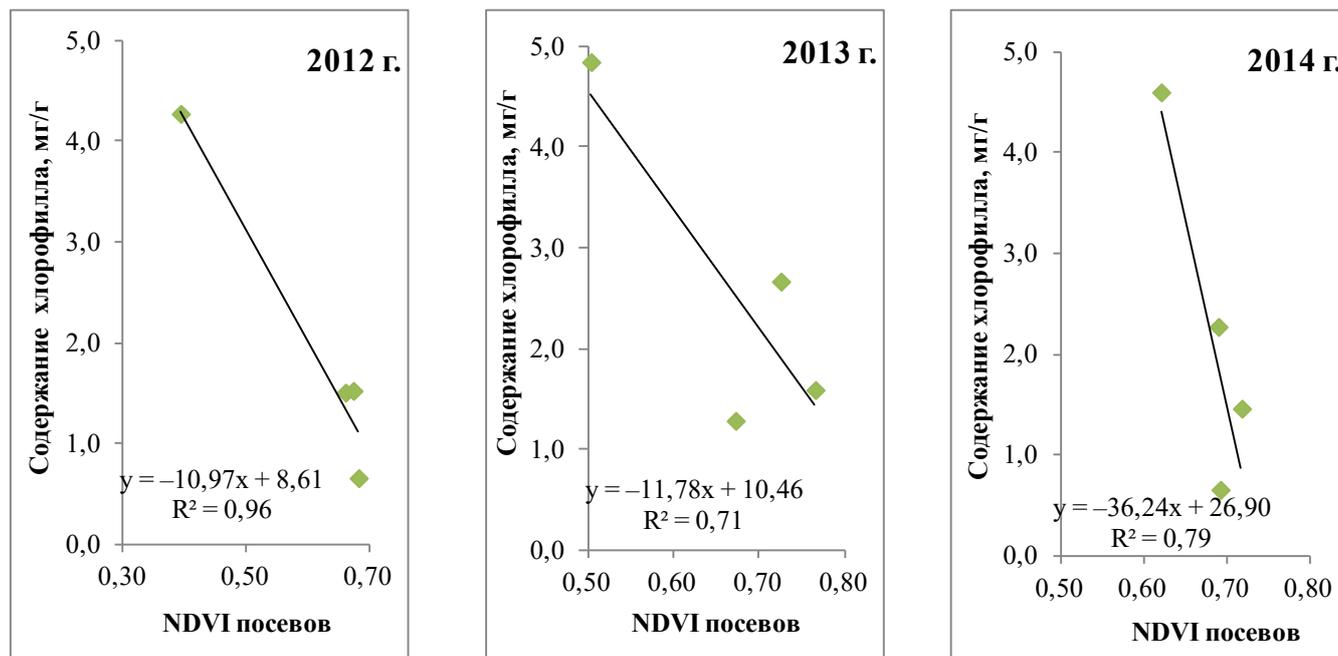


Рис. 3. Регрессионные модели зависимости NDVI посевов от количества хлорофилла в органах растений озимой пшеницы

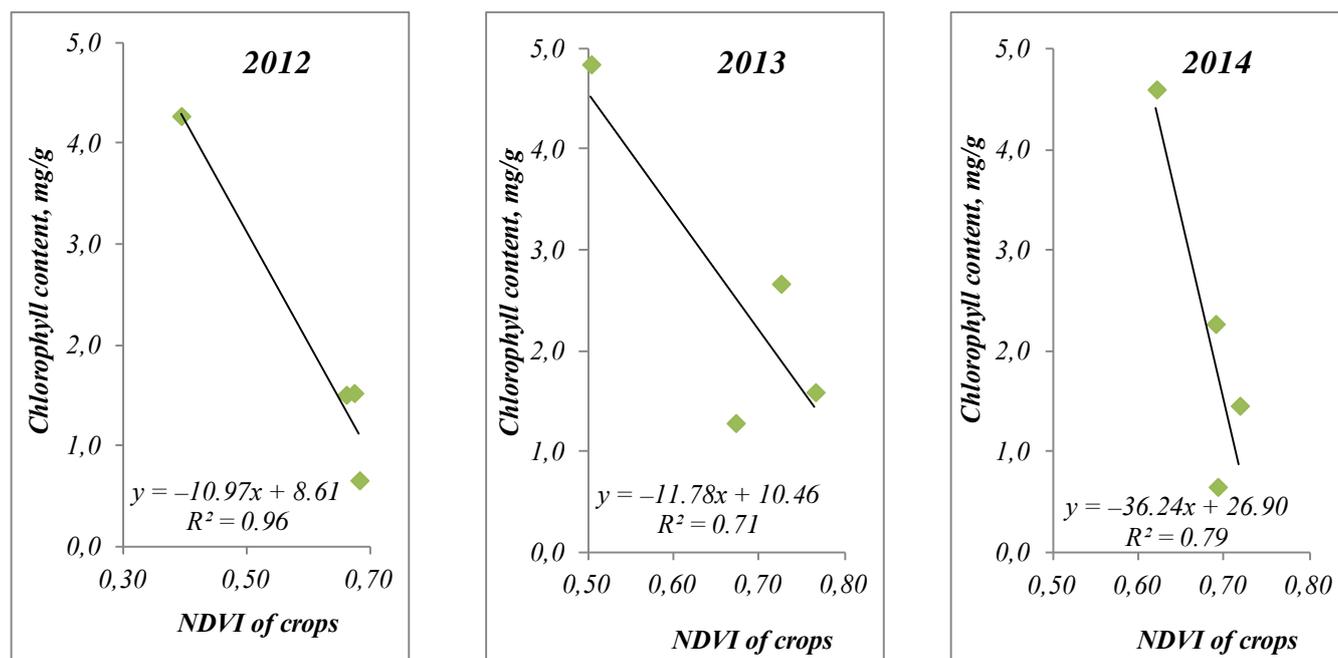


Fig. 3. Regression models of the dependence of NDVI crops on the amount of chlorophyll in the organs of winter wheat plants

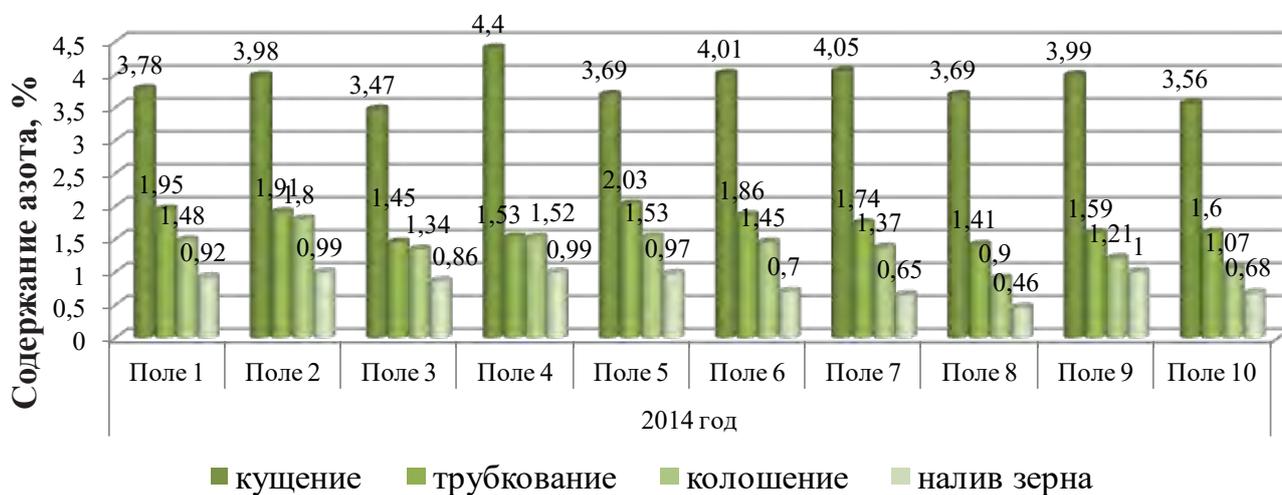
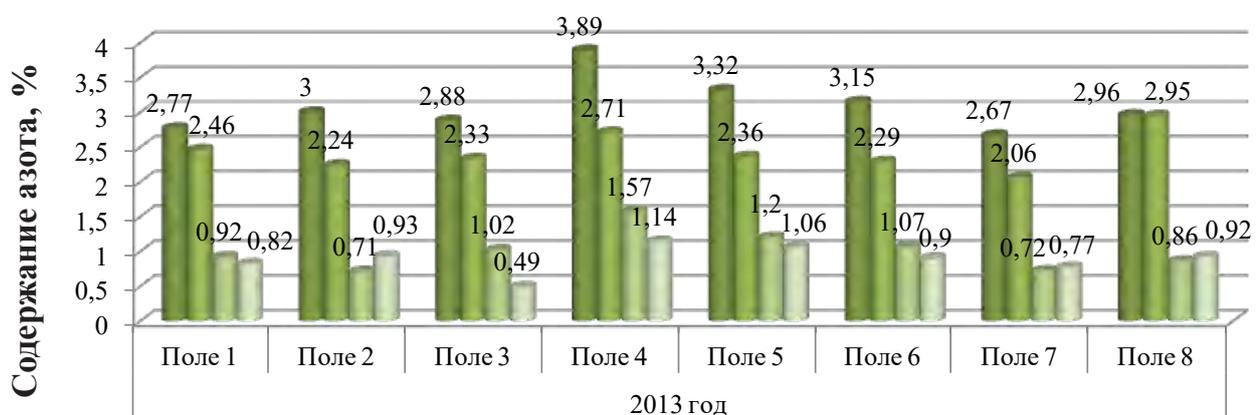
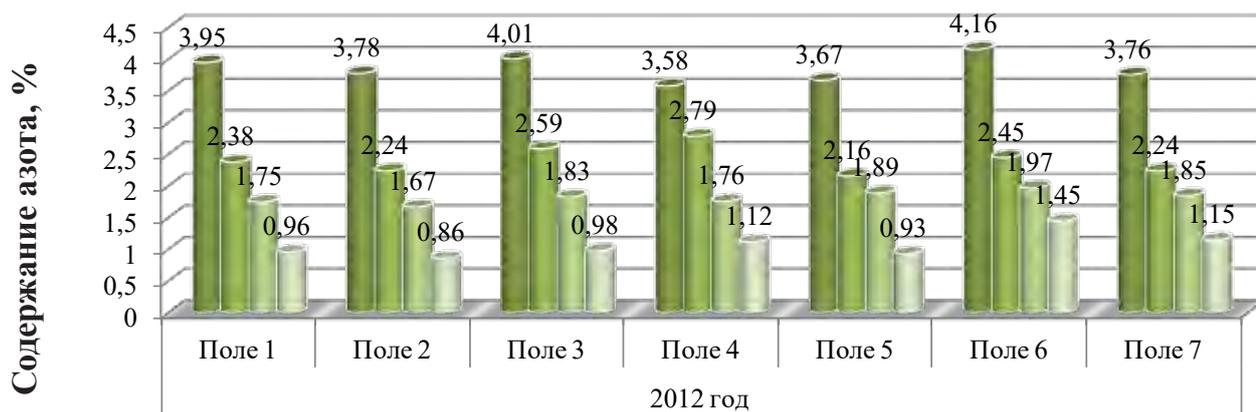


Рис. 4. Динамика относительного содержания азота в растениях озимой пшеницы

Так как качество зерна напрямую зависит от обеспеченности посевов азотом, то есть основание предположить наличие связи между данными дистанционного зондирования Земли с содержанием этого элемента минерального питания в растениях озимой пшеницы.

Исследования по определению содержания азота в растениях на основе данных ДЗЗ связаны с использованием оптических характеристик посевов. Так, отражение в красной области спектра зависит от содержания хлорофилла в растениях озимой пшеницы. В свою очередь,

динамика содержания хлорофилла параллельна динамике концентрации азота в растениях.

Мы проанализировали несколько показателей, связанных с хлорофиллом, характеризующих фотосинтетический аппарата растений: на единицу площади ассимиляционной поверхности – мг/дм², относительное содержание зеленых пигментов в единице биомассы – мг/г, а также валовое их количество на 1 квадратном метре посева – г/м². Провели анализ корреляционной связи между хлорофилловыми показателями посевов озимой пшеницы

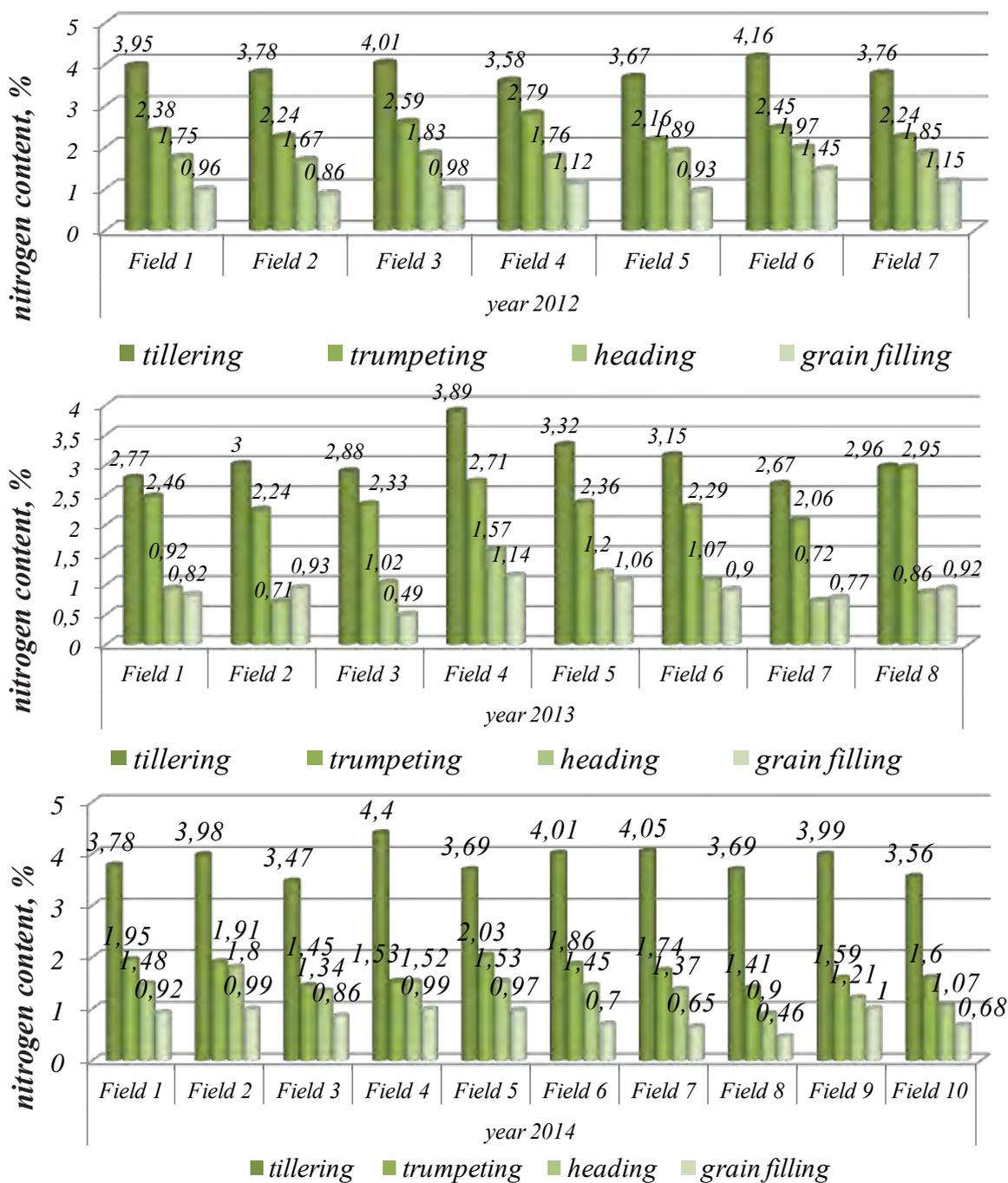


Fig. 4. Dynamics of relative nitrogen content in winter wheat plants

и NDVI для набора полей при разных технологических (сорт, предшественник, удобрения) и погодных (2012, 2013 и 2014 гг.) условиях выращивания. Установили, что корреляционная взаимосвязь достаточно неоднозначна как по годам, так и по объектам, показателям.

Из рассмотренных показателей, связанных с хлорофиллом, наиболее устойчивая связь NDVI прослеживается с содержанием хлорофилла в единице биомассы растений. Эту величину часто используют для определения размеров фотосинтетического аппарата вместе с валовым количеством зеленых пигментов на квадратном метре посева.

В результате анализа полученных данных удалось установить, что коэффициент корреляции между NDVI и относительным содержанием хлорофилла в мг/г составляет величину $-0,79$ в среднем по всем изученным полям

за годы исследований, что указывает на существенную зависимость данных ДЗЗ с количеством фотосинтетических пигментов в органах растений озимой пшеницы.

В результате были построены регрессионные модели, отражающие зависимость NDVI посевов озимой пшеницы от содержания хлорофилла в различных органах растений озимой пшеницы, они наглядно демонстрируют влияние внешних факторов на взаимосвязь между этими оптико-биологическими характеристиками (рис. 3).

Таким образом, наиболее тесная и стабильная взаимосвязь между хлорофилловыми показателями растений озимой пшеницы и вегетационным индексом посевов наблюдается в случае с относительным содержанием зеленых пигментов в единице биомассы, коэффициент корреляции составляет величину $-0,79$.

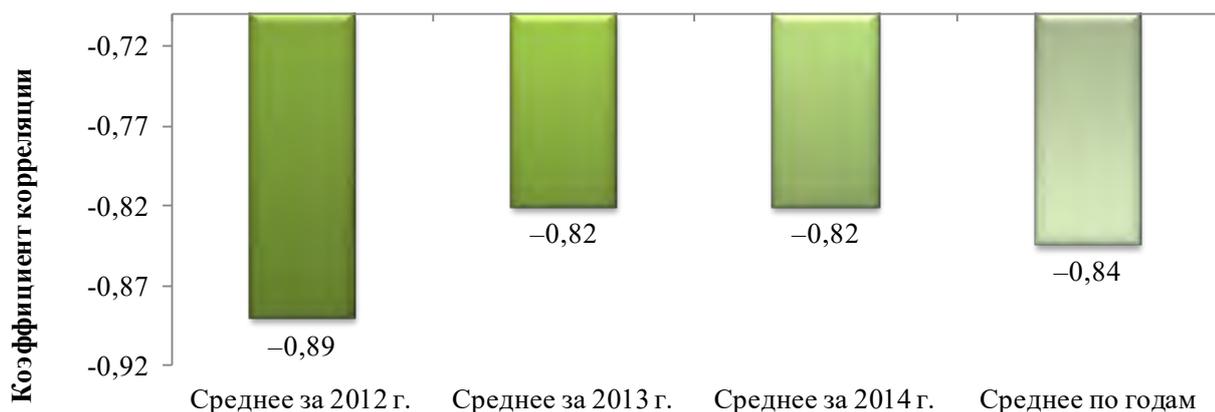


Рис. 5. Коэффициенты корреляции NDVI с содержанием азота в растениях озимой пшеницы

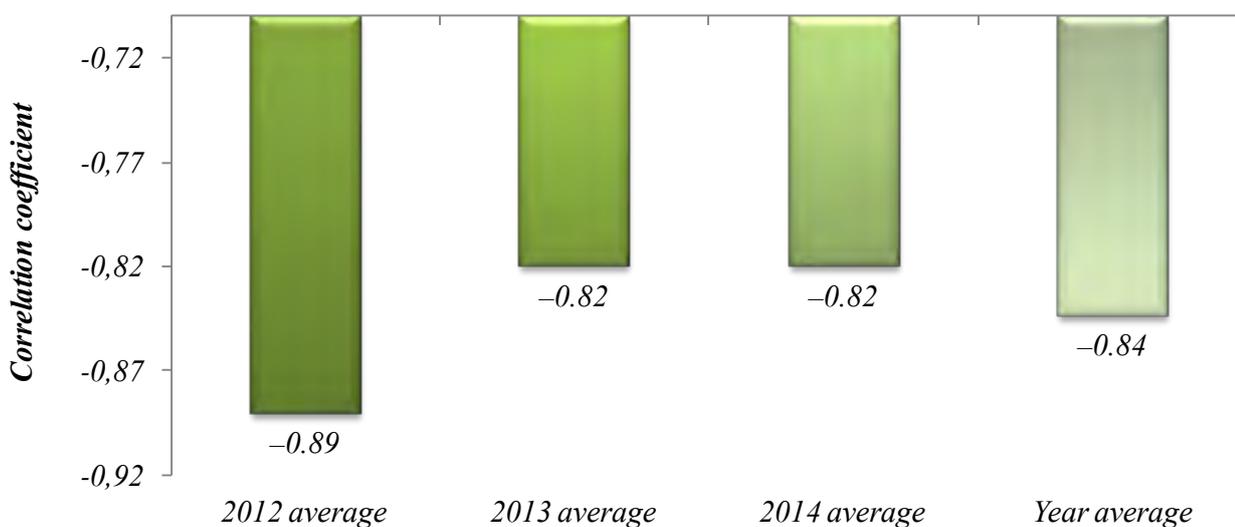


Fig. 5. Correlation coefficients of NDVI with nitrogen content in winter wheat plants

Нами было изучено изменение содержания азота в растениях в течение вегетации (рис. 3). В 2012 году в фазу кущения опытные образцы имели достаточно высокие показатели относительного содержания азота в растениях. Среди них выделяется поле 6 (4,16 %), которое вплоть до периода налива зерна имело высокий показатель (1,45 %) по сравнению с другими образцами. Наиболее низкое содержание азота в фазу кущения наблюдалось на 4-м поле – 3,58 %, но к периоду налива зерна разрыв в показателях сократился и составил 1,12 %, что превышало среднее значение по всем полям (1,06 %). В целом в 2012 г. доля азота в растениях озимой пшеницы значительно превышала показатели 2013, 2014 гг., особенно в периоды колошения и налива зерна.

Результаты растительной диагностики в фазу кущения в 2013 году отразили значительное отставание показателя содержания азота в растениях на всех опытных полях по сравнению с 2012 и 2014 гг. (3,08 % от 3,84 % и 3,86 % соответственно). На поле 7 отличалось самым низким показателем – 2,67 %. В последующие фазы погодные условия способствовали стиранию различий между годами. Так, в период налива зерна средняя доля содержания азота по опытным полям в 2013 г. составила 0,88 %, что выше показателя 2014 г. на 0,06 %.

Анализ относительного содержания азота в растениях озимой пшеницы в 2014 году показал значительную его неустойчивость. Существенные изменения этого показателя были связаны с резким его сокращением при переходе с фазы кущения к фазе трубкования, что, по-видимому, связано с недобором осадков. Так, на 4-м опытном поле относительное содержание азота сократилось с 4,4 % до 1,53 %. В среднем по полям этот показатель составил 1,71 %, что значительно меньше, чем в 2012 и 2013 гг. (2,41 % и 2,42 % соответственно). К фазе налива зерна разрыв значений по годам сократился и составил 0,82 %.

Нами проведен анализ взаимосвязи между содержанием азота в растениях озимой пшеницы и значениями вегетационного индекса NDVI. Были получены довольно высокие коэффициенты корреляции между этими показателями. Так, в среднем по полям R_{corr} в 2012 году был равен -0,89, а в 2013 и 2014 годах – 0,82 (рис. 4).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Для условий Ставропольского края существует взаимосвязь между качеством зерна озимой пшеницы и данными дистанционного зондирования Земли. Наиболее тесной она отмечается в случае с максимальным и средним NDVI за период от возобновления весенней вегетации до полной спелости.

2. Динамика содержания азота в растениях напрямую связана с содержанием хлорофилла. В случае определения содержания хлорофилла в растениях озимой пшеницы данные ДЗЗ наилучшим образом коррелируют с относительным содержанием зеленых пигментов в единице биомассы, коэффициент корреляции составляет величину $-0,79$.

3. Существует обратная связь между вегетационным индексом NDVI и содержанием азота в растениях озимой пшеницы, которая в среднем по годам оценивается коэффициентом корреляции равным $-0,84$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI) вполне допустимо использовать для оперативного дистанционного контроля содержания азота в растениях озимой пшеницы.

Библиографический список

- Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. No. 5. Pp. 2121–2128. DOI: 10.25930/gwmr-ad54.
- Волкова Е. С. Использование ГИС-технологий в сельском хозяйстве Ставропольского края // Проблемы рационального природопользования и пути их решения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБОУ ВО «ДГТУ». Махачкала, 2018. С. 202–204.
- Фомин Д. С., Чащин А. Н. Вегетационный индекс NDVI в оценке зерновых культур опытных полей Пермского НИИСХ // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (72). С. 39–42.
- Елкина Е. С., Барталев С. А., Толпин В. А., Лупян Е. А. Возможности сервиса спутникового мониторинга ВЕГА // Современные подходы к изучению экологических проблем в физической и социально-экономической географии: сборник материалов X Международной молодежной школы-конференции Института географии РАН. Москва, 2017. С. 162–163.
- Федулов Ю. П., Подушин Ю. В., Мязина А. Н., Чухиль А. А., Сафонова Т. Г. Связь нормализованного индекса вегетации (NDVI) с урожайностью посевов озимой пшеницы // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. Краснодар, 2016. С. 106–107.
- Ториков В. Е., Осипов А. А. Влияние условий выращивания и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала, 2015. № 6 (136). С. 24–28.
- Ерошенко Ф. В. Оценка качества зерна озимой пшеницы в Ставропольском крае по данным дистанционного зондирования Земли // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2017. № 9. С. 118–128.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд., перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб., 1985. М.: Альянс, 2014. 351 с.
- Толпин В. А., Лупян Е. А., Барталев С. А., Плотников Д. Е., Матвеев А. М. Возможности анализа состояния сельскохозяйственной растительности с использованием спутникового сервиса «ВЕГА» // Оптика атмосферы и океана. 2014. Т. 27. № 7 (306). С. 581–586.
- О качестве зерна, произведенного в Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fczerma.ru/News.aspx?id=6445> (дата обращения: 10.04.2019).
- Ерошенко Ф. В., Барталев С. А., Кулинцев В. В., Сторчак И. Г., Шестакова Е. О., Симатин Т. В. Возможности региональной оценки качества зерна озимой пшеницы на основе спутниковых данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 7. С. 153–165. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-153-165.
- Лупян Е. А., Барталев С. А., Крашенинникова Ю. С., Плотников Д. Е., Толпин В. А., Уваров И. А. Анализ развития озимых культур в южных регионах Европейской части России весной 2018 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 266–271. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-266-271.
- Лупян Е. А., Барталев С. А., Крашенинникова Ю. С. Наблюдение аномально раннего развития сельскохозяйственных культур в южных регионах России весной 2016 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 2. С. 240–243. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-240-243.
- ГОСТ Р 54478-2011. Зерно. Методы определения количества и качества клейковины в пшенице [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51588> (дата обращения: 22.04.2019).
- Pashkova G. I., Kuzminykh A. N., Gryazina F. I., Evdokimova M. A., Novoselov S. I., Ivanova A. V. The activity of glutamine synthetase enzyme, content of ammonia and phytometrcal indexes of spring wheat planting depending on different tie periods and doses of nitrogen fertilizers // Biology and Medicine. 2016. Т. 8. No. 7. P. 352.

Об авторах:

Ирина Геннадьевна Сторчак¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела физиологии растений, ORCID 000-0001-8741-6882, AuthorID 760778; +7 918 747-02-56, sniish.storchak@gmail.com

Ирина Владимировна Чернова¹, кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, ORCID 0000-0001-7438-6880, AuthorID 744093; +7 918 885-79-37, chernova_skfu@mail.ru

Федор Владимирович Ерошенко¹, доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений, ORCID 0000-0003-0238-3861, AuthorID 319650; +7 962 454-14-96, yer-sniish@mail.ru

Татьяна Владимировна Волошенкова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, ORCID 0000-0001-9323-3708, AuthorID 69271; +7 909 385-80-55, tvoloshenkova@yandex.ru

Елена Олеговна Шестакова¹, научный сотрудник лаборатории ГИС-технологий, ORCID 0000-0001-5764-0576, AuthorID 917940; +7 988 858-18-85, shestakova.e.o@yandex.ru

¹ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

The use of NDVI to determine the nitrogen content in winter wheat plants in the Stavropol region

I. G. Storchak¹, I. V. Chernova¹✉, F. V. Eroshenko¹, T. V. Voloshenkova¹, E. O. Shestakova¹

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

✉E-mail: chernova_skfu@mail.ru

Abstract. Lack of nitrogen leads to a decrease in yield and grain quality in winter wheat plants. Therefore, it is necessary to monitor nitrogen nutrition throughout the period of growth and development of plants, which will quickly assess the need for fertilizing to obtain high yields of quality grain. Therefore, **the aim** of the study was to establish the possibility of using the normalized difference vegetation index (NDVI) to control the nitrogen content in winter wheat plants in the Stavropol territory. **Methods.** The work was performed in federal state budgetary scientific institution “North-Caucasian Federal Agricultural Research Centre” at the production of winter crops. Selection of plant samples (sheaf material) was carried out according to the generally accepted method. Repeated – 4x. Determination of the chemical composition of plant organs was carried out by the method of V. T. Kurkaev with co-authors, and the content of chlorophyll – Milaeva and Primak. **Results.** Since the quality of winter wheat grain directly depends on the nitrogen supply of plants, the relationships between the nitrogen content in winter wheat plants and the values of the vegetation index NDVI were studied. High correlation coefficients between these indicators are obtained. Thus, the average of R_{corr} fields in 2012 it was equal to -0.89 , and in 2013 and 2014 -0.82 . In addition, due to the dependence of nitrogen content on the amount of chlorophyll, it was possible to analyze the correlation between these indicators and NDVI fields, which showed that a stable relationship (inverse) is observed in the case of the amount of chlorophyll per unit biomass (mg/g), which is estimated on average at -0.79 . The interrelation between grain quality and earth remote sensing data is revealed. It is most clearly seen in the case of the maximum and average NDVI for the period from the resumption of spring vegetation to full ripeness of winter wheat. **Scientific novelty.** For the first time in the conditions of unstable humidification of the Stavropol territory, a high inverse correlation between the vegetation index NDVI and the nitrogen content in winter wheat plants was determined, which on average is estimated by the correlation coefficient equal to -0.84 .

Keywords: vegetation index, NDVI dynamics, winter wheat, nitrogen content, chlorophyll content, grain quality, correlation coefficients, remote sensing.

For citation: Storchak I. G., Chernova I. V., Eroshenko F. V., Voloshenkova T. V., Shestakova E. O. Ispol'zovaniye NDVI dlya opredeleniya soderzhaniya azota v rasteniyakh ozimoy pshenitsy v usloviyakh Stavropol'skogo kraya [The use of NDVI to determine the nitrogen content in winter wheat plants in the Stavropol region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. Pp. 19–30. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-19-30. (In Russian.)

Paper submitted: 13.09.2019.

References

1. Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 5. Pp. 2121–2128. DOI: 10.25930/gwmmr-ad54.
2. Volkova E. S. Ispol'zovaniye GIS-tekhnologiy v sel'skom khozyaystve Stavropol'skogo kraya [Use of GIS technologies in agriculture of Stavropol territory] // Problemy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya i puti ikh resheniya: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 45-letiyu FGBOU VO “DGTU”. Makhachkala, 2018. Pp. 202–204. (In Russian.)
3. Fomin D. S., Chashchin A. N. Vegetatsionnyy indeks NDVI v otsenke zernovykh kul'tur opytnykh poley Permskogo NI-ISKH [Vegetation index NDVI in the assessment of grain crops of experimental fields of Perm Scientific Research Institute of Agriculture] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. No. 4 (72). Pp. 39–42. (In Russian.)

4. Elkina E. S., Bartalev S. A., Tolpin V. A., Lupyan E. A. Vozmozhnosti servisa sputnikovogo monitoringa VEGA [VEGA satellite monitoring service capabilities] // *Sovremennyye podkhody k izucheniyu ekologicheskikh problem v fizicheskoy i sotsial'no-ekonomicheskoy geografii: sbornik materialov X Mezhdunarodnoy molodëzhnoy shkoly-konferentsii Instituta geografii RAN*. Moscow, 2017. Pp. 162–163. (In Russian.)
5. Fedulov Yu. P., Podushin Yu. V., Myazina A. N., Chukhil' A. A., Safonova T. G. Svyaz' normalizovannogo indeksa vegetatsii (NDVI) s urozhaynost'yu posevov ozimoy pshenitsy [The relationship between the normalized vegetation index (NDVI) and the yield of winter wheat crops] // *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa: sbornik statey po materialam 71-y nauchno-prakticheskoy konferentsii prepodavateley po itogam NIR za 2015 god*. Krasnodar, 2016. Pp. 106–107 (In Russian.)
6. Torikov V. E., Osipov A. A. Vliyaniye usloviy vyrashchivaniya i mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy [The influence of growing conditions and mineral fertilizers on the yield and quality of grain of winter wheat] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015. No. 6 (136). Pp. 24–28. (In Russian.)
7. Eroshenko F. V. Otsenka kachestva zerna ozimoy pshenitsy v Stavropol'skom kraye po dannym distantsionnogo zondirovaniya Zemli [Grain quality assessment of winter wheat in the Stavropol Territory according to Earth remote sensing data] // *Byulleten' Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo khozyaystva*. 2017. No. 9. Pp. 118–128. (In Russian.)
8. Dospikhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher agricultural educational institutions]. Stereotyped edition, reprinted from the 5th edition, supplemented and revised. 1985. Moscow: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)
9. Tolpin V. A., Lupyan E. A., Bartalev S. A., Plotnikov D. E., Matveyev A. M. Vozmozhnosti analiza sostoyaniya sel'skokhozyaystvennoy rastitel'nosti s ispol'zovaniyem sputnikovogo servisa "VEGA" [Possibilities for analyzing the state of agricultural vegetation using the VEGA satellite service] // *Atmospheric and Oceanic Optics*. 2014. T. 27. No. 7 (306). Pp. 581–586. (In Russian.)
10. O kachestve zerna, proizvedennogo v Rossiyskoy Federatsii [About the quality of grain produced in the Russian Federation] [e-resource]. URL: <http://www.fczerna.ru/News.aspx?id=6445> (appeal date: 10.04.2019). (In Russian.)
11. Eroshenko F. V., Bartalev S. A., Kulintsev V. V., Storchak I. G., Shestakova E. O., Simatin T. V. Vozmozhnosti regional'noy otsenki kachestva zerna ozimoy pshenitsy na osnove sputnikovykh dannykh distantsionnogo zondirovaniya [Possibilities of a regional assessment of winter wheat grain quality based on satellite remote sensing data] // *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2017. T. 14. No. 7. Pp. 153–165. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-153-165. (In Russian.)
12. Lupyan E. A., Bartalev S. A., Krasheninnikova Yu. S., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., Uvarov I. A. Analiz razvitiya ozimyykh kul'tur v yuzhnykh regionakh Evropeyskoy chasti Rossii vesnoy 2018 goda na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa [Analysis of the development of winter crops in the southern regions of the European part of Russia in the spring of 2018 based on remote monitoring data] // *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2019. T. 16. No. 1. Pp. 266–271. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-266-271. (In Russian.)
13. Lupyan E. A., Bartalev S. A., Krasheninnikova Yu. S. Nablyudeniye anomal'no rannego razvitiya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v yuzhnykh regionakh Rossii vesnoy 2016 goda na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa [Observation of abnormally early crop development in the southern regions of Russia in the spring of 2016 based on remote monitoring data] // *Current problems in remote sensing of the Earth from space*. 2016. T. 13. No. 2. Pp. 240–243. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-2-240-243 (In Russian.)
14. GOST R 54478-2011. Zerno. Metody opredeleniya kolichestva i kachestva kleykoviny v pshenitse [GOST R 54478-2011. Corn. Methods for determining the quantity and quality of gluten in wheat] [e-resource]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/51588> (appeal date: 22.04.2019). (In Russian.)
15. Pashkova G. I., Kuzminykh A. N., Gryazina F. I., Evdokimova M. A., Novoselov S. I., Ivanova A. V. The activity of glutamine synthetase enzyme, content of ammonia and phytometrcal indexes of spring wheat planting depending on different tie periods and doses of nitrogen fertilizers // *Biology and Medicine*. 2016. T. 8. No. 7. P. 352.

Authors' information:

Irina G. Storchak¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher at the department of plant physiology, ORCID 000-0001-8741-6882, AuthorID 760778; +7 918 747-02-56, sniish.storchak@gmail.com

Irina V. Chernova¹, candidate of geographical sciences, senior researcher of the laboratory for assessing the ecological state of agrocenoses, ORCID 0000-0001-7438-6880, AuthorID 744093; +7 918 885-79-37, chernova_skfu@mail.ru

Fedor V. Eroshenko¹, doctor of biological sciences, head of the department of plant physiology, ORCID 0000-0003-0238-3861, AuthorID 319650; +7 962 454-14-96, yer-sniish@mail.ru

Tatyana V. Voloshenkova¹, candidate of agricultural sciences, chief researcher of the laboratory for assessing the ecological state of agrocenoses, ORCID 0000-0001-9323-3708, AuthorID 69271; +7 909 385-80-55, tvoloshenkova@yandex.ru

Elena O. Shestakova¹, researcher at the GIS-technology laboratory, ORCID: 0000-0001-5764-0576, AuthorID 917940; +7 988 858-18-85, shestakova.e.o@yandex.ru

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

Фенологические особенности начальных фаз цветения и вегетации культиваров абрикоса Дагестана

Д. М. Анатов¹, Р. М. Османов¹

¹ Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

✉ E-mail: djalal@list.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на сравнительный анализ культиваров абрикоса различного эколого-географического происхождения генетической коллекции Горного ботанического сада по начальным фенологическим фазам цветения и вегетации с целью выяснения степени сопряженности их между собой и определения автохтонности сортов и форм абрикоса Дагестана. **Методы.** Исследование базируется на методах фенологических наблюдений в соответствии с общепринятыми методиками с собственными дополнениями. **Результаты.** Выявлено, что появление красного бутона у сортов варьировало в широком диапазоне (28 марта – 21 апреля), в среднем приходится на 6 апреля. Фаза белого бутона наблюдались в первой и второй декадах апреля с 1 по 25 число месяца, а начало цветения – 5–28 апреля. Вегетативные почки начинают пробуждаться в целом позже генеративных, за исключением сортов и гибридов, выведенных от скрещиваний с алычой, сливой альпийской. Начало набухания, распускания почек и листьев приходится на вторую и третью декады апреля, в среднем на 11, 21 и 25 апреля соответственно. Корреляционный анализ показал наличие значимой на уровне $P \leq 0,05$ положительной корреляционной связи между большинством генеративных и вегетативных признаков сортов и форм абрикоса. По итогам кластерного анализа установлена близость большинства культиваров дагестанского происхождения между собой, за исключением сорта Хонобах и его разновидностей, которые оказались ближе к среднеазиатским сортам, что, возможно, связано с его аллохтонным происхождением. **Научная новизна** заключается в оценивании фенологических фаз цветения и распускания листьев культиваров абрикоса в условиях Цудахарской экспериментальной базы. В ходе работы показано, что большинство дагестанских сортообразцов являются раннецветущими (13 образцов из 22) и среднего срока цветения (7), тогда как у европейских и среднеазиатских преобладают сорта среднего и позднего срока цветения.

Ключевые слова: абрикос (*Prunus armeniaca* L.), культивары, местные формы, начальные фазы цветения, интродукция, Горный ботанический сад, Цудахарская экспериментальная база.

Для цитирования: Анатов Д. М., Османов Р. М. Фенологические особенности начальных фаз цветения и вегетации культиваров абрикоса Дагестана // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-31-39.

Дата поступления статьи: 12.09.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Абрикос Дагестана, согласно эколого-географической классификации К. Ф. Костиной, относится к Ирано-Кавказской эколого-географической группе и дагестанской региональной подгруппе [1, с. 183]. Изучение генофонда природных популяций и местных сортов абрикоса в Дагестане имеет большое значение для решения ряда вопросов биологического и сельскохозяйственного направления. В свою очередь, исследования фенологических особенностей начальных фаз цветения абрикоса имеют немаловажную как теоретическую, так и практическую ценность, необходимую при изучении биологических и экологических характеристик различных сортов и форм абрикоса [2, с. 73; 3, с. 5; 4, с. 46].

Абрикос в своем ассортименте в Дагестане насчитывает более 100 местных форм и сортов. Местные сорта абрикоса являются результатом как естественного, так и искусственного отбора, представляют значительный селекционный интерес и могут быть безвозвратно потеряны. По срокам созревания разделяются на сверххранные,

ранние, среднеранние, средние, среднепоздние и поздние. По технологическим качествам абрикосы подразделяют на лечебно-диетические, столовые, сухофруктовые, консервные и универсальные. Коллекция абрикоса на экспериментальных базах Горного ботанического сада ДФИЦ РАН насчитывает 150 сортов и форм, относящихся по происхождению к различным эколого-географическим группам. [5, с. 28; 6, с. 28].

В условиях Цудахарской экспериментальной базы ведется селекционная оценка сеянцев абрикоса различных эколого-географических групп. Проводятся работы по внутри- и межвидовой гибридизации рода *Prunus* L. За период с 2013 по 2018 гг. осуществлено более 7 000 скрещиваний. В настоящий момент в открытом грунте выращивается более 40 гибридных образцов от 12 межсортных скрещиваний, проводятся учеты и отбор перспективных гибридов.

Установлено, что у растений одного и того же сорта, высаженных в различные почвенно-климатические условия, сроки наступления и продолжительность фаз

развития неодинаковы. Даже у одного и того же дерева в разные годы в зависимости от погодных условий фазы развития (генеративная и вегетативная) проходят в различные сроки. Для нормального роста и развития деревьям абрикоса необходим соответствующий режим климатических условий в течение года, значительно влияющий на начальные сроки наступления фаз. Изучение этого важного вопроса позволяет сделать выводы о приспособленности культуры к климатическому ритму данной местности [7, с. 59; 8, с. 219; 9, с. 234].

Фенология развития генеративных органов у сортов абрикоса (сроки и продолжительность цветения, сроки созревания, помологическая характеристика плодов, урожайность) представляет интерес для выращивания в зонах с неустойчивыми погодными условиями и для использования в селекции на позднее цветение. Продуктивность некоторых сортов связана с количеством сформировавшихся генеративных почек и интенсивностью цветения на начальных этапах, при этом основными лимитирующими факторами являются летние засухи, а также сумма осадков и относительная влажность в период цветения [10, с. 20; 11, с. 128; 12, с. 82; 13, с. 1439; 14, с. 633].

Целью данной работы являлся сравнительный анализ культиваров абрикоса различного эколого-географического происхождения генетической коллекции Горного ботанического сада по начальным фенологическим фазам цветения и вегетации с целью выяснения степени сопряженности их между собой и определения автохтонности сортов и форм абрикоса Дагестана.

