

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

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**2020
№07 (198)**

Сведения о редакционной коллегии

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

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)
В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)
В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)
О. А. Быкова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Б. А. Воронин, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
Э. Д. Джавадов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства (Ломоносов, Россия)
Л. И. Дроздова, Уральский ГАУ (Екатеринбург, Россия)
А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)
Н. Н. Зезин, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)
С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)
В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)
А. Г. Кошаев, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)
В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)
А. Г. Нежданов, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)
В. С. Паштетский, 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. Самodelкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)
А. А. Стекольников, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)
В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)
И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)
С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)
И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

Editorial board

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

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)
Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)
Vladimir N. Bolshakov, Academician of the Russian Academy of Sciences; Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)
Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Boris A. Voronin, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Edward D. Dzhavadov, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (Lomonosov, Russia)
Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)
Aleksandr S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)
Nikita N. Zezin, Ural Research Institute of Agricultural (Ekaterinburg, Russia)
Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)
Valeriy V. Kalashnikov, Academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)
Andrey G. Koshchayev, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)
Vladimir S. Mymrin, “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. Plugar, 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



Академия



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY



Содержание

Contents

Агротехнологии

Agrotechnologies

- | | | | |
|--|----|--|--|
| <i>В. Г. Гребенников, И. А. Шипилов, О. В. Хонина</i>
Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая
эффективность выращивания многолетних трав
при разных режимах использования травостоя | 2 | <i>V. G. Grebennikov, I. A. Shipilov, O. V. Khonina</i>
Photosynthetic activity and agro-energy efficiency
of growing perennial grasses under different modes
of use of the grass stand | |
| <i>Г. Ю. Рабинович, Д. В. Тихомирова, В. Н. Ланушкина</i>
Факторы, обеспечившие формирование урожайности
картофеля при возделывании на грядах | 12 | <i>G. Yu. Rabinovich, D. V. Tikhomirova, V. N. Lapushkina</i>
Factors that ensured the formation
of potato yields when cultivated on ridges | |
| <i>Е. М. Чеботок</i>
Influence of unstable weather conditions
on the passage time of phenological phases
of black currant in the Middle Urals | 23 | <i>E. M. Chebotok</i>
Influence of unstable weather conditions
on the passage time phenological phases
of black currant in the Middle Urals | |
| Биология и биотехнологии | | Biology and biotechnologies | |
| <i>О. П. Гаврилова, А. С. Орина,
Н. Н. Гогина, Т. Ю. Гагкаева</i>
Проблема фузариоза зерна в Зауралье:
ретроспектива исследований и современная ситуация | 29 | <i>O. P. Gavrilova, A. S. Orina,
N. N. Gogina, T. Yu. Gagkaeva</i>
The problem of Fusarium head blight in the Trans-Urals
region: the history and current situation | |
| <i>М. О. Гутова, Kh. Flefel, М. S. Andryushechkina</i>
Assessment of the ecological well-being
of the rivers of the Middle Urals
in areas with increased technogenic load | 41 | <i>M. O. Gutova, Kh. E. Flefel, M. S. Andryushechkina</i>
Assessment of the ecological well-being
of the rivers of the Middle Urals
in areas with increased technogenic load | |
| <i>В. А. Кузнецова, А. А. Блинова,
О. Н. Тарасова, Л. Е. Иваченко</i>
Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои
в условиях грибковой инфекции
<i>Septoria glycines</i> Hemmi | 47 | <i>V. A. Kuznetsova, A. A. Blinova,
O. N. Tarasova, L. E. Ivachenko</i>
Activity of oxidoreductase of seeds
and soybean seedlings under conditions
of fungal infection <i>Septoria glycines</i> Hemmi | |
| <i>Л. Н. Кузьмина, А. П. Карташова</i>
Качество клетчатки и эффективность ее использования
в рационах голштин-холмогорских коров | 56 | <i>L. N. Kuzmina, A. P. Kartashova</i>
The quality of fiber and the effectiveness of use in rations
of Holstein-Kholmogor cows | |
| <i>А. А. Муминов, О. Д. Назарова</i>
Угрозы сибирязвенных захоронений для экологической
безопасности Таджикистана и меры их предупреждения | 65 | <i>A. A. Muminov, O. D. Nazarova</i>
Threats of anthrax burials on the environmental safety
of Tajikistan and their prevention measures | |

Экономика

Economy

- | | | | |
|--|----|---|--|
| <i>А. С. Дорохов, Н. О. Чилингарян</i>
Состояние и перспективы развития комбикормовой
промышленности в Российской Федерации | 75 | <i>A. S. Dorokhov, N. O. Chilingaryan</i>
Status and development prospects of the feed industry
in the Russian Federation | |
| <i>А. Г. Мокроносков, Е. С. Огородникова, А. Е. Плахин</i>
Развитие конкуренции на рынке социальных услуг
сельских поселений Свердловской области
в методологии регионального стандарта | 85 | <i>A. G. Mokronosov, E. S. Ogorodnikova, A. E. Plakhin</i>
Development of competition in the market
of social services of rural settlements of Sverdlovsk region
in the methodology of regional standard | |

Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя

В. Г. Гребенников¹, И. А. Шипилов¹, О. В. Хонина¹

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

✉E-mail: kormoproiz.st@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – изучение адаптивности, устойчивости новых сортов и видов многолетних трав при разных режимах использования травостоя (сенокос, пастбище), направленных на ослабление зависимости их продуктивности от колебаний агрометеорологических условий в аридной зоне. Исследования базируются на методах конструирования лугопастбищных травостоев, приспособленных к экстремальным условиям аридной зоны и способных за счет морфофизиологических реакций растений выдерживать температурный, водный, а также (со стороны конкурентных видов) ценоотический стрессы. **Результаты и практическая значимость.** Выявлены наиболее продуктивные экологопластичные травосмеси новых сортов многолетних бобовых и злаковых трав, необходимые для создания агрофитоценозов целевого назначения. Установлены корреляционные связи уровня продуктивности вида, сорта с физиологическими параметрами растений. Определена роль фитоценоотического фактора, характеризующего взаимоотношение растений при разных режимах использования травостоя (сенокос, пастбище), установлены закономерности в динамике накопления биомассы урожая травосмесями разного ботанического состава. Самую высокую биомассу в среднем за 4 года формировали посеы в режиме сенокосного использования травостоя (люцерна + житняк + костреч + эспарцет + донник – 3,07 т/га сухого вещества). При пастбищном использовании в среднем за 4 года самую высокую продуктивность обеспечила травосмесь люцерна + житняк + костреч + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник со сбором в сумме за 2 укоса 1,5 т/га сухого вещества и 9,6 ГДж/га обменной энергии при чистом энергетическом доходе 8,7 ГДж/га. **Научная новизна.** Впервые для условий сухостепной зоны предложен адаптационный подход к созданию продуктивных травостоев многолетних травосмесей с участием новых сортов и видов бобовых и злаковых трав, раскрывающий механизм взаимодействия растений на основе разработанной оптической структуры фитоценоза при разных режимах кормового использования (сенокос, пастбище).

Ключевые слова: сенокосное и пастбищное использование, многолетние травы, агрофитоценоз, фотосинтетическая деятельность, листовая поверхность, продуктивность, агроэнергетическая эффективность.

Для цитирования: Гребенников В. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-2-11.

Дата поступления статьи: 28.02.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Кормовые ресурсы сенокосов и пастбищ сухостепной зоны Северного Кавказа обеспечивают производство до 30 % кормов от общей их потребности в животноводстве [1, с. 116], [2, с. 478].

Растительность на каштановых почвах зоны сухих степей представлена злаково-полынными ассоциациями с преобладанием растений семейств маревых, злаковых и полыни, урожайность которых не превышает 1,5–1,8 т/га зеленой массы [3, с. 153], [4, с. 6330], [5, с. 81], [6, с. 9].

При неблагоприятных условиях увлажнения целесообразно создание одноукосных травостоев с преобладанием в составе агрофитоценоза таких засухоустойчивых видов, как пырей, житняк, донник [7, с. 3], [8, с. 66].

Для аридной зоны при одноукосном использовании травостоя злаковые травы скашивают в фазу конца выхода в трубку – начало колошения (выметывания) доминирую-

щего вида, а бобовые – в фазу бутонизации – начала цветения [9, с. 10], [10, с. 7].