Методология и методы исследований (Methods)

В качестве объектов для исследования в данной работе были использованы интродуцированные формы и сорта *P. armeniaca* L. различного происхождения (41 образец). Условно изучаемые образцы разделены на следующие группы: европейская – сорта, полученные из Никитского ботанического сада, относящиеся к региональной Восточно-европейской подгруппе (Краснощекий, Медунец, Фаворит, Ананасный, Чистенький, Красный Амур); ирано-кавказская – Шалах; среднеазиатская группа представлена формой Афганистан и сортом Супханы; московская – сорта, выведенные Главным ботаническим садом, относящиеся к северной региональной подгруппе (европейская группа): Лель, Алеша, Айсберг, Царский, Монастырский; гибридная – гибриды Черный бархат, Черный абрикос, гибриды Никитского ботанического сада 8134, 8103; дагестанская – Эделик, Хекобарш, Хонобах коронский, Салта № 2, Салта № 7, Салта № 9, Салта № 10, Салта № 11, Камха № 4, ЦЭБ № 1, Гунибка, Качасул, Хибил баквалерб, Гоорский, Карандалаевский, Камиль, Хирил, Гача кваналерб кураг, Хутаил, Куппинский поздний, условный Хонобах, сеянец Хонобаха. Учет фенологических наблюдений проводился весной 2017 года по общепринятым методикам с собственными дополнениями [15, с. 335] в условиях Цудахарской экспериментальной базы (ЦЭБ), окрестности села Цудахар Левашинского района, 1100 м над уровнем моря.

Среднегодовая температура воздуха на ЦЭБ составляет 10,1 °С с абсолютным максимумом в июле – августе +40 °С

и абсолютным минимумом в январе –23 °С. Среднее число безморозных дней составляет 270. Средняя сумма осадков за зимний период составляет около 40 мм, максимум – в июне – июле. Почвы сухостепные, каменисто-щебнистые, маломощные и хрящеватые. Для математической обработки полученных данных применяли методы описательной статистики, корреляционный и кластерный анализы. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы Statistica v. 5.5.

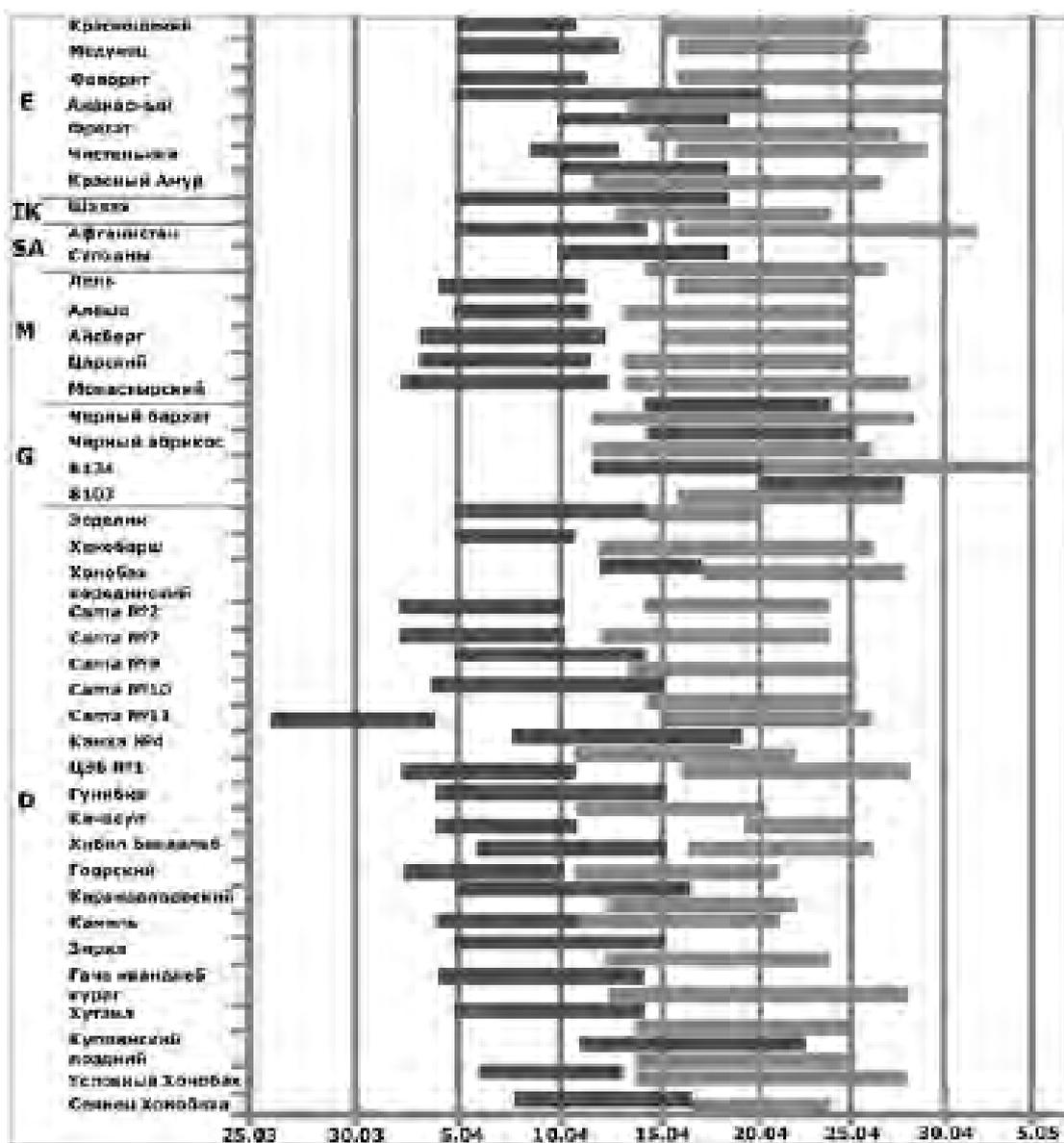
Результаты (Results)

Признаки генеративной и вегетативной фаз развития абрикоса в коллекции Горного ботанического сада в целом характеризовались относительно схожими календарными датами. Так, наступление фазы красного бутона в условиях ЦЭБ преимущественно наблюдается в первой декаде апреля, за исключением формы Салта № 11, у которой данная фаза, наблюдается в третьей декаде марта (рис. 1). У образцов Монастырский, Салта № 2, Салта № 7, ЦЭБ № 1, Гоорский по сравнению со всеми образцами красный бутон раньше всех наблюдается 3 апреля. Белый бутон наблюдался в промежутке с 1 по 20 апреля. Цветение у большинства сортов и форм наступило во 2 декаде апреля, кроме нескольких дагестанских форм (Салта № 2, Салта № 7, Салта № 11, Хибил баквалерб, Гоорский, Зирил) и сорта, выведенного в Никитском ботаническом саду ННЦ РАН, Фрегат.

Вегетативная фаза развития, а именно набухание почек, у всех образцов начинается во 2 декаде апреля, а начало распускания почек (зеленый конус) и начало распускания листьев приходится на 3 декаду апреля, за исключением гибрида 8134 и формы Афганистан, вегетация которых приходится на первую декаду мая (1–2 мая). Что же касается вегетативной фазы развития, то она имеет растянутый характер, фенопериод от набухания почек до начала распускания листьев приходится на диапазон от 9 апреля до 3 мая, включающий 4 декады.

Анализ фенологических признаков форм и сортов *P. armeniaca* L. в условиях ЦЭБ выявил ряд закономерностей (таблица 1). Начало появления красного бутона у сортов варьировало в широком диапазоне (28 марта – 21 апреля), в среднем приходится на 6 апреля ($37,1 \pm 0,62$). Фазы белого бутона, цветения и набухания почек наблюдалось во второй декаде апреля с 11 по 14 число месяца. Начало распускания почек и начало распускания листьев приходится на третью декаду, на 21 и 25 апреля соответственно ($52,6 \pm 0,44$ и $56,7 \pm 0,44$). В целом различия между культиварами сильнее по фенофазам генеративной сферы, чем вегетативной, что отразилось на значениях коэффициента вариации.

Корреляционный анализ, проведенный по признакам генеративных и вегетативных фаз развития сортов и форм *P. armeniaca* L. в апреле 2017 года в условиях ЦЭБ, показал наличие значимой на уровне $P \leq 0,05$ положительной корреляционной связи по большинству пар учетных признаков (таблица 2). Недостоверная корреляционная связь выявлена в парах между признаком «набухание почек» с генеративными фазами (красный бутон, белый бутон, цветение).

Рис. 1. Фазы развития сортов *P. armeniaca* L. в условиях ЦЭБ:

■ – генеративная фаза развития, ■ – вегетативная фаза развития, группы: европейская (E), ирано-кавказская (IK), среднеазиатская (SA), московская (M), гибридная (G), дагестанская (D)

Таблица 1
Характеристика природных форм и сортов *P. armeniaca* L. в условиях ЦЭБ ($n = 41$)

Фенологические признаки	$X \pm Sx$	min	max	CV, %
Красный бутон	$37,1 \pm 0,62$	28	51	10,8
Белый бутон	$42,4 \pm 0,64$	32	56	9,6
Цветение	$45,5 \pm 0,72$	35	59	9,9
Набухание почек	$45,2 \pm 0,31$	42	51	4,5
Начало распускания почек	$52,6 \pm 0,44$	46	58	5,3
Начало распускания листьев	$56,7 \pm 0,44$	51	63	5,0

Table 1
Characteristics of natural forms and varieties of *P. armeniaca* L. in the conditions of the TsEB ($n = 41$)

Phenological traits	$X \pm Sx$	min	max	CV, %
Red bud	37.1 ± 0.62	28	51	10.8
White bud	42.4 ± 0.64	32	56	9.6
Flowering	45.5 ± 0.72	35	59	9.9
Bud swelling	45.2 ± 0.31	42	51	4.5
Beginning flushing buds	52.6 ± 0.44	46	58	5.3
Beginning leaf flushing	56.7 ± 0.44	51	63	5.0

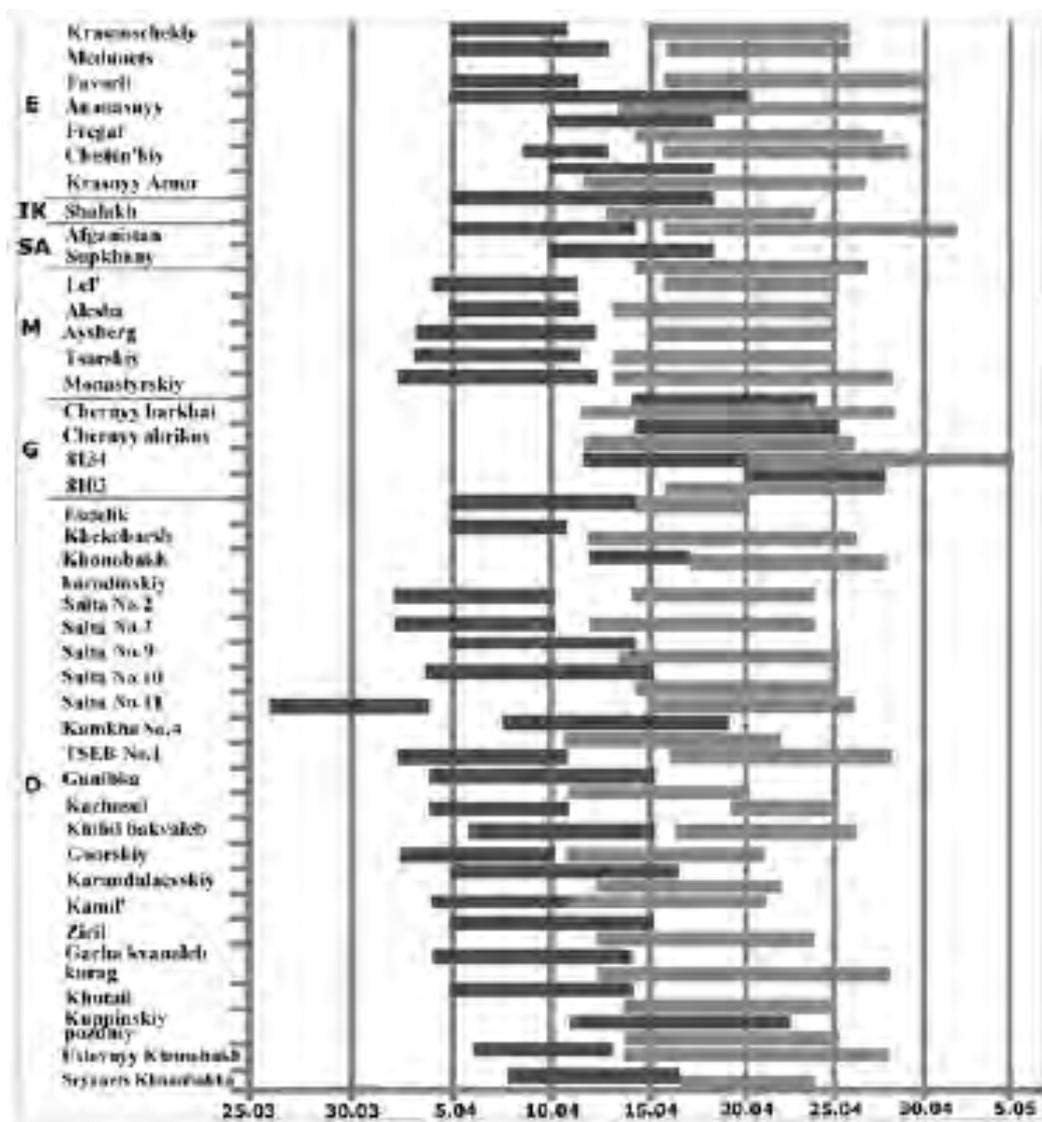


Fig. 1. Phases of development of *P. armeniaca* L. varieties in the conditions of the TEB:

■ – generative phase of development, ■ – vegetative phase of development, groups – European (E), Iran-Caucasian (IK), Central-Asian (SA), Moscow (M), hybrid (G), Dagestan (D)

Таблица 2
Корреляционные связи между фенофазами сортов и форм *P. armeniaca* L. в объединенной выборке (n = 41)

Признаки	Красный бутон	Белый бутон	Цветение	Набухание почек	Начало распускания листьев
Белый бутон	0,92*				
Цветение	0,88*	0,96*			
Набухание почек	0,14	0,14	0,09		
Начало распускания почек	0,46*	0,40*	0,36*	0,55*	
Начало распускания листьев	0,40*	0,37*	0,34*	0,65*	0,90*

Примечание: * достоверные корреляции на $p < 0,05$ уровне значимости.

Table 2
Correlations between phenophases of varieties and forms of *P. armeniaca* L. in the combined sample (n = 41)

Traits	Red bud	White bud	Flowering	Bud swelling	Beginning flushing buds
White bud	0.92*				
Flowering	0.88*	0.96*			
Bud swelling	0.14	0.14	0.09		
Beginning flushing buds	0.46*	0.40*	0.36*	0.55*	
Beginning leaf flushing	0.40*	0.37*	0.34*	0.65*	0.90*

Note: * reliable correlations at the $p < 0.05$ level of significance.

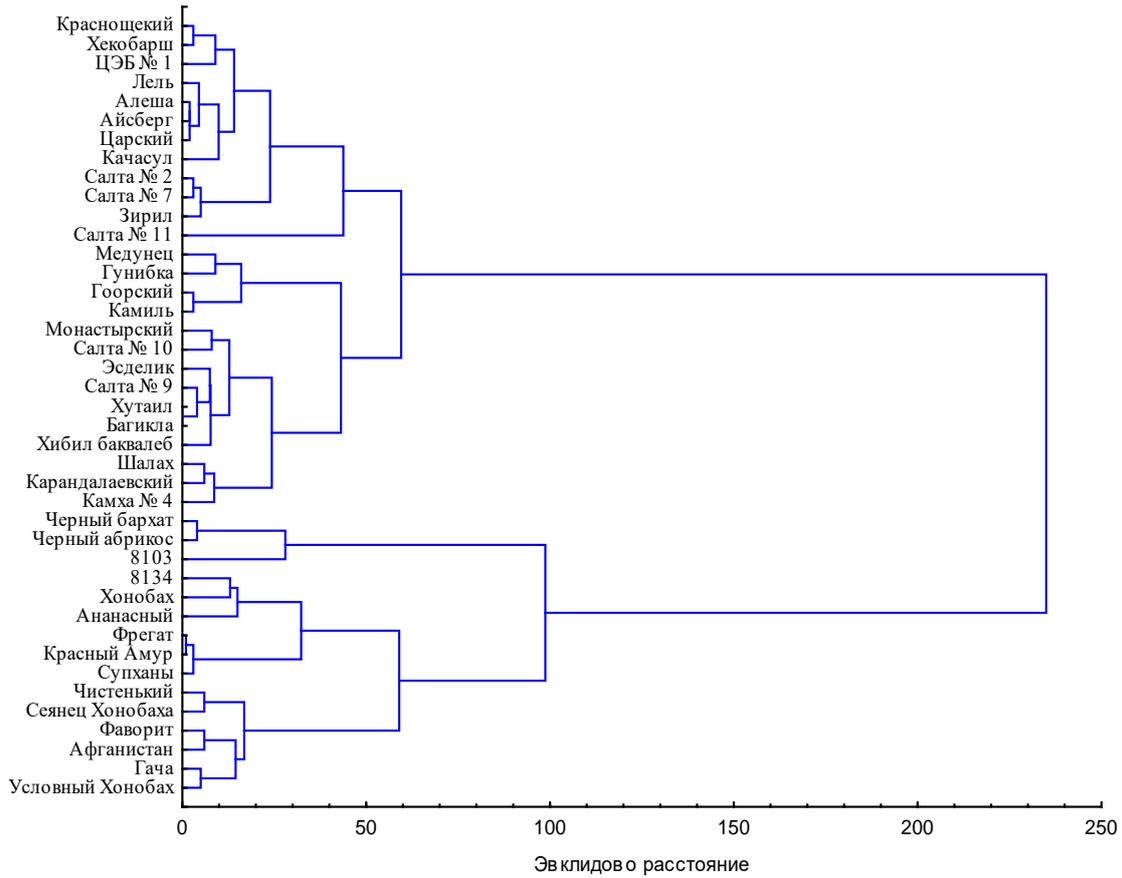


Рис. 2. Кластерный анализ абрикоса по фенологическим признакам

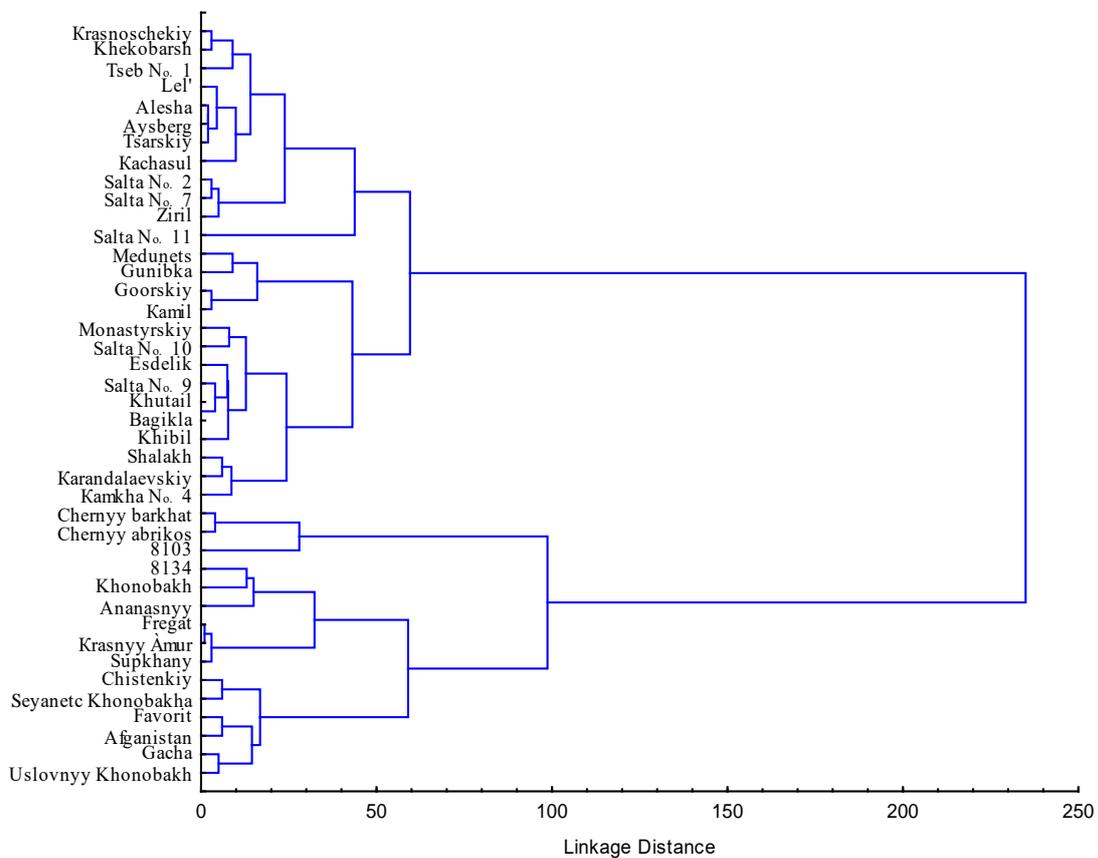


Fig. 2. Cluster analysis of apricot by phenological traits

Таблица 3
Распределение частот по изучаемым признакам сортов и форм абрикоса

Признаки генеративной фазы	Диапазон дат	Частота	%	Признаки вегетативной фазы	Диапазон дат	Частота	%
Красный бутон	25–30	1	2,4	Набухание почек	40–42	3	7,3
	30–35	14	34,1		42–44	13	31,7
	35–40	18	43,9		44–46	13	31,7
	40–45	7	17,0		46–48	9	21,9
	45–50	0	0		48–50	2	4,8
	50–55	1	2,4		50–52	2	2,4
Белый бутон	25–30	0	0	Начало распускания почек	44–46	1	2,4
	30–35	1	2,4		46–48	1	2,4
	35–40	11	26,8		48–50	7	17,0
	40–45	21	51,2		50–52	12	29,2
	45–50	6	14,6		52–54	8	19,5
	50–55	1	2,4		54–56	8	19,5
	55–60	1	2,4		56–58	4	9,7
Цветение	30–35	1	2,4	Начало распускания листьев	50–52	4	9,7
	35–40	0	0,0		52–54	3	7,3
	40–45	23	56,1		54–56	13	31,7
	45–50	12	29,3		56–58	9	21,9
	50–55	3	7,3		58–60	8	19,5
	55–60	2	4,9		60–62	3	7,3
					62–64	1	2,4

Table 3
The frequency distribution of the studied traits of varieties and forms of apricot

Traits of generative phase	Date range	Frequency	%	Traits of vegetative phase	Date range	Frequency	%
Red bud	25–30	1	2.4	Bud swelling	40–42	3	7.3
	30–35	14	34.1		42–44	13	31.7
	35–40	18	43.9		44–46	13	31.7
	40–45	7	17.0		46–48	9	21.9
	45–50	0	0		48–50	2	4.8
	50–55	1	2.4		50–52	2	2.4
White bud	25–30	0	0	Beginning flushing buds	44–46	1	2.4
	30–35	1	2.4		46–48	1	2.4
	35–40	11	26.8		48–50	7	17.0
	40–45	21	51.2		50–52	12	29.2
	45–50	6	14.6		52–54	8	19.5
	50–55	1	2.4		54–56	8	19.5
	55–60	1	2.4		56–58	4	9.7
Flowering	30–35	1	2.4	Beginning leaf flushing	50–52	4	9.7
	35–40	0	0.0		52–54	3	7.3
	40–45	23	56.1		54–56	13	31.7
	45–50	12	29.3		56–58	9	21.9
	50–55	3	7.3		58–60	8	19.5
	55–60	2	4.9		60–62	3	7.3
					62–64	1	2.4

В таблице 4 показано разделение признаков на категории по частотам распределения сортов абрикоса. На долю максимальных частот по признаку «красный бутон» приходится 14 образцов (34,1 %) в диапазоне дат с 30 марта по 4 апреля и 18 сортов и форм (43,9 %) абрикоса в диапазоне дат с 4 по 9 апреля. Частота с 21 и 23 образцами (51,2 и 56 %) приходится на белый бутон и цветение, которое наблюдается в промежутке дат с 9 по 14 апреля.

По наступлению белого бутона и началу цветения все образцы можно разделить на раннецветущие (20 образцов), среднего срока (12) и поздноцветущие (9) (таблица 3). К поздноцветущим можно отнести все сорта гибридного происхождения (Черный абрикос, Черный принц, 8134, 8103), сорта европейского происхождения Ананасный, Фрегат, Красный Амур и дагестанские культивары Хонобах Кородинский, Камха № 4. В группу со средним сроком цветения попали европейские сорта Медунец, Чистенький, из среднеазиатских – Супханы, Афганистан, а из ирано-кавказских – Шалах, Эсделик, сеянец Хонобаха, Салта № 9, Салта № 10, Гунибка, Хибил баквалерб и Карандалаевский. Все сорта московской селекции и большинство дагестанских сортов относятся к раннецветущим.

Вегетативные фазы находятся в узких диапазонах значений, а их распределение не имеет четкого разграничения на группы по срокам.

На рис. 2 кластеризация абрикоса обыкновенного выявила большее сходство местных культурных сортов и форм, также их близость к сортам европейского происхождения. Сорта и гибриды, выведенные в Никитском ботаническом саду, выделились в отдельную подгруппу.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Оценка фенологических фаз цветения и распускания листьев у форм и сортов *Prunus armeniaca* L. в условиях ЦЭБ показала, что большинство дагестанских культиваров относятся к раннецветущим (13 образцов из 22), реже – среднего срока цветения (7), тогда как у европейских и среднеазиатских преобладают сорта среднего и позднего срока цветения. Сорта, выведенные в северных широтах (московские), в целом раннецветущие, что связано с селекцией этих сортов в условиях короткого вегетационного периода, способствующего ускоренному прохождению фенофаз.

По итогам кластерного анализа установлена близость большинства культиваров дагестанского происхождения между собой, за исключением сорта Хонобах и его разновидностей, которые оказались ближе к среднеазиатским сортам, что, возможно, связано с его аллохтонным происхождением.

Благодарности (Acknowledgements)

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ «Флорогенетические связи и ресурсный потенциал вида *Prunus armeniaca* L. на Северном Кавказе» № 19-016-00133_А и с использованием УНУ «Система экспериментальных баз расположенных вдоль высотного градиента» и «Коллекции живых растений открытого грунта» Горного ботанического сада ДФИЦ РАН.

Библиографический список

- Asadulaev Z. M., Anatov D. M., Gaziev M. A. Genetic resources of *Prunus armeniaca* L. natural populations in mountainous Dagestan // Acta Horticulturae. 2014. No. 1032. Pp. 183–190. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1032.24.
- Анатов Д. М., Османов Р. М., Асадулаев З. М., Газиев М. А. Экологические и исторические аспекты разнообразия форм абрикоса в Горном Дагестане // Вестник Дагестанского государственного университета. 2015. Т. 30. № 1. С. 73–81.
- Газиев М. А. Клястероспориоз на абрикосе в низменном и предгорном Дагестане // Ботанический вестник Северного Кавказа. 2016. № 2. С. 5–12.
- Бобокалонов Ф. М. Особенности выращивания абрикоса по интенсивной технологии в условиях Самгарского и Хаджа-Бакирганского массивов Северного Таджикистана: дис. ... канд. с.-х. наук. Душанбе, 2018. 129 с.
- Газиев М. А., Асадулаев З. М. Интродукционные плодовые древесные растения Горного Дагестана // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия культурных растений: материалы XI Международной научно-методической конференции. Махачкала, 2014. С. 28–31.
- Асадулаев З. М., Анатов Д. М., Османов Р. М. Разнообразие и происхождение местных сортов абрикоса в Дагестане // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 28–30.
- Стародубцева Е. П., Джураева Ф. К. Феноритмика и особенности адаптации оренбургского абрикоса // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. 2014. № 1 (9). С. 59–64.
- Стародубцева Е. П., Джураева Ф. К. Устойчивость растений абрикоса к стресс-факторам окружающей среды в условиях Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6 (62). С. 219–221.
- Imrak B., Kuden A., Yurtkulu V. [et al.] Evaluation of Some Phenological and Biochemical Characteristics of Selected New Late Flowering Dried Apricot Cultivars // Biochem. Genetics. 2017. No. 55 (3). Pp. 234–243. DOI: 10.1007/s10528-017-9792-y.
- Горина В. М. Научные основы селекции абрикоса и алычи для Крыма и юга Украины: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Мичуринск, 2014. 50 с.
- Корзин В. В. Влияние факторов окружающей среды на продуктивность растений абрикоса // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2017. Вып. 125. С. 128–132.
- Корзин В. В., Горина В. М., Месяц Н. В. Оценка новых селекционных форм абрикоса в коллекции Никитского ботанического сада // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 126. С. 82–86. DOI: 10.25684/NBG.boolt.126.2018.12.

13. Gorina V. M., Korzin V. V., Mesyats N. V. Evaluation of new apricot cultivars introduced in Nikita botanical garden // VII International scientific agriculture symposium "AGROSYM 2016". Jahorina, Serbia, 2016. Pp. 1439–1445.
14. Gorina V., Mesyats N., Korzin V., Ivashchenko Yu. Studies of chlorophyll fluorescence intensity in apricot leaves during wilting processes // *Acta Horticulturae*. 2019. No. 1242. Pp. 633–638. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.93.
15. Предварительная селекция плодовых культур: монография / Под ред. Г. В. Ерёмкина. Краснодар: КубГАУ, 2015. 335 с.

Об авторах:

Джалалудин Магомедович Анатов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов, ORCID 0000-0002-6725-4086, AuthorID 168594; +7 988 269-62-99, djalal@list.ru

Руслан Маликович Османов¹, младший научный сотрудник лаборатории флоры и растительных ресурсов, ORCID 0000-0002-4857-6354, AuthorID 795449; +7 938 986-89-80

¹ Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Phenological features of the initial phases of flowering and vegetation of apricot cultivars of Dagestan

D. M. Anatov¹✉, R. M. Osmanov¹

¹ Mountain Botanical Garden of Dagestan Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

✉E-mail: djalal@list.ru

Abstract. Purpose. The study is aimed at a comparative analysis of apricot cultivars of various ecological and geographical origin of the genetic collection of the Mountain Botanical Garden by the initial phenological phases of flowering and vegetation in order to determine their degree of interconnection and determine the autochthonous varieties and forms of the Dagestan apricot. **Methods.** The study is based on the methods of phenological observations in accordance with generally accepted methods with their own additions. **Results.** It was revealed that the appearance of red bud varieties varied in a wide range (March 28 – April 21), on average, on April 6. The white bud phase was observed in the first and second decade of April from the 1st to the 25th day of the month, and the beginning of flowering from April 5 to 28. Vegetative buds begin to wake up as a whole later than generative ones, with the exception of varieties and hybrids bred from crosses with plum and alpine plum. Beginning swelling buds, flushing buds and leaves in the second and third decade of April, on average on April 11, 21 and 25, respectively. Correlation analysis showed the presence of a positive correlation between the majority of generative and vegetative traits of varieties and forms of apricot, significant at the level of $P \leq 0,05$. An inaccurate correlation was found between the trait "bud swelling" and all generative traits. According to the results of cluster analysis, the proximity of most of the cultivars of Dagestan origin to each other was established, with the exception of the Khonobakh variety and its varieties, which turned out to be closer to the Central Asian varieties, which is probably due to its allochthonous origin. **The scientific novelty** of the study is to assess the phenological phases of flowering and swelling of apricot cultivar leaves under the conditions of the Tsudakhar experimental base showed that the majority of Dagestan cultivars are early flowering (13 samples from 22) and medium (7), while in European and Central Asian prevail varieties of medium and late flowering.

Keywords: apricot (*Prunus armeniaca* L.), cultivars, local forms, initial flowering phases, introduction, Mountain Botanical Garden, Tsudakhar Experimental Base.

For citation: Anatov D. M., Osmanov R. O. Fenologicheskiye osobennosti nachal'nykh faz tsveteniya i vegetatsii kul'tivarov abrikosa Dagestana [Phenological features of the initial phases of flowering and vegetation of apricot cultivars of Dagestan] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019. No. 12 (191). Pp. 31–39. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-31-39. (In Russian.)

Paper submitted: 12.09.2019.

References

- Asadulaev Z. M., Anatov D. M., Gaziev, M. A. Genetic resources of *Prunus armeniaca* L. natural populations in mountainous Dagestan // *Acta Horticulturae*. 2014. No. 1032. Pp. 183–190.
- Anatov D. M., Osmanov R. M., Asadulaev Z. M., Gaziev M. A. Ekologicheskie i istoricheskie aspekty raznoobraziya form abrikosa v Gornom Dagestane [Ecological and historical aspects of the diversity of apricot forms in Mountain Dagestan] // *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2015. T. 30. No. 1. Pp. 73–81. (In Russian.)
- Gaziev M. A. Klyasterosporioz na abrikose v nizmennom i predgornom Dagestane [Klyasterosporiosis on apricot in the low and foothill Dagestan] // *Botanicheskiy vestnik Severnogo Kavkaza*. 2016. No. 2. Pp. 5–12. (In Russian.)

4. Bobokalonov F. M. Osobennosti vyrashivaniya abrikosa po intensivnoy tekhnologii v usloviyakh Samgarskogo i Khadzha-Bakirganskogo massivov Severnogo Tadzhikistana [Features of the cultivation of apricot by intensive technology in the conditions of the Samgar and Khadzha-Bakirgan massifs of Northern Tajikistan]: dis. ... cand. agr. sciences. Dushanbe, 2018. 129 p. (In Russian.)
5. Gaziev M. A., Asadulaev Z. M. Introduction fruit tree plants of Mountain Dagestan // Introduction, conservation and use of biological diversity of cultivated plants: materials of the XI International scientific-methodical conference. Makhachkala, 2014. Pp. 28–31. (In Russian.)
6. Asadulaev Z. M., Anatov D. M., Osmanov R. M. Raznoobrazie i proiskhozhdenie mestnykh sortov abrikosa v Dagestane [Diversity and origin of local apricot varieties in Dagestan] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 1. Pp. 28–30. (In Russian.)
7. Starodubtseva E. P., Dzhuraeva F. K. Fenoritmika i osobennosti adaptatsii orenburgskogo abrikosa [Fenorhythmic and adaptation features of the Orenburg apricot] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2014. No. 1 (9). Pp. 59–64. (In Russian.)
8. Starodubtseva E. P., Dzhuraeva F. K. Ustoychivost' rasteniy abrikosa k stress-faktoram okruzhayushey sredy v usloviyakh Orenburgskoy oblasti [Resistance of apricot plants to environmental stress factors in the Orenburg region] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. No. 6 (62). Pp. 219–221. (In Russian.)
9. Imrak B., Kuden A., Yurtkulu V. [et al.] Evaluation of Some Phenological and Biochemical Characteristics of Selected New Late Flowering Dried Apricot Cultivars. *Biochem Genetics*. 2017. No. 55 (3). Pp. 234–243.
10. Gorina V. M. Nauchnye osnovy selektsii abrikosa i alychi dlya Kryma i yuga Ukrainy [The scientific basis for the selection of apricot and cherry plum for the Crimea and the south of Ukraine]: abstract of dis. ... doc. biol. sciences. Michurinsk, 2014. 50 p. (In Russian.)
11. Korzin V. V. Vliyaniye faktorov okruzhayushchey sredy na produktivnost' rasteniy abrikosa [The influence of environmental factors on the productivity of apricot plants] // Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada. 2017. T. 125. Pp. 128–132. (In Russian.)
12. Korzin V. V., Gorina V. M., Mesyats N. V. Assessment of new selection forms of apricot in the collection of the Nikitsky Botanical Garden // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2018. No. 126. Pp. 82–86. DOI: 10.25684/NBG.boolt.12.26.2018.12. (In Russian.)
13. Gorina V. M., Korzin V. V., Mesyats N. V. Evaluation of new apricot cultivars introduced in Nikita botanical garden // VII International scientific agriculture symposium “AGROSYM 2016”. Jahorina, Serbia, 2016. Pp. 1439–1445.
14. Gorina V., Mesyats N., Korzin V., Ivashchenko, Yu. Studies of chlorophyll fluorescence intensity in apricot leaves during wilting processes // *Acta Horticulturae*. 2019. No. 1242. Pp. 633–638. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.93.
15. Preliminary selection of fruit crops: monograph / Under the editorship of G. V. Eremin. Krasnodar: KubSAU, 2015. 335 p. (In Russian.)

Authors' information:

Dzhalaludin M. Anatov¹, candidate of biological sciences, senior researcher of laboratory of flora and plant resources, ORCID 0000-0002-6725-4086, AuthorID 168594; +7 988 269-62-99, djalal@list.ru

Ruslan M. Osmanov¹, junior researcher of laboratory of flora and plant resources, ORCID 0000-0002-4857-6354, AuthorID 795449; +7 938 986-89-80

¹ Mountain Botanical Garden of Dagestan Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Features of the preparation of biological material for genome editing in cattle

A. S. Barkova¹, V. A. Makutina¹, M. V. Modorov¹, A. G. Isaeva^{1✉}, A. S. Krivonogova¹

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: isaeva.05@bk.ru

Abstract. To carry out genome editing in cattle, an effective and well-functioning system for obtaining gametes, fertilizing eggs and their cryopreservation is necessary. **Aim of the work:** review and research of present-day existing methods of obtaining, insemination and cryopreservation of donor material, in order to provide genome editing in cows. **Methods and materials.** The work is completed according to the theme No. 0532-2019-0001 “Development of complex technology of marker-based genome selection of agricultural animals” within State Order of Ministry of Education and Science of the Russian Federation. The analysis of open scientific literature on the issues of in vitro fertilization in animals, cryopreservation of oocytes and embryos, sperm preparation and methods of insemination of cows’ oocytes, and cryopreservation of oocytes and embryos of animals is done. Features of the preparation of biological material of cattle for genome editing by microinjection into ooplasm are described. **Results of research and discussion.** At present time there are two ways to obtain donor material from cattle: from live animals and taking ovaries after slaughtering cows. Material transportation is carried out at a temperature of 30–37 °C depending on the distance to the laboratory and expected time period of transportation. Oocyte-cumulus complexes can be removed by ovarian dissection and aspiration of visible follicles. In both cases, immature eggs are predominantly obtained. Subsequent ripening is carried out in vitro using special media in a CO₂ incubator. The culture medium for oocyte maturation should contain hormones that mimic the peak of LH (luteinizing hormone), which occurs in vivo during the maturation of oocytes before ovulation. To accumulate a certain number of eggs at the stage of MII, it is recommended to carry out their cryopreservation by the method of vitrification, having previously released the oocyte from the cumulus cells. After thawing, oocytes need to be incubated for 2–3 hours 38.5 °C in 5–6.5% CO₂ to restore the spindle. In order to make editing more effective, the introduction of genetic material is recommended to be carried out in parallel with the fertilization method “icisi”. In humans, mice and rabbits, an injection of sperm into the cytoplasm is sufficient to activate the oocyte, however, in cattle, just micro-injection of the sperm is not enough and often the male pronucleus does not form. To solve the problem, various methods are used, including freezing-thawing of sperm, resulting in damage of a membrane, or addition of heparin-glutathione into the medium that increases decondensation of the sperm DNA.

Keywords: genetic modeling, in vitro maturation of oocytes, artificial insemination in cows, oocyte vitrification.

For citation: Barkova A. S., Makutina V. A., Modorov M. V., Isaeva A. G., Krivonogova A. S. Features of the preparation of biological material for genome editing in cattle // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 40–44. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-40-44.

Paper submitted: 14.10.2019.

Introduction

Introduction of planned changes into cattle genome makes it possible to obtain animals with expected economic characters, such as disease resistance, necessary composition of milk, improved productivity and others [27]. For genome editing both somatic cells and gametes can be used. In the first case, genetically modified nucleus of somatic cells are introduced into an oocyte. This procedure is called somatic cell nuclear transfer. However, because of low acceptance of embryos and high rate of abortions, this technology needs a significant number of recipients. The method that is alternative to cloning is microinjection into *in vitro* inseminated oocyte. Using the latter method significantly increases a number of recipients’ successful pregnancies and deliveries (as compared to the method of somatic cell nuclear transfer). Thus, to successfully obtain a necessary number of transgenic

animals, it is possible to use less recipients [26, 28]. This work describes present-day existing methods and features of preparation of biological material of cattle for a microinjection into ooplasm.

Methods

The work is completed according to the theme No. 0532-2019-0001 “Development of complex technology of marker-based genome selection of agricultural animals” within State Order of Ministry of Education and Science of the Russian Federation. The analysis of public-accessed scientific literature on the issues of in vitro fertilization in animals, cryopreservation of oocytes and embryos, sperm preparation and methods of insemination of cows’ oocytes, and cryopreservation of oocytes and embryos of animals is done. Features of the preparation of biological material of cattle for genome editing by a microinjection into ooplasm are described.

Results

Sampling and maturation of oocytes. At present there are a few ways to obtain bovine oocytes. A modern approach is the use of OPU (ovum pick up) technology, that is obtaining oocytes from follicles of alive animals, using an ultrasound probe, special nozzle and an aspirating needle. This method can be used with both mature animals and adult heifers [8]. OPU can be done both with preliminary hormonal preparation of a donor (stimulation of superovulation), as well as under the conditions of normal ovary cycle. Without exogenous hormones, one donor can produce oocytes once in two or three weeks, with aspiration of from two to five follicles. In case of superovulation, it is possible to obtain up to more than 20 oocytes in one cycle, if donors are used once in two or more months [9]. An advantage of OPU technology is the possibility to use one donor many times, and disadvantages are high cost of necessary equipment and high demands to qualification of personnel involved in doing that procedure.

An alternative of OPU is obtaining oocytes from cows' ovarium directly after slaughtering, preferably avoiding ovarium from pregnant cows, ovarium having abnormalities, such as cystous follicles (> 20 mm in diameter) and ovarium carrying yellow body. It is known that level of blastulation (formation of blastocytes) is significantly lower [16].

It is possible to transfer the whole oocyte to the laboratory or do aspiration of visualized follicles and transfer them in follicular fluid with oocyte-cumulus complexes in buffered medium. Follicles of from 2 to 8 mm are aspirated with a 18G needle attached to a 5–10 ml syringe [18, 24]. Transportation is done in special incubators with constant temperature 30–35 °C [11, 24]. According to the data obtained by L. V. Golubits and co-authors, the optimum delivery time of oocytes tissue or aspirated oocyte-cumulus complexes at temperature of 37 °C is not more than 3 hours, whereas formation of morulas/blastocytes can be up to 27 %. Longer time of transportation significantly reduces level of blastulation [2].

Oocyte-cumulus complexes obtained from non-stimulated oocytes need to get matured until the stage of mature oocytes (the stage of metaphase II – M II), suitable for insemination (IVM – in vitro maturation). To achieve that, oocyte-cumulus complexes are cultivated for 20–24 hours in culture medium at temperature of 38,5 °C, pH of medium is about 7,3 (5–6,5 % CO₂) and 5 % O₂. The culture medium for maturing oocytes should have hormones that mimic peak of LH (luteinizing hormone) occurring *in vivo* during the period of maturation of oocytes before ovulation. There are a number of scientific works regarding optimization of medium of maturation, but nowadays the standard one is the TCM-199 medium with bicarbonate buffer with added 10 % fetal calf serum, 22 ug/ml sodium pyruvate, 50 ug/ml gentamycine and 1 ug/ml 17β-estradiol. Main modifications are caused by changes in concentration of gonadotropins introduced into culture medium. As a rule, doses of 0,5 ug/ml FSH (follicle stimulating hormone) and 5–50 ug/ml HGG (human chorionic gonadotropin) or 5 ug/ml LH (luteinizing hormone) are used [4, 12, 22, 24]. Methods of cultivation of donor oocytes in medium with prolactin are developed and successfully used [5, 6]

Preparation of spermatozooids. For successful insemination of an oocyte, sperm needs to undergo biochemical modi-

fications (capacitation), resulting in elimination of factors blocking acrosomal activity. By natural insemination capacitation takes place in female reproductive tracts. In case of *in vitro* insemination, an ejaculate needs preliminary treatment, that is dissection of sperm from seminal plasma, as well as from immobile and dead spermatozooids and/or cryoprotectors (if an ejaculate was originally cryopreserved), as well as preincubation in special medium for their capacitation.

If sperm has not been cryopreserved, most spermatozooids are active and mobile, whereas in the course of cryopreservation a part of spermatozooids die that leads to mobility after thawing from 30 to 70 % [21].

Treatment of sperm can be done by “swim-up” method or centrifugalization in Percoll gradient. “Swim-up” method is quite often used for migration of spermatozooids. It includes overlaying of culture medium on sperm that allows progressive motility spermatozooids to move from seminal plasma to pure fraction of medium.

Centrifugalization in Percoll gradient is also rather often used. It results in division of sperm into spermatozooids and seminal plasma by centrifugalization in discontinuous Percoll gradient (Percoll 45 % and Percoll 90 %) for 5–10 minutes at 1500–3000 g and at room temperature. Sperm pellet after centrifugalization is washed by buffer fluid for 3–5 minutes at 1000 g [23].

Further preincubation of sperm in culture medium is necessary for capacitation. There are a few modification of protocol of sperm preincubation, such as addition of heparin in various concentration in culture medium, changing duration of an incubation period, or addition of caffeine and/or Ca ionophore [10, 12, 22].

Insemination. After preincubation sperm is introduced into medium with matured oocyte-cumulus complexes. Amount of sperm added to oocyte-cumulus complexes during *in vitro* fertilization affects percentage of zygotes inseminated by a few spermatozooids (polyspermy). As a rule, it is enough to introduce in the medium sperm in concentration of about 1.0–9.0×10⁶ mobile spermatozooids/ml [19, 24].

In some cases, for example, in case of the use of preliminary cryopreserved oocytes, it is necessary to do fertilization using the method of intracytoplasmic a sperm injection into oocyte (ICSI).

DNA of mammals' spermatozooids is tightly packed with protamine sulfate links. After penetration into an oocyte, a spermatozoid is subjected to decondensation by means of replacing protamines of spermatozooids with histons of an oocyte that leads to decondensation of chromatine and formation of male pronucleus, which later links with female pronucleus resulting in formation of a zygote [15]. In humans, mice and rabbits, an injection of sperm into the cytoplasm is sufficient to activate the oocyte. However, in cattle, just micro-injection of the sperm is not enough and often the male pronucleus does not form.

To solve the above-mentioned issue, various kinds of methods are used, including freezing-thawing of a spermatozoid, that results in damage of a membrane, and addition of heparin-gluthatione or dithiothreitol, which facilitate decondensation of DNA of sperm [20].

Before doing ICSI it is necessary to remove oocyte-cumulus cells by repeated pipetting in 0,1 % solution of hyaluronidase that allows to denude an oocyte from cells of cumulus and granulosa. For an injection only oocytes at the stage of MII, which extruded the first polar body can be used.

After an injection it is possible to activate oocytes, in order to provide extrusion of the second polar body, by influence of 7 % ethanol for 3–5 minutes [17, 25]. However, outer activation of an oocyte can cause virginal reproduction [18].

Oocytes demonstrating extrusion of the second PB after 3–4 hours after activation are considered to be inseminated [17, 25].

Cryopreservation. It is possible to cryopreserve oocytes before genome editing both at the MII stage and after insemination. At present time a standard method of cryopreservation is considered to be vitrification, that is ultrafast cooling without crystallization. Originally vitrification was used for cryopreservation of mice's embryos. In the course of vitrification cells or tissues are subjected to influence of high concentration of cryoprotectors penetrating inside, which effectively dehydrate a cell before the start of cooling. Long effect of high concentrations of penetrating cryoprotectors is harmful for cells [13]. High cooling speed during vitrification is a main criteria of success that helps to avoid damage of cells because of cooling and cryoprotectors.

Oocytes showed high sensitivity to cryopreservation because of low proportion between their surface and volume that prevents motion of water and penetrating cryoprotectors through cell plasma membranes [4]. Besides, vitrification of mature oocytes at the metaphase of meiosis II (MII) leads to disorganization or damage of meiotic spindle that results in chromosomal aberration. On the other hand, in immature oocytes at the stage of a germinal vesicle (GV) depolymerization of spindle does not occur, but oocytes at the GV stage are more sensitive to osmotic stress than the MII oocytes. The first successful vitrification of the MII oocytes of cows was done using the grid of electron microscope and 0.25 ml plastic straws as a device for vitrification [18]. Since then a few more devices have been developed, each one using a special method of minimization of volume of solution for vitrification: Cryoloop, a straw with open strain, a glass capillary, Cryotop, cellulose triacetate hollow fibers [3, 25].

The issue of necessity of cumulus cells for successful vitrification of mature oocytes, is disputable. Some researchers vitrified mature oocytes of cows with a few layers of cumulus cells. Nevertheless, according to other data, availability of cumulus in mature oocytes of cows reduced survival rate after vitrification, as cumulus cells probably prevented diffusion of water and cryoprotectors [21]. The reason for incompatibility of the results can be differences in vitrification protocols, and the use of various cryoprotectors (ethylene glycol or mixture of ethylene glycol/dimethylsulfoxide).

Nowadays numerous vitrification protocols have been developed, whereas main difference between them regards the used cryoprotectors and their concentration. The process of vitrification starts with equilibration of oocytes/zygotes for 12–15 minutes at room temperature in the solution with low concentration of penetrating cryoprotectors, 3–4 % ethylene glycol or 7,5% ethylene glycol + 7,5 % dimethylsulfoxide. Af-

ter equilibration oocytes/zygotes are placed in the medium for vitrification, containing 30–35 % ethylene glycol with addition of 1,0 mol/L saccharose or 15 % dimethylsulfoxide + 15 % ethylene glycol + 0.5 mol/L saccharose [14, 23]. In the vitrification medium oocytes/zygotes should stay for not more than 1.5 minutes until their placing into liquid nitrogen, including the time of putting them on the device for vitrification.

For thawing, the device for vitrification is placed in 2–5 ml of medium containing 0.5–1 mol/L saccharose or 0.3 mol/L trehalosa at temperature of 37 °C for 1 minute. After that oocytes/zygotes are transferred to the medium with reduced concentration of saccharose or trehalosa for 3–5 minutes in each medium [11, 14]. Gradual changes in concentration of penetrating cryoprotectors is necessary to prevent excess increase of cell volume and cell lysis during influence of large osmotic gradients on the membrane.

After heating oocytes are incubated for 2–3 hours at temperature of 38.5° C in 5–6.5 % CO₂ for restoring spindle.

According to the data obtained by L. Letkevich and coauthors (2015) survival rate of oocytes after vitrification in different cryoprotectors is 36.9 % [7]. In the work of A. I. Gandzha and coauthors (2017) it was stated that cryopreservation of oocytes obtained from follicles and at different stages of development makes it possible to preserve more than 80 % of cells, with obtaining up to 18 % of cleavage stage embryos, including 5.5 % up to the stage of blastocyst [1].

Discussion and Conclusion

The analysis of literature source showed that at present there are a few ways of obtaining biological material from cows that allows to choose the most suitable one to obtain oocyte-cumulus complexes. The further cultivation of oocytes is done in culture medium at temperature of 38.5 °C, pH of medium about 7.3 (5–6.5 % CO₂) and 5 % O₂. The culture medium should contain hormones that mimic the peak of LH (luteinizing hormone) in ovarian cycle. The literature gives description of a few modifications of culture media that mostly differ in concentration of gonadotropins introduced in culture medium. For insemination of mature oocytes two methods were suggested: ICSI and insemination of spermatozooids, after capacitation, in the medium with oocyte-cumulus complexes. As genome editing needs some definite amount of biomaterial, the issue of its long-term preservation arises. The most effective way of cryopreservation of oocytes is vitrification. According to a number of researches, survival rate of oocytes after vitrification is from 37 to 80 %.

Thus, for preparation of biological material for further genome editing of cattle by means of microinjection into an oocyte it is possible to suggest the following order of actions. At the first stage it is recommended to provide accumulation of biomaterial: aspiration of oocyte-cumulus complexes from ovary obtained after cows' slaughtering; further maturation of oocytes in special mediums; cryopreservation by method of vitrification of oocytes at the MII stage, or zygotes after insemination. The second stage includes thawing unfertilized eggs and their insemination by the ICSI method with introduction of system of editing, or thawing of zygotes and their editing by microinjections.

References

1. Gandzha A. I., Letkevich L. L., Kuzmina T. I., Simonenko V. P., Kirillova I. V., Rakovich E. D., Kurak O. P., Zhurina N. V., Kovalchuk M. A., Glutschenko L. V., Burakova O. V. Cryoconservation and cryotolerance of oocytes of agricultural animals [Cryopreservation and cryotolerance of oocytes of agricultural animals] // *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2017. No. 1 (52). Pp. 46–52. (In Russian.)
2. Golubets L. V., Deshko A. S., Starovojtova M. P., Stetskevich E. K., Otruschenko A. E., Bergel A. I. Ekstrakorporal'noye oplodotvoreniye ootsitov krupnogo rogatogo skota: metodicheskiye rekomendatsii [In vitro fertilization of oocytes of cattle: methodological recommendations]. Grodno: GSAU, 2010. 48 p. (In Russian.)
3. Kornienko E. V., Ikonopistseva M. A., Malenko G. P. Vitrifikatsiya dozrevshikh in vitro ootsitov krupnogo rogatogo skota v triatsetatsellyuloznykh polykh voloknakh [Vitrification of matured vitro oocytes of cattle in cellulose triacetate hollow fibers] // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018. No. 9 (32). Pp. 84–88. (In Russian.)
4. Kuzmina T. I., Helmut T., Alm H. Funktsional'naya aktivnost' mitokhondriy v nativnykh i deitritsirovannykh ootsitakh Bos Taurus pri sozrevanii in vitro [Capacity of mitochondria in native and denitrified oocytes Bos Taurus by in vitro maturation] // *Genetika i razvedeniye zhivotnykh*. 2018. No. 2. Pp. 67–72. (In Russian.)
5. Kuzmina T. I., Molchanov A. V., Tatarskaia D. N., Stanislavovich T. I. Modernizatsiya etapov tekhnologii ekstrakorporal'nogo sozrevaniya donorskikh ootsitov Bos Taurus [Modernization of technological stages of in vitro maturation of donor oocytes Bos Taurus] // *Agrarian Scientific Journal*. 2017. No. 3. Pp. 9–13. (In Russian.)
6. Kundik Yu. V., Kuzmina T. I., Pozdniakova T. E. Kul'tivirovaniye doimplantatsionnykh embrionov korov v sredakh s prolaktinom [Cultivation of preimplant embryos of cows in mediums with prolactin] // *Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva*. 2019. Pp. 139–140. (In Russian.)
7. Letkevich L. L., Gandzha A. I., Kuzmina T. I., Simonenko V. P., Kirillova I. V., Rakovich E. D., Kurak O. P., Zhurina N. V., Kovalchuk M. A. ZHiznesposobnost' dekonservirovannykh ootsitov korov posle vitrifikatsii fragmentov yaichnikov i ovarial'nykh follikulov s ispol'zovaniyem kombinatsii kroioptektorov [Vital capacity of frozen-thawed oocytes of cows after vitrification of fragments of ovaries and ovarian follicles using combinations of cryoprotectors] // *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2015. V. 50. No. 1. Pp. 109–117. (In Russian.)
8. Madison V., Madison L. Transplantatsiya embrionov: khorosho zabytoye staroye [Transplantation of embryos: the old ways are the best ways] // *Zhivotnovodstvo Rossii. Tematicheskii vypusk*. 2018. Pp. 11–17. (In Russian.)
9. Popov D. V., Brigida A. V., Kosovskii G. Yu. Rukovodstvo po transplantatsii embrionov krupnogo rogatogo skota [Guideline for transplantation of bovine embryos]. Moscow, 2017. 56 p. (In Russian.)
10. Patent for invention RUS 2639268 20.12.2017 Sposob kapatsitatsii kriokonservirovannykh spermatozoidov krupnogo rogatogo skota dlya rabot po in vitro oplodotvoreniyu yaytseketok [Method of capacitation of cryopreserved sperm of cattle for in vitro insemination of oocytes] / Smetanina A. G., Tatarinova L. V., Krivokharchenko A. S., Riabykh V. P. (In Russian.)
11. Arcarons N., Morató R., Vendrell M. [et al.] Cholesterol added prior to vitrification on the cryotolerance of immature and in vitro matured bovine oocytes // *PLoS One*. 2017. No. 12 (9): e0184714. Published 2017. Sep 14. DOI: 10.1371/journal.pone.0184714.
12. Bakri N. M., Ibrahim S. F., Osman N. A. [et al.] Embryo apoptosis identification: Oocyte grade or cleavage stage? // *Saudi J. Biol. Sci*. 2016. No. 23 (1). Pp. 50–55. DOI: 10.1016/j.sjbs.2015.10.023.
13. Hwang I. S., Hoichi S. Recent progress in cryopreservation of bovine oocytes // *Biomed Res Int*. 2014. No. 570647. DOI: 10.1155/2014/570647.
14. Ishii T., Tomita K., Sakakibara H., Ohkura S. Embryogenesis of vitrified mature bovine oocytes is improved in the presence of multi-layered cumulus cells // *The Journal of Reproduction and Development*. 2018. Vol. 64,1. Pp. 95–99. DOI: 10.1262/jrd.2017-095.
15. Jenkins T. G., Carrell D. T. Dynamic alterations in the paternal epigenetic landscape following fertilization // *Front Genet*. 2012. No. 3: 143 DOI: 10.3389/fgene.2012.00143.
16. Karami S. H., Shamsavari M. H., Hajarian H., Moghaddam G. In vitro developmental competence of bovine oocytes: Effect of corpus luteum and follicle size // *Iran J. Reprod. Med*. 2015. No. 13 (10). Pp. 615–622.
17. Kato Y., Nagao Y. Changes in Sperm Motility and Capacitation Induce Chromosomal Aberration of the Bovine Embryo following Intracytoplasmic Sperm Injection // *PLoS One*. 2015. Vol. 10,6 e0129285. DOI: 10.1371/journal.pone.0129285.
18. Magata F., Tsuchiya K., Okubo H., Ideta A. Application of intracytoplasmic sperm injection to the embryo production in aged cows // *The Journal of veterinary medical science*. 2019. Vol. 81-1. Pp. 84–90. DOI: 10.1292/jvms.18-0284.
19. Oikawa T., Itahashi T., Numabe T. Improved embryo development in Japanese black cattle by in vitro fertilization using ovum pick-up plus intracytoplasmic sperm injection with dithiothreitol // *The Journal of Reproduction and Development*. 2016. No. 62 (1). Pp. 11–16. DOI: 10.1262/jrd.2015-067.
20. Oikawa T., Itahashi T., Yajima R., Numabe T. Glutathione treatment of Japanese Black bull sperm prior to intracytoplasmic sperm injection promotes embryo development // *J. Reprod. Dev*. 2018. No. 64 (4). Pp. 303–309. DOI: 10.1262/jrd.2018-023.
21. Ortiz-Escribano N., Smits K., Piepers S., Van den Abbeel E., Woelders H., Van Soom A. Role of cumulus cells during vitrification and fertilization of mature bovine oocytes: Effects on survival, fertilization, and blastocyst development // *Theriogenology*. 2016. No. 86. Pp. 635–641. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2016.02.015.

22. Parrish J. J. Bovine in vitro fertilization: in vitro oocyte maturation and sperm capacitation with heparin // *Theriogenology*. 2014. No. 81 (1). Pp. 67–73. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2013.08.005.
23. Punyawai K., Anakkul N., Srirattana K. [et al.] Comparison of Cryotop and micro volume air cooling methods for cryo-preservation of bovine matured oocytes and blastocysts // *J. Reprod. Dev.* 2015. No. 61 (5). Pp. 431–437. DOI: 10.1262/jrd.2014-163.
24. Siqueira A. F. P., de Castro L. S., de Assis P. M. [et al.] Sperm traits on in vitro production (IVP) of bovine embryos: Too much of anything is good for nothing // *PLoS One*. 2018. No. 13 (7): e0200273. DOI: 10.1371/journal.pone.0200273.
25. Suttirojpatana T., Somfai T., Matoba S., Nagai T., Parnpai R., Geshi M. Pretreatment of bovine sperm with dithiobutylamine (DTBA) significantly improves embryo development after ICSI // *J. Reprod. Dev.* 2016. No. 62 (6). Pp. 577–585. DOI: 10.1262/jrd.2016-084.
26. Vajta G., Holm P., Greve T., Callesen H. Vitrification of porcine embryos using the Open Pulled Straw (OPS) method // *Acta Vet. Scand.* 1997. No. 38. Pp. 349–352.
27. Van Eenennaam A. L. Genetic modification of food animals // *Current Opinion in Biotechnology*. 2017. V. 44. Pp. 27–34. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.10.007.
28. Yum S. Y., Youn K. Y., Choi W. J., Jang G. Development of genome engineering technologies in cattle: from random to specific // *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2018. V. 9. DOI: 10.1186/s40104-018-0232-6.

Authors' information:

Anna S. Barkova¹, doctor of veterinary sciences, senior scientific researcher, ORCID 0000-0002-2602-6810, AuthorID 610629; barkova.as@mail.ru

Valeria A. Makutina¹, candidate of biological sciences, senior scientific researcher, ORCID 0000-0003-1127-2792, AuthorID 612436

Makar V. Modorov¹, candidate of biological science, senior scientific researcher, ORCID 0000-0003-1877-2378, AuthorID 178678

Albina G. Isaeva¹, doctor of veterinary sciences, associate professor, leading scientific researcher, ORCID 0000-0001-8395-1247, AuthorID 665717: isaeva.05@bk.ru

Anna S. Krivonogova¹, doctor of veterinary sciences, associate professor, leading scientific researcher, ORCID 0000-0003-1918-3030, AuthorID 683239

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre – Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Исследование процесса расхода рабочей жидкости и программирования процессов стрижки и купания овец

С. О. Назаров¹

¹ Кыргызский национальный аграрный университет им. К. И. Скрябина

E-mail: n.sadyk53@mail.ru

Аннотация. При купании овец определенная часть их шерсти пропитывается жидкостью. Это приводит к расходу рабочей жидкости ванны, который прямо пропорционален площади шерсти и общему количеству обработанных овец. Поэтому в большинстве случаев обработка овец производится после стрижки. Целью работы является исследование процесса расхода рабочей жидкости и программирования процессов стрижки и купания овец. Методы исследования – системный подход, анализ и синтез, оптимизации процессов, происходящих при стрижке и купании овец. Длина остаточной шерсти после стрижки оказывает существенное влияние на расход жидкости в ванне для купания. Чем меньше будет короткая стрижка, тем большее количество овец можно будет обрабатывать. Изменение расхода рабочей жидкости сильно зависит от количества обработанных овец. Математическая модель процесса стрижки и купания овец разработана для совместимых с IBM персональных компьютеров с операционной системой Windows 98/2000/XP/NT/7/10 на языке программирования Delphi 7. Реализованы оконный пользовательский интерфейс ввода данных, а также графическое представление результатов расчета. Выходными параметрами математической модели являются: график изменения температуры рабочей жидкости в ванне для купания овец; график по определению временного диапазона, в котором достигается допустимое значение температуры; график по определению количества овец, после которых необходимо дополнить жидкость. Научной новизной работы является полученное математическое описание процесса стрижки и купания овец, позволяющее определить: расход рабочей жидкости в ванне для купания овец, а также временной диапазон, в котором достигается допустимое значение температуры в ванне для купания. В результате исследования разработана математическая модель, позволяющая прогнозировать оптимальный температурный режим и автоматизацию процесса стрижки и купания овец, а также провести расчет на компьютере.

Ключевые слова: овцы, стрижка овец, ванна для купания, рабочая жидкость, эксперимент, математическая модель, оптимизация.

Для цитирования: Назаров С. А. Исследование процесса расхода рабочей жидкости и программирования процессов стрижки и купания овец // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 45–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-45-51.

Дата поступления статьи: 03.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

При купании овец определенная часть их шерсти пропитывается жидкостью, что приводит в итоге к расходу рабочей жидкости ванны. Он прямо пропорционален площади шерсти и общему количеству обработанных овец. Поэтому в большинстве случаев обработка овец производится после стрижки. Качество стрижки овец также влияет на купание овец.

Целью настоящей работы является исследование процесса расхода рабочей жидкости и программирования процессов стрижки и купания овец.

Методология и методы исследования (Methods)

Методами исследования стали системный подход; анализ и синтез; оптимизация процессов, происходящие при стрижке и купании овец; программа, позволяющая провести расчет на компьютере

Рассмотрим процесс уменьшения или расхода рабочей жидкости ванны. Начальный объем ванны для купания овец – V_0 , после купания N овец жидкость в ванне уменьшается на объем V и требуется дополнительный объем $V_{\text{доп}}$.

Когда расход рабочей жидкости в ванне V доходит до объема $V_{\text{доп}}$, купальщик должен дополнить жидкость в ванне. Для этого расход рабочей жидкости находится по следующей формуле

$$V = V_0 - V_{\text{доп}}. \quad (1)$$

Изменение расхода рабочей жидкости V сильно зависит от количества обработанных овец N , тогда можно записать уравнение изменения объема V рабочей жидкости в ванне:

$$dV = kSl dN, \quad (2)$$

где k – коэффициент, показывающий расход насыщения жидкостью шерсти;

S – площадь наружного покрова одной овцы, м^2 ;

l – длина шерсти овцы после стрижки, м .

Из уравнения (2) получим

$$\int_0^{V_{\text{доп}}} dV = kSl \int_0^N dN. \quad (3)$$

Если дополнительного объема $V_{\text{доп}}$ рабочей жидкости ванны требуется l/i часть общего объема жидкости, тогда можно определить расход до дополнительного объема.

$$\int_0^{V_0^{\frac{1}{i}}} dV = kSl \int_0^N dN, \quad (4)$$

где i – число, показывающие часть общего объема жидкости ванны.

Число i найдется из соотношения

$$i = \frac{V_{\text{дон}}}{V_0}.$$

Из уравнения (4) можно определить количество овец до зарядки ванны:

$$N = \frac{iV_0}{kSl}. \quad (5)$$

Уравнение (5) определяет количество овец, после которого нужно дополнить жидкость.

График изменения обрабатываемого количества овец в зависимости от длины остаточной шерсти после стрижки при разных значениях объема изображен на рис. 2.

График (рис. 2), показывает, что качество стрижки, т. е. длина остаточной шерсти после стрижки, оказывает существенное влияние на расход жидкости в ванне для купания. Чем меньше будет короткая стрижка, тем большее количество овец можно будет обрабатывать.

График изменения расхода жидкости в зависимости от количества овец при разных значениях длины остаточной шерсти после стрижки представлен на рис. 3.

Результаты (Results)

Для анализа оптимизации процессов, происходящих при стрижке и купании овец, по вышеописанным уравнениям нами была создана программа, позволяющая провести расчет на компьютере.

Математическая модель процесса стрижки и купания овец разработана для совместимых с IBM персональных компьютеров с операционной системой Windows 98/2000/XP/NT/7/10 на языке программирования Delphi 7. Реализован оконный пользовательский интерфейс ввода данных, а также графическое представление результатов расчета.

Технические требования для работы программы следующие: персональный компьютер серии IBM 486 и выше, операционная система Windows 98 и выше и наличие пакета программ Office. Программа также протестирована в операционных системах Windows XP и Windows 7. Свободное место на жестком диске должно быть не менее 15 Мб, так как объем исполняемого файла составляет 1,5 Мб. Требование к оперативной памяти – не менее 64 Мб. Как правило, скорость работы программы зависит от быстродействия компьютера, а также от размера свободной оперативной памяти.

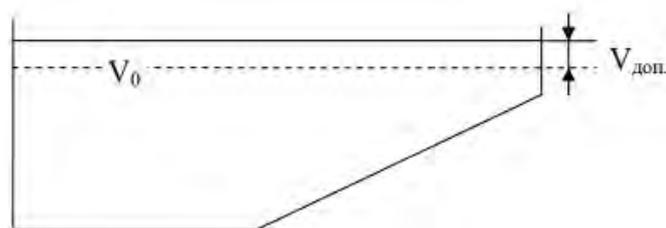


Рис. 1. Общий вид ванны для купания овец

Программа, реализующая вычислительный эксперимент состоит из четырех окон (форм). На рис. 4 изображено стартовое окно вывода результатов численных расчетов на математической модели. После выбора вывода графических результатов следует нажать на кнопку «ПЕРЕЙТИ» в правом нижнем углу окна для перехода к выбранному окну ввода.

При выборе «ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ВАННЫ» и нажатии на кнопку «ПЕРЕЙТИ» открывается окно «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ КУПОЧНОЙ ВАННЫ». Для вывода графика изменения температуры рабочей жидкости ванны для купания во времени следует ввести начальное и конечное время в секундах и нажать кнопку «ВЫВОД» (рис. 5 и 6).

Окончание работы в текущем окне производится нажатием на кнопку «ГЛАВНОЕ ОКНО».

При выборе «ВРЕМЯ, ЗА КОТОРОЕ ДОСТИГАЕТСЯ ДОПУСТИМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ» и нажатия на кнопку «ПЕРЕЙТИ» открывается окно «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ, ЗА КОТОРОЕ ДОСТИГАЕТСЯ ДОПУСТИМОЕ ЗНАЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ». Для вывода графика по определению временного диапазона, в котором достигается допустимое значение температуры, следует ввести минимальное и максимальное количество овец и нажать кнопку «ВЫВОД» (рис. 7 и 8).

Окончание работы в текущем окне производится нажатием на кнопку «ГЛАВНОЕ ОКНО». При выборе «РАСХОД РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ВАННЫ» и нажатия на кнопку «ПЕРЕЙТИ» открывается окно «ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ КУПОЧНОЙ ВАННЫ». Для вывода графика *изменения обрабатываемых* количеств овец в зависимости длины остаточной шерсти после стрижки следует ввести минимальное и максимальное значения длины остаточной шерсти после стрижки и нажать кнопку «ВЫВОД» (рис. 9 и 10).

Окончание работы в текущем окне производится нажатием на кнопку «ГЛАВНОЕ ОКНО».

По причине того, что ввод входных данных занимает значительное время, программой предусмотрено сохранение и загрузка входных параметров с файлов, что позволяет облегчить задачу и сэкономить время.

Выходными параметрами математической модели являются: график изменения температуры рабочей жидкости в ванне для купания овец; график по определению временного диапазона, в котором достигается допустимое значение температуры; график по определению количества овец, после которых нужно дополнить жидкость.

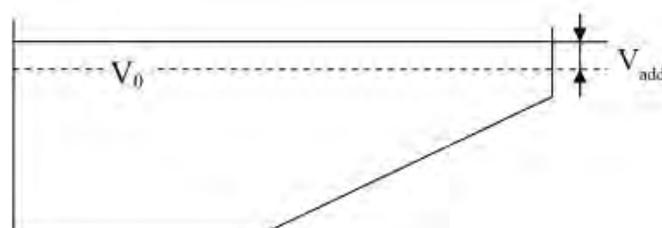


Fig. 1. General view of the bathtub for bathing sheep

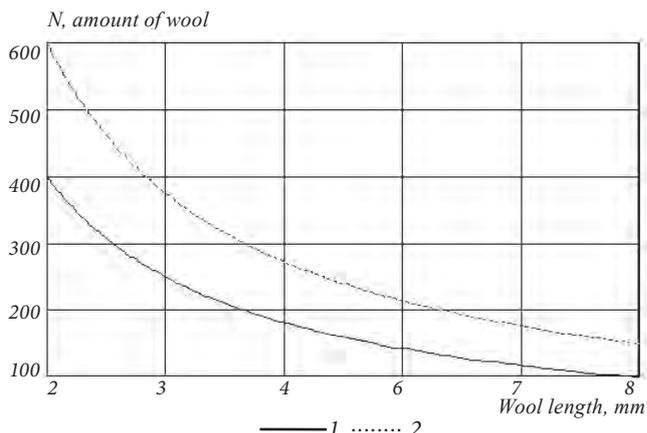
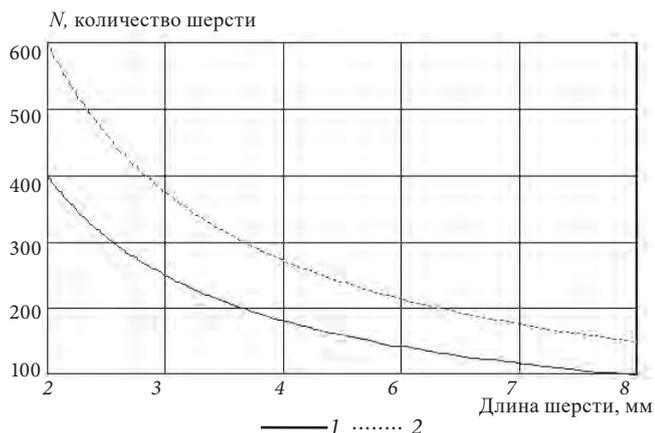


Рис. 2. График изменения обрабатываемого количества овец в зависимости от длины остаточной шерсти после стрижки: 1 – при объеме $V = 4000$ л; 2 – при объеме $V = 6000$ л

Fig. 2. Schedule changes in the processed quantities of sheep depending on the length residual hair after shearing: 1 – with a volume of $V = 4000$ l; 2 – with a volume of $V = 6000$ l

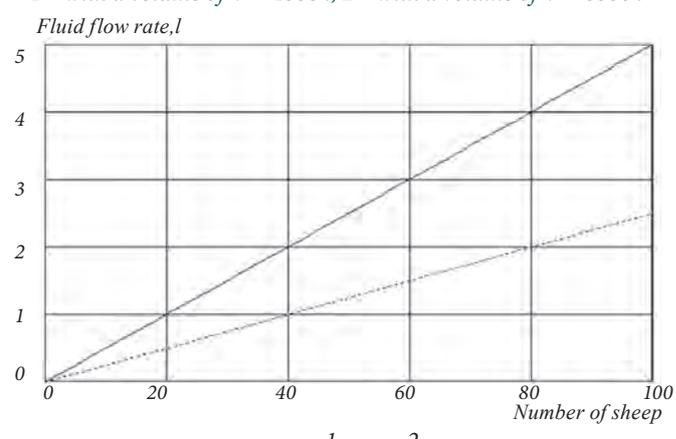
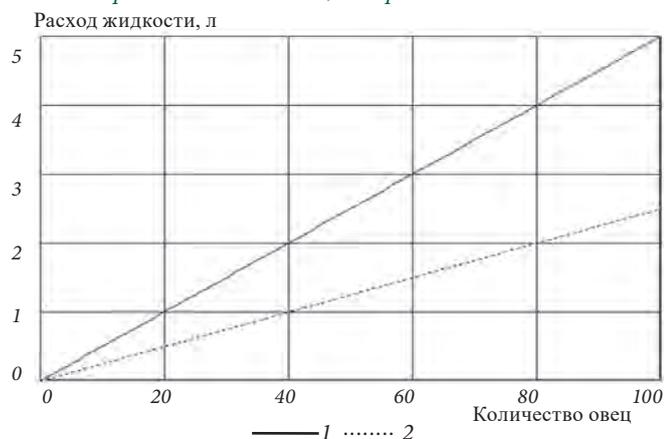


Рис. 3. График изменения расхода жидкости в зависимости от количества овец: 1 – при значении длины остаточной шерсти после стрижки $l = 8$ мм; 2 – при значении длины остаточной шерсти после стрижки $l = 4$ мм

Fig. 3. Schedule changes in fluid flow from the number of sheep: 1 – with the value of the length of the residual hair after shearing $l = 8$ mm; 2 – with the value of the length of the residual hair after cutting, $l = 4$ mm

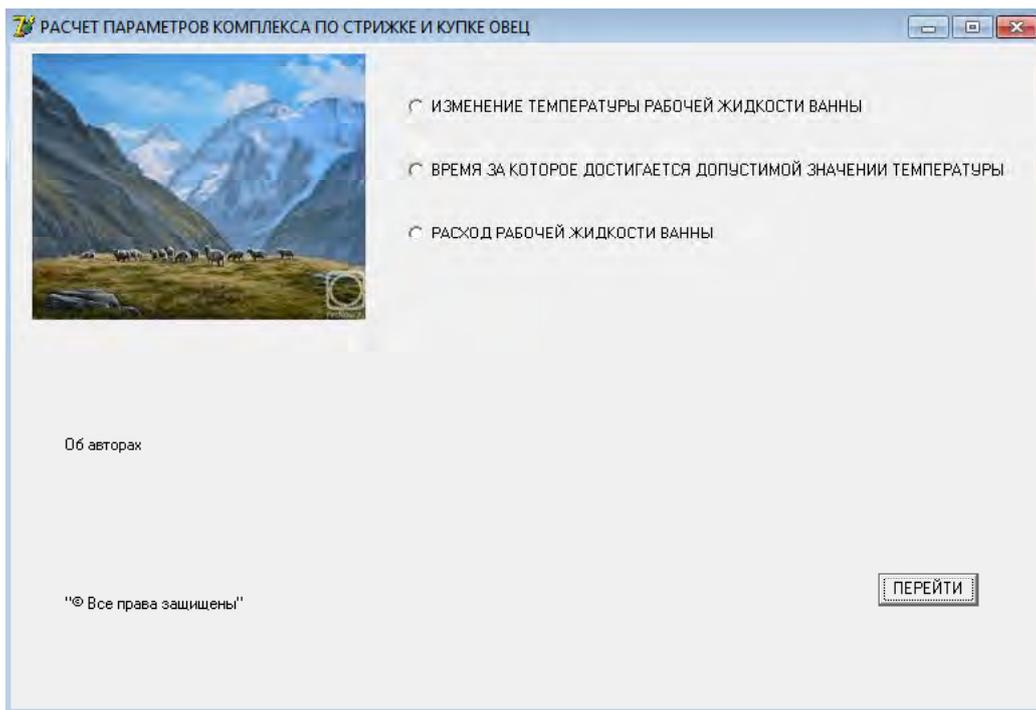


Рис. 4. Окно выбора вывода результатов численных расчетов на математической модели

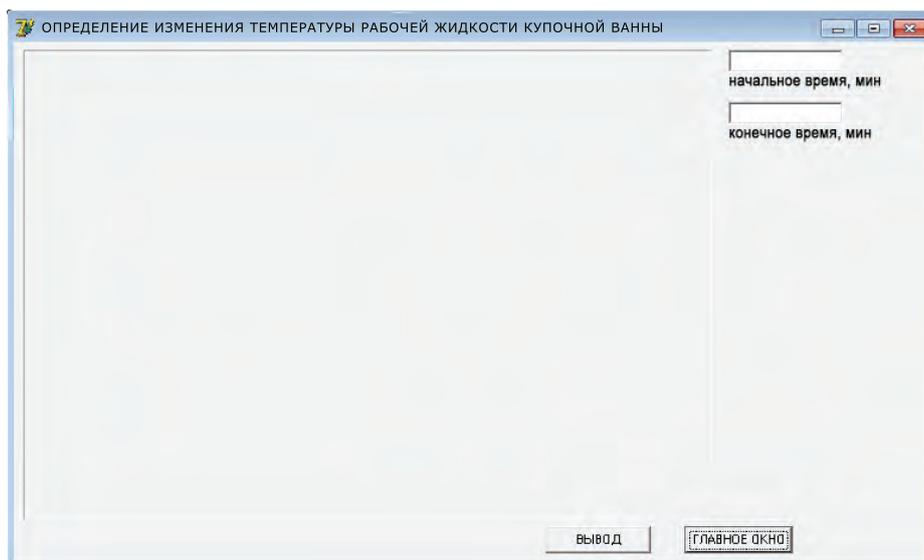


Рис. 5. Окно вывода графика изменения температуры рабочей жидкости ванны для купания во времени
 Fig. 5. The window for displaying a graph of the temperature change of the working fluid of the bathtub for bathing in time

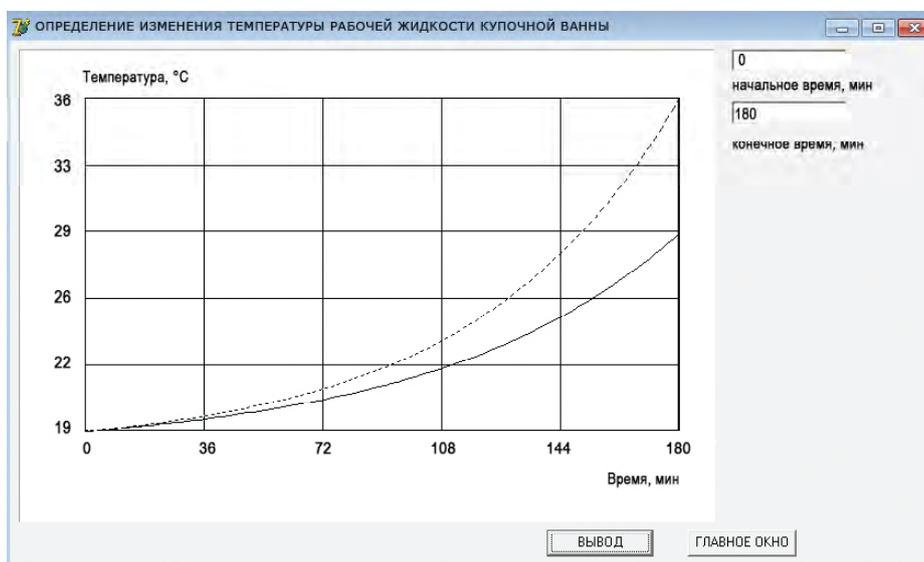


Рис. 6. График изменения температуры рабочей жидкости ванны для купания со временем
 Fig. 6. Schedule changes in the temperature of the working fluid of the bathtub with time

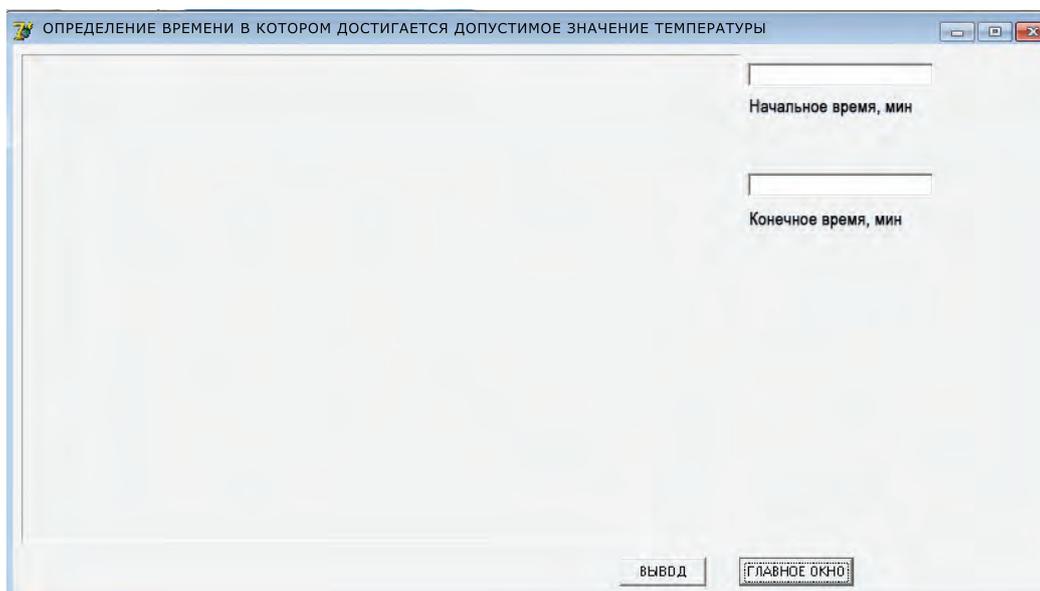


Рис. 7. Окно вывода графика по определению временного диапазона, в котором достигается допустимое значение температуры
 Fig. 7. The graph output window for determining the time range in which the permissible temperature value is reached



Рис. 8. График изменения временного диапазона, в котором достигается допустимое значение температуры
 Fig. 8. The graph of the time range in which the permissible temperature value is reached

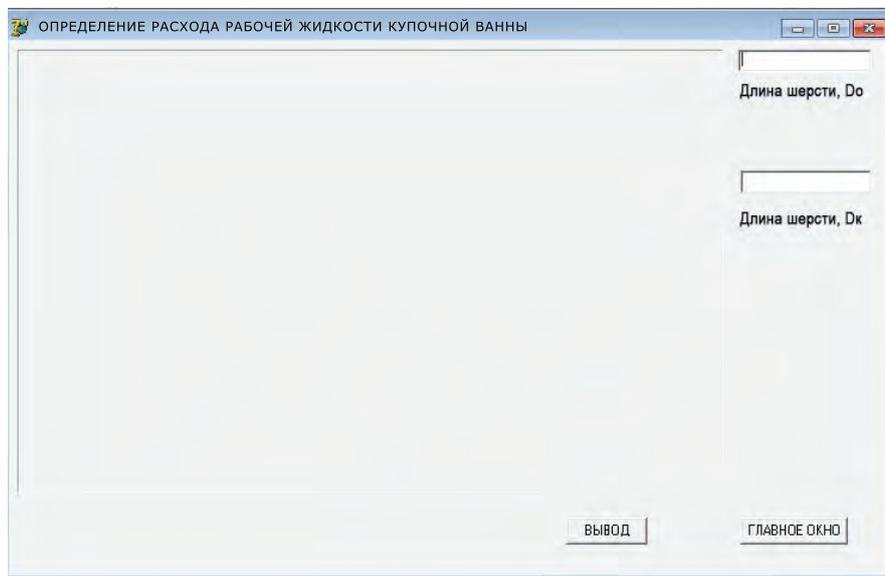


Рис. 9. Окно вывода графика изменения обрабатываемого количества овец в зависимости от длины остаточной шерсти после стрижки
 Fig. 9. The window for displaying the graph of changes in the processed quantities of sheep depending on the length of the residual wool after shearing



Рис. 10. График изменения обрабатываемого количества овец в зависимости от длины остаточной шерсти после стрижки
 Fig. 10. Schedule of changes in the processed quantities of sheep depending on the length of the residual wool after shearing

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Окончание работы производится нажатием на кнопку «□». При этом программа автоматически выгружается из памяти компьютера. Разработан специальный код программы.

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

1. Получено математическое описание процесса стрижки и купания овец, позволяющее определить: рас-

ход рабочей жидкости в ванне для купания овец, а также временной диапазон, в котором достигается допустимое значение температуры в ванне для купания.

2. Разработанная математическая модель предназначена:

– для прогнозирования оптимального температурного режима при купании овец;

– для контроля поиска рационального режима и автоматизации процесса стрижки и купания овец.