По этой причине для продления периода оптимальных сроков уборки трав и равномерности поступления сырой массы в течение сезона целесообразно в травостое иметь несколько типов различных по скороспелости травосмесей – ранние, средние, позднеспелые [11, с. 23], [12, с. 20], [13, с. 13], [14, с. 19].

Рост кормовой продуктивности поливидовых агрофитоценозов при разных режимах использования происходит в основном за счет активизации работы листового аппарата вследствие улучшения стратегии распределения ассимилятов в растении на протяжении всего онтогенеза [15, с. 8].

Исследования фотосинтетической деятельности растений многолетних трав с использованием контрастных видов и сортов при варьировании условий выращивания

имеет несколько практических аспектов. В последние годы наибольшее внимание уделяется изучению генотипических различий в активности и продолжительности работы фотосинтетического аппарата многолетних бобовых и злаковых трав и поиску путей повышения его активности как селекционными, так и технологическими способами.

До недавнего времени исследований фотосинтетической деятельности многолетних трав, агроэнергетической эффективности их выращивания, позволяющих раскрыть особенности формирования кормовой продуктивности у сортов нового поколения, в зоне сухих степей не проводилось. Этим и объясняется актуальность объекта исследований, направленная на совершенствование системы лугового кормопроизводства в аридных районах Северного Кавказа.

Методология и методы исследования (Methods)

В процессе выполнения работ использовали общенаучные методы синтеза, аналогии, выдвижения и проверки гипотез и морфофизиологические методы исследований.

Полевые исследования и лабораторные анализы выполняли в 2016–2019 гг. в соответствии с отраслевой и научной нормативной документацией.

Почвы землепользования (СПК племзавод «Дружба» Апанасенковского района Ставропольского края), в котором проводились исследования, – каштановые с содержанием гумуса в горизонте А 1,98 %.

В контрольном фитоценозе растительный покров полынно-злаковой модификации представлен 12 видами трав, в их числе злаковые – 35 % от общего числа, разнотравье – 65 %, бобовые отсутствуют. При этом на малолетники, представленные сорной флорой, приходится 40 %. Травостой сильно деградирован. Поверхность почвы покрыта растительностью на 25 %. Злаковую основу фитоценозов малодернистой степи представляют типчак, тонконог, ковыль, мятлик луковичный и др. Наряду с однолетниками и эфемерами в контрольном варианте присутствовал ромашник тысячелистниковый (10–12 %).

Изучаемые группы растений по расположению листьев выглядят следующим образом:

– люцерна желтая (*Medicago falcata* L.), сорт Татьяна (среднеранний) – листья низовые; период от начала весеннего отрастания до укосной спелости (бутонизация – начало цветения) – 72–5 дней;

– донник желтый двулетний (*Melilotus officinalis* (L.) Desr.), сорт Золотистый (скороспелый) – листья верховые; в год посева не цветет, используется в качестве покровной культуры, от посева до уборки проходит 62–65 дней. Во 2-й год жизни укосной спелости достигает через 35–55 дней после начала вегетации;

– пырей средний (сизый) (*Elytrigia intermedia* (Host.) Nevski), сорт Ставропольский 1 (среднеспелый) – листья верховые; в 1-й год продуктивной жизни достигает укосной спелости (фаза колошения) – 15–20 июня;

– житняк сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy), сорт Новатор (среднеранний) – листья верховые; в 1-й год продуктивной жизни достигает укосной спелости (фаза колошения) – 8–12 июня;

– фестулолиум (гибрид овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) и райграса многоукосного (*Lolium multiflo-*

rum Lam. (*L. Italicum* A. Braun.)), сорт Викнел (ранний) – листья верховые; в год продуктивной жизни укосной спелости достигает в 3-й декаде мая;

– эспарцет виколестный (*Onobrychis vicifolia* Scop.), сорт Русич (ранний) – листья низовые; в год продуктивной жизни достигает фазы бутонизации – начала цветения во 2-й декаде мая.

Улучшение старовозрастного деградированного пастбищного фитоценоза проводили в 3-й декаде марта методом поверхностного улучшения, состоящего из двукратного дискового лущения дернины травостоя на глубину 10–12 см без оборота пласта (БДТ-3) с последующим подсевом многолетних бобово-злаковых травосмесей на глубину 3–5 см (Amazon D 9600-EC combi). После подсева выполняли прикатывание (ЗККШ-6).

В травосмесях норма высева семян каждой исследуемой культуры устанавливалась в размере 35 % от полной нормы высева в одновидовых посевах: люцерна желтая – 15 кг/га; донник желтый – 20 кг/га; житняк сибирский – 25 кг/га; пырей средний – 25 кг/га; фестулолиум – 25 кг/га; эспарцет виколестный – 100 кг/га.

В качестве покровной культуры высевали донник желтый двулетний.

Урожайность пастбищного корма определяли укосным методом и выражали в абсолютно сухом веществе. Для этого на каждом варианте на четырех повторностях скашивали траву с 4 учетных площадок размером 2,5 м² каждая (1,0×2,5 м). Пробы со всех повторностей каждого варианта смешивали и отбирали среднюю массой 1,0 кг. При имитации пастбищного содержания животных траву скашивали при ее высоте 10–12 см. Общую урожайность в пересчете на 1 га определяли как сумму урожаев за 2 укоса. При сенокосном использовании травостоя траву скашивали в фазу колошения злаковых – начала цветения бобовых.

Общая площадь делянки при обоих способах использования составляла 180 м², учетной – 50 м².

На основании технологического регламента и нормативов затрат энергии рассчитаны энергетические затраты на проведение отдельных операций и технологии в целом. Содержание обменной энергии и протеина в корме рассчитаны с учетом структуры агрофитоценоза.

Результаты (Results)

В процессе роста и развития многолетних трав конкурентные связи в агрофитоценозах различной густоты стояния и оптической плотности явились важным биотическим фактором как подавления, так и интенсификации ростовых процессов. Ярусная взаимодополняемость верховых и низовых видов трав обеспечила более полное освоение пространственных ниш и, как следствие, более эффективное использование факторов внешней среды в аридной зоне.

При поверхностном улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ подсев фенологически разноритмичных по продолжительности вегетационного периода многолетних бобово-злаковых травосмесей способствовал продуцированию фитомассы в течение всего периода вегетации, формированию ее высокой продуктивности на основе оптимизации фитоценологической структуры посева.

Таблица 1
Урожайность многолетних трав по годам жизни при сенокосном и пастбищном использовании травостоя, т/га

Травосмесь	2016		2017		2018		2019	
	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество	Зеленая масса	Сухое вещество
Контроль (неулучшенный травостой)	3,6	0,74	4,20	0,83	4,22	0,9	3,46	0,72
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	$\frac{7,26}{5,30}$	$\frac{1,51}{0,84}$	$\frac{9,48}{5,21}$	$\frac{1,92}{0,84}$	$\frac{12,15}{6,44}$	$\frac{2,41}{1,02}$	$\frac{12,47}{7,95}$	$\frac{1,95}{1,04}$
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	$\frac{7,29}{6,90}$	$\frac{1,71}{1,02}$	$\frac{15,67}{8,64}$	$\frac{3,18}{1,25}$	$\frac{17,58}{10,25}$	$\frac{3,62}{1,42}$	$\frac{16,64}{8,90}$	$\frac{3,76}{1,45}$
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	$\frac{7,53}{6,03}$	$\frac{1,62}{0,86}$	$\frac{11,02}{6,86}$	$\frac{2,20}{0,92}$	$\frac{16,15}{10,05}$	$\frac{3,26}{1,40}$	$\frac{15,25}{9,00}$	$\frac{3,01}{1,74}$
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,51}{4,26}$	$\frac{1,48}{0,64}$	$\frac{10,86}{5,05}$	$\frac{2,0}{1,72}$	$\frac{12,20}{7,46}$	$\frac{2,84}{1,05}$	$\frac{13,05}{6,48}$	$\frac{2,67}{0,93}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	$\frac{7,94}{5,90}$	$\frac{1,17}{0,84}$	$\frac{14,20}{6,42}$	$\frac{2,94}{0,98}$	$\frac{15,50}{9,74}$	$\frac{3,28}{1,40}$	$\frac{15,81}{8,18}$	$\frac{3,46}{1,12}$
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,60}{4,87}$	$\frac{1,51}{0,73}$	$\frac{12,53}{5,90}$	$\frac{2,51}{0,84}$	$\frac{14,20}{8,80}$	$\frac{2,44}{1,22}$	$\frac{13,81}{8,05}$	$\frac{2,76}{1,10}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{7,91}{6,95}$	$\frac{1,36}{1,02}$	$\frac{14,64}{9,90}$	$\frac{2,88}{1,60}$	$\frac{16,05}{11,58}$	$\frac{3,30}{1,80}$	$\frac{16,24}{10,60}$	$\frac{3,15}{1,63}$
НСР ₀₅ , т/га	1,73		2,12		3,43		1,96	

Примечание: в числителе – сенокосное использование; в знаменателе – пастбищное использование (в сумме за 2 укоса).