Библиографический список

1. Алексеев Г. В. Оптимизация в стационарных задачах тепломассопереноса и магнитной гидродинамики. М.: Научный мир, 2010. 261 с.
2. Алифанов О. М. Обратные задачи в исследовании сложного теплообмена. М.: Янус-К, 2009. 178 с.
3. Schweiger, G., Gomes C., Engel G., Hafner I., Schoeggel J., Posch A., Nouidui T. An Empirical Survey on Co-Simulation: Promising Standards, Challenges and Research Needs // *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2019. Vol. 95. Pp. 148–163. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.05.001.
4. Исаченко В. П. Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М.: Наука, 1975. 311 с.
5. Фаронов В. В. Система программирования Delphi. В подлиннике. СПб., 2003. 912 с.
6. Баженова И. Ю. Delphi 7. Самоучитель программиста. М., 2003. 448 с.
7. Керман Митчелл К. Программирование и отладка в Delphi. Учебный курс. М., 2004. 720 с.
8. Lin S., Shen L., Xiong C., Li. X. Multi-Criteria Group Decision Making and Group Agreement Quotient Analysis Based on the Delphi Method // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 993. Pp. 237–246. DOI: 10.1007/978-3-030-22354-0_22.
9. Глушаков С. В., Клевцов А. Л. Программирование в среде Delphi 7.0. М., 2003. 528 с.
10. Wang S., Wang Z. Research on Regression Model Based on Uncertain System // *Lecture Notes in Electrical Engineering*. 2020. Vol. 592. Pp. 24–29. DOI: 10.1007/978-981-32-9682-4_3.
11. Хомоненко А., Гофман В. Самоучитель Delphi. СПб., 2013. 576 с.
12. Simões-Marques M., Filomena Teodoro M., Calhomonas G., Nunes I. L. Applying a Variation of Delphi Method for Knowledge Elicitation in the Context of an Intelligent System Design // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 959. Pp. 386–398. DOI: 10.1007/978-3-030-20040-4_35.
13. Тюкачев Н. А., Михайлова Е. Е., Рыбак К. С. Программирование в Delphi для начинающих. СПб., 2007. 672 с.
14. Can G. F., Demirok S. Universal Usability Evaluation by using an Integrated Fuzzy Multi Criteria Decision Making Approach // *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*. 2019. Vol. 12 (2). Pp. 194–223. DOI: 10.1108/IJICC-05-2018-0060.
15. Laciak M., Raskayova D., Flegner P., Kacur J., Durdan M. Automated System for Optimizing Input Parameters of the UCG Process // *Proceedings of the 20th International Carpathian Control Conference*. Kraków-Wieliczka, 2019. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2019.8765962.

Об авторах:

Садык Омурбекович Назаров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID 0000-0002-0586-7645; n.sadyk53@mail.ru

¹ Кыргызский национальный аграрный университет им. К. И. Скрябина, Бишкек, Кыргызстан

Research of the process of expense of working liquid and programming processes of sheep crutching and dipping operation

S. O. Nazarov¹✉

¹ Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Scryabin, Bishkek, Kyrgyzstan

✉E-mail: n.sadyk53@mail.ru

Abstract. When clipping sheep, their wool soaks a certain part of the liquid. This leads to a certain consumption of the working liquid of the bath. The consumption of bath liquid is directly proportional to the area of wool and the total number of treated sheep. The length of the residual wool after crutching has a significant effect on the bath liquid consumption. The smaller the short shearing is, the greater the number of sheep can be processed. The change of consumption of the working liquid is strongly dependent on the number of sheep treated. The mathematical model of the process of sheep crutching and dipping operation was developed for IBM-compatible personal computers with the Windows 98/2000/XP/NT/7/10 operating

systems in the Delphi 7 programming language. The window based front panel for data entry is implemented, as well as a graphic representation of the calculation results. The output parameters of the mathematical model are: a graph of changes in the temperature of the working liquid in a bath for sheep dipping operation; a graph to determine the time range in which the permissible temperature value is reached; a graph to determine the number of sheep, after which the liquid must be added. A mathematical description of the process of sheep crutching and dipping operation is obtained, which allows determining: the flow rate of the working liquid in the bath for sheep dipping operation, as well as the time range in which the allowable temperature value in the bath for dipping is reached. The developed mathematical model is designed to predict the optimal temperature and automate the process of crutching, as well as the sheep dipping operation.

Keywords: sheep, sheep crutching, cattle bath, working liquid, experiment, mathematical model, optimization.

For citation: Nazarov S. O. Issledovanie protsessa raskhoda rabochey zhidkosti i programmirovaniya protsessov strizhki i kupaniya ovets [Research of the process of expense of working liquid and programming processes of sheep crutching and dipping operation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 45–51. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-45-51. (In Russian.)

Paper submitted: 03.10.2019.

References

1. Alekseev G. V. Optimizatsiya v stacionarnykh zadachakh teplomassoperenosa i magnitnoy gidrodinamiki [Optimization in stationary problems of heat and mass transfer and magnetic hydrodynamics]. Moscow: Nauchnyy mir, 2010. 261 p. (In Russian.)
2. Alifanov O. M. Obratnye zadachi v issledovanii slozhnogo teploobmena [Inverse problems in the study of complex heat transfer]. Moscow: Yanus-K, 2009. 178 p. (In Russian.)
3. Schweiger, G., Gomes C., Engel G., Hafner I., Schoeggl J., Posch A., Nouidui T. An Empirical Survey on Co-Simulation: Promising Standards, Challenges and Research Needs // Simulation Modelling Practice and Theory. 2019. Vol. 95. Pp. 148–163. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.05.001.
4. Isachenko V. P. Osipova V. A., Sukomel A. S. Teploperedacha [Heat transfer]. Moscow: Nauka, 1975. 311 p. (In Russian.)
5. Faronov V. V. Sistema programmirovaniya Delphi. V podlinnike [Programming system Delphi. In the original]. Saint Petersburg, 2003. 912 p. (In Russian.)
6. Bazhenova I. Yu. Delphi 7. Samouchitel' programmista [Delphi 7. Self-taught programmer]. Moscow, 2003. 448 p. (In Russian.)
7. Kerman Mitchell K. Programmirovaniye i otladka v Delphi. Uchebnyy kurs [Programming and Debugging in Delphi. Training course]. Moscow, 2004. 720 p. (In Russian.)
8. Lin S., Shen L., Xiong C., Li. X. Multi-Criteria Group Decision Making and Group Agreement Quotient Analysis Based on the Delphi Method // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 993. Pp. 237–246. DOI: 10.1007/978-3-030-22354-0_22.
9. Glushakov S. V., Klevtsov A. L. Programmirovaniye v srede Delphi 7.0. [Programming in the environment of Delphi 7.0.]. Moscow, 2003. 528 p. (In Russian.)
10. Wang S., Wang Z. Research on Regression Model Based on Uncertain System // Lecture Notes in Electrical Engineering. 2020. Vol. 592. Pp. 24–29. DOI: 10.1007/978-981-32-9682-4_3.
11. Khomonenko A., Gofman V. Samouchitel' Delphi [Tutorial Delphi]. Saint Petersburg, 2013. 576 p. (In Russian.)
12. Simões-Marques M., Filomena Teodoro M., Calhomonas G., Nunes I. L. Applying a Variation of Delphi Method for Knowledge Elicitation in the Context of an Intelligent System Design // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 959. Pp. 386–398. DOI: 10.1007/978-3-030-20040-4_35.
13. Tyukachev N. A., Mikhaylova E. E., Rybak K. S. Programmirovaniye v Delphi dlya nachinayushchikh [Delphi programming for beginners]. Saint Petersburg, 2007. 672 p. (In Russian.)
14. Can G. F., Demirok S. Universal Usability Evaluation by using an Integrated Fuzzy Multi Criteria Decision Making Approach // International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics. 2019. Vol. 12 (2). Pp. 194–223. DOI: 10.1108/IJICC-05-2018-0060.
15. Laciak M., Raskayova D., Flegner P., Kacur J., Durdan M. Automated System for Optimizing Input Parameters of the UCG Process // Proceedings of the 20th International Carpathian Control Conference. Kraków-Wieliczka, 2019. DOI: 10.1109/CarpathianCC.2019.8765962.

Authors' information:

Sadyk O. Nazarov¹, candidate of agricultural sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-0586-7645; n.sadyk53@mail.ru

¹ Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Scriabin, Bishkek, Kyrgyzstan

Опыт применения полимеразной цепной реакции при диагностике вируса лейкоза крупного рогатого скота и ее эффективность на разных этапах проведения оздоровительных мероприятий

М. В. Петропавловский¹, Н. А. Безбородова[✉], А. С. Романова¹, А. В. Лысов¹, В. В. Кожуховская¹

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: n-bezborodova@mail.ru

Аннотация. Научная новизна. В статье собраны и изложены материалы многолетнего труда по применению ПЦР-диагностики совместно с серологическими методами (РИД, ИФА) в изучении типов вируса лейкоза крупного рогатого скота разных физиологических групп, а также на опытных животных (кролики, мелкий рогатый скот). Целью исследований стала оценка метода ПЦР с определением эффективности данной диагностической реакции в выявлении вируса лейкоза крупного рогатого скота. Методы. Биоматериалы (кровь, молозиво) от крупного рогатого скота для проведения ПЦР-исследований были получены из 20 сельскохозяйственных организаций Тюменской, Челябинской, Курганской областей и Республики Башкортостан. Всего было исследовано методом ПЦР 1269 биопроб крови и 36 проб молозива. Лабораторные методы (РИД, ИФА, ПЦР) применялись в ранней диагностике вируса лейкоза на молодняке крупного рогатого скота, а также в диагностике взрослого поголовья. Результаты. ПЦР позволила выявлять телят-вирусоносителей BLV в возрасте от 15 дней до 1 месяца среди молодняка в оздоравливаемых от лейкоза стадах, что значительно уменьшило сроки проведения оздоровительных мероприятий (в среднем на 20 %). Было выяснено, что при серологическом обследовании новорожденных телят на наличие антител к BLV могут быть получены ложные результаты вследствие влияния высокой концентрации материнских антител и развития иммунологической толерантности. ПЦР-исследования биоматериала (1023 проб), взятого от взрослого поголовья крупного рогатого скота (коровы 3–4, 6 лет) показали, что в 52 % образцов присутствовал вирус лейкоза, что подтверждалось серологическими исследованиями. В комплексе с РИД-, ИФА-методами ПЦР позволяет контролировать результаты серологических исследований и выявлять латентные формы BLV. Доказано, что при проведении ИФА и ПЦР выявляется дополнительно до 20 % вирусоносителей из числа РИД-негативных животных. Установлено существование отдельных генетических вариантов BLV, которые невозможно выявить при проведении серологических исследований, но с этим без труда справляется ПЦР. В работе рассматриваются разные виды ПЦР, применяемые при диагностике лейкоза, описываются полученные данные по проводимым экспериментам искусственно зараженных вирусом лейкоза животных.

Ключевые слова: вирус лейкоза, крупный рогатый скот, BLV, ПЦР-диагностика, иммунологическая толерантность, вирусоносительство, типы вируса.

Для цитирования: Безбородова Н. А., Петропавловский М. В., Романова А. С., Лысов А. В., Кожуховская В. В. Опыт применения полимеразной цепной реакции при диагностике вируса лейкоза крупного рогатого скота и ее эффективность на разных этапах проведения оздоровительных мероприятий // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 52–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-52-59.

Дата поступления статьи: 01.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Вирус лейкоза крупного рогатого скота (BLV) – инфекционное заболевание, вызванное РНК-содержащим вирусом семейства *Retroviridae*, рода *Deltaretrovirus*. В Российской Федерации BLV длительное время занимает лидирующие позиции [2, с. 22; 3, с. 362, 5 с. 50].

Экономический ущерб для отрасли животноводства, вызванный заболеванием, достаточно существенен и тяжело поддается подсчету. В большинстве своем, он обусловлен потерями молочной продуктивности животных,

а также ограничениями, связанными с реализацией молока, мяса и племенного молодняка. Потери обусловлены также преждевременной выбраковкой, затратами на утилизацию туш и органов животных и проведением ветеринарно-санитарных и зоотехнических мероприятий. Кроме того, заболевание вызывает у животных иммунодепрессию, что обуславливает возникновение рисков развития других патологий как инфекционного, так и неинфекционного характера, включая патологии репродуктивной системы [3, с. 362; 4, с. 86; 7, с. 55].

Кроме того, в некоторой степени снижено качество молочной и мясной продукции, полученной от инфицированных животных. Данное обстоятельство обусловлено изменениями физико-химических показателей, в том числе снижением более чем на 40 % уровня аминокислотного состава, содержания белка, лактозы, казеина. Молоко является несъедобным по составу и технологическим свойствам. Установлено, что такая продукция является потенциально опасной для человека ввиду накопления обладающих канцерогенными свойствами метаболитов возбудителя при прогрессировании лейкозного процесса у инфицированных коров [6, с. 36; 9, с. 14].

Особенностью данного возбудителя является способность синтезировать вирусспецифическую ДНК на матрице геномной РНК ретровируса с помощью фермента РНК-зависимой ДНК – полимеразы (ревертазы). Результатом этого является встраивание генетически чужеродного материала в таргетные клетки хозяина. В связи с этим возбудитель лейкоза имеет тенденцию к длительной персистенции в организме животного без видимых клинических проявлений [2, с. 22; 8, с. 204; 12, с. 315].

Основной путь передачи BLV парентеральный. Вирус развивается прежде всего в иммунокомпетентных клетках, приводя к развитию иммунодефицитных состояний у животных. Согласно проведенным исследованиям, передача вируса происходит от восприимчивого животного горизонтальным и вертикальным путями. Вертикальная передача возбудителя обусловлена активным развитием инфекции в организме матери, трансплацентарное инфицирование телят при этом достигает 5–8 %. Установлено, что при дальнейшем содержании таких животных при первом серологическом диагностическом скрининге количество инфицированных животных в группе увеличивается до 30 % и более [2, с. 23; 5, с. 51; 13, с. 8948].

Тривиальная лабораторная диагностика лейкоза включает в себя различные методы, такие как серологические (РИД, ИФА), гематологические и гистологические. В настоящее время наиболее информативным методом диагностики лейкоза крупного рогатого скота является молекулярно-биологический метод – полимеразная цепная реакция (ПЦР) [1, с. 29; 7, с. 56]. Высокая специфичность метода обусловлена тем, что в исследуемом материале выявляется уникальный, характерный только для данного возбудителя фрагмент провируса лейкоза. Специфичность задается нуклеотидной последовательностью праймеров, что исключает возможность получения ложных результатов. Метод ПЦР обладает высокой чувствительностью, дающей возможность обнаружить единичные фрагменты вирусных нуклеиновых кислот [1, 3, 15]. Методы тривиальной диагностики, такие как РИД, ИФА, не обеспечивают полного обнаружения всех инфицированных животных, это касается в том числе и молодняка крупного рогатого скота до 4–6-месячного возраста. Определено влияние колострального иммунитета на результаты серологических исследований молодняка крупного рогатого скота, которое обусловлено появлением ложноположительных результатов. С учетом данного обстоятельства в настоящее время ПЦР применима для идентификации инфицированных животных с 15-днев-

ного возраста. Метод ПЦР также особенно эффективен при выявлении заболевания животных с низким титром иммуноглобулинов (антител) в сыворотке крови [2, с. 23; 3, с. 364; 6, с. 36; 9, с. 15].

Кроме того, ПЦР дает возможность проводить типизацию инфекционных агентов, что, в свою очередь, открывает возможности изучения генетической структуры вируса лейкоза, а так же его распространенности в зависимости от географических областей [8, с. 205].

Иностранные ученые не исключают взаимосвязь между инфицированием отдельными генетическими вариантами ВЛКРС и тяжестью патологического процесса, развитием клинических симптомов болезни или гуморального иммунного ответа [12, с. 315].

Постоянный мониторинг генотипов с высокой антигенной изменчивостью позволяет совершенствовать диагностические тест-системы путем подбора специфичных праймеров для консервативных фрагментов генома возбудителя, что особенно актуально при диагностике лейкоза [8].

Цель исследований – дать оценку метода ПЦР и определить эффективность данной диагностической реакции в выявлении вируса лейкоза крупного рогатого скота на различных этапах осуществления оздоровительных противолейкозных программ, а также при постановке экспериментальных опытов для научно исследовательских целей.

Методология и методы исследования (Methods)

Работа проведена в лаборатории лейкоза отдела мониторинга и прогнозирования инфекционных болезней ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Исследования проведены в рамках направления 160 Программы ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. по теме «Разработка теоретических основ для создания и внедрения программы мониторинга, диагностики, лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий по защите животных от эпизоотически значимых инфекционных болезней» № 0773-2019-0001.

Объект исследования – телята (возраст от 15 дней до 1 месяца), коровы (3–4, 6 лет), мелкий рогатый скот, кролики.

Биоматериалы (кровь, молозиво) от крупного рогатого скота для проведения ПЦР-исследований были получены из 20 сельскохозяйственных организаций Тюменской, Челябинской, Курганской областей и Республики Башкортостан. Всего было исследовано методом ПЦР 1269 биопроб крови и 36 проб молозива.

Дополнительно были проведены эксперименты с искусственным заражением вирусом лейкоза мелкого рогатого скота и кроликов в условиях вивария.

Выделение провируса лейкоза из крови крупного рогатого скота и постановку ПЦР проводили в соответствии с инструкциями производителя по применению тест-систем. В работе использовали набор реагентов для выделения ДНК Diatom DNA Prep 200 ООО «ИзоГен» (Россия).

Выделение в пробах специфического участка вируса лейкоза крупного рогатого скота проводили с использованием различных коммерческих тест-систем рос-

сийского производства, а также с подбором специфичных праймеров (набор для амплификации ДНК Bovine leukemia virus GenPak DNA PCR Test BLV ООО «ИзоГен» (Россия), тест-система «Лейкоз» для выявления вируса лейкоза КРС методом ПЦР с ЭФ детекцией результатов (ИнтерЛабСервис, Россия), тест-система «Лейкоз» для выявления вируса лейкоза КРС методом ПЦР с детекцией продуктов амплификации в реальном времени (ИнтерЛабСервис, Россия)).

Амплификацию проводили с использованием термоциклера Applied Biosystems 2720 (Сингапур). Исследования в режиме реального времени проводили с применением амплификатора Rotor-Gene 3000 (Австралия). Учет полученных данных осуществляли методом горизонтального электрофореза с применением 1,5-процентного агарозного геля с добавлением бромистого этидия в качестве интеркалирующего красителя для ДНК. В работе применяли оборудование: мини-камера Mini-Sub Cell GT производства компании Bio-Rad (США) с визуализацией под ультрафиолетовым излучением, камера Bio-Rad Chemidoc XRS+ (США).

Результаты (Results)

Проведенные ПЦР-исследования в течение 5 лет позволили выявлять телят-вирусоносителей BLV в возрасте от 15 дней до 1 месяца. Инфицирование вирусом лейкоза данных животных предположительно происходило в период внутриутробного развития плода. Данный метод позволил проводить раннее выявление латентных вирусоносителей среди молодняка в оздоравливаемых от лейкоза стадах, что значительно уменьшило сроки проведения оздоровительных мероприятий (в среднем на 20 %).

Установлено, что при серологическом обследовании новорожденных телят на наличие антител к BLV может быть получен ложноположительный или ложноотрицательный результат не только вследствие влияния высокой концентрации материнских антител класса IgG (маскируют наличие IgM у телят), но и развития иммунологической толерантности – неспособности организма к иммунному ответу на определенный антиген. Сроки ее формирования варьируют от нескольких часов до нескольких суток, а ее длительность зависит от персистенции антигена в организме и скорости образования иммунокомпетентных клеток из их предшественников. Индукции толерантности способствует неспецифическая иммунодепрессия (в том числе под влиянием лекарственных препаратов).

Нами проводилось также исследование методом ПЦР и взрослого поголовья крупного рогатого скота (коровы 3–4, 6 лет). За весь период исследований из числа поступившего в лабораторию ПЦР биоматериала (1023 пробы) фрагмент генома возбудителя лейкоза был идентифицирован в 52 % образцов крови. Полученные данные подтверждались серологическими исследованиями (РИД, ИФА).

Проведенными комплексными лабораторными исследованиями было установлено, что при диагностике коров 4–5 лет в оздоравливаемых фермах с низким процентом инфицированных животных (менее 10 %) оправдано применение ПЦР-исследования в комплексе с

РИД и ИФА. ПЦР как более чувствительный метод диагностики позволяет контролировать результаты серологических исследований и выявлять латентные формы BLV. Многочисленными исследованиями доказано, что при проведении ИФА и ПЦР выявляется дополнительно до 20 % вирусоносителей из числа РИД-негативных животных. Это обстоятельство обусловлено более высоким пределом чувствительности реакций. При помощи ПЦР доступно выявление вирусоносителей независимо от титра антител у животных в начальной стадии заболевания, а также возможно подтверждение сомнительных результатов серологических исследований.

Дополнительное выявление инфицированных животных методом ПЦР обусловлено также и антигенным пейзажем возбудителя. Установлено существование отдельных генетических вариантов BLV, которые имеют определенные аминокислотные замены в эпитопах белка gp51 и показывают серонегативный результат по РИД и ИФА-исследованиям. Данные измененные генетические варианты лейкоза, которые невозможно выявить при проведении серологических исследований, были найдены у 7,5 % инфицированных животных.

ПЦР-исследования проводились двумя методами с помощью Real-Time PCR и электрофоретической детекции полученных продуктов ПЦР-амплификации (рис. 1, 2).

Представленные методы детекции различны, но при этом в ходе исследований хорошо дополняют друг друга. Электрофоретическая детекция позволяет осуществлять только качественный анализ, в диагностике BLV, дает возможность провести генотипирование изолятов с применением методов рестрикции ДНК. Real-Time PCR создает возможность совмещения детекции и количественного определения специфической последовательности ДНК в образце в реальном времени после каждого цикла амплификации. Для этого используют флуоресцентные красители, интеркалирующие в двуцепочечные молекулы ДНК, которые флуоресцируют после гибридизации с комплементарными участками ДНК.

ПЦР-диагностика использовалась и при исследовании лабораторных животных и клеточных культур. Так, в биопробах крови мелкого рогатого скота при помощи ПЦР был обнаружен специфичный участок возбудителя лейкоза, но у кроликов, экспериментально зараженных кровью инфицированных коров, результаты, полученные методом ПЦР, не подтвердили наличие вируса лейкоза КРС.

Дополнительно были проведены исследования проб молозива от РИД (+) и гематологически больных животных в количестве 10 проб методом ПЦР. Предполагается, что молозиво от инфицированных животных играет определенную роль в распространении заболевания среди восприимчивого поголовья крупного рогатого скота, так как данный биологический материал может содержать большое количество соматических клеток, что увеличивает вероятность передачи возбудителя лейкоза от инфицированного восприимчивому животному. Имеются различные мнения о действии низкой температуры и глубокой заморозки на жизнеспособность вируса. Согласно нашим результатам исследований, в об-

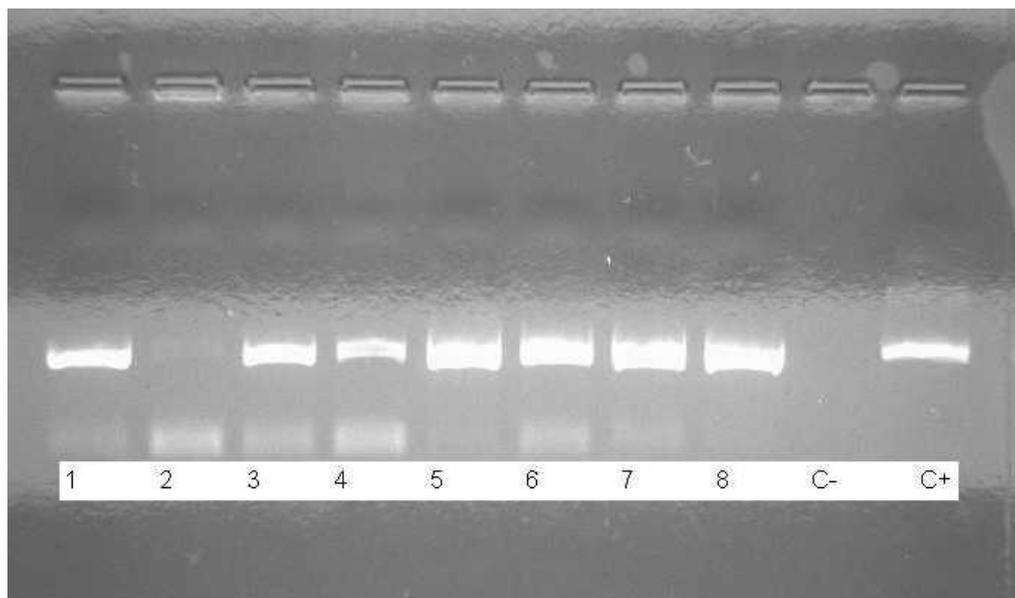


Рис. 1. Электрофореграмма определения размеров амплифицируемых фрагментов: пробы 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (специфические полосы на уровне контроля плюс) являются BLV-положительными; проба 2 (отсутствие специфической полосы на уровне контроля плюс) не содержит ДНК BLV, отрицательная; C⁺ – положительный контрольный образец ДНК BLV; C⁻ – отрицательный контрольный образец
 Fig. 1. Electrophoretogram: sample 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (a specific band on the level of control plus) are BLV positive; sample 2 (no specific band on the level of control plus) does not contain BLV DNA negative; C⁺ is a positive control sample DNA of BLV; C⁻ is a negative control sample

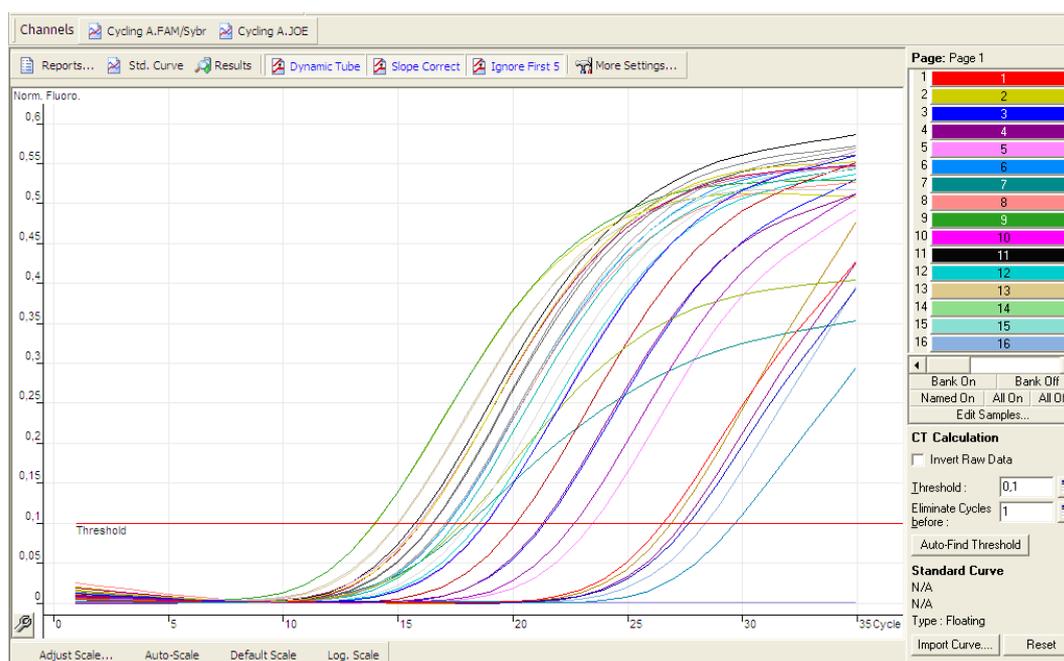


Рис. 2. Детекция продуктов амплификации на приборе Rotor-Gene 3000 и анализ специфического участка ДНК вируса лейкоза крупного рогатого скота по каналу Joe/Yellow
 Fig. 2. Detection of amplification products on the Rotor-Gene 3000 device and analysis of a specific phase of bovine leukemia virus DNA via the Joe/Yellow channel

разцах лейкоцитарной взвеси, полученной из молозива, был определен фрагмент генома возбудителя лейкоза крупного рогатого скота. Данные образцы были заморожены при -20°C и использовались для инфицирования (внутрибрюшинное заражение) исследуемых животных (мелкий рогатый скот). При дальнейших ежемесячных серологических (РИД, ИФА) и молекулярно-генетических (ПЦР) исследованиях животных были получены отрицательные результаты, это могло быть связано с

низким содержанием вируса в организме или с тем, что образцы были изначально заморожены при -20°C и это обстоятельство могло повлиять на ход эксперимента. Для определения всех факторов требуются дополнительные исследования. Однако можно предположить, что способность возбудителя вызывать активное инфицирование данным биологическим материалом восприимчивого организма снижается в результате снижения вирулентности микроорганизма при заморозке.

Что же касается коров, у которых выявили зараженное молозиво, то они по всем тестам (РИД, ИФА, ПЦР) были вирусоносителями. Изолированные от этих коров телята с первых дней жизни получали молозиво от здоровых коров. При ПЦР-исследовании через месяц только у одного теленка был обнаружен в крови возбудитель лейкоза, что, в свою очередь, было подтверждено и серологическими исследованиями. Вероятно, теленок был заражен вирусом лейкоза крупного рогатого скота внутриутробно и оставался до определенного периода скрытым носителем BLV-инфекции.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Представленные данные говорят о возможности широкого применения лабораторного метода ПЦР в идентификации возбудителя вируса лейкоза крупного рогатого скота разных физиологических групп, в исследовании различных биологических материалов от животных и как дополнительный метод при выполнении научных исследований. В настоящее время практическое применение реакции ПЦР осуществляется на различных этапах выполнения оздоровительных противолейкозных программ.

Возможности ПЦР-реакции позволяют довыявлять инфицированных, но серонегативных животных, телят в 15-дневном возрасте, проводить научные исследования по генотипированию изолятов, осуществлять оценку клеточных культур. Также генетически обусловленная серонегативность вируса лейкоза крупного рогатого скота не дает возможности проводить анализ стандартными серологическими методами, а при исследовании методом ПЦР обеспечивается положительный результат.

Однако, несмотря на положительный опыт применения ПЦР, зачастую на этапе анализа и интерпретации результатов ПЦР возникают проблемы, которые можно обозначить как несовпадение результатов при использовании различных методов исследования (например, ПЦР и ИФА, ПЦР). Одним из факторов несовпадения данных ПЦР и ИФА является зависимость результатов анализа методом ПЦР от концентрации матричной ДНК в объеме биоматериала, при этом возможности интерпретации результатов тест-системы задаются копийностью ДНК. Также получение ложноотрицательных результатов при ПЦР-исследовании может быть связано с точечными нуклеотидными заменами в участках генома возбудителя лейкоза в местах посадки праймеров.

На сегодняшний день метод ПЦР имеет огромное научное и прикладное значение, с его помощью были реализованы масштабные исследования в области изучения антигенного пейзажа возбудителя лейкоза крупного рогатого скота. Накопленная за этот период информация позволила сформировать принципиально новый подход к комплексному обследованию поголовья при проведении оздоровительных мероприятий и определить альтернативные усовершенствованные варианты проведения противоэпизоотических мероприятий с учетом их особенностей генотипа и популяционной принадлежности. Итак, с момента возникновения идеи многократного увеличения числа копий искомой молекулы ДНК прошло сравнительно немного времени, тем не менее технология ПЦР совершила гигантский рывок и стала неотъемлемой частью рутинной лабораторной практики, продолжая при этом совершенствоваться и развиваться.

Библиографический список

1. Ахмедов Р. Б., Смазнова И. А., Заякин В. В., Нам И. Я. Разработка метода полимеразной цепной реакции в реальном времени для диагностики вируса лейкоза КРС // Инновационные агробiotехнологии в животноводстве и ветеринарной медицине: материалы I Евразийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2015. С. 29–31.
2. Безбородова Н. А., Кожуховская В. В. Значение молекулярно-биологических методов исследования для диагностики инфекционных болезней крупного рогатого скота // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2018. №4 (40). С. 22–25.
3. Донник И. М., Шкуратова И. А. Молекулярно-генетические и иммунно-биохимические маркеры оценки здоровья сельскохозяйственных животных // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 4. С. 362–366. DOI: 10.7868/S0869587317040132.
4. Верещак Н. А., Порываева А. П., Красноперов А. С., Опарина О. Ю. Прогностическое значение оценки структурного состава клеточного звена иммунитета у телят в постнатальном периоде // Современные проблемы ветеринарной патологии и биотехнологии в агропромышленном комплексе: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию РУП «Институт экспериментальной ветеринарии имени С. Н. Вышеселеского». Минск, 2017. С. 85–89.
5. Захарова Ю. Н., Ланец О. В. Оценка лабораторных методов диагностики лейкоза КРС и анализ экономического ущерба // Научный диалог: Молодой ученый: сборник научных трудов по материалам III международной научной конференции. Санкт-Петербург, 2017. С. 50–52.
6. Кузнецова Т. В., Кузнецов А. А., Кириллова С. В. Технический регламент ТС «О безопасности молока и молочной продукции» и экономические аспекты его реализации молочными товаропроизводителями России // Агропродовольственная политика России. 2015. № 12 (48). С. 35–38.
7. Порываева А. П., Печура Е. В., Вялых И. В., Томских О. Г., Бусыгина Н. С. Методы клинико-лабораторной диагностики острых респираторных вирусных инфекций у крупного рогатого скота // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2017. № 3. С. 55–58.
8. Сатдарова Д. Г. Оздоровление хозяйств от лейкоза КРС // В мире научных открытий: материалы IV Всероссийской студенческой научной конференции (с международным участием). Ульяновск, 2015. С. 204–207.

9. Свириденко Г. М. Проблема безопасности молочных продуктов в связи с лейкозом крупного рогатого скота // Молочная промышленность. 2017. № 8. С. 13–16.

10. Шкуратова И. А., Донник И. М., Исаева А. Г., Кривоногова А. С. Экологический мониторинг аграрных предприятий среднего Урала // Зоотехническая наука в условиях современных вызовов: сборник статей научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения академия Л. К. Эрнста и 80-летию подготовки зоотехников в Вятской государственной сельскохозяйственной академии. Киров, 2015. С. 444–448.

11. Donnik I. M., Krivonogova A. S., Petropavlovskiy M. V., Shkuratova I. A., Rola-Luszczak M., Kuzmak J. Revisiting the issue of the molecular-genetic structure of the causative agent of the bovine leukemia virus in the Russian Federation. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. V. 9. No. 42. Article number 104253.

12. Donnik I., Vafin R., Galstyan A., Krivonogova A., Shaeva A., Gilmanov Kh., Karimova R., Tyulkin S., Kuźmak Ja. Genetic identification of bovine leukaemia virus // *Foods and Raw Materials*. 2018. V. 6. No. 2. Pp. 314–324. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-2-314-324.

13. De Brogniez A., Bouzar A. B., Jacques J. R. [et al.] Mutation of a Single Envelope N-Linked Glycosylation Site Enhances the Pathogenicity of Bovine Leukemia Virus // *J. Virology*. 2015. V. 89 (17). Pp. 8945–8956.

14. Petropavlovskiy M. V., Vereshchak N. A., Bezborodova N. A., Oparina O. Yu. Immuno-biological evaluation of individual genetic variants of bovine leukemia virus in the conditions of the Ural region // *Digital agriculture – development strategy: proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019)*. Advances in Intelligent Systems Research. Ekaterinburg, 2019. Pp. 372–377.

Об авторах:

Максим Валерьевич Петропавловский¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории лейкоза, ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746; petropavlovsky_m@mail.ru

Наталья Александровна Безбородова¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник лаборатории микробиологических и молекулярно-генетических методов диагностики, ORCID 0000-0003-2793-5001, AuthorID 665979; n-bezborodova@mail.ru

Алиса Сергеевна Романова¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории лейкоза, ORCID 0000-0003-0189-2963, AuthorID 762742; alistic_kolotova@mail.ru

Алексей Викторович Лысов¹, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией, ORCID 0000-0002-3619-6899, AuthorID 665874; info@urnivi.ru

Вероника Владимировна Кожуховская¹, аспирант, лаборант лаборатории микробиологических и молекулярно-генетических методов диагностики, ORCID 0000-0001-7924-6844, AuthorID 1002627; tetramegon@yandex.ru

¹ Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия

Experience in the use of polymerase chain reaction in the diagnosis of bovine leukemia virus and its effectiveness at different stages of health activities

M. V. Petropavlovskiy¹, N. A. Bezborodova¹✉, A. S. Romanova¹, A. V. Lysov¹, V. V. Kozhukhovskaya¹

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of Ural Branch of the Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: n-bezborodova@mail.ru

Abstract. Scientific novelty. The article presents the materials of long-term work on the use of PCR diagnostics together with serological methods (rid, ELISA) in the study of bovine leukemia virus of various physiological groups, as well as experimental animals (rabbits, small cattle). **The aim of the study** was to evaluate the PCR method in the diagnosis of bovine leukemia virus. **Methods.** Biomaterials (blood, colostrum) from cattle for PCR studies were obtained from 20 agricultural organizations of Tyumen, Chelyabinsk, Kurgan regions and the Republic of Bashkortostan. A total of 1,269 blood samples and 36 colostrum samples were examined by PCR. Laboratory methods (rid, ELISA, PCR) were used in the early diagnosis of leukemia virus in young cattle, as well as in the diagnosis of adult livestock. **Results.** The results obtained by PCR revealed carriers of the Lekota virus in calves aged 15 days to 1 month among young animals, which significantly reduced the duration of recreational activities (an average of 20 %). It was established that serological examination of newborn calves for the presence of antibodies to leukemia virus can give false results due to the influence of high concentrations of maternal antibodies and the development of immunological tolerance. PCR studies of biomaterial (samples 1023), taken from adult cattle (cows 3–4, 6 years), showed that 52 % of the samples were present leukemia virus, which was confirmed by serological studies. It is proved that up to 20 %

of virus carriers from the number of rid-negative animals are detected during ELISA and PCR. Some types of BLV leukemia can not be detected by serological studies, but easily cope with PCR. The article deals with various types of PCR used in the diagnosis of leukemia, describes the data obtained from experiments on artificially infected animals with leukemia virus.

Keywords: leukemia virus, cattle, cows, PCR diagnostics, immunological tolerance, virus transmission, virus types.

For citation: Petropavlovskiy M. V., Bezborodova N. A., Romanova A. S., Lysov A. V., Kozhukhovskaya V. V. Opyt primeneniya polimeraznoy tsepnoy reaktsii pri diagnostike virusa leykoza krupnogo rogatogo skota i eye effektivnost' na raznykh etapakh provedeniya ozdorovitel'nykh meropriyatiy [Experience in the use of polymerase chain reaction in the diagnosis of bovine leukemia virus and its effectiveness at different stages of health activities] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 52–59. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-52-59. (In Russian.)

Paper submitted: 01.10.2019.

References

1. Akhmedov R. B., Smaznova I. A., Zayakin V. V., Nam I. Ya. Razrabotka metoda polimeraznoy tsepnoy reaktsii v real'nom vremeni dlya diagnostiki virusa leykoza KRS [Development of real-time polymerase chain reaction method for diagnosis of cattle leukemia virus] // Innovatsionnyye agrobiotekhnologii v zhivotnovodstve i veterinarnoy meditsine: materialy I Evraziyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saint Petersburg, 2015. Pp. 29–31.
2. Bezborodova N. A., Kozhukhovskaya V. V. Znachenie molekulyarno-biologicheskikh metodov issledovaniya dlya diagnostiki infektsionnykh bolezney krupnogo rogatogo skota [The Importance of molecular biological research methods for the diagnosis of infectious diseases of cattle] // Aktual'nyye voprosy veterinarnoy biologii. 2018. No. 4 (40). Pp. 22–25.
3. Donnik I. M., Shkuratova I. A. Molekulyarno-geneticheskiye i immuno-biokhimicheskiye markery otsenki zdorov'ya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Molecular-genetic and immune-biochemical markers of evaluation of health of farm animals] // Vestnik Rossiyskoy akademii nauk. 2017. T. 87. No. 4. Pp. 362–366. DOI: 10.7868/S0869587317040132.
4. Vereshchak N. A., Poryvayeva A. P., Krasnoperov A. S., Oparina O. Yu. Prognosticheskoye znachenie otsenki strukturnogo sostava kletochnogo zvena immuniteta u telyat v postnatal'nom periode [Prognostic value of estimation of structural structure of cellular immunity in calves in the postnatal period] // Sovremennyye problemy veterinarnoy patologii i biotekhnologii v agropromyshlennom komplekse: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 95-letiyu RUP "Institut eksperimental'noy veterinarii imeni S. N. Vyshelesskogo". Minsk, 2017. Pp. 85–89.
5. Zakharova Yu. N., Lanets O. V. Otsenka laboratornykh metodov diagnostiki leykoza KRS i analiz ekonomicheskogo ushcherba [Evaluation of laboratory methods of diagnosis of bovine leukemia and analysis of economic damage] // Nauchnyy dialog: Molodoy uchenyy: sbornik nauchnykh trudov po materialam III mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Saint Petersburg, 2017. Pp. 50–52.
6. Kuznetsova T. V., Kuznetsov A. A., Kirillova S. V. Tekhnicheskyy reglament TS "O bezopasnosti moloka i molochnoy produktsii" i ekonomicheskkiye aspekty ego realizatsii molochnymi tovaroproizvoditelyami Rossii [Technical regulations of the CU "About safety of milk and dairy products" and economic aspects of its implementation by dairy producers of Russia] // Agroprodovol'stvennaya politika Rossii. 2015. No. 12 (48). Pp. 35–38.
7. Poryvayeva A. P., Pechura E. V., Vyalykh I. V., Tomskikh O. G., Busygina N. S. Metody kliniko-laboratornoy diagnostiki ostrykh respiratornykh virusnykh infektsiy u krupnogo rogatogo skota [Methods of clinical and laboratory diagnostics of acute respiratory viral infections in cattle] // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2017. No. 3. Pp. 55–58.
8. Satdarova D. G. Ozdorovleniye khozyaystv ot leykoza KRS KRS [Improvement of farms from leukemia of cattle] // V mire nauchnykh otkrytiy: materialy IV Vserossiyskoy studencheskoy nauchnoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiyem). Ul'yanovsk. 2015. Pp. 204–207.
9. Sviridenko G. M. Problema bezopasnosti molochnykh produktov v svyazi s leykozom krupnogo rogatogo skota [The problem of safety of dairy products in connection with leukemia of cattle] // Molochnaya promyshlennost'. 2017. No. 8. Pp. 13–16.
10. Shkuratova I. A., Donnik I. M., Isayeva A. G., Krivonogova A. S. Ekologicheskyy monitoring agrarnykh predpriyatiy srednego Urala [Ecological monitoring of agricultural enterprises of the Middle Urals] // Zootekhnicheskaya nauka v usloviyakh sovremennykh vyzovov: sbornik statey nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 85-letiyu so dnya rozhdeniya akademiya L. K. Ernsta i 80-letiyu podgotovki zootekhnikov v Vyatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. Kirov, 2015. Pp. 444–448.
11. Donnik I. M., Krivonogova A. S., Petropavlovskiy M. V., Shkuratova I. A., Rola-Łuszczak M., Kuzmak J. Revisiting the issue of the molecular-genetic structure of the causative agent of the bovine leukemia virus in the Russian Federation. Indian Journal of Science and Technology. 2016. V. 9. No. 42. Article number 104253. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i42/104253.
12. Donnik I., Vafin R., Galstyan A., Krivonogova A., Shaeva A., Gilmanov Kh., Karimova R., Tyulkin S., Kuźmak Ja. Genetic identification of bovine leukaemia virus // Foods and Raw Materials. 2018. V. 6. No. 2. Pp. 314–324. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-2-314-324.
13. De Brogniez A., Bouzar A. B., Jacques J. R. [et al.] Mutation of a Single Envelope N-Linked Glycosylation Site Enhances the Pathogenicity of Bovine Leukemia Virus // J. Virology. 2015. V. 89 (17). Pp. 8945–8956.
14. Petropavlovskiy M. V., Vereshchak N. A., Bezborodova N. A., Oparina O. Yu. Immuno-biological evaluation of individual genetic variants of bovine leukemia virus in the conditions of the Ural region // Digital agriculture – development strategy:

proceedings of the International Scientific and Practical Conference (ISPC 2019). Advances in Intelligent Systems Research. Ekaterinburg, 2019. Pp. 372–377.

Authors' information:

Maksim V. Petropavlovskiy¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher of leukemia laboratory, ORCID 0000-0002-9892-6092, AuthorID 676746; *petropavlovsky_m@mail.ru*

Natalia A. Bezborodova¹, senior researcher, candidate of veterinary sciences, senior researcher of laboratory of microbiological and molecular genetic diagnostics, ORCID 0000-0003-2793-5001, AuthorID 665979; *n-bezborodova@mail.ru*

Alisa S. Romanova¹, candidate of technical sciences, senior researcher of leukemia laboratory, ORCID 0000-0003-0189-2963, AuthorID 762742; *alistic_kolotova@mail.ru*

Aleksey V. Lysov¹, candidate of veterinary sciences, senior researcher, head of the department of veterinary laboratory diagnostics with a testing laboratory, ORCID 0000-0002-3619-6899, AuthorID 665874; *info@urnivi.ru*

Veronica V. Kozhukhovskaya¹, postgraduate, laboratory assistant of the laboratory of microbiological and molecular genetic methods of diagnosis, ORCID 0000-0001-7924-6844, AuthorID 1002627; *tetramegon@yandex.ru*

¹ Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre of Ural Branch of the Russian Academy of Science, Ekaterinburg, Russia

Оценка деструктивных процессов хроматина гранулезных клеток овариальных фолликулов коров и функциональный статус ооцита

Т. И. Станиславович¹✉, Т. И. Кузьмина¹, А. В. Молчанов²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста (ВНИИГРЖ), Санкт-Петербург, Россия

² Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

✉ E-mail: llfor@mail.ru

Аннотация. В настоящее время в связи с совершенствованием клеточных репродуктивных технологий в современном животноводстве появилась возможность для более подробных исследований по изучению ооцита и соматических клеток (клетки гранулезы) фолликула. Необходимость разработки успешных моделей дозревания женских гамет определяет потребность совершенствования существующих методик отбора донорских яйцеклеток). Созревание ооцита *in vivo* происходит при непосредственном участии структурных элементов фолликула, содержащихся в фолликулярной жидкости [3, 4, 6]. Клетки гранулезы широко используются в системах дозревания ооцитов коров, а также в технологиях клонирования и трансгенеза [8, 13]. Цель настоящего исследования – проанализировать деструктивные изменения клеток гранулезы в овариальных фолликулах коров (Ø 3–5 мм), содержащих растущие (BCB⁻) или завершившие фазу роста ооциты (BCB⁺). **Методы.** Тестирование ооцитов по функциональному признаку проводилось с помощью витального красителя BCB (brillant cresyl blue – бриллиантовый кристаллический голубой) [10]. Показатели жизнеспособности в клетках гранулезы, выделенных из фолликулов, содержащих растущие или завершившие фазу роста ооциты, определяли методом проточной цитометрии. **Результаты исследования.** Установлено, что гранулезные клетки из фолликулов коров характеризуются различными показателями уровней апоптоза в зависимости от статуса ооцитов (завершившие рост и растущие), выделенных из этих фолликулов. Доля апоптотических клеток гранулезы в фолликулах коров, содержащих завершившие фазу роста ооциты, значительно превышала таковую в фолликулах, содержащих растущие ооциты (29 % против 18 %, $\chi^2 P < 0,05$). **Научная новизна исследований:** данные, полученные при помощи проточной цитометрии, позволяют рассматривать уровень апоптозов в клетках гранулезы овариальных фолликулов коров как индикатор функционального статуса развивающегося в нем ооцита (растущий или завершивший фазу роста). Данный показатель возможно использовать при прогнозировании компетенций ооцитов коров к созреванию *in vitro*.

Ключевые слова: ооцит, гранулеза, апоптоз, корова, бриллиантовый кристаллический голубой, *in vitro*.

Для цитирования: Станиславович Т. И., Кузьмина Т. И., Молчанов А. В. Оценка деструктивных процессов хроматина гранулезных клеток овариальных фолликулов коров и функциональный статус ооцита // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191) С. 60–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-60-64.

Дата поступления статьи: 15.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Появление новых технологических возможностей в клеточных репродуктивных технологиях (клонирование и трансгенез) определяет важность первичного этапа – отбора качественных донорских яйцеклеток для культивирования. Методика ранжирования ооцит-кумулясных комплексов с учетом морфологических критериев (число слоев кумулюсных клеток, ширина зоны пеллюцида, зернистость ооплазмы) долгое время являлась единственной. Визуальная оценка донорских ооцитов, выделенных из фолликулов яичников живых животных (трансвагинальная аспирация) или из постмортальных яичников, во многом зависит от профессиональных компетенций эмбриотехнологов. В качестве способа оценки компетентности яйцеклетки к дальнейшему созреванию предложена

диагностика функционального статуса ооцитов, основанная на разнице в активности фермента глюкозо-6 фосфат дегидрогеназы (G6PDH). На момент аспирации ооциты в фолликулах могут находиться в разном функциональном состоянии: растущие ооциты (BCB⁻) и ооциты, завершившие фазу роста (BCB⁺). Разделить эту гетерогенную популяцию стало возможным с помощью инвазивного витального красителя BCB (brillant cresyl blue – бриллиантовый кристаллический голубой) [10]. BCB-тест основан на способности G6PDH конвертировать окраску BCB из голубой в бесцветную в растущих ооцитах (BCB⁻), а в цитоплазме завершивших стадию роста ооцитах (BCB⁺) BCB-краситель не теряет цвет. Созревание яйцеклетки *in vivo* происходит при участии структурных элементов фолликула, содержащихся в фолликулярной жидкости, состав

которой, безусловно, влияет на качество женской гаметы [3, 4, 6]. Фолликул выполняет две главные функции: продуцирование гормонов и обеспечение роста ооцитов, компетентных к оплодотворению [3, 11]. Клетки гранулезы необходимы для роста и дифференциации ооцитов, нормального протекания мейоза, цитоплазматического созревания, а также контроля транскрипционной активности в яйцеклетках [12, 13, 15]. Гетерогенность ооцитов регулируется на уровне клеточных популяций, и одним из таких механизмов может быть универсальный процесс программированной клеточной гибели – апоптоз, который характерен для единичных клеток или их кластеров яйцеклетках [1, 14]. Этот процесс отвечает за развитие доминантного фолликула и желтого тела, фолликулярную атрезию и овуляцию [2, 7]. Мониторинг деструктивных изменений гранулезных клеток овариальных фолликулов может явиться ключевым моментом в изучении механизмов формирования полноценной яйцеклетки [8, 13].

Методология и методы исследования (Methods)

В экспериментах использовали постмортальные яичники коров разного возраста. Яичники доставляли в лабораторию в термосе в стерильном физиологическом растворе при температуре 32–35 °С. Объектом исследования служили ооцит-кумулосные комплексы (ОКК) и клетки гранулезы (КГ), которые получали путем аспирации жидкости из 453 фолликулов диаметром 3–5 мм с заметно выраженной васкуляризацией и тургором. Аспират, полученный из каждого фолликула, переносили в одну из лунок 96-луночных плат до оценки функционального статуса ооцита. Для экспериментов отбирали ооциты округлой формы, с гомогенной цитоплазмой, равномерной по ширине зоной пеллюциды, окруженные многослойным компактным кумулюсом. Для проведения ВСВ-теста ооцит-кумулосные комплексы (ОКК) коров отмывали в растворе Дюльбекко с добавлением 0,4 % бычьего сывороточного альбумина, затем помещали на 90 минут в 26μМ раствор ВСВ, приготовленного на основе Дюльбекко. После этого аспиранты ФЖ разделяли в соответствии с функциональным статусом находившегося в нем ооцита (растущий или завершивший фазу роста) и центрифугировали при 250g в течение 10 минут. Далее удаляли супернатант, а клетки гранулезы дважды отмывали путем ресуспендирования в фосфатно-солевом буфере. Инкубировали КГ в течение 3 часов при температуре 37 °С в фосфатно-солевом буфере с добавлением 5 % сыворотки крупного рогатого скота. Для оценки экстернализации фосфатидилсерина к клеточной суспензии ($1,3 \times 10^6$ клеток/мл) добавляли зонд к аннексину-V (AnV) и йодистый пропидий (PI) (набор AnnexinV-FITC Apoptosisdetectionkit, Sigma-Aldrich, США) согласно инструкции. Анализ проводили на проточном цитометре Cytomics FC 500. Обработка полученных результатов осуществлялась при помощи программного обеспечения Kaluza™ (BeckmanCoulter, США). Достоверность различия сравниваемых средних значений оценивали при трех уровнях значимости: $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$ для 3 независимых экспериментов с использованием χ^2 -тест

(статистическая программа SigmaStat). Все использованные в исследовании реагенты, за исключением указанных, производства Sigma-Aldrich. Цель настоящего исследования – проанализировать деструктивные изменения клеток гранулезы в овариальных фолликулах коров (\varnothing 3–5 мм), содержащих растущие (BCV⁻) или завершившие фазу роста ооциты (BCV⁺).

Результаты (Results)

Количество апоптотических клеток определялось как доля клеток, окрашенных аннексином V, но не окрашенных йодистым пропидием (фракция AnV⁺/PI⁻), и выражалось в процентах от общего количества анализируемых клеток. Идентификация некроза базируется на способности йодистого пропидия проникать только в клетки с поврежденной мембраной. Для апоптоза характерно сохранение целостности мембраны вплоть до последних этапов программированной клеточной гибели [5]. Таким образом, живые клетки не будут окрашиваться ни одним красителем (AnnexinV⁻/PI⁻), апоптотические клетки будут окрашиваться аннексином V (AnV⁺), некротические клетки и клетки на поздних стадиях апоптоза будут окрашиваться йодистым пропидием или обоими красителями сразу (AnnexinV⁺/PI⁺). Мониторинг деструктивных процессов в клетках гранулезы овариальных фолликулов коров выявил достоверные различия между уровнем апоптозов гранулезных клеток фолликулов, содержащих растущие или завершившие фазу роста ооциты (18 % против 29 %, $^{c,d}P < 0,05$, (критерий χ^2)). Доля живых клеток гранулезы в фолликулах, содержащих завершившие фазу роста ооциты, была значительно меньше таковой в фолликулах, содержащих растущие ооциты (62 % против 76 %, $^{a,b}P < 0,05$, (критерий χ^2)). Оценка некротических процессов исследуемых образцов показала, что уровень клеток с некрозом и клеток на поздних стадиях апоптоза в фолликулах, содержащих завершившие фазу роста ооциты, был выше по сравнению с этим показателем у клеток гранулезы из фолликулов, содержащих растущие ооциты (11 % против 6 %, $^{c,f}P < 0,05$ (критерий χ^2)).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате исследования установлено снижение количества жизнеспособных, функционально активных клеток гранулезы в овариальных фолликулах с ооцитами, ранжированными как завершившие фазу роста (BCV⁺). Напротив, доля живых клеток гранулезы, участвующих в формировании компетенции ооцита к созреванию, выше в клетках гранулезы из фолликулов с растущими ооцитами (BCV⁻). Полученные с помощью проточной цитометрии данные о деструктивных изменениях в клетках гранулезы овариальных фолликулов коров с учетом функционального статуса содержащегося в них ооцита (растущие и завершившие фазу роста) позволяют использовать уровень апоптозов гранулезных клеток как показатель при прогнозировании качества донорских ооцитов коров.

Работа выполнена в соответствии с темой Министерства образования Российской Федерации, номер государственной регистрации – АААА-А18-118021590132-9.

Библиографический список

1. Дворяшина И. А. [и др.] Современный взгляд на механизмы и классификацию клеточной гибели // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2016. № 3. С. 59.

2. Косякова Г. П., Прошин С. Н., Шабанов П. Д., Глушаков Р. И. Изменения клеток гранулезы фолликулов в стадии атрезии, регистрируемые с помощью флюорохромов // Морфологические ведомости. 2014. № 2. С. 41–47.
3. Кузьмина Т. И., Мутиева Х. М., Новичкова Д. А. Морфология хроматина соматических клеток овариальных фолликулов коров – индикатор функционального статуса ооцита // Генетика и разведение животных. 2014. № 1. С. 8–11.
4. Сингина Г. Н., Лебедева И. Ю., Шедова Е. Н., Тарадайник Т. Е., Митяшова О. С., Цындрин Е. В., Данч С. С. Способность ооцитов коров к эмбриональному развитию при созревании в разных системах двухфазного культивирования // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 4. С. 776–784. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.4.776rus.
5. Bravo-San Pedro J. M., Vitale I., Aaronson S. A. [et al.] Essential versus accessory aspects of cell death: recommendations of the NCCD 2015 // Cell Death and Differentiation. 2015. V. 22. Pp. 58–73. DOI: 10.1038/cdd.2014.137.
6. Bunel A., Nivet A. L., Blondin P., Vigneault C., Richard F. J. & Sirard M. A. // Cumulus cell gene expression associated with preovulatory acquisition of developmental competence in bovine oocytes // Reproduction, Fertility, and Development. 2014. V. 26. Pp. 855–865. DOI: 10.1071/RD13061.
7. Feng W., Pan Z. The effect of granulosa cells apoptosis on the cumulus expansion and the developmental competence of bovine oocytes // Advanced Materials Research. 2014. V. 997. Pp. 251–254. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.997.251.
8. Galli C. Achievements and unmet promises of assisted reproduction technologies in large animals: a personal perspective // Animal Reproduction. 2017. V. 14. No. 3. Pp. 614–621. DOI: 10.21451/1984-3143-AR1005.
9. Kuzmina T., Molchanov A., Stanislavovich T., Tatarskaya D. Developmental competence of bovine oocytes that have not finished growth phase in vivo // Anim. Reprod. 2016. V. 13. No. 3. Pp. 651.
10. Kuzmina T., Molchanov A., Stanislavovich T., Tatarskaya D. Steroid levels in fluid of bovine follicles containing growing or fully grown oocytes // Reproduction in domestic animals. 2017. V. 52. S. 3. Pp. 103.
11. Macaulay D. Angus, Gilbert I., Scantland S., Fournier E., Ashkar F., Bastien A., Shojaei Saadi H. A., Gagne D., Sirard M.-A., Khandjian E' douard W., Richard F. J., Hyttel P., Robert C. Cumulus cell transcripts transit to the bovine oocyte in preparation for maturation // Biology of reproduction. 2016. V. 94. No. 1:16. Pp. 1–11. DOI: 10.1095/biolreprod.114.127571.
12. Mazzoni [et al.] Transcriptomic analysis of follicular cells for IVP oocyte competence // Animal Reproduction. 2017. V. 14. No. 3. Pp. 482–489.
13. Melo E. O., Cordeiro D. M., Pellegrino R., Wei Z., Daye Z. J., Nishimura R. C., Dode M. A. Identification of molecular markers for oocyte competence in bovine cumulus cells // Stichting International Foundation for Animal Genetics. 2016. V. 48. Pp. 19–29. DOI: 10.1111/age.12496.
14. Sinderewicz E., Grycmacher K., Boruszewska D., Kowalczyk-Zieba I., Staszkiwicz J., Slesak T., Woclawek-Potocka I. Expression of factors involved in apoptosis and cell survival is correlated with enzymes synthesizing lysophosphatidic acid and its receptors in granulosa cells originating from different types of bovine ovarian follicles // Reproduction Biology Endocrinol. 2017. V. 15. Pp. 72. DOI: 10.1186/s12958-017-0287-9.
15. Sonigo C, Grynberg M. In vitro oocyte maturation for female fertility preservation // Gynecol Obstet Fertil. 2014. V. 42. Pp. 657–660. DOI: 10.1016/j.gyobfe.2014.07.009.

Об авторах:

Татьяна Ивановна Станиславович¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биологии развития, ORCID 0000-0003-2157-070X, AuthorID 838525; +7 921 402-67-19, lllfor@mail.ru

Татьяна Ивановна Кузьмина¹, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией биологии развития, ORCID 0000-0002-2246-5277, AuthorID 78163; +7 921 392-19-47, prof.kouzmina@mail.ru

Алексей Вячеславович Молчанов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология производства и переработки продукции животноводства», ORCID 0000-0002-0819-1484, AuthorID 670074; +7 927 134-58-02, molchanov_av@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста (ВНИИГРЖ), Санкт-Петербург, Россия

² Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия

Assessment of the destructive processes of chromatin of granulosa cells and functional status of oocyte in bovine ovarian follicles

T. I. Stanislavovich¹✉, T. I. Kuzmina¹, A. V. Molchanov²

¹ All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals – a branch of Federal Scientific Center of Animal Husbandry – All-Russian Institute of Livestock named after academician L. K. Ernst, Saint Petersburg, Russia

² Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

✉E-mail: lllfor@mail.ru

Abstract. Currently, there is the possibility of more detailed studies to the study of oocytes and somatic cells (granulosa cells). The possibility to develop successful models of maturation of female gametes defines the possibility to improve existing methods for the selection of donor eggs and the search for new donor eggs. Oocyte maturation in vivo occurs with the participation of structural follicle elements and follicular fluid [3, 4, 6]. Granulosa cells are widely used in bovine oocyte maturation systems and used in cloning and transgenesis technologies [8, 13]. **Purpose of this study:** to perform destructive changes granulosa cells in ovarian follicles of bovines (\varnothing 3–5 mm), which contain growing (BCB⁻) or completed the growth phase of oocytes (BCB⁺). **Methods:** Functional testing of oocytes was carried out using the vital dye BCB (brilliant cresyl blue – diamond crystal blue) [10]. Viability indices in granulosa cells isolated from follicles that contain oocytes that grow or complete the growth phase were determined by flow cytometry. **The result.** It was found, that cells of granulosa from cow follicles are characterized by different indicators of apoptosis levels depending on the status of oocytes (completed growth and growing) isolated from these follicles. The proportion of apoptotic granulosa cells in bovine follicles of containing oocytes that completed the growth phase, exceeded that in follicles containing growing oocytes by 11 % (29 % vs. 18 %, ^{cid}P < 0.05). **The scientific novelty:** The data obtained using flow cytometry, allow us to evaluate the level of apoptosis in granulosa cells of bovine ovarian follicle as indicator of functional status of developing oocytes (growing or completed growth phases). This indicator can be used in prognosis of competencies for maturation of bovine oocytes.

Keywords: oocyte, granulosa, apoptosis, bovine, brilliant cresyl blue, in vitro.

For citation: Stanislavovich T. I., Kuzmina T. I., Molchanov A. V. Otsenka destruktivnykh protsessov khromatina granuleznykh kletok ovarial'nykh follikulov korov i funktsional'nyy status ootsita [Assessment of the destructive processes of chromatin of granulosa cells and functional status of oocyte in bovine ovarian follicles] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 60–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-60-64. (In Russian.)

Paper submitted: 15.10.2019.

References

1. Dvoryashina I. A. [et al.] Sovremennyy vzglyad na mekhanizmy i klassifikatsiyu kletochnoy gibeli [A modern view on the mechanisms and classification of cell death] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta. 2016. No. 3. Pp. 59. (In Russian.)
2. Kosyakova G. P., Proshin S. N., Shabanov P. D., Glushakov R. I. Izmeneniya kletok granulezy follikulov v stadii atrezii, registriremye s pomoshch'yu flyuorokhromov [Morphologi calchanging of granulose cells in bovine follicles (bostaurus) on the stage of atresia detected by fluorescent makers] // Morfologicheskie vedomosti. 2014. No. 2. Pp. 41–47. (In Russian.)
3. Kuz'mina T. I., Mutieva Kh. M., Novichkova D. A. Morfologiya khromatina somaticheskikh kletok ovarial'nykh follikulov korov-indikator funktsional'nogo statusa ootsita [Morphology of chromatin in somatic cells from ovarian follicle – the indicator of the functional status of the oocyte] // Genetika i razvedenie zhivotnykh. 2014. No. 1. Pp. 8–11. (In Russian.)
4. Singina G. N., Lebedeva I. Yu., Shedova E. N., Taradaynik T. E., Mityashova O. S., Tsyndrina E. V., Danch S. S. Sposobnost' oositov korov k embrional'nomu razvitiyu pri sozrevanii v raznykh sistemakh dvukhfaznogo kul'tivirovaniya [Bovine oocyte ability to embryonic development when maturing in different two-phase culture systems] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2017. T. 52. No. 4. Pp. 776–784. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.4.776rus. (In Russian.)
5. Bravo-San Pedro J. M., Vitale I., Aaronson S. A. [et al.] Essential versus accessory aspects of cell death: recommendations of the NCCD 2015 // Cell Death and Differentiation. 2015. V. 22. Pp. 58–73. DOI: 10.1038/cdd.2014.137.
6. Bunel A., Nivet A. L., Blondin P., Vigneault C., Richard F. J. & Sirard M. A. // Cumulus cell gene expression associated with preovulatory acquisition of developmental competence in bovine oocytes // Reproduction, Fertility, and Development. 2014. V. 26. Pp. 855–865. DOI: 10.1071/RD13061.
7. Feng W., Pan Z. The effect of granulosa cells apoptosis on the cumulus expansion and the developmental competence of bovine oocytes // Advanced Materials Research. 2014. V. 997. Pp. 251–254. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.997.251.
8. Galli C. Achievements and unmet promises of assisted reproduction technologies in large animals: a personal perspective // Animal Reproduction. 2017. V. 14. No. 3. Pp. 614–621. DOI: 10.21451/1984-3143-AR1005.
9. Kuzmina T., Molchanov A., Stanislavovich T., Tatarskaya D. Developmental competence of bovine oocytes that have not finished growth phase in vivo // Anim. Reprod. 2016. V. 13. No. 3. Pp. 651.
10. Kuzmina T., Molchanov A., Stanislavovich T., Tatarskaya D. Steroid levels in fluid of bovine follicles containing growing or fully grown oocytes // Reproduction in domestic animals. 2017. V. 52. S. 3. Pp. 103.
11. Macaulay D. Angus, Gilbert I., Scantland S., Fournier E., Ashkar F., Bastien A., Shojaei Saadi H. A., Gagne D., Sirard M. A., Khandjian E' douard W., Richard F. J., Hyttel P., Robert C. Cumulus cell transcripts transit to the bovine oocyte in preparation for maturation // Biology of reproduction. 2016. V. 94. No. 1:16. Pp. 1–11. DOI: 10.1095/biolreprod.114.127571.
12. Mazzoni [et al.] Transcriptomic analysis of follicular cells for IVP oocyte competence // Animal Reproduction. 2017. V. 14. No. 3. Pp. 482–489.
13. Melo E. O., Cordeiro D. M., Pellegrino R., Wei Z., Daye Z. J., Nishimura R. C., Dode M. A. Identification of molecular markers for oocyte competence in bovine cumulus cells // Stichting International Foundation for Animal Genetics. 2016. V. 48. Pp. 19–29. DOI: 10.1111/age.12496.

14. Sinderewicz E., Grycmacher K., Boruszewska D., Kowalczyk-Zieba I., Staszkiwicz J., Slesak T., Woclawek-Potocka I. Expression of factors involved in apoptosis and cell survival is correlated with enzymes synthesizing lysophosphatidic acid and its receptors in granulosa cells originating from different types of bovine ovarian follicles // *Reproduction Biology Endocrinol.* 2017. V. 15. Pp. 72. DOI: 10.1186/s12958-017-0287-9.

15. Sonigo C, Grynberg M. In vitro oocyte maturation for female fertility preservation // *Gynecol Obstet Fertil.* 2014. V. 42. Pp. 657–660. DOI: 10.1016/j.gyobfe.2014.07.009.

Authors' information:

Tatyana I. Stanislavovich¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher laboratory of developmental biology, ORCID 0000-0003-2157-070X, AuthorID 838525; +7 921 402-67-19, lllfor@mail.ru

Tatyana I. Kuzmina¹, doctor of biological sciences, professor, chief researcher, head of the laboratory of developmental biology; ORCID 0000-0002-2246-5277, AuthorID 78163; +7 921 392-19-47, prof.kouzmina@mail.ru

Aleksey V. Molchanov², doctor of agricultural sciences, professor, head of department “Technology of the production and processing of livestock products”; ORCID 0000-0002-0819-1484, AuthorID 670074; +7 927 134-58-02, molchanov_av@mail.ru

¹ All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals – a branch of Federal Scientific Center of Animal Husbandry – All-Russian Institute of Livestock named after academician L. K. Ernst, Saint Petersburg, Russia

² Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov, Russia

Развитие внутрирегионального производственного зернового кластера

И. Г. Генералов¹, С. А. Суслов¹✉

¹ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

✉ E-mail: nccmail4@mail.ru

Аннотация. Цель. Исследование направлено на обоснование формирования на территории Нижегородской области зернового кластера и определения его границ. **Методы.** Исследование проводилось на основе статистических данных о динамике производства зерна в сельскохозяйственных организациях в Нижегородской области в разрезе муниципальных образований с 2013 по 2017 гг. Для обоснования кластера авторы предлагают подход, заключающийся в выделении производителей зерна, формирующих 75 % валового регионального сбора в динамике, составлении рейтинга муниципальных образований по объемам производства, определении частоты вхождения в рейтинг, группировке муниципальных образований по частоте вхождения и анализе производственных показателей в группах. **Результаты.** По результатам анализа авторы установили, что в зерновой кластер Нижегородской области должны входить такие муниципальные образования, как Лысковский, Дальнеконстантиновский, Починковский, Ардатовский, Спасский, Павловский, Шатковский, Арзамасский, Гагинский, Богородский, Сеченовский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский, Пильнинский районы, которые необходимо объединить в три категории по уровню производства. **Научная новизна** заключается в авторском подходе к выделению внутрирегионального зернового кластера и выделении в нем трех категорий в соответствии с их устойчивостью в зерновом кластере: ядро кластера (со средним рейтингом от 2,2 до 6,8) – Шатковский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский и Пильнинский районы; участники кластера со средним уровнем устойчивости (со средним рейтингом от 6,8 до 11,4) – Лысковский, Починковский, Арзамасский и Сеченовский районы; для слабоустойчивых участников кластера (со средним рейтингом от 11,4 до 11,6 – Дальнеконстантиновский, Ардатовский, Спасский и Гагинский районы).

Ключевые слова: валовой сбор, зерно, зерновое хозяйство, зерновой кластер, кластер, кластеризация, регион, экономическая эффективность, устойчивость.

Для цитирования: Генералов И. Г., Суслов С. А. Развитие внутрирегионального производственного зернового кластера // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 65–72. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-65-72.

Дата поступления статьи: 04.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Продовольственная безопасность отдельно взятых регионов страны является базисом социально-экономической стабильности, обеспечивающим ее независимость. Определяющим фактором сохранения устойчивости сельского хозяйства служит уровень развития зернового хозяйства. Однако ведение высокоэффективного сельского хозяйства невозможно в каждом регионе по общему алгоритму или же используя лишь отдельные мероприятия [1, с. 30].

Ввиду особой значимости развития зернового хозяйства актуальным направлением в управлении АПК в субъектах РФ становится формирование зернопродуктовых кластеров [2, с. 334]. В целом кластерный подход достаточно эффективно применяется в процессе разработки и реализации региональных инновационных программ и проектов в различных секторах народного хозяйства [3, с. 67].

Под кластером понимается система взаимосвязанных фирм и институтов, являющаяся в целом больше простой суммы своих составных частей [4, с. 57].

Наиболее эффективно этот подход проявил себя при его реализации в сферах промышленности и услуг. Яркими примерами являются программные кластеры Кремниевая Долина (США) и Бангалор (Индия), а также финансовые – Уолл-стрит (США) и Цюрих (Швейцария). Важную роль в их развитии сыграла поддержка правительств их стран [5, с. 8].

Перспективность исследований, связанных с управлением производственными кластерами, и необходимость в разработке мер по повышению экономической эффективности в зерновом хозяйстве свидетельствуют об актуальности данной темы исследования. Цель исследования заключается в обосновании формирования на территории Нижегородской области зернового кластера и определении его границ.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования, посвященные зерновому хозяйству, всегда являются актуальными и перспективными ввиду специфичности данной отрасли народного хозяйства. Следует отметить связанные с данной тематикой исследования таких ученых, как Н. Д. Аварский [6], А. И. Ал-

тухов [7], Э. Ф. Амирова [8], Л. Б. Винничек [9] и др. Формированию кластеров в зерновом хозяйстве как научно-му направлению в рамках аграрной науки посвятили свои работы Н. А. Головин [1], Т. М. Худякова и О. Б. Грекова [2], Н. П. Молчанова и И. Н. Молчанов [3], В. Письмак [4], Ж. Б. Смагулова [5], А. Г. Плахин [10].

Материалами для исследования послужили статистические данные о динамике производства зерна сельскохозяйственными организациями в Нижегородской области в разрезе муниципальных образований региона с 2013 по 2017 гг.

Для определения состава муниципальных образований региона в кластере авторы предлагают подход, заключающийся в следующем:

1. Выделение производителей зерна, формирующих 75 % валового регионального сбора в динамике.
2. Составление рейтинга муниципальных образований по объемам производства.
3. Определение частоты вхождения в рейтинг.
4. Группировка муниципальных образований по частоте вхождения.
5. Анализ производственных показателей в кластерных группах.

Таблица 1
Рейтинги муниципальных образований, формирующих 75 % валового регионального сбора по производству зерна

Муниципальное образование	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	В среднем за 5 лет
Перевозский район	18	–	–	–	–	–
Княгининский район	17	17	15	16	–	–
Лысковский район	16	7	10	11	12	11,2
Дальнеконстантиновский район	15	12	11	13	10	12,2
Починковский район	14	4	6	14	11	9,8
Ардатовский район	13	13	12	10	17	13
Спасский район	12	18	17	17	16	16
Павловский район	11	14	10	15	15	13
Шатковский район	10	8	5	4	3	6
Арзамасский район	9	6	8	8	5	7,2
Гагинский район	8	16	18	18	14	14,8
Богородский район	7	10	14	9	18	11,6
Сеченовский район	6	9	16	12	9	10,4
Сергачский район	5	5	7	6	1	4,8
Краснооктябрьский район	4	11	1	2	6	4,8
Большеболдинский район	3	3	2	5	7	4
Бутурлинский район	2	2	3	1	4	2,4
Пильнинский район	1	1	4	3	2	2,2
Вадский район	–	15	13	7	8	–

Table 1
The ratings of the municipal units forming 75 % of gross regional collecting on production of grain

Municipal unit	2013	2014	2015	2016	2017	On average in 5 years
<i>Perevozskiy district</i>	18	–	–	–	–	–
<i>Knyagininskiy district</i>	17	17	15	16	–	–
<i>Lyskovskiy district</i>	16	7	10	11	12	11.2
<i>Dal'nekonstantinovskiy district</i>	15	12	11	13	10	12.2
<i>Pochinkovskiy district</i>	14	4	6	14	11	9.8
<i>Ardatovskiy district</i>	13	13	12	10	17	13
<i>Spasskiy district</i>	12	18	17	17	16	16
<i>Pavlovskiy district</i>	11	14	10	15	15	13
<i>Shatkovskiy district</i>	10	8	5	4	3	6
<i>Arzamasskiy district</i>	9	6	8	8	5	7.2
<i>Gaginskiy district</i>	8	16	18	18	14	14.8
<i>Bogorodskiy district</i>	7	10	14	9	18	11.6
<i>Sechenovskiy district</i>	6	9	16	12	9	10.4
<i>Sergachskiy district</i>	5	5	7	6	1	4.8
<i>Krasnooktyabr'skiy district</i>	4	11	1	2	6	4.8
<i>Bol'sheboldinskiy district</i>	3	3	2	5	7	4
<i>Buturlinskiy district</i>	2	2	3	1	4	2.4
<i>Pil'ninskiy district</i>	1	1	4	3	2	2.2
<i>Vadskiy district</i>	–	15	13	7	8	–

Результаты (Results)

Нижегородская область характеризуется высоким контрастом природных и агроклиматических зон. Левобережная часть региона сосредоточена в основном на отрасли животноводства, преимущественно на разведении крупного рогатого скота. Муниципальные образования правобережья региона производят продукцию как растениеводства, так и животноводства. Ближе к югу Нижегородской области специализация сельскохозяйственных организаций углубляется в зернопроизводство.

В ходе исследований было установлено, что 75 % регионального производства зерна сосредоточено в 18 близлежащих друг к другу муниципальных образованиях Нижегородской области.

В период с 2013 по 2017 гг. в состав ведущих производителей входили Перевозский, Княгининский, Лысковский, Дальнеконстантиновский, Починковский, Арзамасский, Спасский, Павловский, Шатковский, Арзамасский, Гагинский, Богородский, Сеченовский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский, Пильнинский, Вадский районы (таблица 1).

Таблица 2
Ядро зернового кластера

Муниципальное образование	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Темп роста, %
Шатковский район	297 012	397 864	492 110	492 101	608 901	205,0
Сергачский район	418 084	488 270	399 630	463 789	732 177	175,1
Краснооктябрьский район	429 917	369 548	619 211	536 166	523 674	121,8
Большеболдинский район	456 412	538 972	605 912	467 124	511 706	112,1
Бутурлинский район	491 370	541 519	525 331	561 275	587 583	119,6
Пильнинский район	516 341	626 339	508 056	532 806	634 929	122,9
Итого	2 609 136	2 962 512	3 150 250	3 053 261	3 598 970	137,9
Регион	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137,7
Доля в регионе	32,6	30,3	33,1	32,4	32,6	–

Table 2
Kernel of the grain cluster

Municipal unit	2013	2014	2015	2016	2017	Growth rate, %
Shatkovskiy district	297 012	397 864	492 110	492 101	608 901	205.0
Sergachskiy district	418 084	488 270	399 630	463 789	732 177	175.1
Krasnooktyabr'skiy district	429 917	369 548	619 211	536 166	523 674	121.8
Bol'sheboldinskiy district	456 412	538 972	605 912	467 124	511 706	112.1
Buturlinskiy district	491 370	541 519	525 331	561 275	587 583	119.6
Pil'ninskiy district	516 341	626 339	508 056	532 806	634 929	122.9
Total	2 609 136	2 962 512	3 150 250	3 053 261	3 598 970	137.9
Region	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137.7
Share in the region	32.6	30.3	33.1	32.4	32.6	–

Таблица 3
Участники кластера со средним уровнем устойчивости

Муниципальное образование	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Темп роста, %
Лысковский район	257 352	408 966	356 142	338 828	377 938	146,9
Починковский район	263 695	525 282	444 432	318 137	395 959	150,6
Арзамасский район	298 015	418 494	380 482	406 323	567 156	190,3
Сеченовский район	397 179	386 580	277 487	338 740	436 583	109,9
Итого	1 216 241	1 739 322	1 458 543	1 402 028	1 777 636	146,2
Регион	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137,7
Доля в регионе	15,2	17,8	15,3	14,9	16,1	–

Table 3
Participantsofaclusterwiththeaveragelevelofstability

Municipal unit	2013	2014	2015	2016	2017	Growth rate, %
Lyskovskiy district	257 352	408 966	356 142	338 828	377 938	146.9
Pochinkovskiy district	263 695	525 282	444 432	318 137	395 959	150.6
Arzamasskiy district	298 015	418 494	380 482	406 323	567 156	190.3
Sechenovskiy district	397 179	386 580	277 487	338 740	436 583	109.9
Total	1 216 241	1 739 322	1 458 543	1 402 028	1 777 636	146.2
Region	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137.7
Share in the region	15.2	17.8	15.3	14.9	16.1	–

Оценка муниципальных образований по производству зерна свидетельствует, что на протяжении последних пяти лет в рейтинг всегда входили Лысковский, Дальнеконстантиновский, Починковский, Ардатовский, Спасский, Павловский, Шатковский, Арзамасский, Гагинский, Богородский, Сеченовский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский, Пильнинский районы.

В описанной совокупности особо выделяются Богородский и Павловский районы, которые удалены от основных производителей зерна. Устойчивое вхождение данных муниципальных образований свидетельствует о формировании на западе Нижегородской области отдельного кластерного образования в зерновом хозяйстве, что, несомненно, является позитивной тенденцией для повышения уровня продовольственной безопасности региона.

Для определения кластерной совокупности авторами была проведена группировка муниципальных образований по частоте вхождения в рейтинг зернового производства и предложено разделение участников кластера на следующие категории:

1. Ядро кластера.
2. Участники кластера со средним уровнем устойчивости.

3. Слабоустойчивые участники кластера.

В результате расчетов были получены следующие барьеры вхождения муниципальных образований в зерновой кластер в соответствии со средним рейтингом:

- для ядра кластера – 2,2–6,8 (образован шестью муниципальными образованиями);
- для участников кластера со средним уровнем устойчивости – 6,8–11,4 (образован четырьмя муниципальными образованиями);
- для слабоустойчивых участников кластера – 11,4–11,6 (образован четырьмя муниципальными образованиями).

Ядро зернового кластера образовано Шатковским, Сергачским, Краснооктябрьским, Большеболдинским, Бутурлинским и Пильнинским районами.

К участникам кластера со средним уровнем устойчивости относятся Лысковский, Починковский, Арзамасский и Сеченовский районы.

Дальнеконстантиновский, Ардатовский, Спасский и Гагинский районы являются слабоустойчивыми участниками зернового кластера.

Представленные барьеры отражают также и уровень производства зерна в кластере, что представлено на рис. 1.

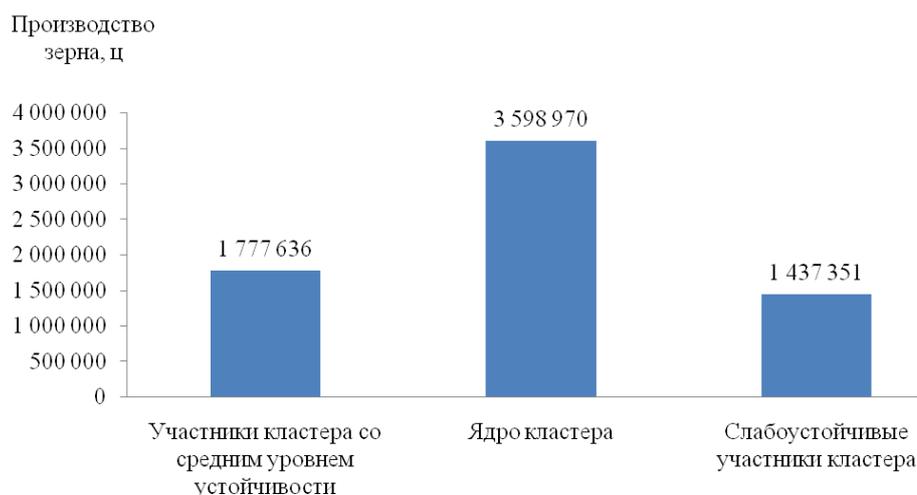


Рис. 1. Распределение объемов производства зерна участниками кластера по уровню их устойчивости в 2017 г.

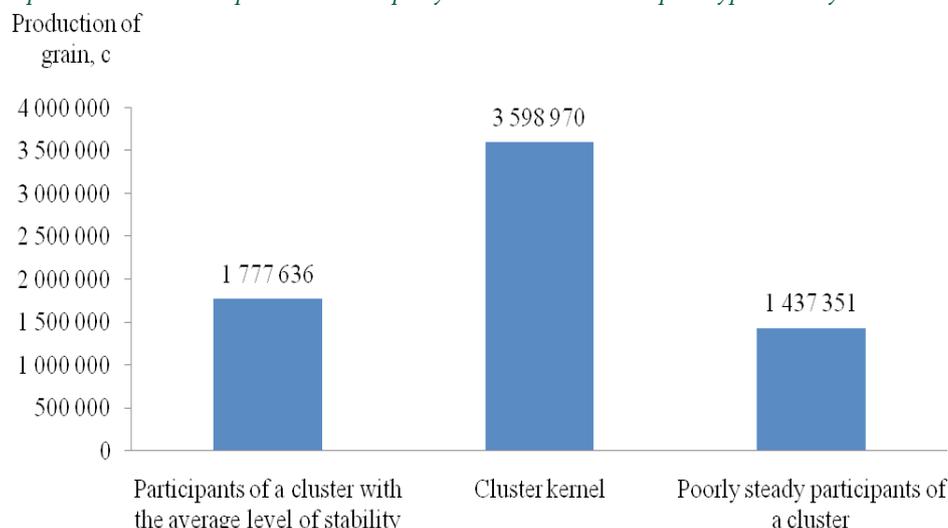


Fig. 1. Distribution of the production of grain by participants of a cluster on the level of their stability in 2017

В соответствии с данными рис. 1 можно отметить системообразующую роль муниципальных образований, образующих ядро зернового кластера. Данной категорией в 2017 г. было собрано 3 598 970 ц зерна, что составляет около трети всего регионального валового сбора. Участники кластера со средним уровнем устойчивости собрали 1 777 636 ц, а слабоустойчивые участники – 1 437 351 ц.

Для отражения интенсивности развития зернового кластера в пределах территории региона авторами была составлена картограмма муниципальных образований Нижегородской области в соответствии с их участием в зерновом кластере. Красным отмечено ядро зернового кластера, желтым – участники кластера со средним уровнем устойчивости, синим – слабоустойчивые участники (рис. 2).

Изучение кластерных образований требует анализа в разрезе участников в соответствии с системным принципом, подразумевающим разложение сложной экономической системы на отдельные взаимосвязанные объекты.

Реальный сектор народного хозяйства формирует сегодня основу национальной экономики Российской Федерации, которая образует принципы размещения различных видов хозяйственной деятельности на территории страны, а также влияет на степень концентрации производства. Наиболее рациональные подходы в организации

производственных процессов, адекватно отражающие требования соблюдения местных социально-экономических особенностей развития и технологические традиции, в большей степени будут способствовать извлечению максимальной выгоды из существующих в регионе ресурсов [11].

Ввиду этого целесообразно для зернового кластера определить те муниципальные образования, которые будут системообразующими для регионального зернового хозяйства, и оценить динамику развития производства в них.

Муниципальные образования, формирующие ядро зернового кластера, показывают тенденцию роста производства зерна, аналогичную в целом по региону – 37 % прироста к уровню 2013 г. – и формируют на отчетную дату 32,6 % валового сбора. Наиболее высокие темпы роста производства зерна наблюдаются в исследуемом периоде в Шатковском (205 % по отношению к уровню 2013 г.) и Сергачском (175,1 % по отношению к уровню 2013 г.) районах. Рост объемов производства свыше 20 % наблюдается в Пильнинском и Краснооктябрьском районах. В Бутурлинском и Большебодлинском районах темп роста производства зерна составил 119,6 % и 112,1 % соответственно.