Table 1
Yield of perennial grasses by years of life in haymaking and pasture use of herbage, t/ha

Grass mixture	2016		2017		2018		2019	
	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter	Green mass	Dry matter
Control (not improved herbage)	3.6	0.74	4.20	0.83	4.22	0.9	3.46	0.72
Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot	$\frac{7.26}{5.30}$	$\frac{1.51}{0.84}$	$\frac{9.48}{5.21}$	$\frac{1.92}{0.84}$	$\frac{12.15}{6.44}$	$\frac{2.41}{1.02}$	$\frac{12.47}{7.95}$	$\frac{1.95}{1.04}$
Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot	$\frac{7.29}{6.90}$	$\frac{1.71}{1.02}$	$\frac{15.67}{8.64}$	$\frac{3.18}{1.25}$	$\frac{17.58}{10.25}$	$\frac{3.62}{1.42}$	$\frac{16.64}{8.90}$	$\frac{3.76}{1.45}$
Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{7.53}{6.03}$	$\frac{1.62}{0.86}$	$\frac{11.02}{6.86}$	$\frac{2.20}{0.92}$	$\frac{16.15}{10.05}$	$\frac{3.26}{1.40}$	$\frac{15.25}{9.00}$	$\frac{3.01}{1.74}$
Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.51}{4.26}$	$\frac{1.48}{0.64}$	$\frac{10.86}{5.05}$	$\frac{2.0}{1.72}$	$\frac{12.20}{7.46}$	$\frac{2.84}{1.05}$	$\frac{13.05}{6.48}$	$\frac{2.67}{0.93}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{7.94}{5.90}$	$\frac{1.17}{0.84}$	$\frac{14.20}{6.42}$	$\frac{2.94}{0.98}$	$\frac{15.50}{9.74}$	$\frac{3.28}{1.40}$	$\frac{15.81}{8.18}$	$\frac{3.46}{1.12}$
Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.60}{4.87}$	$\frac{1.51}{0.73}$	$\frac{12.53}{5.90}$	$\frac{2.51}{0.84}$	$\frac{14.20}{8.80}$	$\frac{2.44}{1.22}$	$\frac{13.81}{8.05}$	$\frac{2.76}{1.10}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{7.91}{6.95}$	$\frac{1.36}{1.02}$	$\frac{14.64}{9.90}$	$\frac{2.88}{1.60}$	$\frac{16.05}{11.58}$	$\frac{3.30}{1.80}$	$\frac{16.24}{10.60}$	$\frac{3.15}{1.63}$
LSD ₀₅ , t/ha	1.73		2.12		3.43		1.96	

Note: in the numerator – hayfield use; in the denominator – pasture use (in total for 2 mowing).

Проведенные в течение 4 лет исследования показали, что при смешанном произрастании разных видов бобовых и злаковых трав, в фитоценозе между компонентами происходит закономерная смена доминантов – одни виды заменяются и дополняются другими.

Донник желтый как покровная культура продуцирует 2 года, эспарцет – 3, люцерна желтая – 5–6 лет, а злаковые виды (коострец, житняк, пырей, фестулолиум) до 10 и более лет [7, с. 5].

Травосмеси с участием коостреца дают самый ранний корм (1–2-я декада мая) с периодом кормового использования на сено до 1–2-й декады июня. При двукратном стравливании первый урожай зеленой массы готов к кормовому использованию на высоте травостоя 10–12 см уже в 3-й декаде апреля – 1-й декаде мая; второй – во 2–3-й декаде июня. В июле – августе при среднесуточной температуре воздуха 27–29 °С наблюдается пастбищная депрессия – приостановка ростовых процессов, восстановление которых начинается только во второй половине сентября, когда среднесуточные температуры опускаются до 17–19 °С, что сопровождается выпадающими осадками в этот период вегетации растений на уровне не менее 27–32 мм.

В поливидовых посевах наиболее устойчивым и долголетним был коострец безостый. Этот вид даже через 4 года после подсева доминировал в травостое – его масса в разных сочетаниях травосмесей составляла 52–58 %. Из других злаков достаточно устойчивыми были житняк гребневидный и пырей средний – 28–32 %. Менее устойчивым и продуктивным оказался фестулолиум, участие которого к 4-му году жизни в составе травосмеси не превышало 12–15 %, он оказался малопригодным для возделывания в аридной зоне. Из бобовых трав при всех сочетаниях травосмесей к 4-му году пользования наибольшую устойчивость проявила люцерна желтая, которая в травостое в процентном отношении составляла от 25 до 32 %.

Эспарцет виколистный проявил достаточно высокую эффективность в первые 3 года жизни (32–37 %), а к 4-му году сократил свое участие и формировал лишь 15–17 % урожая. Высокую устойчивость в составе травосмесей проявил донник желтый, выращиваемый как покровная культура.

В режиме сенокосного использования наиболее экологически пластичной за 4 года жизни явилась травосмесь люцерна + житняк + коострец + эспарцет + донник, которая обеспечила по годам выход 7,29–17,58 т/га зеленой массы и 1,71–3,76 т/га сухого вещества (таблица 1).

При двухукосном использовании травостоя с имитацией пастбищного использования лучшие показатели продуктивности за 4 года обеспечила травосмесь – люцерна + житняк + коострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник со сбором – 6,95–11,58 т/га зеленой массы и 1,02–1,80 т/га сухого вещества.

При пастбищном использовании травостоя (двухукосном) суммарная урожайность зеленой массы многолетних травосмесей оказалась в 1,8–2,4 раза ниже, чем в режиме одноукосного при сенокосном использовании.

Относительно более устойчивыми к двукратному отчуждению надземной массы и долголетними оказались такие многолетние травы, как люцерна желтая и пырей средний.

Предпосылкой решения задачи повышения продуктивности и качества поедаемой кормовой массы сенокосов и пастбищ аридной зоны путем оптимизации условий выращивания агрофитоценозов, является исследование фотосинтетической деятельности различных видов и сортов многолетних бобовых и злаковых трав, основанное на выяснении взаимодействия механизмов фотосинтеза с другими физиологическими и ростовыми процессами.

Учитывая важность такого взаимодействия для развития теории фотосинтетической продуктивности многолетних трав, оптимизации их структуры, нами была предпринята попытка оценить влияние условий выращивания на ростовые функции вегетативных надземных органов бобовых трав – люцерны желтой, эспарцета и донника желтого двулетнего в поливидовых посевах с разными видами злаковых трав (коострец, житняк, фестулолиум, пырей).

Как видно из полученных экспериментальных данных, наиболее однозначной реакцией растений на условия выращивания является изменение площади их листовой поверхности (ЛП), отношение площади листьев и сухой биомассы растений, возрастание относительной скорости роста биомассы и значение таких показателей, как фотосинтетический потенциал (ФП) и чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Наибольшая фотосинтетическая активность изучаемых многолетних агрофитоценозов при двух способах использования травостоев (сенокос, пастбище) достигалась в том случае, когда в смешанных посевах между компонентами травосмеси достигалось рациональное соотношение величины листовой поверхности (ЛП) и фотосинтетического потенциала (ФП) на единицу площади листьев (таблицы 2, 3).

Корреляционный и дисперсионный анализ связей r_1 (ЛП), r_2 (ЧПФ), r_3 (ФП) и r_4 (урожайность сухого вещества) показал, что они достоверны при обоих способах использования травостоя, существенно прямолинейны и характеризуются коэффициентами корреляции разной степени сопряженности: при сенокосном использовании $r_{1,2} = 0,36$; $r_{1,3} = 0,72$; $r_{1,4} = 0,86$; $r_{2,3} = 0,21$; $r_{2,4} = 0,15$; $r_{3,4} = 0,84$. При пастбищном двухукосном использовании травостоя коэффициент корреляции изученных связей выглядит следующим образом: $r_{1,2} = 0,65$; $r_{1,3} = 0,92$; $r_{1,4} = 0,68$; $r_{2,3} = 0,15$; $r_{2,4} = 0,82$; $r_{3,4} = 0,96$.