Муниципальные образования, являющиеся участниками кластера со средним уровнем устойчивости, показывают опережающую тенденцию роста производства зерна по сравнению с общим региональным уровнем – 46,2 % прироста к уровню 2013 г. (выше регионального уровня на 8,5 %) – и формируют на отчетную дату 16,1 % валового сбора. Наиболее высокие темпы роста производства зерна за последние 5 лет в этой категории наблюдаются в Арзамасском районе (190 % по отношению к уровню 2013 г.). Лысковский и Починковский районы характеризуются темпами роста в 146,9 % и 150,6 % соответственно. Самый низкий темп роста в категории отмечается в Сеченовском районе – 109,9 %.

Слабоустойчивые участники кластера формируют 13 % регионального валового сбора, при этом также отличаются высокими темпами роста производства зерна в разрезе Нижегородской области. Лидером здесь как по объемам производства, так и по темпам роста (155,7 % по отношению к уровню 2013 г.) является Дальнеконстантиновский район, организации которого собрали 403331 ц. Ардатовский и Спасский районы приблизительно схожи и по объемам производства (337 343 и 346 202 ц соответственно), и по темпам роста (126,2 и 127,9 % соответственно). Гагинский район занимает второе место по объему производства зерна, который в 2017 г. составил 350 475 ц, однако по темпам роста он занимает в данной категории последнюю позицию – 116,5 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Нижегородская область является одним из ведущих производителей зерна в Нечерноземье, поэтому формирование экономической политики по повышению экономической эффективности и устойчивости зернового хозяйства в регионе является необходимым направлением по развитию аграрной экономики.

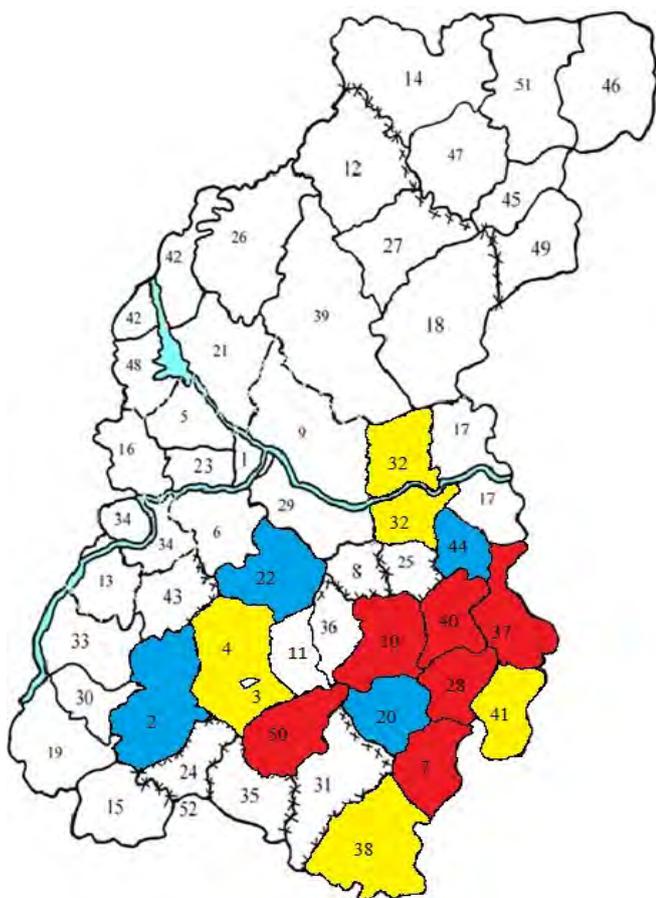


Рис. 2. Картограмма муниципальных образований Нижегородской области в соответствии с их участием в зерновом кластере

Fig. 2. A cartogram of municipal units of the Nizhny Novgorod region according to their participation in a grain cluster

Таблица 4

Слабоустойчивые участники кластера

Муниципальное образование	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Темп роста, %
Дальнеконстантиновский район	259 092	366 148	351 880	333 625	403 331	155,7
Ардатовский район	267 292	338 299	331 278	338 916	337 343	126,2
Спасский район	270 586	268 561	250 847	294 343	346 202	127,9
Гагинский район	300 777	304 430	235 743	266 744	350 475	116,5
Итого	1 097 747	1 277 438	1 169 748	1 233 628	1 437 351	130,9
Регион	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137,7
Доля в регионе	13,7	13,1	12,3	13,1	13,0	–

Table 4

Poorly steady participants of a cluster

Municipal unit	2013	2014	2015	2016	2017	Growth rate, %
<i>Dal'nekonstantinovskiy district</i>	259 092	366 148	351 880	333 625	403 331	155.7
<i>Ardatovskiy district</i>	267 292	338 299	331 278	338 916	337 343	126.2
<i>Spasskiy district</i>	270 586	268 561	250 847	294 343	346 202	127.9
<i>Gaginskiy district</i>	300 777	304 430	235 743	266 744	350 475	116.5
<i>Total</i>	1 097 747	1 277 438	1 169 748	1 233 628	1 437 351	130.9
<i>Region</i>	8 010 171	9 785 201	9 506 946	9 413 744	11 027 129	137.7
<i>Share in the region</i>	13.7	13.1	12.3	13.1	13.0	–

По результатам исследования можно отметить, что в Нижегородской области есть перспективы создания внутрирегионального зернового кластера, в который, по расчетам авторов, должны входить такие муниципальные образования, как Лысковский, Дальнеконстантиновский, Починковский, Ардатовский, Спасский, Павловский, Шатковский, Арзамасский, Гагинский, Богородский, Сеченовский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский, Пильнинский районы. На наш взгляд, участников следует сгруппировать в три категории в соответствии с их устойчивостью в зерновом кластере: ядро кластера (со средним рейтингом от 2,2 до 6,8) – Шатковский, Сергачский, Краснооктябрьский, Большеболдинский, Бутурлинский и Пильнинский районы; участники кластера со средним уровнем устойчивости (со средним рейтингом от 6,8 до 11,4) – Лысковский, Починковский, Арзамасский и Сеченовский районы; для слабоустойчивых участников кластера (со средним рейтингом от 11,4 до 11,6 – Дальнеконстантиновский, Ардатовский, Спасский и Гагинский районы.

Авторами представлены статистическое описание участников зернового кластера и выявлены основные тенденции развития в отдельных категориях, а также основные производственные лидеры в них. Было установлено, что наиболее динамично развивающейся категорией является ядро кластера.

Следует отметить, что в сложившихся экономических условиях кластеры и подобные им формирования являются наиболее эффективными структурными образованиями, чье функционирование способствует инновационному направлению развития национальной экономики [12, с. 117].

Позитивный зарубежный опыт развития кластеров делает актуальным формирование кластерной политики в нашей стране. Дальнейшим перспективным направлением должны являться внедрение в практику хозяйствования сбалансированной системы показателей эффективности действующих кластеров и последующее прогнозирование уровня развития, что будет способствовать комплексному подходу к поддержке формирующихся и функционирующих в Российской Федерации кластерных образований [10, с. 64].

Нужно подчеркнуть, что наиболее эффективные кластеры формируются там, где осуществляется или ожидается инновационный прорыв в области техники и технологии производства с последующим выходом на новые рыночные сегменты. Ввиду этого ряд развитых государств все активнее использует кластерный подход в формировании и регулировании своих национальных инновационных программ [13, с. 125; 14, с. 256; 15, с. 852].

Дальнейшие перспективы исследования заключаются в разработке системы организационно-экономического управления зерновым кластером Нижегородской области, а также разработке методов мониторинга и оценки его развития.

Библиографический список

1. Головин Н. А. Региональная специфика структурной динамики размещения и специализации зернового хозяйства // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2015. Т. 25. № 1. С. 30–36.
2. Худякова Т. М., Грекова О. Б., Кравченко В. В. Предпосылки формирования зернопромышленного кластера Воронежской области // Известия Воронежского государственного педагогического университета. 2015. № 3 (268). С. 199–203.
3. Молчанова Н. П., Молчанов И. Н. Финансовые аспекты замещения импорта в России: региональный опыт создания кластеров // Экономика. Налоги. Право. 2016. Т. 9. № 2. С. 67–74.

4. Марача В. Г. Сетевая организация и системные принципы управления во взаимоотношениях инновационного бизнеса и государства // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2018. Т. 14. № 4. С. 1012–1019.
5. Смагулова Ж. Б. Зерновой кластер Республики Казахстан: состояние, проблемы и перспективы // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. 2016. № 4 (12). С. 8.
6. Аварский Н. Д., Федотенкова О. А., Проняева Л. И., Романенко Р. Г. Развитие вертикально-интегрированных маркетинговых систем в структуре зернопродуктового кластера // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2017. № 3 (32). С. 61–74.
7. Алтухов А. И., Дрокин В. В., Журавлев А. С. От стратегии обеспечения продовольственной независимости к стратегии повышения конкурентоспособности агропродовольственного комплекса // Экономика региона. 2016. Т. 12. № 3. С. 852–864.
8. Амирова Э. Ф. Теоретические вопросы сущности и структуры зернопродуктового подкомплекса АПК // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4 (38). С. 5–9.
9. Винничек Л. Б., Алтухов А. И., Иванов А. А., Макаренко Г. Л., Кукушкина Е. Е., Федотова О. В., Позубенкова Э. И., Позубенков П. С., Уланова О. И., Ефимов А. М., Котенев А. Д., Евдошенко В. В., Алексеева С. Н., Харитоновна Т. В., Савватеева С. А., Кухарев О. Н., Семов И. Н., Старостин И. А., Гайнуллина М. К., Якимов О. А. [и др.] Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства: монография. Пенза, 2014. 220 с.
10. Плахин А. Е., Огородникова Е. С., Генералов И. Г. Институциональные условия создания и методические аспекты оценки эффективности функционирования кластеров: российский и зарубежный опыт // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2017. Т. 6. № 2 (19). С. 61–65.
11. Садекова Н. Х. Место кластера в структуре региональной экономики: сравнительная характеристика Нижегородской области и Республики Татарстан // Актуальные проблемы экономики и права. 2014. № 4 (32). С. 183–189.
12. Решетов К. Ю. Роль инновационных кластеров при обеспечении конкурентоспособности отечественных предпринимательских структур в условиях ВТО // Российское предпринимательство. 2014. № 20 (266). С. 117–123.
13. Грабова О. Н., Мяндин И. В., Савельев И. А. Кластер как форма планомерности развития экономических структур // Экономика образования. 2014. № 3. С. 125–127.
14. Алтухов А. И., Дрокин В. В., Журавлев А. С. Продовольственная безопасность и импортозамещение – основные стратегические задачи современной аграрной политики // Экономика региона. 2015. № 3 (43). С. 256–266.
15. Алтухов А. И. Воспроизводство в зернопродуктовом подкомплексе – основа его устойчивого функционирования // Нива Поволжья. 2014. № 1 (30). С. 2–12.

Об авторах:

Иван Георгиевич Генералов¹, старший преподаватель кафедры «Сервис», ORCID 0000-0003-2195-8640, AuthorID 724843; +7 910 874-32-44

Сергей Александрович Суслов¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и автоматизация бизнес-процессов», ORCID 0000-0003-1189-8023, AuthorID 531491; +7 910 134-19-80, nccmail4@mail.ru

¹ Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия

Development of an intra-regional production grain cluster

I. G. Generalov¹, S. A. Suslov¹✉

¹ Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russia

✉ E-mail: nccmail4@mail.ru

Abstract. Purpose. The research is directed to justification of formation in the territory of the Nizhny Novgorod region of a grain cluster and definition of its borders. **Methods.** The research was conducted on the basis of statistical data on dynamics of production of grain in agricultural organizations in the Nizhny Novgorod Region in a section of municipal units from 2013 to 2017. For justification of a cluster authors offer the approach consisting in allocation of the producers of grain forming 75 % of gross regional collecting in dynamics, drawing up rating of municipal units on the outputs, determination of frequency of entry into rating, group of municipal units on the frequency of occurrence and the analysis of operational performance in groups. **Results.** By results of the analysis authors established that the grain cluster of the Nizhny Novgorod region has to include such municipal units as Lyskovskiy, Dal'nekonstantinovskiy, Pochinkovskiy, Ardatovskiy, Spasskiy, Pavlovskiy, Shatkovskiy, Arzamasskiy, Gaginskiy, Bogorodskiy, Sechenovskiy, Sergachskiy, Krasnooktyabr'skiy, Bol'sheboldinskiy, Buturlinskiy, Pil'ninskiy districts which need to be united in three categories on level of production. The scientific novelty consists in author's approach to allocation of an intraregional grain cluster and allocation in it three categories according to their stability in a grain cluster: a cluster kernel (with average rating from 2.2 to 6.8) – participants of a cluster with the average level of stability (with average rating from 6.8 to 11.4) – for the poorly steady of participants of a cluster (with average rating from 11.4 to 11.6). **Keywords:** gross harvest, grain, grain farming, grain cluster, cluster, clustering, region, economic efficiency, sustainability.

References

1. Golovin N. A. Regional'naya spetsifika strukturnoy dinamiki razmeshcheniya i spetsializatsii zernovogo khozyaystva [Regional specifics of structural dynamics of placement and specialization of grain farm] // Vestnik Udmurtskogo gosuniversiteta. Seriya Ekonomika i pravo. 2015. T. 25. No. 1. Pp. 30–36. (In Russian.)
2. Khudyakova T. M., Grekova O. B., Kravchenko V. V. Predposylki formirovaniya zernopromyshlennogo klastera Voronezhskoy oblasti [Premises of forming of a grain cluster of the Voronezh region] // Izvestiya Voronezhskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. 2015. No. 3 (268). Pp. 199–203. (In Russian.)
3. Molchanova N. P., Molchanov I. N. Finansovyye aspekty zameshcheniya importa v Rossii: regional'nyy opyt sozdaniya klasterov [Financial aspects of import substitution in Russia: regional experience of creation of clusters] // Economics, taxes & law. 2016. T. 9. No. 2. Pp. 67–74. (In Russian.)
4. Maracha V. G. Setevaya organizatsiya i sistemnyye printsipy upravleniya vo vzaimootnosheniyakh innovatsionnogo biznesa i gosudarstva [Network organization and system principles of management in relations between innovative business and the state] // Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye. 2018. T. 14. No. 4. Pp. 1012–1019. (In Russian.)
5. Smagulova Zh. B. Zernovoy klaster Respubliki Kazakhstan: sostoyaniye, problemy i perspektivy [Grain cluster of the Republic of Kazakhstan: state, problems and prospects] // Aekonomika: ekonomika i sel'skoye khozyaystvo. 2016. No. 4 (12). P. 8. (In Russian.)
6. Avarskiy N. D., Fedotenkova O. A., Pronyayeva L. I., Romanenko R. G. Razvitiye vertikal'no-integrirovannykh marketingovykh sistem v structure zernoproduktovogo klastera [Development of the vertically integrated marketing systems in structure of a grain cluster] // Ekonomika, trud, upravleniye v sel'skom khozyaystve. 2017. No. 3 (32). Pp. 61–74. (In Russian.)
7. Altukhov A. I., Drokin V. V., Zhuravlev A. S. Ot strategii obespecheniya prodovol'stvennoy nezavisimosti k strategii povysheniya konkurentosposobnosti agroprodovol'stvennogo kompleksa [From the strategy of ensuring food independence to the strategy of increasing the competitiveness of the agro-food complex] // Ekonomika regiona. 2016. T. 12. No. 3. Pp. 852–864. (In Russian.)
8. Amirova E. F. Teoreticheskiye voprosy sushchnosti i struktury zernoproduktovogo podkompleksa APK [Theoretical issues of essence and structure of grain product sub-complex of agricultural complex] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 10. No. 4 (38). Pp. 5–9. (In Russian.)
9. Vinnichuk L. B., Altukhov A. I., Ivanov A. A., Makarenko G. L., Kukushkina E. E., Fedotova O. V., Pozubenkova E. I., Pozubenkov P. S., Ulanova O. I., Efimov A. M., Kotenev A. D., Evdoshenko V. V., Alekseyeva S. N., KHaritonova T. V., Savvateyeva S. A., Kukharev O. N., Semov I. N., Starostin I. A., Gaynullina M. K., Yakimov O. A. [et al.]. Problemy i perspektivy razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva [Problems and prospects of development of agro-industrial production: monograph]: monograph. Penza, 2014. 220 p. (In Russian.)
10. Plakhin A. E., Ogorodnikova E. S., Generalov I. G. Institutsional'nyye usloviya sozdaniya i metodicheskiye aspekty otsenki effektivnosti funktsionirovaniya klasterov: rossiyskiy i zarubezhnyy opyt [Institutional conditions of creation and methodical aspects of assessment of efficiency of functioning of clusters: Russian and foreign experience] // Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye. 2017. T. 6. No. 2 (19). Pp. 61–65. (In Russian.)
11. Sadekova N. Kh. Mesto klastera v structure regional'noy ekonomiki: sravnitel'naya kharakteristika Nizhegorodskoy oblasti i Respubliki Tatarstan [The place of a cluster in structure of regional economy: comparative characteristic of the Nizhny Novgorod Region and Republic of Tatarstan] // Aktual'nyye problem ekonomiki i prava. 2014. No. 4 (32). Pp. 183–189. (In Russian.)
12. Reshetov K. Yu. Rol' innovatsionnykh klasterov pri obespechenii konkurentosposobnosti otechestvennykh predprinimatel'skikh struktur v usloviyakh VTO [A role of innovative clusters when ensuring competitiveness of domestic enterprise structures in the conditions of the WTO] // Russian Journal of Entrepreneurship. 2014. No. 20 (266). Pp. 117–123. (In Russian.)
13. Grabova O. N., Myandin I. V., Savel'yev I. A. Klaster kak forma planomernosti razvitiya ekonomicheskikh struktur [Cluster as form of regularity of development of economic structures] // Ekonomika obrazovaniya. 2014. No. 3. Pp. 125–127. (In Russian.)
14. Altukhov A. I., Drokin V. V., Zhuravlev A. S. Prodovol'stvennaya bezopasnost' i importozameshcheniye – osnovnyye strategicheskiye zadachi sovremennoy agrarnopolitiki [Food security and import substitution - the main strategic objectives of modern agrarian policy] // Ekonomika regiona. 2015. No. 3 (43). Pp. 256–266. (In Russian.)
15. Altukhov A. I. Vosproizvodstvo v zernoproduktovom podkomplekse – osnova ego ustoychivogo funktsionirovaniya [Reproduction in grain product sub-complex - the basis of its stable functioning] // Niva Povolzh'ya. 2014. No. 1 (30). Pp. 2–12. (In Russian.)

Authors' information:

Ivan G. Generalov¹, senior lecturer of the department “Service”, ORCID 0000-0003-2195-8640, AuthorID 724843; +7 910 874-32-44

Sergey A. Suslov¹, candidate of economic sciences, associate professor of the department “Economics and automation of business processes”, AuthorID 531491; +7 910 134-19-80, nccmail4@mail.ru

¹ Nizhny Novgorod State Engineering and Economic University, Knyaginino, Russia

Особенности социально-экономического развития территорий южного макрорегиона в условиях пространственной конкуренции

Т. Г. Гурнович¹, Е. А. Остапенко²✉

¹ Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

✉ E-mail: helen_07-84@mail.ru

Аннотация. Цель работы – симметричное разделение факторов производства и неравномерное развитие территорий осложняет процесс урбанизации. В свою очередь, указанные явления могут в разной степени воздействовать на развитие территории, оживить конкуренцию. В связи с этим возникает необходимость определения границ эвентуальных различий в социальном и экономическом уровнях развития и возможных принципах выравнивания. Наряду с этим следует провести анализ и дать оценку экономике территории в целом, а также уделить внимание тем видам экономической деятельности, которые характеризуют ее специализацию. Кроме всего, выявить первостепенные направления и инструменты, которые помогут преодолеть диспропорциональное развитие территории. В статье на основе анализа отраслевой структуры валового регионального продукта рассматриваются особенности пространственного развития экономики и социальной сферы территорий южного макрорегиона России, выявлено их ассиметричное формирование, представлена типологизация территорий, предложены направления развития в условиях пространственных диспропорций. Для повышения устойчивости к процессам экономического кризиса территориям южного макрорегиона с ассиметричным развитием важно сохранить те сферы экономической деятельности, в которых регион является лидером, а также придерживаться обусловленного уровня диверсификации и специализации в доходных сегментах экономики. **Объектом** исследования являются социально-экономические процессы региона в условиях ассиметричного развития. **Фундаментальные** исследования российских и зарубежных ученых, посвященные проблемам региональной экономики, формируют теоретическую базу исследования. **Методы.** В исследовании применялись экспертный метод, метод ситуационного и сравнительного анализа, метод типологических группировок. Информационной и эмпирической базой являются фактические отчеты Федеральной службы государственной статистики и территориальных органов; исследования в области развития экономических систем регионов; аналитические обзоры и материалы научных конференций. **Результаты** исследования могут быть использованы при разработке стратегии экономической активизации территорий. В работе получены следующие новые **научные результаты:** разработана типология регионов по степени пропорциональности и динамике их социально-экономического развития; предложены мероприятия по реализации инвестиционных приоритетов южного макрорегиона для целей управления процессами экономической активизации территорий с использованием возможностей межрегионального взаимодействия.

Ключевые слова: регион, пространственная конкуренция, социально-экономическое развитие, территория, ассиметричное развитие, инвестиционные приоритеты, типологизация субъектов.

Для цитирования: Гурнович Т. В., Остапенко Е. А. Особенности социально-экономического развития территорий южного макрорегиона в условиях пространственной конкуренции // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 73–83. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-73-83.

Дата поступления статьи: 23.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Проблема неравномерного регионального развития в условиях пространственной конкуренции вызывает научные дискуссии, в которых имеют место полярно противоположные точки зрения решения данного вопроса. Некоторые экономисты считают, что необходимо проводить политику выравнивания территорий, другие – освободить регионы от нерентабельных предприятий и помогать населению мигрировать в более благополучные регионы.

Анализ развития территорий южного макрорегиона в условиях пространственной конкуренции позволил представить обобщенную характеристику основных результатов исследования.

Методология и методы исследования (Methods)

Целью исследования является формирование предложений и практических рекомендаций по совершенствованию механизмов сглаживания пространственных социально-экономических диспропорций в условиях пространственной конкуренции.

Таблица 1

Структура распределения валового регионального продукта Южного макрорегиона [3]

Наименование субъекта	Период	Всего	Сельское и лесное хозяйство	Рыболовство	Добыча полезных ископаемых	Обрабатывающие производства	Производство электроэнергии	Строительство	Оптовая и розничная торговля	Гостиницы	Транспорт и связь	Финансовая деятельность	Операции с недвижимостью	Государственное управление	Образование	Здравоохранение	Коммунальные услуги
Южный федеральный округ																	
Республика Адыгея	2007	100	16,9	0,0	1,9	13,0	2,0	9,9	20,0	1,0	4,0	0,1	4,9	10,9	6,0	7,0	1,0
	2010	100	14,1	0,1	1,3	13,5	3,1	5,4	19,7	0,6	10,1	0,0	6,4	11,1	6,3	7,1	1,4
	2018	100	15,8	0,1	1,3	12,9	3,3	6,3	18,2	0,5	9,2	0,1	7,2	10,1	6,6	6,9	1,5
Краснодарский край	2007	100	14,1	0,1	0,7	12,3	2,4	10,2	17,8	2,6	18,1	0,1	7,2	5,1	2,8	4,7	1,5
	2010	100	14,7	0,1	1,7	12,2	2,7	8,7	17,5	2,3	20,2	0,0	6,8	3,9	2,8	4,6	1,4
	2018	100	15,7	0,1	1,9	13,0	3,3	9,4	14,3	2,4	19,3	0,0	7,1	3,7	3,3	4,9	1,6
Астраханская область	2007	100	7,6	0,8	3,1	20,2	3,3	16,4	9,3	1,6	14,2	0,0	8,1	6,7	3,5	4,8	0,4
	2010	100	7,1	0,6	3,2	23,6	3,2	11,5	9,4	1,4	15,4	0,1	8,8	5,3	3,4	4,7	1,2
	2018	100	7,7	0,7	2,7	27,7	3,5	12,0	8,8	1,2	14,5	0,1	6,9	4,8	3,5	4,8	1,1
Волгоградская область	2007	100	9,9	0,1	4,9	25,9	3,0	4,9	15,9	1,0	8,0	0,3	9,9	4,9	3,0	4,0	1,0
	2010	100	9,3	0,1	7,2	27,7	4,6	3,5	15,2	0,6	8,3	0,1	10,3	4,4	2,6	3,8	1,1
	2018	100	9,5	0,1	6,8	26,6	6,2	5,9	16,2	0,8	8,4	0,1	8,1	3,7	2,5	3,6	1,0
Ростовская область	2007	100	11,1	0,1	1,2	20,5	4,1	8,5	21,2	1,3	9,3	0,5	7,9	5,3	3,4	3,8	1,3
	2010	100	11,4	0,1	1,2	18,7	4,6	7,7	22,4	1,2	10,1	0,6	7,8	4,5	3,4	4,1	1,3
	2018	100	12,8	0,1	1,1	18,6	5,4	6,4	23,2	1,1	10,2	0,7	7,9	3,8	3,8	3,6	1,3
Северо-Кавказский федеральный округ																	
Республика Дагестан	2007	100	17,5	0,0	1,1	4,2	1,4	17,3	23,8	2,6	12,3	0,0	2,8	6,1	5,1	3,5	1,6
	2010	100	20,8	0,1	1,0	5,2	1,8	13,1	22,7	1,7	14,0	0,0	2,7	4,8	5,7	3,6	1,8
	2018	100	23,5	0,1	1,9	5,8	2,1	12,6	19,8	1,6	14,2	0,0	2,6	4,1	5,7	3,6	2,4
Республика Ингушетия	2007	100	10,2	0,0	3,2	1,7	0,8	11,6	10,7	0,1	12,8	0,0	1,1	31,5	8,1	6,6	1,2
	2010	100	20,3	0,0	7,3	2,8	1,5	8,1	19,6	0,0	5,7	0,0	0,5	13,7	9,2	8,4	1,2
	2018	100	22,6	0,0	10,2	2,1	1,3	7,9	15,6	0,0	5,1	0,0	2,6	14,0	9,6	7,1	1,8
Кабардино-Балкарская Республика	2007	100	23,5	0,0	0,1	12,2	2,6	8,2	19,4	1,1	7,2	0,0	3,4	9,1	6,6	4,8	1,1
	2010	100	25,1	0,0	0,1	13,2	2,6	6,3	19,6	1,0	8,1	0,0	5,5	5,7	6,5	4,4	1,1
	2018	100	26,6	0,0	0,2	11,5	3,2	7,7	19,0	0,8	8,3	0,0	5,8	5,1	6,8	3,9	0,9
Карачаево-Черкесская Республика	2007	100	23,2	0,0	1,8	13,4	5,0	8,2	13,8	1,2	4,7	0,0	6,1	9,7	4,8	6,2	1,2
	2010	100	22,7	0,0	2,1	12,4	3,7	8,1	16,4	0,9	5,3	0,0	8,1	7,5	5,1	6,1	1,2
	2018	100	23,9	0,0	2,0	11,4	4,6	7,8	16,3	0,6	6,0	0,0	6,8	7,1	5,5	6,7	1,3
Республика Северная Осетия-Алания	2007	100	15,4	0,0	0,2	15,6	3,1	9,7	19,3	0,4	7,6	0,0	4,2	12,3	5,1	5,1	1,1
	2010	100	15,2	0,0	0,1	22,3	2,8	6,4	18,7	0,4	8,1	0,0	7,0	8,1	4,4	4,3	1,1
	2018	100	18,3	0,0	0,1	15,2	3,5	5,9	19,6	0,6	9,8	0,0	7,0	6,6	5,8	5,6	2,0
Чеченская Республика	2007	100	9,1	0,0	8,3	1,8	1,1	19,8	11,7	0,1	7,3	0,0	2,1	26,1	7,1	4,4	0,7
	2010	100	10,1	0,0	9,7	0,4	5,6	13,8	12,1	0,0	8,1	0,0	1,4	22,6	8,6	4,7	1,7
	2018	100	6,7	0,0	10,1	0,5	7,3	16,3	15,1	0,0	4,5	0,0	0,9	23,6	8,5	5,1	1,4
Ставропольский край	2007	100	16,7	0,0	1,1	14,2	5,1	7,1	19,2	1,5	10,5	0,0	5,7	6,8	4,1	6,3	1,2
	2010	100	14,1	0,0	2,7	15,1	6,1	7,1	17,7	1,5	13,4	0,2	5,6	5,1	4,1	5,8	1,1
	2018	100	15,2	0,1	2,1	14,6	6,9	5,4	17,1	1,5	14,9	0,3	6,1	4,4	4,3	6,0	1,1

Distribution structure of the gross regional product of the Southern macroregion [3]

Name of subject	Period	Total	Agriculture and forestry	Fishing	Mining	Manufacturing	Power generation	Construction	Wholesale and retail trade	Hotels	Transport and communications	Financial activities	Real estate operations	Public administration	Education	Healthcare	Utilities services
Southern Federal District																	
Republic of Adygea	2007	100	16.9	0.0	1.9	13.0	2.0	9.9	20.0	1.0	4.0	0.1	4.9	10.9	6.0	7.0	1.0
	2010	100	14.1	0.1	1.3	13.5	3.1	5.4	19.7	0.6	10.1	0.0	6.4	11.1	6.3	7.1	1.4
	2018	100	15.8	0.1	1.3	12.9	3.3	6.3	18.2	0.5	9.2	0.1	7.2	10.1	6.6	6.9	1.5
Krasnodar region	2007	100	14.1	0.1	0.7	12.3	2.4	10.2	17.8	2.6	18.1	0.1	7.2	5.1	2.8	4.7	1.5
	2010	100	14.7	0.1	1.7	12.2	2.7	8.7	17.5	2.3	20.2	0.0	6.8	3.9	2.8	4.6	1.4
	2018	100	15.7	0.1	1.9	13.0	3.3	9.4	14.3	2.4	19.3	0.0	7.1	3.7	3.3	4.9	1.6
Astrakhan region	2007	100	7.6	0.8	3.1	20.2	3.3	16.4	9.3	1.6	14.2	0.0	8.1	6.7	3.5	4.8	0.4
	2010	100	7.1	0.6	3.2	23.6	3.2	11.5	9.4	1.4	15.4	0.1	8.8	5.3	3.4	4.7	1.2
	2018	100	7.7	0.7	2.7	27.7	3.5	12.0	8.8	1.2	14.5	0.1	6.9	4.8	3.5	4.8	1.1
Volgograd region	2007	100	9.9	0.1	4.9	25.9	3.0	4.9	15.9	1.0	8.0	0.3	9.9	4.9	3.0	4.0	1.0
	2010	100	9.3	0.1	7.2	27.7	4.6	3.5	15.2	0.6	8.3	0.1	10.3	4.4	2.6	3.8	1.1
	2018	100	9.5	0.1	6.8	26.6	6.2	5.9	16.2	0.8	8.4	0.1	8.1	3.7	2.5	3.6	1.0
Rostov region	2007	100	11.1	0.1	1.2	20.5	4.1	8.5	21.2	1.3	9.3	0.5	7.9	5.3	3.4	3.8	1.3
	2010	100	11.4	0.1	1.2	18.7	4.6	7.7	22.4	1.2	10.1	0.6	7.8	4.5	3.4	4.1	1.3
	2018	100	12.8	0.1	1.1	18.6	5.4	6.4	23.2	1.1	10.2	0.7	7.9	3.8	3.8	3.6	1.3
North Caucasus Federal District																	
Republic of Dagestan	2007	100	17.5	0.0	1.1	4.2	1.4	17.3	23.8	2.6	12.3	0.0	2.8	6.1	5.1	3.5	1.6
	2010	100	20.8	0.1	1.0	5.2	1.8	13.1	22.7	1.7	14.0	0.0	2.7	4.8	5.7	3.6	1.8
	2018	100	23.5	0.1	1.9	5.8	2.1	12.6	19.8	1.6	14.2	0.0	2.6	4.1	5.7	3.6	2.4
Republic of Ingushetia	2007	100	10.2	0.0	3.2	1.7	0.8	11.6	10.7	0.1	12.8	0.0	1.1	31.5	8.1	6.6	1.2
	2010	100	20.3	0.0	7.3	2.8	1.5	8.1	19.6	0.0	5.7	0.0	0.5	13.7	9.2	8.4	1.2
	2018	100	22.6	0.0	10.2	2.1	1.3	7.9	15.6	0.0	5.1	0.0	2.6	14.0	9.6	7.1	1.8
Kabardino-Balkarian Republic	2007	100	23.5	0.0	0.1	12.2	2.6	8.2	19.4	1.1	7.2	0.0	3.4	9.1	6.6	4.8	1.1
	2010	100	25.1	0.0	0.1	13.2	2.6	6.3	19.6	1.0	8.1	0.0	5.5	5.7	6.5	4.4	1.1
	2018	100	26.6	0.0	0.2	11.5	3.2	7.7	19.0	0.8	8.3	0.0	5.8	5.1	6.8	3.9	0.9
Karachay-Cherkessia Republic	2007	100	23.2	0.0	1.8	13.4	5.0	8.2	13.8	1.2	4.7	0.0	6.1	9.7	4.8	6.2	1.2
	2010	100	22.7	0.0	2.1	12.4	3.7	8.1	16.4	0.9	5.3	0.0	8.1	7.5	5.1	6.1	1.2
	2018	100	23.9	0.0	2.0	11.4	4.6	7.8	16.3	0.6	6.0	0.0	6.8	7.1	5.5	6.7	1.3
Republic of North Ossetia-Alania	2007	100	15.4	0.0	0.2	15.6	3.1	9.7	19.3	0.4	7.6	0.0	4.2	12.3	5.1	5.1	1.1
	2010	100	15.2	0.0	0.1	22.3	2.8	6.4	18.7	0.4	8.1	0.0	7.0	8.1	4.4	4.3	1.1
	2018	100	18.3	0.0	0.1	15.2	3.5	5.9	19.6	0.6	9.8	0.0	7.0	6.6	5.8	5.6	2.0
Chechen Republic	2007	100	9.1	0.0	8.3	1.8	1.1	19.8	11.7	0.1	7.3	0.0	2.1	26.1	7.1	4.4	0.7
	2010	100	10.1	0.0	9.7	0.4	5.6	13.8	12.1	0.0	8.1	0.0	1.4	22.6	8.6	4.7	1.7
	2018	100	6.7	0.0	10.1	0.5	7.3	16.3	15.1	0.0	4.5	0.0	0.9	23.6	8.5	5.1	1.4
Stavropol region	2007	100	16.7	0.0	1.1	14.2	5.1	7.1	19.2	1.5	10.5	0.0	5.7	6.8	4.1	6.3	1.2
	2010	100	14.1	0.0	2.7	15.1	6.1	7.1	17.7	1.5	13.4	0.2	5.6	5.1	4.1	5.8	1.1
	2018	100	15.2	0.1	2.1	14.6	6.9	5.4	17.1	1.5	14.9	0.3	6.1	4.4	4.3	6.0	1.1

Теоретико-методологическая основа исследования данной статьи – фундаментальное и прикладное исследование отечественных и зарубежных ученых в области пространственной экономики, тематические публикации в периодических изданиях, посвященные проблеме социально-экономического развития региона. В ходе исследования использовались методы общего научного и специального характера: анализ, синтез, абстракция, индукция и дедукция.

Практическая значимость статьи заключается в востребованности ее отдельных положений при совершенствовании регионального механизма управления.

Результаты (Results)

Экономический кризис привел к спаду экономики регионов, в разной степени коснулся тех или иных ее сфер. С учетом отличительных особенностей социального экономического развития территорий негативным эффектом кризиса являются спад оборотов торговли, производство продукции обрабатывающей промышленности и сельского хозяйства.

На социально-экономическое развитие региона влияют такие виды экономической деятельности, которые имеют наибольший удельный вес в структуре валового регионального продукта (ВРП). В таблице 1 представлена отраслевая структура распределения ВРП Южного макрорегиона [1, с. 226; 2].

В рассматриваемом временном отрезке отмечена положительная динамика в сфере сельского хозяйства в республиках Адыгея, Дагестан, Карачаево-Черкесия, Кабардино-Балкария и Калмыкия. Увеличение удельного веса в валовом региональном продукте добывающих отраслей наблюдается в Чечне и Волгоградской области.

В Ставропольском крае отмечен рост производства и распределения электроэнергии, газа и воды. В Карачаево-Черкесской Республике удельный вес в структуре ВРП существенно уменьшился.

Оптовая и розничная торговля имеет наибольшую долю в валовом региональном продукте, однако и ее доля весьма снизилась, что может являться следствием динамичного развития сетевых структур, а также потери позиций малого бизнеса. Довольно стабильно растет удельный вес транспорта и связи в Краснодарском крае.

Здравоохранение и образование – это сферы, которые инвестируются из федерального и регионального бюджетов, поэтому имеют достаточно высокий удельный вес в структуре валового регионального продукта. В частности, это актуально для республик Ингушетия и Чечня.

Территориальное расположение регионов обуславливает отраслевое распределение инвестиций. В Краснодарском крае и Республике Адыгея в анализируемый период отмечается повышение финансирования инвесторами.

Консолидированные бюджеты территорий южного макрорегиона исполняются с дефицитом. Тенденцией становится рост налоговой задолженности перед бюджетом. Транспортная сфера, топливно-энергетический комплекс и виноделие являются аутсайдерами в части уплаты налогов.

Экономические проблемы негативно сказались на социальной стороне жизни в регионах. Статистика показы-

вает, что в южных регионах уровень безработицы в анализируемом периоде составляет 10 % от экономически активного населения. Причинами являются экономический спад, заставляющий работодателей уменьшать спрос на рабочую силу; внедрение новых технологий и оборудования, снижающее потребность в трудовых ресурсах; сезонные изменения в отдельных секторах экономики.

Органы власти реализуют комплекс мероприятий, направленных на реализацию инвестиционных приоритетов и снижение негативных процессов в регионах (рис. 1).

Анализ экономической ситуации территорий южного макрорегиона позволили выявить последствия экономического спада, в том числе снижение объемов производства выпускаемой продукции. Например, в Ростовской области количество убыточных организаций выросло на 10 % в сравнении с 2008 г. Количество производственных предприятий имеющие убытки увеличилось на 12 %.

В обозримом будущем территории южного макрорегиона будут отличаться диверсифицированным сельским хозяйством, пищевой, химической и легкой промышленностью, а также курортно-рекреационным комплексом. Для развития производственной деятельности немаловажно применение особенностей, характерных только для отдельного региона, а также учитывать приоритетные направления развития, которые невозможны на других территориях [4, с. 5; 5].

В условиях южного макрорегиона значительно увеличивается роль сельскохозяйственного и курортно-рекреационного комплексов, а также транспорта и связи (рис. 2).

Рациональное применение привилегий положения помогает динамично развиваться и совершенствоваться даже тем приграничным регионам, которые считаются не подающими перспектив. Типологизация регионов должна стать основой для разработки и проведения мероприятий по государственному регулированию экономики. Необходимо точно выявить однородные группы регионов и сформировать типологические классификации территорий по различным признакам.

Для целей исследования типы регионов определены в зависимости от степени пространственных асимметрий в экономике (рис. 3).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В исследовании выявлено, насколько ассиметрично развиваются территории южного макрорегиона, что дало возможность структурировать их по степени пропорциональности в отдельные типы [7, с. 46; 8, с. 92] (рис. 4).

Обнаруженные диспропорции в развитии отдельных видов экономической деятельности территорий позволили сделать вывод, что во многих регионах получило развитие один или два вида экономической деятельности, за исключением торговли. Отметим, что агропромышленный комплекс при наличии достаточного количества сервисных предприятий имеет потенциал увеличить объемы собственной продукции.

Мониторинг проекционных направлений социально-экономического развития территорий показывает, что экономически неблагоприятные территории в макрорегионе является следствием неравномерной адаптации территорий к рынку в новых рыночных условиях.