Установленные корреляционные зависимости между основными показателями фотосинтетической деятельности и урожайностью сухого вещества в посевах с разным видовым составом бобовых и злаковых трав получило основание для использования этих показателей при моделировании урожайности многолетних трав.

Уравнение регрессии для данной зависимости имеет следующий вид:

$$Y = 0,024x_1 + 0,0874x_2 + 2,581x_3 + 0,0923,$$

где Y – урожайность сухого вещества, т/га;

x_1 – площадь листовой поверхности (max) тыс. м²/га;

x_2 – чистая продуктивность фотосинтеза г м²/сутки;

x_3 – фотосинтетический потенциал млн м² дней/га.

При сенокосном режиме использования травостоя мощность ФП и ЛП не коррелирует с показателями ЧПФ, в то время как при двух укосах пастбищного использования ЧПФ находится в прямой зависимости от ЛП и ФП.

Таблица 2

Фотосинтетическая деятельность многолетних травосмесей при сенокосном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га (max)	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сутки	Фотосинтетический потенциал, млн м ² дней/га
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	20,75	5,84	1,45
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	24,84	6,12	1,73
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	23,18	5,95	1,60
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	21,74	4,78	1,55
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	27,26	4,45	1,81
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	24,45	4,15	1,90
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	25,72	4,86	1,95

Table 2

Photosynthetic activity of perennial grass mixtures under hayfield use of the herbage (average for 2016–2019)

Grass mixture	The area of leaf surface, thousand m ² /ha (max)	The net productivity of photosynthesis, g/m ² /day	Photosynthetic potential, million m ² days/ha
<i>Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot</i>	20.75	5.84	1.45
<i>Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot</i>	24.84	6.12	1.73
<i>Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	23.18	5.95	1.60
<i>Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot</i>	21.74	4.78	1.55
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	27.26	4.45	1.81
<i>Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot</i>	24.45	4.15	1.90
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot</i>	25.72	4.86	1.95

Таблица 3

Фотосинтетическая деятельность многолетних травосмесей при пастбищном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Площадь листовой поверхности, тыс. м ² /га (max)		Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сутки		Фотосинтетический потенциал, млн м ² дней/га	
	Укосы					
	1	2	1	2	1	2
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	2,76	1,45	6,81	4,25	0,74	0,40
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	5,36	2,24	5,90	3,36	0,92	0,40
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	4,05	2,48	5,54	4,05	0,81	0,52
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	4,85	2,60	5,41	3,22	0,95	0,50
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	5,90	3,81	5,86	3,75	1,05	0,81
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	4,95	2,90	5,90	2,05	0,86	0,74
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	6,64	3,38	5,05	2,21	1,05	0,80

Table 3

Photosynthetic activity of perennial grass mixtures under pasture use of the herbage (average for 2016–2019)

Grass mixture	The area of leaf surface, thousand m ² /ha (max)		The net productivity of photosynthesis, g/m ² /day		Photosynthetic potential, million m ² days/ha	
	Mowings					
	1	2	1	2	1	2
<i>Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot</i>	2.76	1.45	6.81	4.25	0.74	0.40
<i>Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot</i>	5.36	2.24	5.90	3.36	0.92	0.40
<i>Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	4.05	2.48	5.54	4.05	0.81	0.52
<i>Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot</i>	4.85	2.60	5.41	3.22	0.95	0.50
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot</i>	5.90	3.81	5.86	3.75	1.05	0.81
<i>Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot</i>	4.95	2.90	5.90	2.05	0.86	0.74
<i>Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot</i>	6.64	3.38	5.05	2.21	1.05	0.80

Агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при сенокосном и пастбищном использовании травостоя (в среднем за 2016–2019 гг.)

Травосмесь	Сухое вещество, т/га	Сырой протеин, кг/га	Затраты совокупной энергии, ГДж/га	Выход обменной энергии, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности	Чистый энергетический доход, ГДж/га
Люцерна + житняк + эспарцет + донник	$\frac{1,95}{0,84}$	$\frac{280}{210}$	$\frac{10,4}{0,43}$	$\frac{12,1}{5,12}$	$\frac{1,2}{11,9}$	$\frac{1,7}{4,4}$
Люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник	$\frac{3,07}{1,30}$	$\frac{390}{270}$	$\frac{15,5}{0,76}$	$\frac{18,8}{8,05}$	$\frac{1,2}{10,6}$	$\frac{3,3}{7,3}$
Люцерна + житняк + пырей + эспарцет + донник	$\frac{2,52}{1,23}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{14,6}{0,62}$	$\frac{15,40}{7,86}$	$\frac{1,1}{9,6}$	$\frac{0,8}{7,2}$
Люцерна + житняк + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,25}{0,97}$	$\frac{300}{290}$	$\frac{12,7}{0,58}$	$\frac{13,75}{6,02}$	$\frac{1,1}{10,4}$	$\frac{1,1}{5,4}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + эспарцет + донник	$\frac{2,90}{1,10}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{15,8}{0,68}$	$\frac{17,7}{6,81}$	$\frac{1,1}{10,0}$	$\frac{1,9}{6,1}$
Люцерна + житняк + кострец + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,33}{0,97}$	$\frac{290}{305}$	$\frac{13,1}{0,71}$	$\frac{14,32}{6,47}$	$\frac{1,1}{9,5}$	$\frac{1,2}{6,1}$
Люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник	$\frac{2,67}{1,51}$	$\frac{340}{395}$	$\frac{15,7}{0,86}$	$\frac{16,45}{9,56}$	$\frac{1,1}{11,1}$	$\frac{0,8}{8,7}$

Примечание: в числителе – сенокосное использование; в знаменателе – пастбищное использование (в сумме за 2 укоса).

Table 4

Agro-energy efficiency of growing perennial grasses with hay and pasture use of herbage (on average for 2016–2019)

Grass mixture	Dry matter, t/ha	Raw protein, kg/ha	Total energy costs, GJ/ha	Metabolizable energy, GJ/ha	Energy efficiency coefficient	Clean energy income, GJ/ha
Alfalfa + fairway + sainfoin + melilot	$\frac{1.95}{0.84}$	$\frac{280}{210}$	$\frac{10.4}{0.43}$	$\frac{12.1}{5.12}$	$\frac{1.2}{11.9}$	$\frac{1.7}{4.4}$
Alfalfa + fairway + brome + sainfoin + melilot	$\frac{3.07}{1.30}$	$\frac{390}{270}$	$\frac{15.5}{0.76}$	$\frac{18.8}{8.05}$	$\frac{1.2}{10.6}$	$\frac{3.3}{7.3}$
Alfalfa + fairway + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{2.52}{1.23}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{14.6}{0.62}$	$\frac{15.40}{7.86}$	$\frac{1.1}{9.6}$	$\frac{0.8}{7.2}$
Alfalfa + fairway + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.25}{0.97}$	$\frac{300}{290}$	$\frac{12.7}{0.58}$	$\frac{13.75}{6.02}$	$\frac{1.1}{10.4}$	$\frac{1.1}{5.4}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + sainfoin + melilot	$\frac{2.90}{1.10}$	$\frac{310}{250}$	$\frac{15.8}{0.68}$	$\frac{17.7}{6.81}$	$\frac{1.1}{10.0}$	$\frac{1.9}{6.1}$
Alfalfa + fairway + brome + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.33}{0.97}$	$\frac{290}{305}$	$\frac{13.1}{0.71}$	$\frac{14.32}{6.47}$	$\frac{1.1}{9.5}$	$\frac{1.2}{6.1}$
Alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot	$\frac{2.67}{1.51}$	$\frac{340}{395}$	$\frac{15.7}{0.86}$	$\frac{16.45}{9.56}$	$\frac{1.1}{11.1}$	$\frac{0.8}{8.7}$

Note: in the numerator – hayfield use; in the denominator – pasture use (in total for 2 mowing).

Положительная линейная корреляция между сбором сухого вещества (r_4), способом использования травостоя (r_1) и степенью загущенности посевов (r_2) – $r_{1,4} = 0,92$; $r_{2,4} = 0,52$.

Методом шагово-регрессионного анализа было получено следующее уравнение для расчета урожая сухого вещества в зависимости от густоты стояния травостоя, вида культуры, способа использования:

$$Y = 0,780x_1 + 0,0327x_2 + 0,177x_3 + 2,105,$$

где Y – урожайность сухого вещества, т/га;

x_1 – способ использования;

x_2 – густота стояния;

x_3 – культура.

С целью всесторонней оценки продукционного процесса выращивания многолетних трав проведенными исследованиями было предусмотрено определение потенциала сбора сухого вещества, валовой, обменной энергии и произведенных прямых затрат в произведенных кормах при двух способах использования травостоя.

Расчеты, представленные в таблице 4, показали, что наиболее эффективным, с точки зрения энергоемкости, явился режим пастбищного использования травостоя.

В лучшем варианте опыта (люцерна + житняк + кострец + пырей + фестулолиум + эспарцет + донник) коэффициент энергетической эффективности был равен 11,1, что в 10,1 раз выше, чем в режиме сенокосного использования данной травосмеси, а чистый энергетический доход при пастбищном использовании за 2 укоса составил 8,7 ГДж/га, что в 10,9 раз выше в сравнении с сенокосным.

В режиме сенокосного использования травостоя при выращивании травосмеси люцерна + житняк + кострец + эспарцет + донник одновременно с ростом затрат совокупной энергии до 15,5 ГДж/га был получен самый высокий сбор сухой биомассы – 3,07 т/га при чистом энергетическом доходе 3,3 ГДж/га.

Таким образом, в системе лугопастбищного севооборота 2 способа использования травостоя (сенокос, пастбище) оказались достаточно эффективными. Для заготовки объемистых кормов лучший эффект обеспечивает травосмесь, в которой присутствуют кострец, житняк и 3 бобовых компонента (люцерна желтая, эспарцет, донник).

При организации культурных пастбищ с продолжительным использованием кормовых культур наибольший эффект обеспечивает травосмесь с участием 4 видов злаковых трав (кострец, житняк, пырей, фестулолиум) и 3 видов бобовых – люцерна, эспарцет, донник.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Создание многолетних поликомпонентных травосмесей при поверхностном улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ с участием районированных сортов и видов многолетних бобовых и злаковых трав в аридной сухостепной зоне Северного Кавказа является экологически обоснованной и агроэнергетически эффективной технологией, обеспечивающей их ускоренное залужение.

Поливидовые агрофитоценозы как при сенокосном, так и при пастбищном (2 укоса) использовании травостоя обеспечивали формирование большого ассимиляционного аппарата бобовых и злаковых трав. Фотосинтетический потенциал находился в прямой зависимости от площади листовой поверхности и продуктивности агрофитоценоза в целом и варьировал при режиме сенокосного использования от 1,55 до 1,95 млн м² дней. Чистая продуктивность фотосинтеза с увеличением густоты стояния агрофитоценозов имела тенденцию к снижению, колебалась на уровне 5,12–3,15 г м²/сутки и не находилась в прямой зависимости от продуктивности сформированного травостоя при обоих режимах использования кормовых культур.

Такие агрофитоценозы с участием бобовых и злаковых трав нового поколения высокоэффективны. Поэтому для аридной сухостепной зоны Северного Кавказа при поверхностном улучшении сенокосов и пастбищ целесообразно создавать агрофитоценозы поликомпонентных травосмесей даже при существенных антропогенных затратах.

Поливидовые травосмеси с участием засухо- и солевыносливых культур (люцерна желтая, пырей, житняк и кострец) обладают высокой экологической пластичностью, хорошо отрастают, перезимовывают и выживают, что позволяет с успехом их использовать при улучшении старовозрастных деградированных сенокосов и пастбищ.

В этом случае при двух способах использования (сенокос, пастбище) травостой становится наиболее плотным, менее засоренным, а распределение урожая по годам продуктивной жизни – более равномерным.

Библиографический список

1. Trukhachev V. I., Sklyarov I. Yu., Sklyarova Yu. M. Current status of resource potential of agriculture in the South of Russia // Montenegrin Journal of Economics. 2016. Vol. 12. No. 3. Pp. 115–126.
2. Хонина О. В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополя и способы их улучшения // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 477–481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019.
3. Лазарева В. Г., Бананова В. А., Харитонов Ч. С., Горяев И. А., Зунг Н. В. Индикаторная роль растительности при мелиорации аридных ландшафтов Прикаспия (на примере республики Калмыкия) // Юг России: экология, развитие. 2016. Т. 11. № 3. С. 151–164. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-151-164.
4. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260.
5. Рыбашлыкова Л. П., Беляев А. И., Пугачёва А. М. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия // Юг России: экология, развитие. 2019. № 14 (4). С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.

6. Лапенко Н. Г., Оганян Л. Р. Присельские пастбища – важная кормовая база для животных индивидуального сектора // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 9–17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233.
7. Гребенников В. Г., Шпилов И. А., Хонина О. В. Урожайность озимой пшеницы и средообразующий потенциал многолетних бобовых трав как фактор биологизации земледелия // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10 (189). С. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239.
8. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (53). С. 64–67. DOI: 10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270.
9. Евстратова Л. П., Евсеева Г. В., Смирнов С. Н., Камова А. И. Влияние режимов скашивания на продуктивность и питательную ценность многолетних травостоев // Кормопроизводство. 2019. № 6. С. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32188.
10. Евстратова Л. П., Евсеева Г. В., Смирнов С. Н., Катричко Г. А. Современное состояние и пути повышения эффективности кормопроизводства в Карелии // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 6–9. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21816.
11. Ибрагимов К. М., Гамидов И. Р., Умаханов М. А. Продуктивность эспарцета песчаного в двух-трёхкомпонентных фитомелиоративных агрофитоценозах в условиях Кизлярских пастбищ // Кормопроизводство. 2019. № 7. С. 23–27. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.34531.
12. Фигурин В. А., Кислицына А. П. Продуктивность и питательная ценность травосмесей фестулолиума с разнопоспевающими сортами клевера лугового // Кормопроизводство. 2019. № 5. С. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.30725.
13. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства // Кормопроизводство. 2019. № 6. С. 12–15. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187.
14. Лазарев Н. Н., Кухаренкова О. В., Куренкова Е. М. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства // Кормопроизводство. 2019. № 4. С. 18–25. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.28246.
15. Кутузова А. А., Проворная Е. Е., Цыбенко Н. С. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приемов // Кормопроизводство. 2019. № 1. С. 7–11.

Об авторах:

Вадим Гусейнович Гребенников¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0001-9871-2417, AuthorID 621877; +7 (8652) 35-04-82, kormoproiz.st@mail.ru

Иван Алексеевич Шпилов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0002-6856-2662, AuthorID 621874

Олеся Викторовна Хонина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела кормления и кормопроизводства, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876

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

Photosynthetic activity and agro-energy efficiency of growing perennial grasses under different modes of use of the grass stand

V. G. Grebennikov¹✉, I. A. Shipilov¹, O. V. Khonina¹

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

✉E-mail: kormoproiz.st@mail.ru

Abstract. The purpose of research is to study the adaptability and stability of new varieties and species of perennial grasses under different modes of use of grass (hay, pasture), aimed at reducing the dependence of their productivity on fluctuations in agrometeorological conditions in the arid zone. The research is based on the methods of designing grasslands adapted to extreme conditions of the arid zone and capable of withstanding temperature, water, and coenotic stresses due to morphophysiological reactions of plants. **Results and practical significance.** The most productive eco-plastic grass mixtures of new varieties of perennial legumes and grasses that are necessary for creating agrophytocenoses for target use have been identified. Correlative relationships of the productivity level of the species and variety with the physiological parameters of plants were established. The role of the phytocenotic factor that characterizes the relationship of plants in different modes of use of grass (haymaking, pasture) is determined and patterns in the dynamics of accumulation of crop biomass by grass mixtures of different botanical composition are established. The highest biomass on average for 4 years was formed by crops in the mode of haymaking use of grass (alfalfa + wheat grass + brome + sainfoin + melilot – 3.07 t/ha of dry matter). For pasture use, on average, over 4 years, the highest productivity was provided by a grass mixture – alfalfa + fairway + brome + wheatgrass + festulolium + sainfoin + melilot with a collection of 1.5 t/ha of dry matter and 9.6 GJ/ha of exchange energy for a net energy income of 8.7 GJ/ha. **Scientific novelty.** For the first time for the conditions of the dry-steppe zone, an adaptive approach to the creation of productive stands of perennial grass mixtures with the participation of new varieties and species of legumes

and grasses, revealing the mechanism of plant interaction based on the developed optical structure of phytocenosis in different modes of forage use (haymaking, pasture), is proposed.