Рис. 1. Мероприятия по реализации инвестиционных приоритетов южного макрорегиона

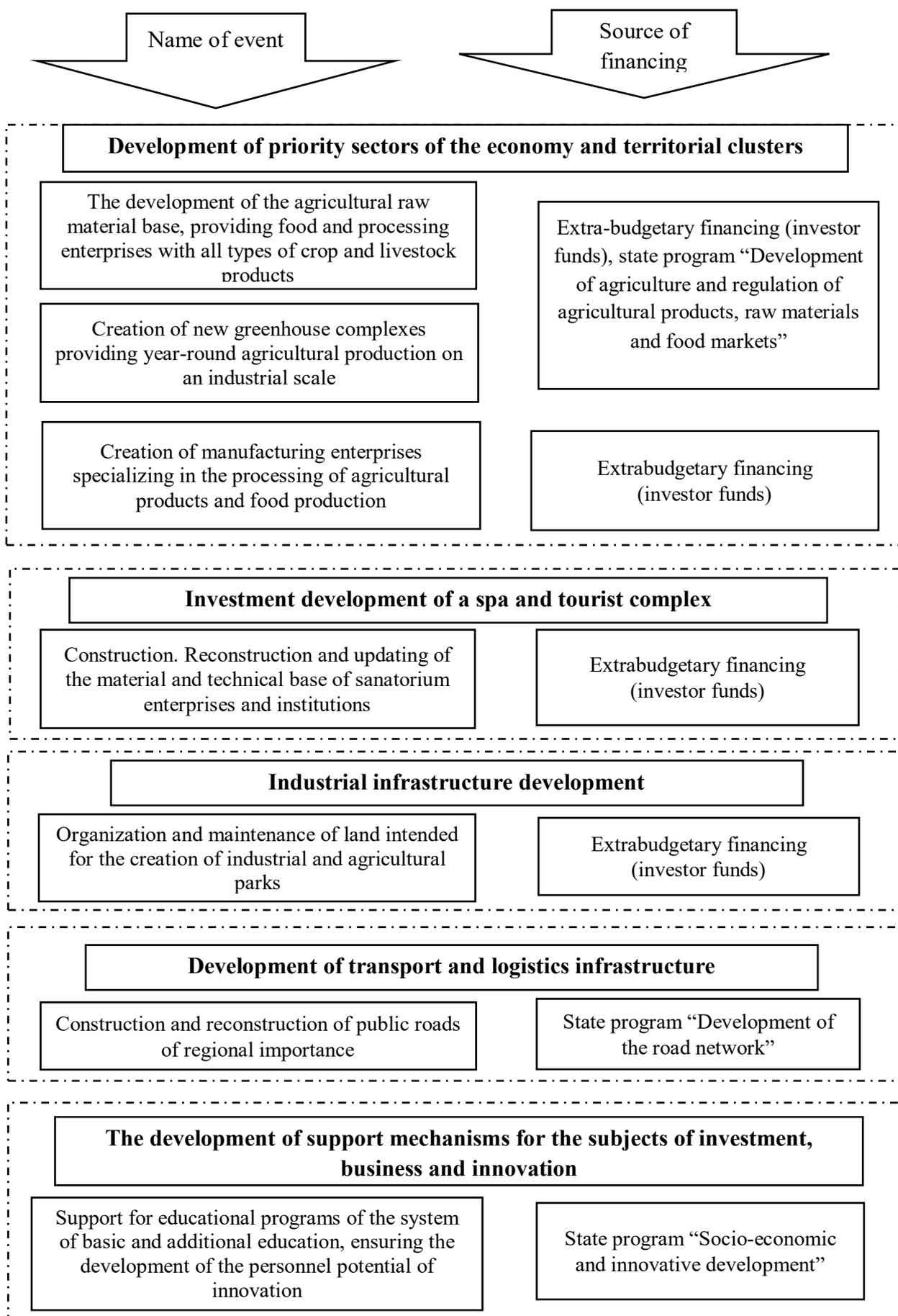


Fig. 1. Activities for the implementation of investment priorities of the southern macroregion

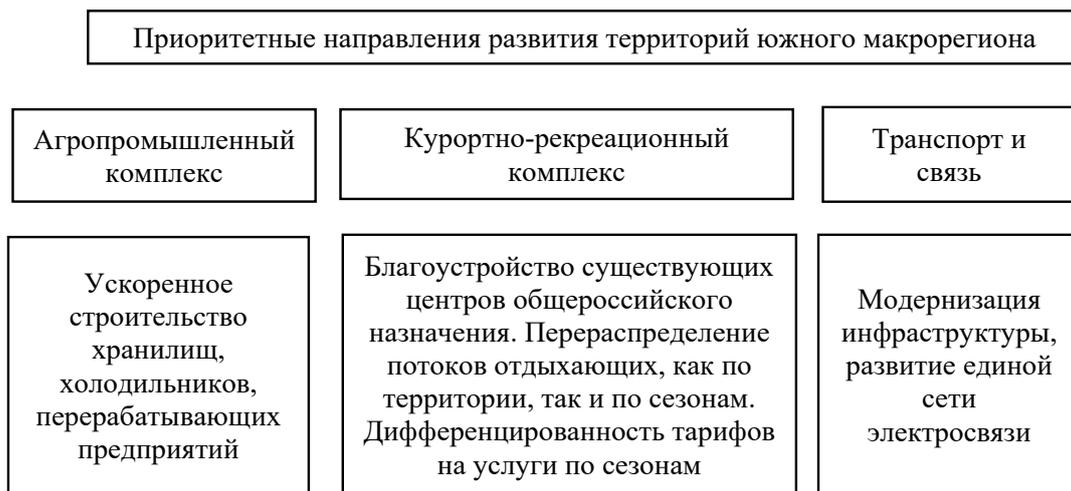


Рис. 2. Приоритетные направления развития

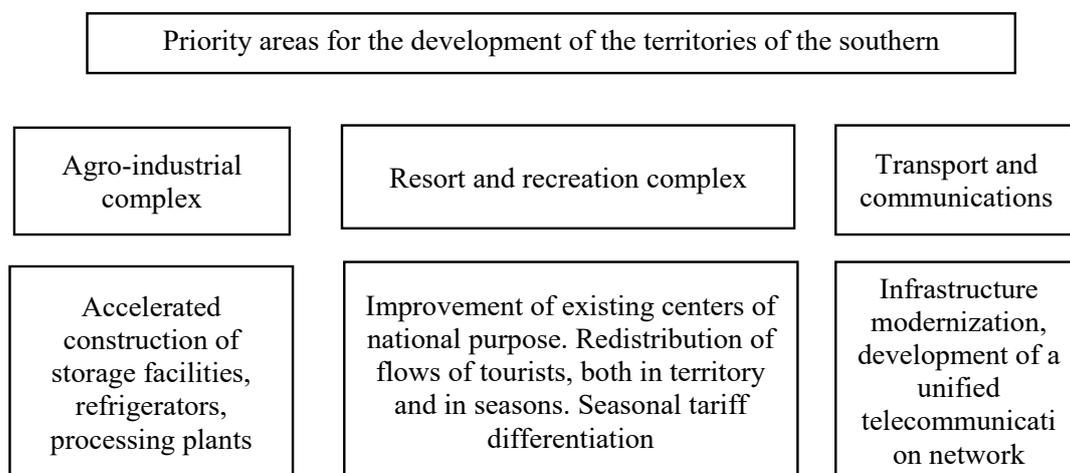


Fig. 2. Priority areas of development



Рис. 3. Типологизация регионов в зависимости от степени пространственных асимметрий

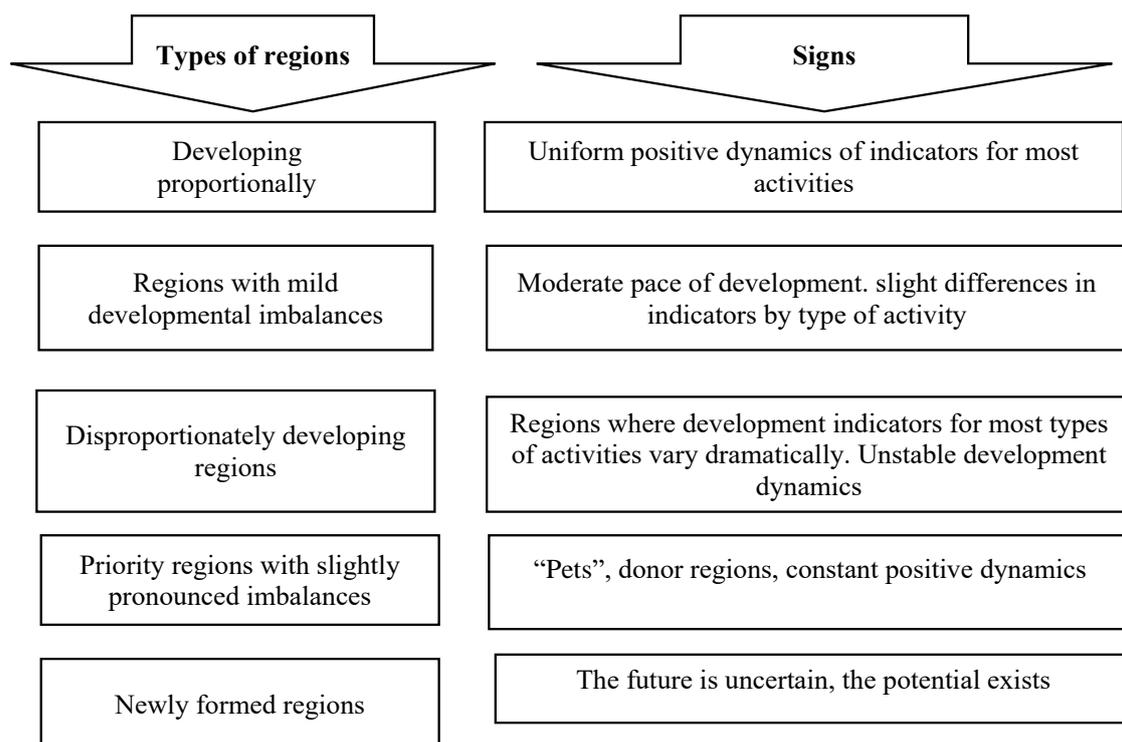


Fig. 3. Typology of regions depending on the degree of spatial asymmetries

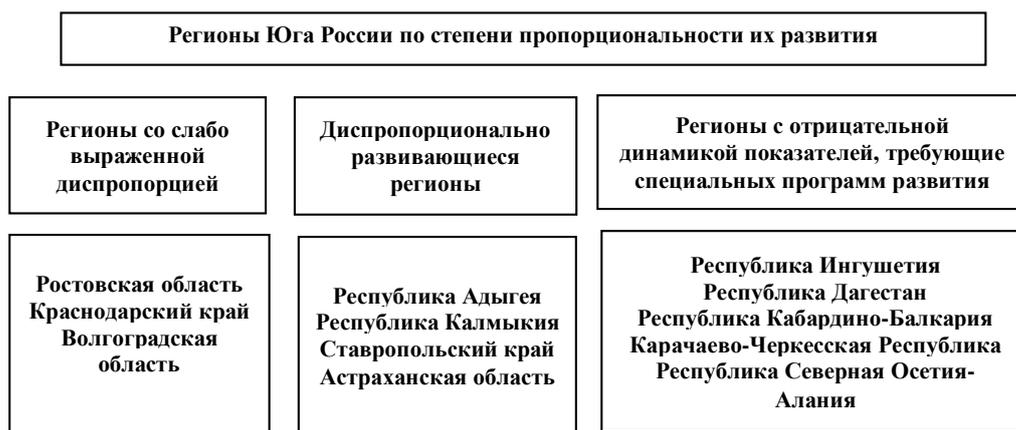


Рис. 4. Типологизация субъектов южного макрорегиона

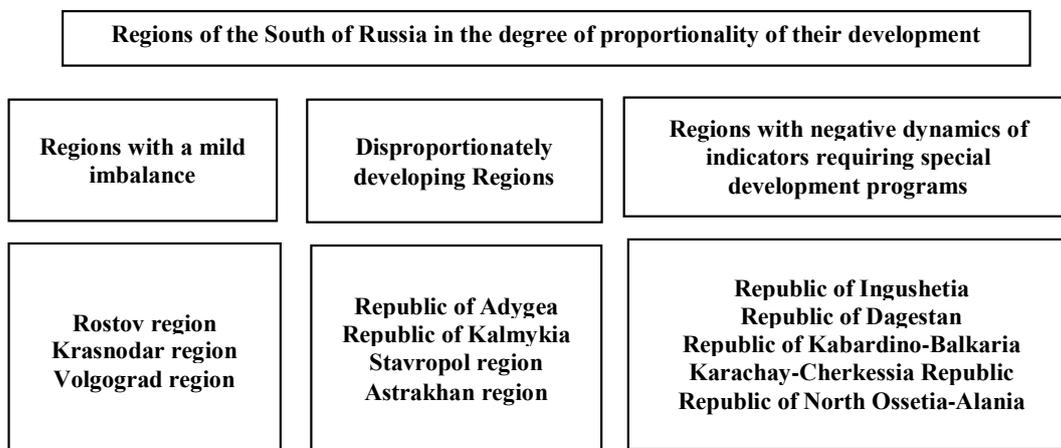


Fig. 4. Typologization of the subjects of the southern macroregion

Для повышения устойчивости к последствиям экономического кризиса территориям с диспропорциональным развитием необходимо диверсифицировать и специализировать деятельность в наиболее развитых и доходных отраслях экономики, но сохранить виды деятельности, в которых регион занимает лидирующие позиции.

Библиографический список

1. Зубаревич Н. В. Стратегия пространственного развития после кризиса. От больших проектов к индустриальной модернизации // Журнал новой экономической ассоциации. 2015. № 2. С. 226–230.
2. Стародубская И. Неформальные институты и радикальные идеологии в условиях институциональной трансформации [Электронный ресурс] // Экономическая политика. 2015. Т. 10. № 3. С. 68–88. DOI: 10.18288/1994-5124-2015-3-04. URL: <http://kniga.lib-i.ru/26ekonomika/289889-1-ekonomika-regiona-neformalnie-instituti-neformalnie-instituti-radikalnie-ideologii.php> (дата обращения: 28.10.2019).
3. Регионы России. Социально-экономические показатели: статистический сборник [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (дата обращения: 28.10.2019).
4. Ермоленко А. А. Субъектная целостность российской экономики: взгляд через призму теории интегрированных субъектов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия Экономика. 2018. Т. 20. № 2. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.2.1>.
5. Киргуев А. Т. Социально-экономическая политика субъекта Российской Федерации в условиях дезинтеграции хозяйственного пространства. Ростов-на-Дону: СКНЦ ВШ, 2016. 174 с.
6. Туркина О. В. Методы оценки и механизмы сглаживания пространственных диспропорций в социально-экономическом развитии регионов (на примере регионов юга России): автореф. дис. ... канд. экон. наук. СПб., 2014. 26 с.
7. Ханин Г. И. Экономический кризис 2010-х гг.: социально-политические истоки и последствия // Terra economicus. 2015. № 2. С. 46–56.
8. Ускова Т. В. Развитие региональных кластерных систем // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. № 1 (1). С. 92–104.
9. Гусейнов А. Г. Основные направления развития и подходы в теории региональной экономики в развитых западных странах // Фундаментальные исследования. 2014. № 8-1. С. 124–132.
10. Латышева Л. А., Гурнович Т. Г. Оптимизация системы управления финансовыми рисками в структурах аграрного предпринимательства: территориально-зональный подход // Экономика и предпринимательство. 2014. № 12-3 (53). С. 384–389.
11. Ермоленко А. А., Адаменко А. А. Характеристика виртуального компонента инфраструктурной платформы южно-макрорегиона, генерирующей предпринимательский потенциал // Социально-экономический ежегодник: сборник научных статей. Краснодар, 2016. С. 15–20.
12. Лисичкина Н. В., Голоктионова Ю. Г. Синергетика как способ решения проблемы прогнозирования динамики развития сложных социально-экономических систем [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. 2015. № 7-2. С. 413–417. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38710> (дата обращения: 28.10.2019).
13. Milovanova E., Morozova I., Molodyh V., Ostapenko E. Strategic supply chain planning of regional development in increased external instability conditions // International Journal of Supply Chain Management. 2018. Т. 7. No. 4. Pp. 330–336.
14. Milovanova E., Morozova I., Molodykh V., Ostapenko E. Strategic planning features of regional development in increased exogenous volatility conditions // Journal of Social Sciences Research. 2018. 4 (12), Pp. 515–520. DOI: 10.32861/jssr.412.515.520.
15. Berezhnuy V. I. Berezhnaya E. V., Berezhnaya O. V., Ostapenko E. A., Shatalova O. I. Methodology of application of the systematic and derivative analysis of the conditions of the local raw materials market development // Life Science Journal. 2018. 11 (8), Pp. 600–602.

Об авторах:

Татьяна Генриховна Гурнович¹, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры организации производства и инновационной деятельности, ORCID 0000-0001-5591-2486, AuthorID 179505; +7 989 262-24-00, gurnovich@inbox.ru
 Елена Анатольевна Остапенко², кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры финансового менеджмента и банковского дела, ORCID 0000-0002-6150-8030, AuthorID 106322; +7 906 461-80-21, helen_07-84@mail.ru

¹ Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

Peculiarities of social and economic development of the territories of the southern macroregion in the conditions of spatial competition

T. G. Gurnovich¹, E. A. Ostapenko²✉

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

² Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

✉ E-mail: helen_07-84@mail.ru

Abstract. The aim. The asymmetric separation of factors of production and uneven development of territories complicates the process of urbanization. In turn, these phenomena can, revitalize competition. For this reason, it is necessary to determine the boundaries of eventual differences in the social and economic levels of development and possible principles of alignment. Along with this, it is necessary to analyze and evaluate the economy of the territory as a whole, as well as pay attention to the types of economic activity that characterize its specialization. In addition, identify priority areas and tools that will help overcome the disproportionate of the territory. The article discusses the features of the spatial of the economy and the territories of the southern macroregion of Russia on the basis of the analysis of the sectoral structure, their asymmetric formation is revealed, the typology of territories is presented, development directions in the conditions of spatial imbalances are proposed. To increase resistance to the processes of the economic crisis, the territories of the southern macroregion with asymmetric development, one should adhere to the stipulated level of diversification and specialization in the developed and profitable segments of the economy. It is especially important to preserve those areas of economic activity in which the region is a leader or participant in local markets. **The object** of research is the processes of spatial differentiation in the socio-economic development of the territories of the southern macroregion in the conditions of spatial competition. The theoretical base is the fundamental research of Russian and foreign scientists on the problems of the regional economy. **Methods.** The study used the expert method, the method of situational and comparative analysis, the method of typological groupings. The information and empirical basis are the actual reports of the Federal State Statistics Service and territorial bodies; research in the development of regional economic systems; analytical reviews and materials of scientific conferences. **The results** of the study can be used to develop a strategy for economic activation of territories. **Scientific novelty.** The following new scientific results were obtained in the work: a typology of regions was developed according to the degree of proportionality and the dynamics of their socio-economic development; measures are proposed to implement the investment priorities of the southern macro-region for the purpose of managing the processes of economic activation of territories using the opportunities of inter-regional interaction.

Keywords: region, spatial competition, socio-economic development, territory, asymmetric development, investment priorities, typologization of subjects.

For citation: Gurnovich T. G., Ostapenko E. A. Osobennosti sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territoriy yuzhnogo makroregiona v usloviyakh prostranstvennoy konkurentsii [Peculiarities of social and economic development of the territories of the southern macroregion in the conditions of spatial competition] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 73–83. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-73-83. (In Russian.)

Paper submitted: 23.10.2019.

References

1. Zubarevich N. V. Strategiya prostranstvennogo razvitiya posle krizisa. Ot bol'shikh proyektov k industrial'noy modernizatsii [Spatial development strategy after the crisis. From large projects to industrial modernization] // The Journal of the New Economic Association. 2015. No. 2. Pp. 226–230. (In Russian.)
2. Starodubskaya I. Neformal'nyye instituty i radikal'nyye ideologii v usloviyakh institutsional'noy transformatsii [Informal institutions and radical ideologies in the context of institutional transformation] // Economic Policy. 2015. T. 10. No. 3. Pp. 68–88. DOI: 10.18288/1994-5124-2015-3-04. URL: <http://kniga.lib-i.ru/26ekonomika/289889-1-ekonomika-regiona-neformalnie-instituti-neformalnie-instituti-radikalnie-ideologii.php> (appeal date: 28.10.2019). (In Russian.)
3. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskiye pokazateli: statisticheskiy sbornik [Regions of Russia. Socio-Economic Indicators: Statistical Digest] // Oficial'nyj sayt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki Ofitsial'nyy sayt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki. i [e-resource]. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156 (appeal date: 28.10.2019). (In Russian.)
4. Ermolenko A. A. Sub'yektnaya tselostnost' rossiyskoy ekonomiki: vzglyad cherez prizmu teorii integrirovannykh sub'yektov [The subjective integrity of the Russian economy: a view through the prism of the theory of integrated entities] // Science Journal of VolSU. Global Economic System. 2018. T. 20. No. 2. Pp. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2018.2.1>. (In Russian.)

5. Kirguyev A. T. Sotsial'no-ekonomicheskaya politika sub'yekta Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh dezintegratsii khozyaystvennogo prostranstva [Socio-economic policy of the subject of the Russian Federation in the conditions of disintegration of the economic space]. Rostov-on-Don: SKNTS VSH, 2016. 174 p. (In Russian.)
6. Turkina O.V. Metody otsenki i mekhanizmy sglazhivaniya prostranstvennykh disproportsiy v sotsial'no-ekonomicheskom razvitiy regionov (na primere regionov yuga Rossii) [Assessment methods and mechanisms for smoothing spatial imbalances in the socio-economic development of regions (on the example of the regions of southern Russia)]: abstract of dis. ... cand. econ. sciences. Saint Petersburg, 2014. 26 p. (In Russian.)
7. Khanin G. I. Ekonomicheskiy krizis 2010-kh gg.: sotsial'no-politicheskiye istoki i posledstviya [The economic crisis of the 2010s: socio-political origins and consequences] // Terra economicus. 2015. No. 2. Pp. 46–56. (In Russian.)
8. Uskova T. V. Razvitiye regional'nykh klasternykh sistem [The development of regional cluster systems] // Economic and social changes: facts, trends, forecast. 2018. No. 1 (1). Pp. 92–104. (In Russian.)
9. Guseynov A. G. Osnovnyye napravleniya razvitiya i podkhody v teorii regional'noy ekonomiki v razvitykh zapadnykh stranakh [The main directions of development and approaches in the theory of regional economics in developed Western countries] // Fundamental'nyye issledovaniya. 2014. No. 8-1. Pp. 124–132. (In Russian.)
10. Latysheva L. A., Gurnovich T. G. Optimizatsiya sistemy upravleniya finansovymi riskami v strukturakh agrarnogo predprinimatel'stva: territorial'no-zonal'nyy podkhod [Optimization of the financial risk management system in the structures of agricultural entrepreneurship: a territorial-zonal approach] // Journal of Economy and entrepreneurship. 2014. No. 12-3 (53). Pp. 384–389. (In Russian.)
11. Ermolenko A. A., Adamenko A. A. KHarakteristika virtual'nogo komponenta infrastrukturnoy platformy yuzhnogo makroregiona, generiruyushchey predprinimatel'skiy potentsial [Description of the virtual component of the infrastructure platform of the southern macroregion generating entrepreneurial potential] // Sotsial'no-ekonomicheskiy ezhegodnik: sbornik nauchnykh statey. Krasnodar, 2016. Pp. 15–20. (In Russian.)
12. Lisichkina N. V., Goloktionova Ju. G. Sinergetika kak sposob resheniya problemy prognozirovaniya dinamiki razvitiya slozhnykh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem [Synergetics as a way to solve the problem of forecasting the dynamics of the development of complex socio-economic systems] [e-resource] // Fundamental'nyye issledovaniya. 2015. No. 7-2. Pp. 413–417. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=38710>. (appeal date: 28.10.2019). (In Russian.)
13. Milovanova E., Morozova I., Molodyh V., Ostapenko E. Strategic supply chain planning of regional development in increased external instability conditions // International Journal of Supply Chain Management. 2018. T. 7. No. 4. Pp. 330–336.
14. Milovanova E., Morozova I., Molodykh V., Ostapenko E. Strategic planning features of regional development in increased exogenous volatility conditions // Journal of Social Sciences Research. 2018. 4 (12), Pp. 515–520. DOI: 10.32861/jssr.412.515.520.
15. Berezhnuy V. I. Berezhnaya E. V., Berezhnaya O. V., Ostapenko E. A., Shatalova O. I. Methodology of application of the systematic and derivative analysis of the conditions of the local raw materials market development // Life Science Journal. 2018. 11 (8), Pp. 600–602.

Authors' information:

Tatyana G. Gurnovich¹, doctor of economics, professor, professor of the department of organization of production and innovation, ORCID 0000-0001-5591-2486, AuthorID 179505; +7 989 262-24-00, gurnovich@inbox.ru

Elena A. Ostapenko², candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of financial management and banking, ORCID 0000-0002-6150-8030, AuthorID 106322; +7 906 461-80-21, helen_07-84@mail.ru

¹ Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Krasnodar, Russia

² Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

Local budgets of municipal districts of rural type

E. B. Dvoryadkina¹✉, O. A. Belikova²

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: elena.dvoryadkina@yandex.ru

Abstract. The topicality of this article is due to firstly, the need to study local budgets as a factor in the economic growth of rural municipal districts and as a component of the economic basis of local self-government; secondly, the presence of problems in the formation and execution of local budgets of rural municipalities due to their inherent features. In the budget system structure, based on the criteria of the municipal structure, there are distinguished various types of local budgets, among which the largest group is the local budgets of rural municipalities, combining local budgets of municipalities and local budgets of rural settlements. Local budgets of rural municipalities are components of a regional financial system. **The purpose** of the study is to assess trends and development factors of local budgets of rural municipalities against the background of a set of local budgets. **Research methods:** allocation and justification of the features of rural municipalities in the financial aspect, affecting the formation and execution of their local budgets; a method of structural analysis of indicators of local budgets of municipal districts and local budgets of rural settlements in the context of such components as budget revenues, budget expenditures, budget deficits, which allows us to assess the extent of their presence in the corresponding aggregate of local budgets. **The results** of the study and their scientific novelty: confirmation of the hypothesis on the development trends of local budgets of rural municipalities against the background of local budgets of other types of municipalities: there are trends in the reduction of income and expenditures of local budgets of municipalities and rural settlements in the general indicators of local budgets, against the background of the trend strengthening the imbalance of local budgets of rural municipalities.

Keywords: rural municipality, local budget, rural settlement, municipal district.

For citation: Dvoryadkina E. B., Belikova O. A. Local budgets of municipal districts of rural type // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 84–88. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-84-88.

Paper submitted: 07.06.2019.

Introduction

The problems of the formation and execution of local budgets, on the one hand, as a factor of the economic growth of a municipality, on the other hand, as a component of the economic basis of local self-government, are invariably relevant. In modern conditions that are characterized by the emergence of new trends in economic development associated with new industrialization, digitalization of the economy, local budgets continue to retain their importance to ensure the solution of issues of local importance by local governments. Among the types of municipalities that exist in the Russian Federation, we especially single out municipal areas and rural settlements, which are combined in such a complex concept as rural municipal districts [20, p. 85].

The dynamics of the number of rural municipalities in the Russian Federation is presented in table 1.

In general, there is a negative trend in the number of municipalities – over the period under review, the number of municipalities decreased by 1962 units, and this reduction was most active due to rural settlements, the number of which decreased by 1819 units. This trend is due to the processes of transformation of the municipal structure: the transformation (unification) and the abolition of municipalities. At the same time, there was done work on the delimitation of powers between local government at different levels and state authori-

ties, as well as on securing the appropriate sources of income for them.

The current version of the Federal Law “About the General Principles of the Organization of Local Self-Government in the Russian Federation” refers to the jurisdiction of municipalities 40 issues of local importance, and to the conduct of rural settlements – only 13.

Methods

Modern scientists study various problems and issues of the formation and execution of local budgets of various types of municipalities. L. I. Pronina [11; 12] presents problems of autonomy of regions and municipalities, including financial aspects, as well as directions for the effective implementation of the federalism principles and subsidiarity in inter-budget relations at the level of regions and municipalities in articles. V. V. Levina [8; 9] analyzes features of managing the balance of local budgets in conditions of financial instability. Setting priority tasks for managing budgetary resources, including strengthen the revenue potential of regional and local budgets is devoted study of D. A. Artemenko, M. R. Pinskaya and E. V. Porollo [19]. T. V. Sumsokoi [13, 14] characterizes actual problems and features of the formation of local budgets, as well as directions for their use.

From the standpoint of the local government problems, including its territorial organization, there are the works

The dynamics of the number of municipalities of the rural type in the Russian Federation

	<i>Rural-type municipalities</i>		
	<i>Total</i>	<i>Including</i>	
		<i>Municipal areas</i>	<i>Rural settlements</i>
<i>on 1.01.2010</i>	23 907	1 829	19 591
<i>on 1.01.2011</i>	23 304	1 824	18 996
<i>on 1.01.2012</i>	23 118	1 821	18 833
<i>on 1.01.2013</i>	23 001	1 817	18 722
<i>on 1.01.2014</i>	22 777	1 815	18 525
<i>on 1.01.2015</i>	22 923	1 823	18 564
<i>on 1.01.2016</i>	22 406	1 788	18 177
<i>on 1.01.2017</i>	22 327	1 784	18 101
<i>on 1.01.2018</i>	21 945	1 758	17 772
<i>Change, units</i>	-1 962	-71	-1 819

Note: the table is compiled by [15; 16].

of A. N. Adukova [1], R. V. Babuna [2], E. M. Buchwald, N. V. Voroshilov [3; 4]. The financial and budgetary aspects of the sustainable development of rural territories were investigated by T. V. Yurchenko [17; 18], L. P. Voronina [5]. Analysis of publications on the topic of our study allows us to conclude that insufficient attention is paid to the study of trends and development factors of local budgets of rural municipalities in the system of local budgets.

The purpose of the study is to assess trends and development factors of local budgets of rural municipalities against the background of a set of local budgets.

Results

Municipal districts of the rural type in the financial aspect are characterized by the following features.

Firstly, due to the fact that rural municipalities are usually peripheral territories, the level of concentration of financial resources in them is low.

Secondly, the tax potential of municipalities of a rural type is less developed compared to municipalities of an industrial type, especially the largest and large cities, since the bulk of large taxpayers – industrial enterprises, as well as organizations of other types of economic activity are concentrated on the territory of cities of this type, and the main number of payers of tax on personal income. The economic space of rural municipalities is less saturated with objects that form the tax potential.

Thirdly, rural municipalities have less developed opportunities for generating non-tax revenues of local budgets, as forms of using municipal property are implemented more passively in comparison with other types of municipal districts.

Fourthly, rural-type municipalities are characterized by a low degree of financial independence, which is manifested in the presence of higher values of subsidized indicators in the structure of their local budget revenues compared with other types of municipalities.

Fifthly, rural municipalities, unfortunately, are not areas of banking development, since there are few large economic agents on their territory that are demanding banking services, credit resources, etc.

Sixthly, rural settlements as representatives of rural municipalities are actively using the financial mechanism of self-taxation of citizens, in contrast to large municipalities. The

use of self-taxation in small municipalities contributes to a more effective solution to the issues of development and arrangement of specific territories.

Let us imagine the position of budgets of rural municipalities in the structures of regional financial and budget subsystems using statistical indicators (table 2).

Discussion and Conclusion

The situation of local budgets of rural municipalities against the background of local budgets is characterized by the following circumstances.

Firstly, the share of local rural budgets in the total amount of local budgets in the reporting period is relatively stable, there are no significant structural changes, however, a trend should be noted for a decrease in the share of local budgets of rural settlements (in 6 federal districts) and a trend for a decrease in the specific weight of local budgets of municipal districts (in 5 federal districts). There is an increase in the share of local budgets of other types of municipalities.

Secondly, the budgets of rural municipalities continue to be unbalanced during the period under review, expenses consistently exceed revenues, which significantly complicates the solution of local issues by local authorities of municipalities and rural settlements, and the imbalance of local budgets is increasing, as evidenced by the corresponding deficit indicators

Thirdly, as rural municipalities, on the whole, have limited possibilities for forming a financial base that ensures the independence of local self-government, it is precisely in rural municipalities that such a financial instrument is used more actively than other types of municipalities: self-taxation of citizens. According to the Ministry of Finance of the Russian Federation, self-taxation of citizens was introduced in 2017 in the territories of 1,687 municipalities, which is 7.6 % of the total number of municipalities (in 2016, 35 regions, 1,567 municipalities). According to the data of the constituent entities of the Russian Federation, almost the entire volume (99.2 %) of self-taxation proceeds in 2017 came from settlements, out of the total amount of self-taxation funds 86.6 % went to the budgets of rural settlements and 12.6 % to the budgets of urban settlements. Federal Law of December 5, 2017 No. 389-FL “About Amending Articles 25.1 and 56 of the Federal Law”, “About General Principles of Local Self-Government in the Russian Federation”, provides for the possibility of introduc-

Table 2

Local budgets of municipal districts and rural settlements in 2010–2017, million rubles

Indexes	2010 year			2017 year		
	Income	Expenses	Deficit (-), surplus (+)	Income	Expenses	Deficit (-), surplus (+)
Central Federal District						
Local budgets, total	418 647	436 534	-17 887	703 013	729 663	-26 650
Including:						
Municipal budget	186 676	192 905	-6 229	305 395	314 282	-8 887
Specific weight, %	44.6	44.2	34.8	43.4	43.1	33.3
Rural budgets	21 970	22 751	-781	38 715	41 721	-3 006
Specific weight, %	5.2	5.2	4.4	5.5	5.7	11.3
Northwestern Federal District						
Local budgets, total	185 974	194 272	-8 298	263 827	274 142	-10 315
Including:						
Municipal budget	81 731	84 627	-2 896	107 534	109 176	-1 642
Specific weight, %	44.0	43.6	34.9	40.8	39.8	15.9
Rural budgets	10 202	10 375	-173	12 070	13 159	-1 089
Specific weight%	5.5	5.3	2.1	4.6	4.8	10.6
Southern Federal District						
Local budgets, total	193 323	205 697	-12 374	336 548	348 099	-11 551
Including:						
Municipal budget	75 473	79 222	-3 749	140 045	142 689	-2 644
Specific weight, %	39.0	38.5	30.3	41.6	41.0	22.9
Rural budgets	14 097	15 298	-1201	19 516	21 252	-1 736
Specific weight, %	7.3	7.4	9.7	5.8	6.1	15.0
North Caucasus Federal District						
Local budgets, total	94 069	96 855	-2 786	154 620	166 777	-12 157
Including:						
Municipal budget	50 679	50 895	-216	88 697	98 165	-9 468
Specific weight, %	53.9	52.5	7.8	57.4	58.9	77.9
Rural budgets	7 342	7 425	-83	8 770	8 844	-74
Specific weight, %	7.8	7.7	3.0	5.7	5.3	0.6
Volga Federal District						
Local budgets, total	386 936	399 447	-12 511	586 406	604 605	-18 199
Including:						
Municipal budget	170 149	172 542	-2 393	243 996	248 582	-4 586
Specific weight, %	44.0	43.2	19.1	41.6	41.1	25.2
Rural budgets	22 439	21 826	613	28 294	29 259	-965
Specific weight, %	5.8	5.5	-	4.8	4.8	5.3
Ural Federal District						
Local budgets, total	293 587	302 256	-8 669	500 737	515 767	-15 030
Including:						
Municipal budget	84 933	85 915	-982	139 778	144 230	-4 452
Specific weight, %	28.9	28.4	11.3	27.9	28.0	29.6
Rural budgets	7 757	7 863	-106	13 546	13 871	-325
Specific weight, %	2.6	2.6	1.2	2.7	2.7	2.2
Siberian Federal District						
Local budgets, total	367 220	375 786	-8 566	535 260	554 665	-19 405
Including:						
Municipal budget	142 417	143 441	-1 024	216 681	219 882	-3 201
Specific weight, %	38.8	38.2	12.0	40.5	39.6	16.5
Rural budgets	17 146	17 466	-320	24 769	25 661	-892
Specific weight, %	4.7	4.6	3.7	4.6	4.6	4.6
Far Eastern Federal District						
Local budgets, total	186 148	193 815	-7 667	307 091	317 344	-10 253
Including:						
Municipal budget	80 596	83 890	-3 294	117 571	118 889	-1 318
Specific weight%	43.3	43.3	43.0	38.3	37.5	12.9
Rural budgets	10 331	10 447	-146	15 153	15 561	-408
Specific weight, %	5.5	5.4	1.9	4.9	4.9	4.0

Note: the table is compiled by: Formation of local self-government in the Russian Federation on January 1, 2018: Bulletin of the Federal State Statistics Service. Moscow, 2018; The formation of local government in the Russian Federation on January 1, 2010: Bulletin of the Federal State Statistics Service. Moscow., 2010 // Official website of the Federal State Statistics Service <http://www.gks.ru>.

ing self-taxation not only in the entire municipality, but also in the territory of a separate population center paragraph on the gathering of citizens [7].

Fourthly, in the context of a constant deficit of local budgets, rural municipalities do not have the ability to form development budgets. Inter-budget transfers make a significant share of their income. The budgetary provision of rural municipalities is lower in comparison with other municipalities.

In the medium term, financial factors related to the sphere of inter-budgetary relations will be determined by the solution of tasks in such areas as:

- assistance in balancing the budgets of entities and local budgets;
- reduction of federal regulation of the tax base of the regions;

- improving the efficiency of budget expenditures and budget consolidation;
- creating predictable, transparent and comfortable conditions for the provision of financial assistance.

In general, since the local budgets of rural municipalities are also subject to a significant influence of regional factors, the functioning of mechanisms for solving such problems, such as: improvement of intergovernmental relations; development of the revenue base of local budgets; expansion of the program-targeted approach in the formation of the regional budget. In addition, current trends in the development of relations in the field of public finance impose new requirements on the composition and quality of information on the financial activities of municipalities, as well as on the transparency of information on the results of their activities.

References

1. Adukova A. N. Sovershenstvovaniye mestnogo samoupravleniya kak bazovoye usloviye sel'skogo razvitiya [Improving local government as a basic condition for rural development] // *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2016. No. 12. Pp. 80–85. (In Russian.)
2. Babun R. V. Territorial'naya organizatsiya mestnogo samoupravleniya: sistemnyy podkhod [Territorial organization of local government: a systematic approach] // *Munitsipal'noe pravo*. 2016. No. 1. Pp. 2–7. (In Russian.)
3. Bukhval'd E. M., Voroshilov N. V. Aktual'nye voprosy razvitiya municipal'nykh obrazovaniy i reformirovaniya instituta mestnogo samoupravleniya [Actual issues of the development of municipalities and the reform of the institution of local self-government] // *Economic and social changes: facts, trends, forecast*. 2018. T. 11. No. 1. Pp. 132–147. (In Russian.)
4. Bukhval'd E. M., Pechenskaya M. A. Vozmozhnosti mestnykh byudzhetrov pri realizatsii munitsipal'nykh strategiy razvitiya [Opportunities of local budgets in the implementation of municipal development strategies] // *Problems of territory's development*. 2017. No. 4 (90). Pp. 37–50. (In Russian.)
5. Voronina L. P. Finansovo-ekonomicheskoe obespechenie polnomochiy sel'skikh poseleniy [Financial and economic support for the authority of rural settlements] // *Munitsipalitet: ekonomika i upravleniye*. 2013. No. 1. Pp. 74–82. (In Russian.)
6. Dvoryadkina E. B., Belikova O. A., Aragilyan I. V. Byudzhety sel'skikh territoriy v strukture regional'nykh finansovo-byudzhetykh podsystem [Budgets of rural territories in the structure of regional financial and budgetary subsystems] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2015. No. 3. Pp. 48–53. (In Russian.)
7. Informatsiya o rezul'tatakh provedeniya monitoringa ispolneniya mestnykh byudzhetrov i mezhyudzhetykh otnosheniy v sub'ektakh Rossiyskoy Federatsii na regional'nom i munitsipal'nom urovnyakh za 2017 god [Information on the results of monitoring the implementation of local budgets and intergovernmental relations in the constituent entities of the Russian Federation at the regional and municipal levels for 2017] [e-resource] // *Ofitsial'nyy sayt Ministerstva finansov Rossiyskoy Federatsii*. URL: https://www.minfin.ru/ru/performance/regions/monitoring_results/Monitoring_local/results/ (appeal date: 15.04.2019). (In Russian.)
8. Levina V. V. Osobennosti upravleniya sbalansirovannost'yu mestnykh byudzhetrov v usloviyakh finansovoy nestabil'nosti [Features of managing the balance of local budgets in the context of financial instability] // *The manager*. 2015. No. 3. Pp. 12–17. (In Russian.)
9. Levina V. V. Mestnyye finansy v novoy situatsii [Local finance in a new situation] // *EKO*. 2018. No. 10. Pp. 153–170. (In Russian.)
10. Ob utverzhdenii Strategii ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda: Rasporyazheniye Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 02.02.2015 g. No. 151-r [About the approval of the Strategy for the Sustainable Development of Rural Territories of the Russian Federation for the period until 2030: order of the government of the Russian Federation] // *Konsul'tant-Plyus: Spravochnaya pravovaya sistema* (In Russian.)
11. Pronina L. I. Regiony i munitsipalitet: problemy, reformirovaniye, finansirovaniye v sovremennykh usloviyakh Rossii [Regions and municipalities: problems, reform, financing in modern conditions of Russia] // *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*. 2017. T. 1. No. 8. Pp. 14–25. (In Russian.)
12. Pronina L. I. Munitsipalitet: nalogi, mezhyudzhetye transferty iz federal'nogo byudzheta v 2018–2020 gg. [Municipalities: taxes, intergovernmental transfers from the federal budget in 2018–2020] // *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya*. 2017. T. 2. No. 12. Pp. 10–16. (In Russian.)
13. Sumskaya T. V. Osnovnyye problemy formirovaniya mestnykh byudzhetrov v Rossiyskoy Federatsii [The main problems of formation of local budgets in the Russian Federation] // *Pravovestnik*. 2018. No. 2 (4). Pp. 44–48. (In Russian.)
14. Sumskaya T. V. Osobennosti formirovaniya i napravleniy ispol'zovaniya mestnykh byudzhetrov v Rossiyskoy Federatsii [Features of the formation and use of local budgets in the Russian Federation] // *Interekspo Geo-Sibir'*. 2018. T. 1. No. 3. Pp. 100–109. (In Russian.)

15. Formirovaniye mestnogo samoupravleniya v Rossiyskoy Federatsii na 1 yanvarya 2010 g.: Byulleten' Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki. [Formation of local self-government in the Russian Federation as of January 1, 2010: Bulletin of the Federal State Statistics Service] [e-resource] // Ofitsial'nyy sayt Federal'noe sluzhby gosudarstvennoe statistiki. URL: <https://www.gks.ru/compendium/document/13263> (appeal date: 15.04.2019). (In Russian.)
16. Formirovaniye mestnogo samoupravleniya v Rossiyskoy Federatsii na 1 yanvarya 2018 g.: Byulleten' Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki. [Formation of local self-government in the Russian Federation as of January 1, 2018: Bulletin of the Federal State Statistics] [e-resource] // Ofitsial'nyy sayt Federal'noe sluzhby gosudarstvennoe statistiki. URL: <https://www.gks.ru/compendium/document/13263>. (appeal date: 15.04.2019). (In Russian.)
17. Yurchenko T. V. Optimizatsiya finansovykh potokov kak faktor povysheniya ustoychivosti razvitiya sel'skikh territoriy [Optimization of financial flows as a factor in increasing the sustainability of rural development] // Rossiyskiy elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2015. No. 4 (18). Pp. 144–154. (In Russian.)
18. Yurchenko T. V. Problema povysheniya ustoychivosti byudzhetrov sel'skikh territoriy [The problem of increasing the sustainability of the budgets of rural territories] // Sotsial'no-ekonomicheskaya rol' deneg v obshchestve: Materialy XII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Saint Petersburg, 2016. Pp. 301–306. (In Russian.)
19. Artemenko D. A., Pinskaya M. R., Porollo E. V. Instruments of the enhancement of the formation and allocation of regional and local budget [Instruments of the enhancement of the formation and allocation of regional and local budget] // Global economy in the XXI century: dialectics of confrontation and solidarity. London, 2018. Pp. 365–377.
20. Dvoryadkina E. B., Belousova E. A. Municipal districts in economic space of a region: constructive and destructive trends // Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. 2018. T. 19. No. 5. Pp. 84–106.

Authors' information:

Elena B. Dvoryadkina¹, doctor of economic sciences, professor, vice rector for research, professor of department of regional, municipal economics and management, ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967; +7 (343) 221-27-48, elena.dvoryadkina@yandex.ru

Olga A. Belikova², candidate of economic sciences, associate professor of the department of finance and credit, ORCID 0000-0002-9902-0444, AuthorID 750595; +7 (343) 283-05-21, nicolay007@mail.ru

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

² Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

Определение приоритетных направлений внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства на основе нечетких экспертных оценок (на материалах Кемеровской области)

А. О. Рада¹✉

¹ Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

✉ E-mail: radaartem@mail.ru

Аннотация. Цель. В статье решается задача определения приоритетов внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства в условиях финансовых, кадровых, ресурсных ограничений. Одновременное внедрение всего спектра цифровых технологий является маловероятным. Поэтому необходимо выделить наиболее эффективные технологии, способствующие повышению эффективности предприятий растениеводства. **Методология и методы.** Поскольку цифровизация сельского хозяйства в России находится на начальном этапе, наиболее рациональным методом является использование нечетких экспертных оценок, которые выражаются лингвистическими переменными. В исследовании сформирована экспертная группа и выполнено ранжирование приоритетов внедрения цифровых технологий. Все цифровые технологии растениеводства рассматривались по трем классификационным группам: цель применения, используемая техника, локализация (на отдельном предприятии или в регионе). **Результаты.** В результате экспертных оценок и их обработки методами нечетких множеств выявлены приоритеты внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства Кемеровской области. По степени локализации наиболее эффективными являются распределенные среди многих сельскохозяйственных предприятий, затем – распределенные на одном предприятии. Среди используемой техники наиболее высокие оценки получили: системы удаленного учета и контроля, технологии коллективного использования ресурсов общего пула, технологии автономного (беспилотного) вождения наземной техники, геоинформационные технологии, беспилотные летательные аппараты. С точки зрения цели применения цифровых технологий наиболее высокую оценку получили информатизация, мониторинг и программирование урожая, построение цифровой модели для работы агронома. **Научная новизна.** В результате проведенных исследований выделены конкретные приоритеты внедрения цифровых технологий в отрасли растениеводства Кемеровской области. Определены цифровые технологии, внедрение которых требует государственной поддержки. Перспективы дальнейших исследований связаны с определением организационно-управленческих условий продуктивного внедрения конкретных технологий, обоснованием их экономической эффективности в условиях предприятий растениеводства различных типов.