Keywords: hayfield and pasture use, perennial grasses, agrophytocenosis, photosynthetic activity, leaf surface, productivity, agro-energy efficiency.

For citation: Grebennikov V. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i agroenergeticheskaya effektivnost' vyrashchivaniya mnogoletnikh trav pri raznykh rezhimakh ispol'zovaniya travostoya [Photosynthetic activity and agro-energy efficiency of growing perennial grasses under different modes of use of the grass stand] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 2–11. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-2-11. (In Russian.)

Paper submitted: 28.02.2020.

References

1. Trukhachev V. I., Sklyarov I. Yu., Sklyarova Yu. M. Current status of resource potential of agriculture in the South of Russia // Montenegrin Journal of Economics. 2016. Vol. 12. No. 3. Pp. 115–126.
2. Khonina O. V. Sovremennoye sostoyaniye estestvennykh kormovykh ugodiy Stavropol'ya i sposoby ikh uluchsheniya [Current state of natural forage lands in Stavropol and ways to improve them] // Novosti nauki v APK. 2019. No. 3 (12). Pp. 477–481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019. (In Russian.)
3. Lazareva V. G., Bananova V. A., Kharitonov Ch. S., Goryayev I. A., Zung N. V. Indikatornaya rol' rastitel'nosti pri melioratsii aridnykh landshaftov Prikaspiya (na primere respubliki Kalmykiya) [Indicative role of vegetation in the reclamation of Precaspian arid landscapes (the republic of Kalmykia)] // South of Russia: ecology, development. 2016. Vol. 11. No. 3. Pp. 151–164. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-151–164. (In Russian.)
4. Lapenko N. G., Godunova E. I., Dudchenko L. V., Kuzminov S. A., Kapustin A. S. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 6329–6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260
5. Rybashlykova L. P., Belyayev A. I., Pugacheva A. M. Monitoring suksessionnykh izmeneniy pastbishchnykh fitotsenozov v "potukhshikh" ochagakh deflyatsii Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Monitoring successional changes in pasture phytocenoses in "exhausted" areas of deflation in the North-West Caspian region] // South of Russia: ecology, development. 2019. No. 14 (4). Pp. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85. (In Russian.)
6. Lapenko N. G., Oganyan L. R. Prisel'skiye pastbishcha – vazhnaya kormovaya baza dlya zhivotnykh individual'nogo sektora [Rural pastures – the important food supply for animals of the individual sector] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 9–17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233. (In Russian.)
7. Grebennikov V. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Urozhaynost' ozimoy pshenitsy i sredobrazuyushchiy potentsial mnogoletnikh bobovykh trav kak faktor biologizatsii zemledeliya [Winter wheat yield and environment formation potential of perennial legumes as a factor of biologization agriculture] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 10 (189). Pp. 2–8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239. (In Russian.)
8. Khismatullin M. M. Bobovyie i bobovo-zlakovyie mnogoletniye travy – sostavnaya chast' organicheskogo zemledeliya Respubliki Tatarstan [Legumes and legume-crop perennial grasses – a constituent part of organic farming of the Republic of Tatarstan] // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2019. № 2 (53). Pp. 64–67. DOI: 10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270. (In Russian.)
9. Evstratova L. P., Evseyeva G. V., Smirnov S. N., Kamova A. I. Vliyaniye rezhimov skashivaniya na produktivnost' i pitatel'nyuyu tsennost' mnogoletnikh travostoyev [Influence of cutting management on productivity and nutritional value of perennial grasses] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32188. (In Russian.)
10. Evstratova L. P., Evseyeva G. V., Smirnov S. N., Katrichko G. A. Sovremennoye sostoyaniye i puti povysheniya effektivnosti kormoproizvodstva v Karelii [Current state of forage production in Karelia and ways improving its effectiveness] // Fodder Production. 2018. No. 12. Pp. 6–9. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21816. (In Russian.)
11. Ibragimov K. M., Gamidov I. R., Umakhanov M. A. Produktivnost' espartseta peschanogo v dvukh-trekhkomponentnykh fitomeliorativnykh agrofytotsenozakh v usloviyakh Kizlyarskikh pastbishch [Productivity of hungarian sainfoin in two and three-component grass mixtures for vegetative reclamation on Kizlyar grasslands] // Fodder Production. 2019. No. 7. Pp. 23–27. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.34531. (In Russian.)
12. Figurin V. A., Kislytsyna A. P. Produktivnost' i pitatel'naya tsennost' travosmesey festuloliuma s raznopospevyushchimi sortami klevera lugovogo [Productivity and nutritional value of festulolium mixtures with red clover of various maturation rates] // Fodder Production. 2019. No. 5. Pp. 18–22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.30725. (In Russian.)
13. Zezin N. N., Namyatov M. A. Belkovo-energeticheskiy koeffitsiyent kak pokazatel' effektivnosti otrasli kormoproizvodstva [Protein-energy ratio for forage production efficiency] // Fodder Production. 2019. No. 6. Pp. 12–15. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187. (In Russian.)
14. Lazarev N. N., Kukharenkova O. V., Kurenkova E. M. Lyutserna v sisteme ustoychivogo kormoproizvodstva [Alfalfa – for stable forage production] // Fodder Production. 2019. No. 4. Pp. 18–25. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.28246. (In Russian.)

15. Kutuzova A. A., Provornaya E. E., Tsybenko N. S. Effektivnost' usovershenstvovannykh tekhnologiy sozdaniya pastbishchnykh travostoyev s ispol'zovaniyem novykh sortov bobovykh vidov i agrotekhnicheskikh priyemov [Pasture ecosystems of new legume varieties as affected by improved cultivation methods] // Fodder Production. 2019. No. 1. Pp. 7–11. (In Russian.)

Authors' information:

Vadim G. Grebennikov¹, doctor of agricultural sciences, chief researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0001-9871-2417, AuthorID 621877; +7 (8652) 35-04-82, kormoproiz.st@mail.ru

Ivan A. Shipilov¹, candidate of agricultural sciences, leading researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0002-6856-2662, AuthorID 621874

Olesya V. Khonina¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher of department of feeding and feed production, ORCID 0000-0002-8509-862X, AuthorID 621876

¹ North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах

Г. Ю. Рабинович¹✉, Д. В. Тихомирова¹, В. Н. Лапушкина¹

¹ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Москва, Россия

✉ E-mail: vniimz@list.ru

Аннотация. Целью комплексного исследования, выполненного во ВНИИМЗ в 2016–2018 годах, была оценка метеорологических, агро- и биохимических факторов, способных оказывать воздействие на формирование урожайности картофеля. **Методология и методы исследования.** Методической основой исследования служил опыт, функционирующий в системе плодосменного четырехпольного севооборота, в котором картофель возделывали на грядах при различных схемах применения удобрений. Объектом исследований служил картофель столового назначения – средне-ранний сорт Гала. Дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая почва характеризовалась pH_{KCl} 4,2–5,3, высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия, а также содержанием гумуса 2,2–2,5 %. Под картофель вносили органическое удобрение компост многоцелевого назначения (КМН) и минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат двойной и хлористый калий) либо совместно, либо по отдельности – лентой или вразброс. В качестве факторов, способных в течение каждого из вегетационных сезонов оказывать воздействие на формирование урожая культуры, использовали определение содержания в почве питательных элементов, уровня влажности, активности ферментов класса оксидоредуктаз – каталазы и дегидрогеназы. Параллельно проводили метеонаблюдения. **Результаты.** Уровень прибавки урожайности картофеля в удобренных вариантах относительно контрольного варианта (без удобрений) за трехлетний период исследования составил в среднем 31 %. Самый высокий урожай был отмечен в вариантах с запланированным урожаем 45 т/га при совместном использовании КМН и минеральных удобрений независимо от способа их внесения – вразброс или лентой в грядку соответственно. Самая высокая урожайность картофеля была получена в благоприятный по агроклиматическим условиям 2017 год. Статистическая обработка позволила выявить высокие уровни корреляции урожайности с содержанием в почве минерального азота, с ее окислительно-восстановительным коэффициентом и влажностью. **Научная новизна.** Урожайность картофеля зависит от метеорологических, агро- и биохимических факторов. Для получения высоких урожаев картофеля в условиях Нечерноземной зоны определяющее значение имеют сбалансированное внесение элементов питания с учетом их содержания в почве, погодные условия, а также активность окислительно-восстановительных процессов.

Ключевые слова: урожай, ферментативная активность, элементы питания, картофель, гряды.

Для цитирования: Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В., Лапушкина В. Н. Факторы, обеспечившие формирование урожайности картофеля при возделывании на грядах // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22.

Дата поступления статьи: 30.04.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофелеводство считается одной из важнейших отраслей агропромышленного комплекса России, но его эффективность в настоящее время остается недостаточно высокой. И связано это как с низкой урожайностью и высокой себестоимостью, так и с плохим качеством данной культуры, что определяет в конечном итоге его цену и конкурентоспособность на рынке. Их нивелирование могут обеспечить разработка и внедрение более совершенных технологий выращивания картофеля.

На осушаемых землях Нечерноземной зоны, испытывающих временное переувлажнение, перспективной технологией возделывания картофеля является его выращивание на грядах, когда создаются благоприятный водно-воздушный и тепловой режимы почвы, посадки культуры достаточно освещены и хорошо продуваются, что снижает риск поражения растений фитофторозом и другими заболеваниями [1, с. 56].

Высокая потребность картофеля в питательных веществах обуславливает необходимость внесения под него повышенных доз удобрений с учетом их содержания в почве. Известно [2, с. 11], что внесение минеральных удобрений под картофель способствует увеличению развития его корневой системы в 2–2,5 раза. Использование только органических удобрений обеспечивает повышение урожайности и качества продукции, способствуя к тому же сохранению плодородия почвы [3, с. 114], [4, с. 58], [5, с. 175], [6, с. 81], [7, с. 64]. Тем не менее общепризнанной является необходимость совместного применения органических и минеральных удобрений. Такая комбинированная система, как показывают многочисленные опыты, обеспечивает наибольшую прибавку урожая, чем при раздельном внесении полной нормы каждого вида удобрений, а также улучшает качество почвы [8, с. 15], [9, с. 18], [10, с. 589], [11, с. 113], [12, с. 58], [13, с. 34].

Таблица 1
Агрохимическая характеристика участков, 2016–2018 гг.

Год	Агрохимические показатели почвы, мг на 1 кг почвы				
	pH _{сол.}	N _{лг.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Гумус, %
2016	5,3	43,0	157,0	93,0	2,2
2017	4,2	42,4	182,2	211,2	2,5
2018	4,5	41,7	262,0	328,9	2,5

Table 1
Agrochemical characteristics of the plots, 2016–2018

Year	Agrochemical parameters of the soil, mg per 1 kg of soil				
	pH _{KCl}	N _{ch.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Humus, %
2016	5.3	43.0	157.0	93.0	2.2
2017	4.2	42.4	182.2	211.2	2.5
2018	4.5	41.7	262.0	328.9	2.5

Существуют разнообразные способы оценки эффективности агротехнологий и агромелиоративных мероприятий. Наряду с оценкой урожайности как основного суммирующего критерия той или иной технологии проводят классические исследования климатического и агрохимического фона. Кроме того, оценку агромелиоративных мероприятий очень часто осуществляют за счет изучения динамики ферментативной активности, о чем свидетельствуют многочисленные исследования российских и зарубежных ученых [14, с. 91], [15, с. 41], [16, с. 288], [17, с. 2689], [18, с. 312], [19, с. 9], [20, с. 706]. Наши исследования как раз и были связаны с изучением влияния на урожайность картофеля выше упомянутых факторов.

Цель работы – выявить степень воздействия на урожай картофеля некоторых лимитирующих его факторов при возделывании на грядах с применением минеральных и органических удобрений.

Методология и методы исследования (Methods)

Опыты проводились на стационарном полигоне ВНИИМЗ в 2016–2018 годах в четырехкратной повторности на участках, осушаемых закрытым гончарным дренажом (междреннее расстояние – 20 м, глубина заложения дрен – 0,9–1,2 м). Общая площадь делянки – 29,4 м², учетная – 10,0 м². Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, среднекислая с высоким содержанием обменного фосфора и калия, особенно на участке опыта 2018 года (таблица 1).

Из органических удобрений в опыте применялся компост многоцелевого назначения (КМН), технология которого была разработана и внедрена ВНИИМЗ¹. Из минеральных удобрений вносили аммиачную селитру (34,4 % д. в.), суперфосфат двойной (46,0 % д. в.) и хлористый калий (60,0 % д. в.). Расчет внесения минеральных удобрений проводился в эквивалентных КМН дозах, рассчитываемых по содержанию в нем подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову), по содержанию в почве гумуса [21, с. 5].

Удобрения вносились взбросом или лентой в грядку. Схема опыта включала следующие варианты (таблица 2).

В опытах возделывался сорт картофеля столового назначения, включенный в Госреестр по Северо-Западному региону – среднеранний сорт Гала [22, с. 47].

¹ Патент РФ № 2598041 МПК C05F 3/00 (2006.01), C05F 17/02 (2006.01) Рабинович Г. Ю., Ковалев Н. Г., Смирнова Ю. Д. Способ приготовления компоста. ФГБНУ ВНИИМЗ. Заяв. № 2015141267/13, 28.09.2015. Оpubл. 20.09.2016.

Норма посадки картофеля – 45 тыс. клубней на гектар. Возделывание культуры осуществлялось по рекомендованной ВНИИМЗ грядковой технологии в плодосменном четырехпольном севообороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г. п. – озимая рожь – картофель.

Агротехнические мероприятия по уходу за картофелем соответствовали общепринятым рекомендациям. Во время вегетации велись фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, а также за фитосанитарным состоянием посадок картофеля.

Отборы проб для определения ферментативной активности почвы проводились в фазу всходов, бутонизации и начала естественного отмирания ботвы. Для лучшего понимания направленности процессов распада и синтеза органического вещества в почве рассчитывали окислительно-восстановительный коэффициент (ОВК) как отношение активности фермента каталазы к активности фермента дегидрогеназы, выраженных в условных единицах. Почвенные пробы на определенные агрохимические показатели были отобраны до закладки опыта и после уборки урожая.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием компьютерных программ Excel, пакетов программ «Ландшафт» и Statgrafics.

Результаты (Results)

Картофель потребляет влаги меньше многих овощных культур, но больше, чем зерновые культуры. Потребности как во влаге, так и в тепле в разные периоды развития картофеля неодинаковы. А поскольку метеорологические условия в годы проведенных исследований различались, они, безусловно, оказали существенное влияние на рост и развитие данной культуры. Известно [2, с. 21], что в Нечерноземной зоне высокие урожаи картофеля получают в те годы, когда за вегетацию выпадает не менее 300 мм осадков с преобладанием их в июне, июле и первой половине августа.

Так, вегетационный период 2016 года в целом был теплым и влажным. Сумма средних активных положительных температур (больше +10 °С) за вегетационный период составила 110,9 % нормы, сумма осадков – 292 мм, или 106 % от нормы. Но в течение вегетации и подекадно периоды переувлажнения чередовались с периодами недостатка влаги в почве. ГТК за период вегетации составил 1,48. В фазы бутонизации и цветения при максимальной

Таблица 2
Схема опыта

№ варианта опыта	Наименование варианта
1	Без удобрений (контроль)
2	КМН (12 т/га) – вразброс
3	НПК – доза, эквивалентная КМН (12 т/га) – вразброс
4	КМН (12 т/га) + НПК – планируемый урожай 45,0 т/га – вразброс
5	КМН (12 т/га) + НПК – планируемый урожай 45,0 т/га – лентой в грядку
6	КМН (6 т/га) + НПК 50 % от варианта 5 – лентой в грядку

Table 2
Scheme of experience

Experience option number	Name of option
1	Without fertilizer (control)
2	Multi-purpose compost (12 t/ha) – randomly
3	NPK – dose equivalent to multi-purpose compost (12 t/ha) – randomly
4	KMN (12 t/ha) + NPK – the planned yield of 45.0 t/ha – randomly
5	KMN (12 t/ha) + NPK – the planned yield of 45.0 t/ha – tape in the ridge
6	KMN (6 t/ha) + NPK 50 % from option 5 – tape in the ridge

Таблица 3
Урожайность картофеля (т/га), 2016–2018 гг.