Ключевые слова: цифровые технологии, растениеводство, экспертные оценки, лингвистическая переменная, геоинформационные системы, беспилотные летательные аппараты, точное земледелие, автономное вождение, эффективность сельскохозяйственного предприятия, программирование урожайности, коллективное пользование.

Для цитирования: Рада А. О. Определение приоритетных направлений внедрения цифровых технологий на предприятиях растениеводства на основе нечетких экспертных оценок (на материалах Кемеровской области) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 12 (191). С. 89–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-89-98.

Дата поступления статьи: 02.10.2019.

Постановка проблемы (Introduction)

Одним из основных векторов развития экономики России в целом и агропромышленного комплекса в частности является внедрение цифровых технологий [1, с. 2; 2, с. 156; 3, с. 331; 4, с. 39]. В сельском хозяйстве они позволяют решить задачу получения максимального эффекта от каждой единицы ресурсов (машино-часа работы техники, килограмма внесенных удобрений) за счет наиболее рационального, «точечного» применения на основе большого объема информации о протекающих в почвах, растениях сложных процессах.

Поэтому в результате применения цифровых технологий достигается рост урожайности при значительном снижении затрат и экологического ущерба вследствие селективного применения удобрений, техники вместо масшированного [5, с. 14; 6, с. 13; 7, с. 101; 8, с. 25].

При этом применение цифровых технологий в сельском хозяйстве России пока носит ограниченный характер, развивается путем проб и ошибок, что требует дальнейшего развития экономических и организационных аспектов внедрения данных инноваций в растениеводство.

Один из наиболее важных вопросов – это определение приоритетов внедрения цифровых технологий, учитывая их многообразие. Спектр техники, программных продуктов, технологических решений крайне широк [9, с. 59; 10, с. 1020; 11, с. 39; 12, с. 15; 13, с. 370; 14, с. 569; 15, с. 320]. Он требует систематизации, упорядочивания, определения приоритетов использования. Практически ни в одном регионе или сельскохозяйственном предприятии невозможна одномоментная реализация цифровых решений по всему спектру решаемых задач.

Поэтому актуальной научной и прикладной задачей является определение наиболее эффективных цифровых технологий, способных дать максимальный результат в самом начале цифровизации сельскохозяйственных предприятий. В данной статье рассматриваются приоритеты внедрения цифровых технологий на материалах предприятий растениеводства Кемеровской области.

Методология и методы исследования (Methods)

Определение основных направлений внедрения цифровых технологий точного земледелия предполагает:

- установление ключевых целей и задач использования цифровых технологий точного земледелия (какие результаты должны быть получены в первую очередь?);
- выбор наиболее продуктивной и важной для агропромышленного комплекса (АПК) региона техники (во что нужно в первую очередь вкладывать средства?);
- определение наиболее рациональных организационных схем и механизмов организации внедрения цифровых технологий.

Поскольку внедрение цифровых технологий в сельском хозяйстве находится на начальном этапе своего развития, с экономической точки зрения они достаточно слабо изучены, основная часть информации не формализована, существует в основном «в голове» у специалистов, работающих в данной области, целесообразно прибегнуть к методу экспертных оценок. Задача по определению основных направлений внедрения цифровых технологий точного земледелия, таким образом, сводится к экспертному ранжированию существующих вариантов.

Ранжирование вариантов использования цифровых технологий по приоритетности применения является классом задач оптимизации в условиях неопределенности. При недостатке формализованных количественных данных для их решения привлекается не традиционный математический аппарат (теория вероятностей, теория оптимального программирования), а нечеткие экспертные оценки на «естественном языке», обрабатываемые методами теории нечетких множеств и лингвистической переменной [16, с. 27].

Основное преимущество нечетких множеств заключается в возможности обрабатывать неколичественные экспертные суждения на естественном языке типа «очень эффективно», «малоэффективно», «неприемлемо». Тем самым появляется возможность получить обобщенную оценку приоритетности, эффективности той или иной цифровой технологии точного земледелия в ряду других. Эта оценка будет задаваться функцией принадлежности элемента (т. е. конкретной технологии) к нечеткому множеству эффективных, приоритетных направлений внедрения.

Нечеткое множество A для произвольного элемента X задается функцией принадлежности $\mu_A: X \rightarrow [0; 1]$. Величина $\mu_A(X)$ принадлежит интервалу $[0; 1]$ и фиксирует меру принадлежности элемента X к множеству A . Если для обычного четкого множества мера принадлежности любого элемента к нему составляет либо 0 либо 1 (т. е. элемент может или только принадлежать, или только не принадлежать), то в случае с нечетким множеством оценивается вероятность принадлежности, например, 0,3, 0,5 или 0,8. Это в большей степени соответствует задачам экспертной оценки в слабо формализованных ситуациях при недостатке информации [16, с. 29].

Нечеткое множество может быть записано как совокупность упорядоченных пар, включающих элементы X и соответствующие им функции принадлежности $\mu_A(x)$. Примером записи нечеткого множества может быть $A = \{(x_1, 0,1), (x_2, 0,5), (x_3, 0,4)\}$. Для работы с нечеткими множествами, обработки данных и получения обобщенных оценок используются нечеткие числа трапециевидного вида (Π -образные), S -образные (сплайны) и т. д.

Они служат математическим выражением экспертных суждений на формализованном математическом языке. В частности, треугольные функции принадлежности могут быть заданы выражением (1):

$$\mu_A(x; a, b, c) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{array} \right\}, \quad (1)$$

где a, b, c – некоторые величины действительных чисел, упорядоченные соотношением $a \leq b \leq c$ [17, с. 34].

S -образная функция принадлежности (сплайн-функция) задается выражением вида (2):

$$f_{s1}(x; a, b) = \left\{ \begin{array}{ll} 0, & x < a \\ \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos\left(\frac{x-b}{b-a} \delta\right), & a \leq x \leq b \\ 1, & x > b \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Экспертные оценки, выраженные на естественном языке, позволяют построить данные функции принадлежности. Для этого каждый эксперт выбирает лингвистическую переменную – оценку эффективности применения технологии. Терм-множество $A(X)$ лингвистических переменных (лингвистическая шкала) записывается выражением типа $A(X) = \{\text{очень высокий, высокий, довольно высокий, относительно высокий, выше среднего, средний, относительно низкий, довольно низкий, низкий, очень низкий, практически отсутствует}\}$.

Таким образом, применение нечетких множеств позволяет формализовать и обобщить нечеткую словесную информацию, более полно и точно агрегировать неформализованные мнения экспертов, перейти от ряда словесных оценок к количественному ранжированию эффективности и приоритетности цифровых технологий.

Результаты (Results)

При формировании экспертной группы было подобрано 13 экспертов на основании того, что при численности 12–13 человек уже достигается точность результатов свыше 80 % [18, с. 466]. Дальнейшее наращивание численности экспертов не дает существенного повышения точности оценок и приводит к снижению среднего уровня компетентности в силу узости круга специалистов, занятых проблематикой цифровых технологий в АПК региона. По области профессиональной деятельности эксперты распределились следующим образом:

- руководители и специалисты сельскохозяйственных предприятий – 5 чел.;
- руководители и специалисты специализированных организаций, выполняющих работы и оказывающих услуги в сфере цифровых технологий, – 3 чел.;
- государственные и муниципальные служащие, связанные с вопросами развития АПК, – 3 чел.;
- научно-педагогические сотрудники вузов, научных организаций – 2 чел.

По каждой из классификаций цифровых технологий точного земледелия, применимых в растениеводстве, эксперты оценивали по лингвистической шкале эффективность применения в Кемеровской области. Лингвистическая шкала имеет следующий вид: $A(X) = \{\text{«низкая эффективность»}, \text{«умеренная эффективность»}, \text{«средняя эффективность»}, \text{«высокая эффективность»}, \text{«очень}$

$\text{«высокая эффективность»}\}$. Результаты экспертной оценки отражались в следующей форме (таблица 1).

Например, при оценке эффективности такого класса технологий, как автономные (классификация по степени локализации) были получены следующие результаты экспертного опроса (таблица 2). Они показывают, что эффективность автономных технологий оценивается экспертами достаточно низко. Для этого есть явные содержательные соображения – автономная техника, не интегрированная в единый контур управления, имеет весьма ограниченные результаты своего использования. На основании полученных данных строится график сплайн-функции, по форме которого оценивается принадлежность технологии к высокоэффективным.

Графики сплайн-функций, отражающие итоговые суждения экспертов об эффективности цифровых технологий точного земледелия по трем классификациям (цель применения, используемая техника, локализация) показаны на рис. 1, 2, 3.

В частности, рис. 1 отражает эффективность использования цифровых технологий точного земледелия, отличающихся по степени детализации. На диаграмме представлены монотонно возрастающие сплайн-функции, которые показывают кумулятивное значение меры принадлежности в точке перехода (на рис. 1, 2, 3 соответствует отметке «среднее»).

Таблица 1
Форма для обработки результатов экспертной оценки

Лингвистическая характеристика (нечеткая оценка) технологии	Низкая эффективность	Умеренная эффективность	Средняя эффективность	Высокая эффективность	Очень высокая эффективность
Число ответов экспертов в интервале, единицы					
Доля ответов в интервале, долей единицы					
Накопленное число ответов, единиц					
Накопленная доля ответов, долей единицы					

Table 1
Form for processing the results of expert evaluation

Linguistic characteristics (fuzzy assessment) of technology	Low efficiency	Moderate efficiency	Medium efficiency	High efficiency	Very high efficiency
The number of expert answers in the interval, units					
The share of answers in the interval, unit fraction					
Accumulated number of responses, units					
Accumulated share of responses, unit fraction					

Таблица 2

Пример экспертной оценки эффективности технологии (автономные технологии точного земледелия)

Лингвистическая характеристика (нечеткая оценка) технологии	Низкая эффективность	Умеренная эффективность	Средняя эффективность	Высокая эффективность	Очень высокая эффективность
Число ответов экспертов в интервале, единицы	5	3	3	2	0
Доля ответов в интервале, долей единицы	0,38	0,23	0,23	0,15	0,00
Накопленное число ответов, единиц	5	8	11	13	13
Накопленная доля ответов, долей единицы	0,38	0,61	0,84	1,00	1,00

Table 2

An example of expert assessment of the effectiveness of technology (autonomous technology of precision farming)

Linguistic characteristics (fuzzy assessment) of technology	Low efficiency	Moderate efficiency	Medium efficiency	High efficiency	Very high efficiency
The number of expert answers in the interval, units	5	3	3	2	0
The share of answers in the interval, unit fraction	0.38	0.23	0.23	0.15	0.00
Accumulated number of responses, units	5	8	11	13	13
Accumulated share of responses, unit fraction	0.38	0.61	0.84	1.00	1.00

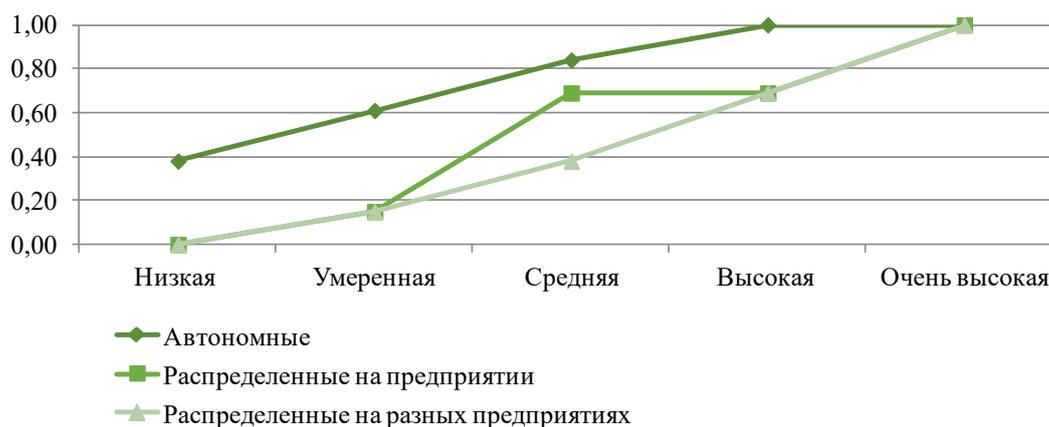


Рис. 1. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Место локализации»

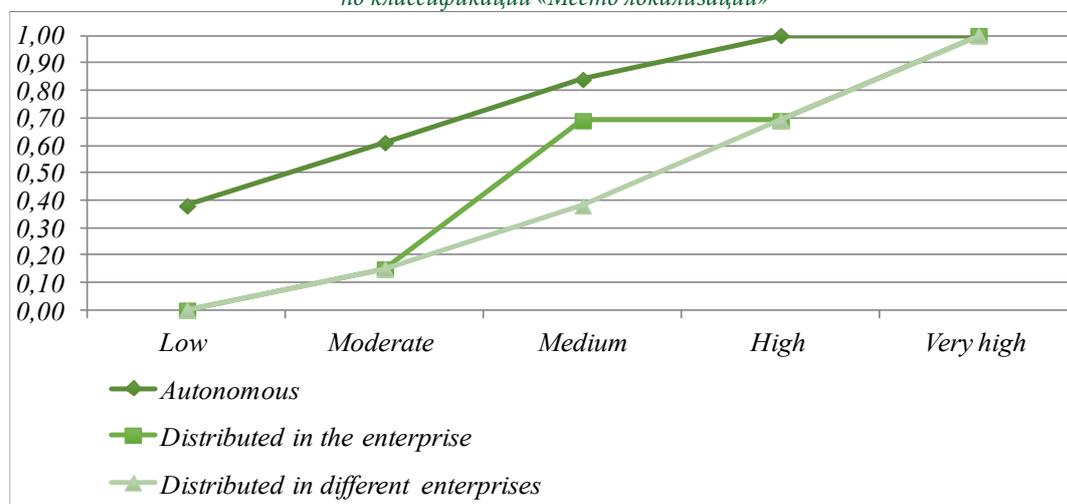


Fig. 1. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital technologies of precision farming according to the classification "Localization place"

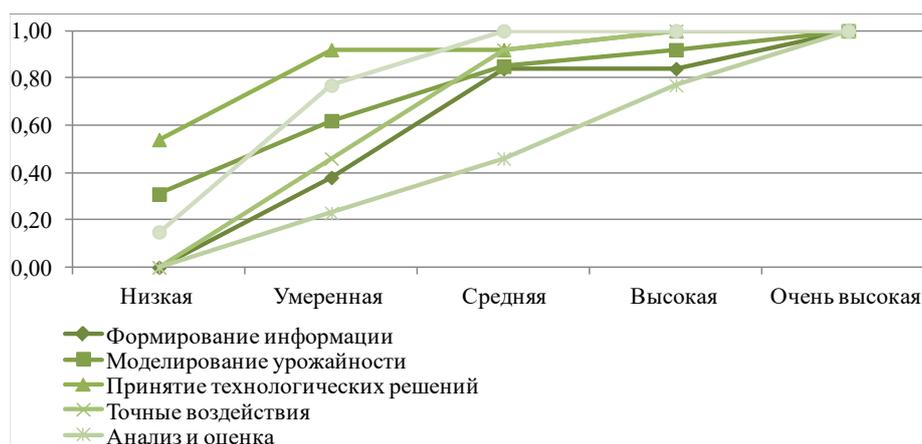


Рис. 2. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Цель применения»

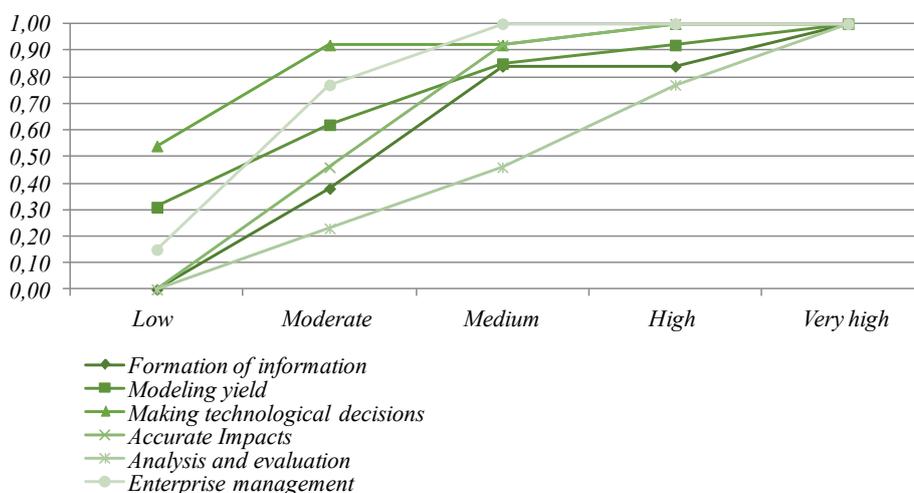


Fig. 2. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital farming technology according to the classification "Purpose of use"

Чем выше значение функции в точке перехода на середине горизонтальной оси, тем в меньшей степени рассматриваемая технология относится экспертами к разряду высокоэффективных. Так, на рис. 2 видно, что автономные цифровые технологии в 84 % ответов оценены с эффективностью «средняя» и ниже. Напротив, по распределенным цифровым технологиям такая оценка дана лишь в 38 % случаев, следовательно, более 60 %, по мнению экспертов, вероятность того, что эффективность этих технологий является высокой и очень высокой.

Следовательно, ранжирование технологий по итогам экспертной оценки будет следующим: наиболее эффективными считаются распределенные среди многих сельскохозяйственных предприятий, затем – распределенные на одном предприятии, наименее эффективные – автономные.

Вместе с тем не все технологии точного земледелия, естественно, могут применяться на принципах коллективного пользования. Поэтому к основным направлениям (приоритетам) внедрения цифровых технологий на основе экспертной оценки можно отнести распределенные на одном предприятии и между разными предприятиями.

Далее рассмотрим ранжирование технологий точного земледелия по цели применения (рис. 2). Из приведенных данных видно, что по значению меры принадлежности в точке перехода рассматриваемые технологии ранжируются экспертами следующим образом.

1. Технологии анализа, оценки и обратной связи.
2. Технологии формирования информации.
3. Технологии моделирования, программирования урожайности.
- 4–5. Технологии принятия решений и осуществления точных агротехнологических воздействий.
6. Технологии управления сельскохозяйственным предприятием.

Ранжирование технологий точного земледелия по цели использования, даже экспертное, имеет условный характер, поскольку наибольшая эффективность достигается при системном охвате цифровизацией всех сфер деятельности СХТП. Однако представленные оценки позволяют утверждать, что приоритетами цифровизации растениеводства Кемеровской области изначально должны стать информатизация, мониторинг и программирование урожая, т. е. построение цифровой модели для работы агронома.

Решения при этом пока могут приниматься «вручную», а использование техники для точных (точечных) воздействий может носить локализованный характер. Поэтому наибольший интерес результаты экспертной оценки в разрезе целей применения имеют при «наложении» на результаты ранжирования используемых устройств, техники (см. рис. 3).

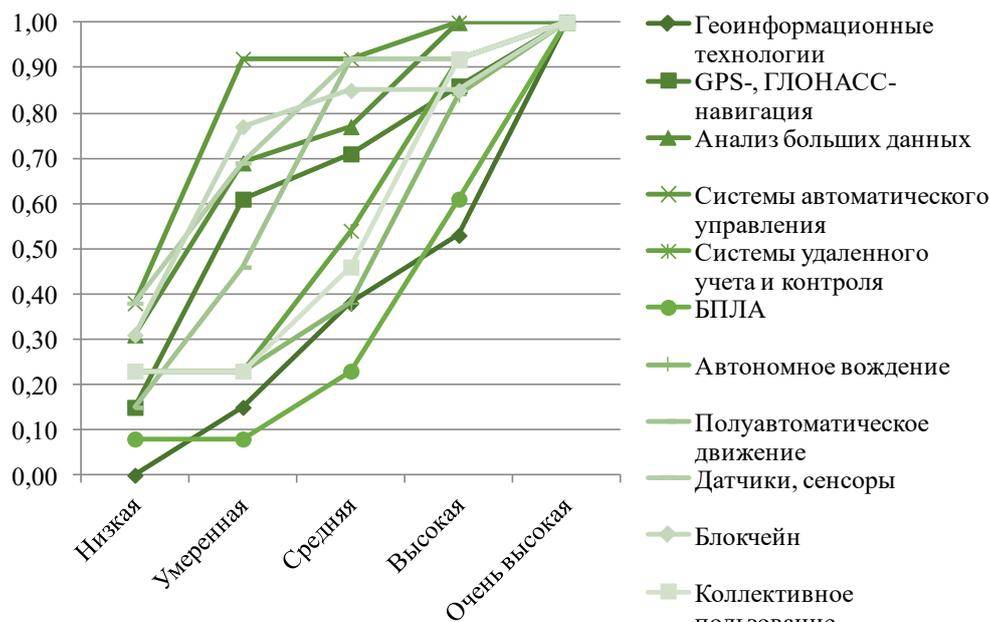


Рис. 3. Результаты экспертной оценки эффективности цифровых технологий точного земледелия по классификации «Используемые устройства и техника»

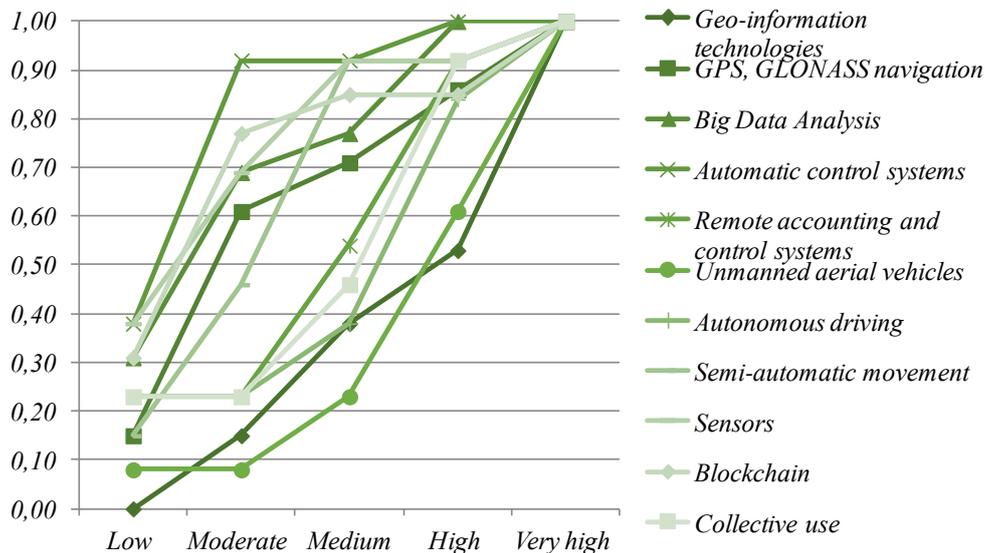


Fig. 3. The results of expert evaluation of the effectiveness of digital technologies of precision farming according to the classification "Used devices and equipment"

Следует отметить, что при проведении экспертной оценки из рассмотрения были исключены отдельные периферийные и слабо знакомые специалистам-аграрникам цифровые технологии (например, виртуальная и дополненная реальность как средство точного земледелия). Их корректная оценка из-за практической неизвестности экспертам вряд ли возможна. По результатам экспертной оценки, как видно из приведенной диаграммы, цифровые технологии точного земледелия довольно четко дифференцированы на две группы.

1. Технологии с высокой эффективностью в условиях Кемеровской области в настоящее время (около 50 % и более суждений экспертов относят их к группе с высокой и очень высокой эффективностью): системы удаленного учета и контроля, технологии коллективного использования ресурсов общего пула, технологии автономного (беспилотного) вождения наземной техники, геоинформационные технологии, беспилотные летательные аппараты. Данные технологии следует считать приоритетными.

2. Технологии с относительно невысокой эффективностью в условиях Кемеровской области (более 70 % суждений экспертов оценивают эффективность как среднюю и ниже): системы автоматического управления, блокчейн, датчики и сенсоры, анализ больших данных, спутниковая навигация.

Как отмечено выше, максимальный эффект цифровизации достигается при комплексном использовании различных технологий, поэтому в перспективе в растениеводстве Кемеровской области должны использоваться все или большинство из них. Однако на начальном этапе в условиях жестких ресурсных ограничений необходимо будет сконцентрировать усилия на наиболее эффективных технологиях, дающих наибольшую отдачу. Систематизация результатов экспертной оценки представлена на рис. 4.

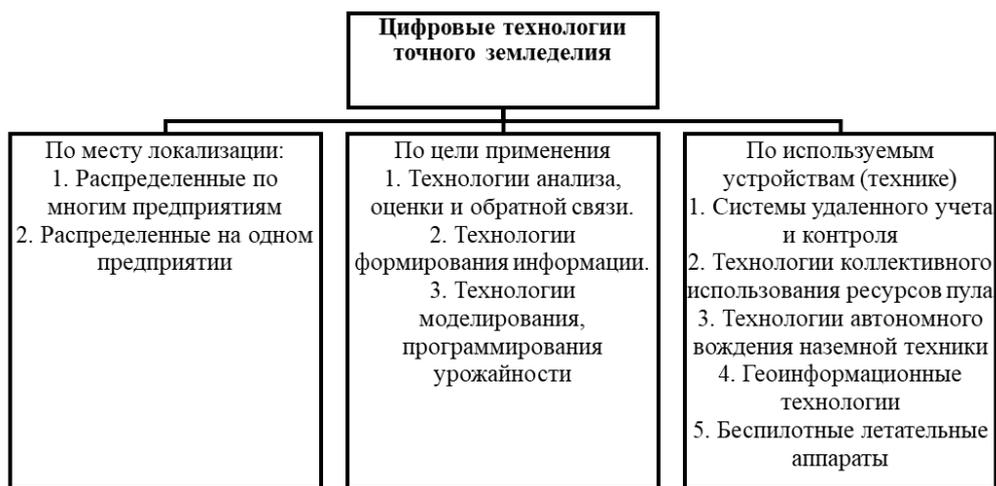


Рис. 4. Приоритетные цифровые технологии точного земледелия по итогам экспертной оценки

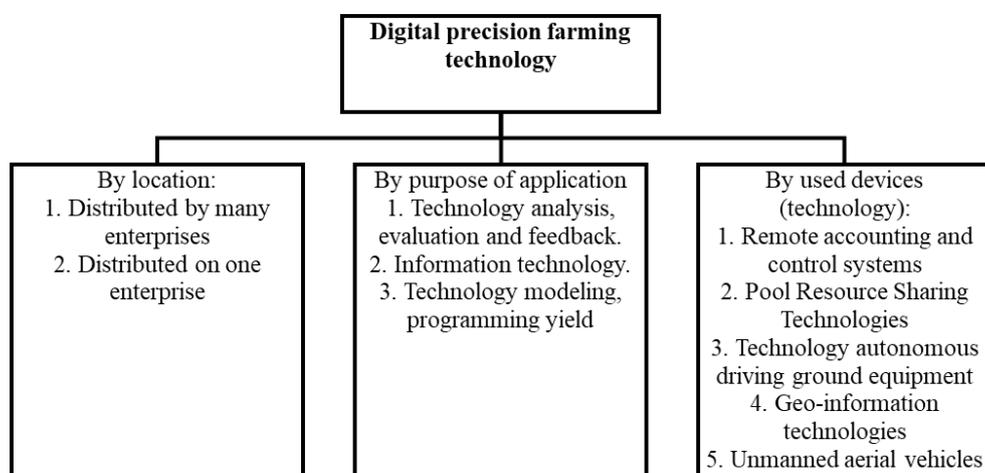


Fig. 4. Priority digital technologies of precision farming on the basis of expert evaluation

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе исследования была проведена экспертная оценка эффективности и приоритетности основных направлений внедрения цифровых технологий в конкретных условиях растениеводства Кемеровской области. Это позволило определить данные направления следующим образом: инструменты коллективного пользования, совместного доступа к цифровым технологиям; технологии мониторинга и анализа состояния посадок, посевов; расширение использования геоинформационных систем; программирование урожайности; системы цифрового учета, контроля; беспилотная наземная сельскохозяйственная техника; беспилотные летательные аппараты для решения задач точного земледелия. На основе данных направлений наиболее целесообразно реализовывать мероприятия по цифровизации растениеводства Кемеровской области на первоначальном этапе.

На основании экспертной оценки можно выделить следующие приоритетные направления внедрения цифровых технологий в отрасли растениеводства Кемеровской области.

1. Создание, стимулирование и обеспечение эффективной работы институтов, форм коллективного пользования, совместного доступа к цифровым технологиям, включая технику, специализированное программное обеспечение, вычислительные мощности.

2. Массовое внедрение технологий мониторинга и анализа состояния сельскохозяйственных угодий, посадок, посевов с широким применением беспилотных летательных аппаратов.

3. Дальнейшее расширение, детализация информации о состоянии полей, растительности, рельефе местности, других значимых для растениеводства данных в существующей и перспективной геоинформационной системе, расширение использования геоинформационных технологий сельскохозяйственными товаропроизводителями региона.

4. Расширение, тиражирование технологий полномасштабного программирования урожайности с частичной автоматизацией принятия решений, а также выполнения работ.

5. Внедрение систем цифрового учета, контроля в логистических и производственных процессах, физический контроль сохранности, экономии ресурсов сельскохозяйственных предприятий.

6. Инициирование, расширение, тиражирование проектов использования беспилотной (автономной) наземной сельскохозяйственной техники в тех сферах, где уже имеется цифровая модель сельскохозяйственного товаропроизводителя и осуществляются значительные объемы работ.

7. Тиражирование реализованных проектов, расширение использования беспилотных летательных аппаратов для решения задач точного земледелия в части как сбора информации, так и осуществления конкретных агротехнологических воздействий.

Необходимо отметить, что часть этих направлений начала развиваться в 2017–2018 гг., требуется их расширение и тиражирование. Первое, а также четвертое и пятое направления крайне слабо представлены на практике, необходимо их инициирование практически с нуля.

Значительно дифференцируются данные направления также с точки зрения необходимости государственной поддержки и специфического стимулирования. Пред-

ставляется, что пятое направление – автоматизированный контроль и учет – будет успешно реализовываться самими сельскохозяйственными товаропроизводителями, поскольку практика отечественной модели управления (не только в сфере АПК) показывает, что различные технические средства контроля сохранности имущества, поведения персонала вызывают значительную заинтересованность бизнеса. Напротив, капиталоемкие, не всегда очевидные с точки быстрого экономического эффекта проекты приобретения беспилотной техники или внедрения программирования урожайности, как правило, будут требовать поддержки в рамках государственных программ.

Библиографический список

1. Вартанова М. Л., Дробот Е. В. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения // *Экономические отношения*. 2018. Т. 8. № 1. С. 1–12. DOI: 10.18334/eo.8.1.38881.
2. Манжосова И. Б. Модернизация сельского хозяйства в условиях цифровой экономики: анализ проблем и поиск решений. Ставрополь: Секвойя, 2018. 156 с.
3. Григорьев Н. С. Повышение рентабельности растениеводства на основе применения технологий точного земледелия // *Островские чтения*. 2017. № 1. С. 330–332.
4. Оборин М. С. Развитие потенциала сельского хозяйства на основе цифровых технологий // *Вестник Самарского государственного экономического университета*. 2018. № 5. С. 38–47.
5. Кононова С. А., Федулова Е. А. Алгоритм применения системы сбалансированных показателей для оценки результативности деятельности сельскохозяйственной организации // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2018. № 1. С. 12–17.
6. Осипов В. С., Боговиз А. В. Переход к цифровому сельскому хозяйству: предпосылки, дорожная карта и возможные следствия // *Экономика сельского хозяйства России*. 2017. № 10. С. 11–15. DOI: 10.32651/2070-0288-2017-10-11-15.
7. Першукевич П. М., Тю Л. В. Проблемы развития экономических отношений в сельском хозяйстве Сибири в условиях усиления глобальной конкуренции // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2016. № 1. С. 99–104.
8. Deichmann U., Goyal A., Mishra D. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? // *Agricultural Economics*. 2016. Vol. 47. No. 1. Pp. 21–33.
9. Аймурзинов М. С., Баймухамедова Г. С. Повышение эффективности управления аграрными предприятиями на базе средств автоматизации и информационных технологий // *Аграрный вестник Урала*. 2018. № 1. С. 57–62.
10. Скворцов Е. А., Скворцова Е. Г., Санду И. С., Иовлев Г. А. Переход сельского хозяйства к цифровым, интеллектуальным и роботизированным технологиям // *Экономика региона*. 2018. Т. 14. Вып. 3. С. 1014–1028. DOI: 10.17059/2018-3-23.
11. Труфляк Е. В. Основные элементы системы точного земледелия. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, 2016. 39 с.
12. Якушев В. П., Якушев В. В., Конев А. В., Матвеев Д. А., Часовских С. В. О совершенствовании реализации агротехнологических решений в точном земледелии // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2018. № 1. С. 13–17.
13. Bramley R. G., Ouzman J., Gobbett D. L. Regional scale application of the precision agriculture thought process to promote improved fertilizer management in the Australian sugar industry // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 362–378. DOI: 10.1007/s11119-018-9571-8.
14. Leroux C., Tisseyre B. How to measure and report within-field variability: a review of common indicators and their sensitivity // *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20. No. 3. Pp. 562–590. DOI: 10.1007/s11119-018-9598-x.
15. Finger R., Swinton S. M., Benni N. E., Walter A. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment // *Annual Review of Resource Economics*. 2019. Vol. 11. No. 1. Pp. 313–335. DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
16. Конюхов А. Н., Дюбуа А. Б., Сафощкин А. С. Основы теории нечетких множеств. Рязань: Рязанский государственный радиотехнический университет, 2017. 88 с.
17. Волкова Е. С., Гисин В. Б. Нечеткие множества и мягкие вычисления в экономике и финансах. М.: Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2016. 184 с.
18. Волков Д. О., Аврамчикова Н. Т. Применение метода экспертных оценок для оценки эффективности государственной финансовой поддержки инновационной деятельности региона // *Решетневские чтения*. 2017. Т. 2. № 21. С. 465–467.

Об авторах:

Артем Олегович Рада¹, аспирант кафедры финансов и кредита, ORCID 0000-0001-7678-8402, AuthorID 1044755; +7 (3842) 58-57-97, radaartem@mail.ru

¹ Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Definition of priority directions of introduction of digital technologies in the enterprise plant based on fuzzy expert assessments (on materials of the Kemerovo region)

A. O. Rada¹✉

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

✉ E-mail: radaartem@mail.ru

Purpose. The article solves the problem of determining priorities for the introduction of digital technologies in plant-growing enterprises in the conditions of financial, personnel and resource constraints. Simultaneous introduction of the entire spectrum of digital technology is unlikely. Therefore, it is necessary to identify the most effective technologies that contribute to improving the efficiency of crop production enterprises. **Methodology and methods.** Since the digitalization of agriculture in Russia is at the initial stage, the most rational method is the use of fuzzy expert assessments, which are expressed by linguistic variables. The study formed an expert group and ranked the priorities of the introduction of digital technologies. All digital technologies of crop production were considered in three classification groups: the purpose of the application, the equipment used localization (in a separate enterprise or in a region). **Results.** As a result of expert assessments and their processing using fuzzy sets, the priorities for the introduction of digital technologies in the plant growing enterprises of the Kemerovo region are identified. According to the degree of localization, the most effective are distributed among many agricultural enterprises, and then distributed in one enterprise. Among the vehicles used, the highest marks were obtained: remote accounting and control systems, shared pool resource sharing technologies, ground-based autonomous (unmanned) driving technology, geo-information technologies, unmanned aerial vehicles. From the point of view of the purpose of applying digital technologies, the most appreciated were the informatization, monitoring and programming of crops, the construction of a digital model for the work of an agronomist. **The scientific novelty.** As a result of the research conducted, specific priorities for the introduction of digital technologies in the crop industry of the Kemerovo Region were highlighted. Identified digital technology, the introduction of which requires government support. Prospects for further research are associated with the definition of organizational and managerial conditions for the productive implementation of specific technologies, the rationale for their economic efficiency in the conditions of various types of crop production enterprises.

Keywords: digital technologies, crop production, expert assessments, linguistic variable, geographic information systems, unmanned aerial vehicles, precision farming, autonomous driving, efficiency of an agricultural enterprise, productivity programming, collective use.

For citation: Rada A. O. Opredeleniye prioritetnykh napravleniy vnedreniya tsifrovyykh tekhnologiy na predpriyatiyakh ras-teniyevodstva na osnove nechetkikh ekspertnykh otsenok (na materialakh Kemerovskoy oblasti) [Definition of priority directions of introduction of digital technologies in the enterprise plant based on fuzzy expert assessments (on materials of the Kemerovo region)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 12 (191). Pp. 89–98. DOI: 10.32417/1997-4868-2019-191-12-89-98. (In Russian.)

Paper submitted: 02.10.2019.

References

1. Vartanova M. L., Drobot E. V. Perspektivy tsifrovizatsii sel'skogo khozyaystva kak prioritetnogo napravleniya importozameshcheniya [Prospects for digitalization of agriculture as a priority area of import substitution] // Ekonomicheskie otnosheniya. 2018. Vol. 8. No. 1. Pp. 1–12. DOI: 10.18334/eo.8.1.38881. (In Russian.)
2. Manzhosova I. B. Modernizatsiya sel'skogo khozyaystva v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki: analiz problem i poisk resheniy [Modernization of agriculture in the digital economy: problem analysis and search for solutions]. Stavropol': Sekvoyya, 2018. 156 p. (In Russian.)
3. Grigor'ev N. S. Povyshenie rentabel'nosti rastenievodstva na osnove primeneniya tekhnologiy tochnogo zemledeliya [Improving the profitability of crop production based on the use of precision farming technologies] // Ostrovskie chteniya. 2017. No. 1. Pp. 330–332. (In Russian.)
4. Oborin M. S. Razvitie potentsiala sel'skogo khozyaystva na osnove tsifrovyykh tekhnologiy [Development of agricultural potential on the basis of digital technologies] // Vestnik of Samara State University of Economics. 2018. No. 5. Pp. 38–47. (In Russian.)
5. Kononova S. A., Fedulova E. A. Algoritm primeneniya sistemy sbalansirovannykh pokazateley dlya otsenki rezul'tativnosti deyatel'nosti sel'skokhozyaystvennoy organizatsii [Algorithm for applying a balanced scorecard to evaluate the performance of an agricultural organization] // Economy of agricultural and processing enterprises. 2018. No. 1. Pp. 12–17. (In Russian.)
6. Osipov V. S., Bogoviz A. V. Perekhod k tsifrovomu sel'skomu khozyaystvu: predposylki, dorozhnaya karta i vozmozhnye sledstviya [Transition to digital agriculture: prerequisites, roadmap and possible consequences] // Jekonomikasel'skogohozjajstva Rossii. 2017. No. 10. Pp. 11–15. DOI: 10.32651/2070-0288-2017-10-11-15. (In Russian.)

7. Pershukovich P. M., Tyu L. V. Problemy razvitiya ekonomicheskikh otnosheniy v sel'skom khozyajstve Sibiri v usloviyakh usileniya global'noy konkurentsii [Problems of development of economic relations in the agriculture of Siberia in the face of increasing global competition] // Innovations and Food Safety. 2016. No. 1. Pp. 99–104.
8. Deichmann U., Goyal A., Mishra D. Will digital technologies transform agriculture in developing countries? // Agricultural Economics. 2016. Vol. 47. No. 1. Pp. 21–33.
9. Aymurzinov M. S., Baymukhamedova G. S. Povyshenie effektivnosti upravleniya ag-rarnymi predpriyatiyami na baze sredstv avtomatiki i informatsionnykh tekhnologiy [Improving the management of agricultural enterprises based on automation and information technology] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 1. Pp. 57–62. (In Russian.)
10. Skvortsov E. A., Skvortsova E. G., Sandu I. S., Iovlev G. A. Perekhod sel'skogo khozyaystva k tsifrovym, intellektual'nym i robotizirovannym tekhnologiyam [The transition of agriculture to digital, intelligent and robotic technologies] // Economy of Region. 2018. Vol. 14. No. 3. Pp. 1014–1028. DOI: 10.17059/2018-3-23. (In Russian.)
11. Truflyak E. V. Osnovnye elementy sistemy tochnogo zemledeliya [The main elements of a precision farming system]. Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet im. I. T. Trubilina, 2016. 39 p. (In Russian.)
12. Yakushev V. P., Yakushev V. V., Konev A.V., Matveenko D. A., Chasovskikh S. V. O sovershenstvovanii realizatsii agrotekhnologicheskikh resheniy v tochnom zemledelii [On improving the implementation of agrotechnological solutions in precision farming] // Vestnik of the Russian agricultural science. 2018. No. 1. Pp. 13–17. (In Russian.)
13. Bramley R. G., Ouzman J., Gobbett D. L. Regional scale application of the precision agriculture thought process to promote improved fertilizer management in the Australian sugar industry // Precision Agriculture. 2019. Vol. 20. No. 2. Pp. 362–378. DOI: 10.1007/s11119-018-9571-8.
14. Leroux C., Tisseyre B. How to measure and report within-field variability: a review of common indicators and their sensitivity // Precision Agriculture. 2019. Vol. 20. No. 3. Pp. 562–590. DOI: 10.1007/s11119-018-9598-x.
15. Finger R., Swinton S. Mю, Benni N. E., Walter A. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment // Annual Review of Resource Economics. 2019. Vol. 11. No. 1. Pp. 313–335. DOI: 10.1146/annurev-resource-100518-093929.
16. Konyukhov A. N., Dyubua A. B., Safoshkin A. S. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv [Fundamentals of the theory of fuzzy sets]. Ryazan': Ryazanskiy gosudarstvennyy radiotekhnicheskiy universitet, 2017. 88 p. (In Russian.)
17. Volkova E. S., Gisin V. B. Nechetkie mnozhestva i myagkie vychisleniya v ekonomike i finansakh [Fuzzy sets and soft calculations in economics and finance]. Moscow: Finansovyy universitet pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii, 2016. 184 p. (In Russian.)
18. Volkov D. O., Avramchikova N. T. Primenenie metoda ekspertnykh otsenok dlya otsenki effektivnosti gosudarstvennoy finansovoy podderzhki innovatsionnoy deyatel'nosti regiona [The use of the method of expert assessments to assess the effectiveness of state financial support for innovative activities in the region] // Reshetnevskie chteniya. 2017. Vol. 2.No.21. Pp. 465–467. (In Russian.)

Authors' information:

Artem O. Rada¹, postgraduate of the department of finance and credit, ORCID 0000-0001-7678-8402, AuthorID 1044755; +7 (3842) 58-57-97, radaartem@mail.ru

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, 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:

A. V. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. V. Ерофеева – редактор

N. A. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

A. V. Ruchkin – candidate of sociological sciences, chief editor

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

20049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Подписано в печать: 10.12.2019 г. Усл. печ. л. 11,4. Авт. л. 9,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.