Вариант	Год			Среднее за 3 года	± к контролю, т/га
	2016	2017	2018		
1	19,30	20,20	26,00	21,83	–
2	25,00	33,20	30,10	29,43	+7,6
3	24,00	33,80	32,60	30,13	+8,3
4	28,20	44,70	28,60	33,83	+12,0
5	30,10	47,30	28,00	35,13	+13,3
6	23,50	41,20	25,30	30,00	+8,17
HCP _{0,5}	2,7	3,5	3,1	–	–

Примечание: варианты опыта – см. табл. 2.

Table 3
Potato yield (t/ha), 2016–2018

Option	Year			The average for 3 years	± to control, t/ha
	2016	2017	2018		
1	19.30	20.20	26.00	21.83	–
2	25.00	33.20	30.10	29.43	+7.6
3	24.00	33.80	32.60	30.13	+8.3
4	28.20	44.70	28.60	33.83	+12.0
5	30.10	47.30	28.00	35.13	+13.3
6	23.50	41.20	25.30	30.00	+8.17
LSD _{0,5}	2.7	3.5	3.1	–	–

Note: experience options – see table 2.

испаряющей поверхности листьев картофеля влагообеспеченность растений резко колебалась от 200 до 34 % от нормы соответственно. В начале фазы бутонизации (I декада июля) влажность почвы была ниже нормы и составила 69 % нормы, или 43,6 % от наименьшей влагоемкости (НВ), в фазу цветения сумма осадков в 2 раза превысила норму, в конце фазы цветения (III декада июля) – 34 % нормы. Всего за июль выпало 88 % месячной нормы осадков.

Вегетационный период 2017 года в целом по температурному режиму был близким к норме и влажным. Сумма средних активных температур составила 97,7 % от нормы.

Сумма осадков в целом за вегетацию составила 335 мм, или 118 % от нормы. Особенно переувлажненным был период от посадки до начала ветвления стебля. Количество осадков в этот период было в 1,2–2,3 раза выше нормы и составило от 228 до 167 %. ГТК данного вегетационного периода был равен 1,88.

Вегетационный период 2018 года оказался в целом теплым (108,7 % активных температур от нормы) и засушливым. За вегетационный период выпало 188 мм осадков, или 67,5 % от нормы. И только в первой декаде июля и в начале фазы бутонизации влажность была выше опти-

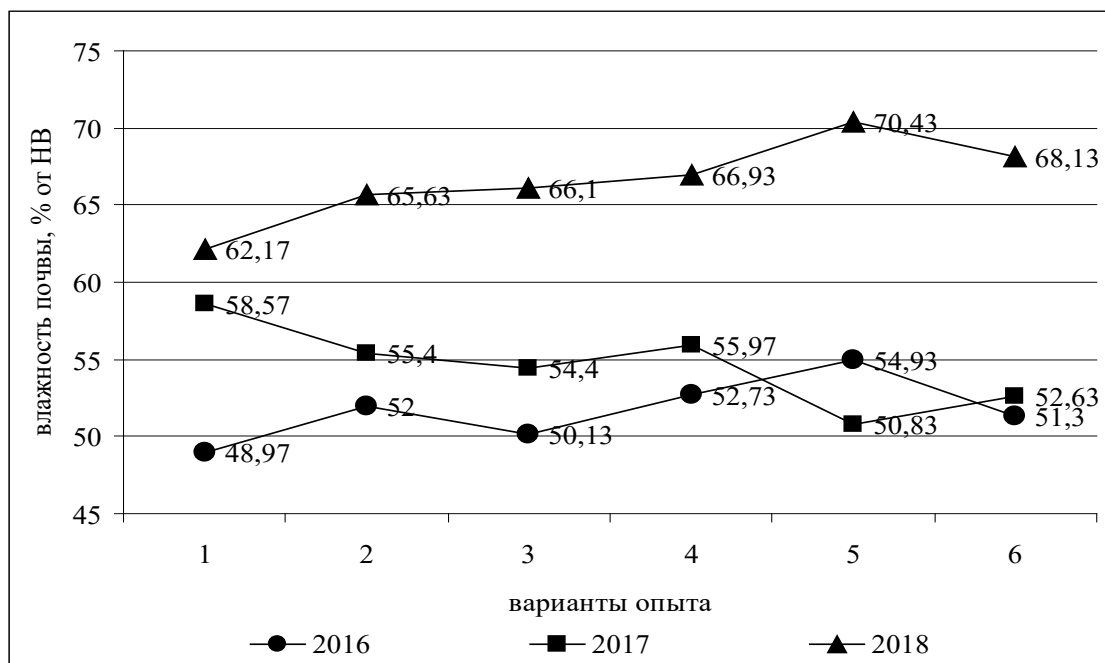


Рис. 1. Динамика влажности почвы, 2016–2018 г.г.
Наименьшая влагоемкость (НВ) – 23 % от абсолютно сухой почвы. Варианты опыта – см. табл. 2

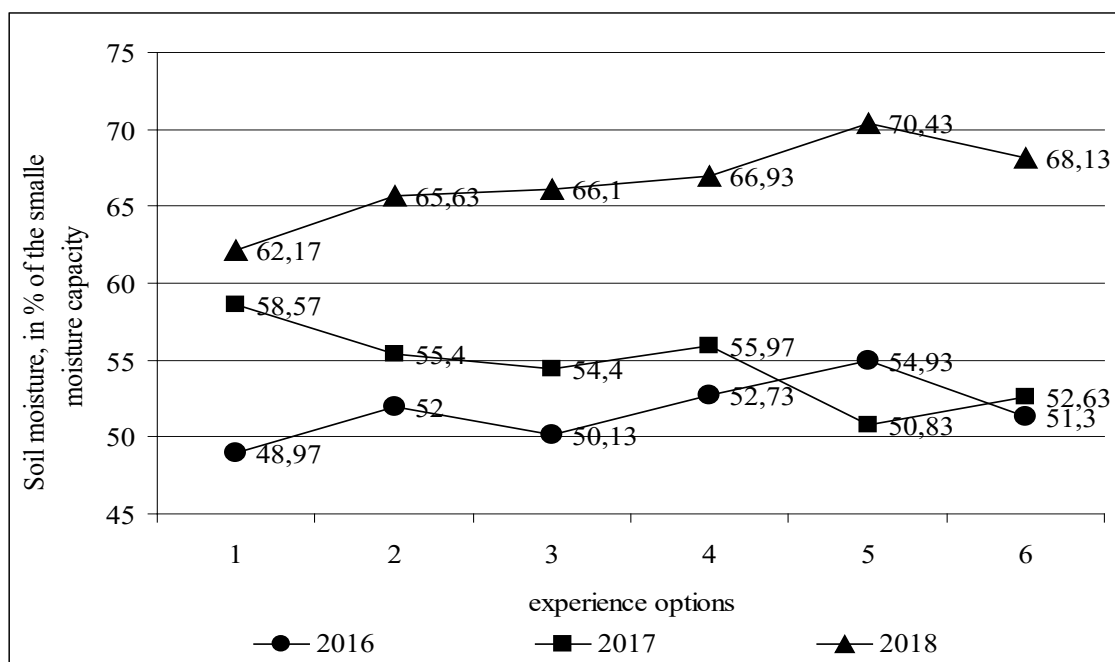


Fig. 1. Dynamics of soil moisture, 2016–2018.
The smallest moisture capacity – 23 % of absolutely dry soil. Experience options – see table 2

мальной и достигала 93,9 % от НВ (таблица 4). ГТК за вегетационный период составил 0,96.

На рис. 1 отражена средняя за сезон вегетации динамика влажности почвы за каждый год исследования. Общеизвестно, что лимитирующим фактором для роста и развития картофеля, а также накопления будущего урожая является влажность. Многие литературные данные подтверждают, что более благоприятное состояние водно-воздушного режима пахотного слоя почвы влияет на эффективность применения вносимых удобрений и получения максимального урожая картофеля [23, с. 29], [24, с. 34], [25, с. 25], [26, с. 27]. Действительно, в нашем исследо-

вании математическая связь между влажностью почвы и урожайностью картофеля была подтверждена высокими коэффициентами корреляции между этими показателями в более благоприятные по погодным условиям 2016 и 2017 годах ($R = 0,97$ и $R = 0$ соответственно при $p \leq 0,05$).

Урожайность вариантов опыта существенно различалась по годам в связи с различиями в метеоусловиях. Однако на ее уровень влияют не только погодные условия, но и вносимые в почву удобрения. Так, в варианте-контроле без использования удобрений (б/у) урожайность оказалась самой низкой. В то же время в вариантах с применением и органических, и минеральных удобрений прибавка уро-

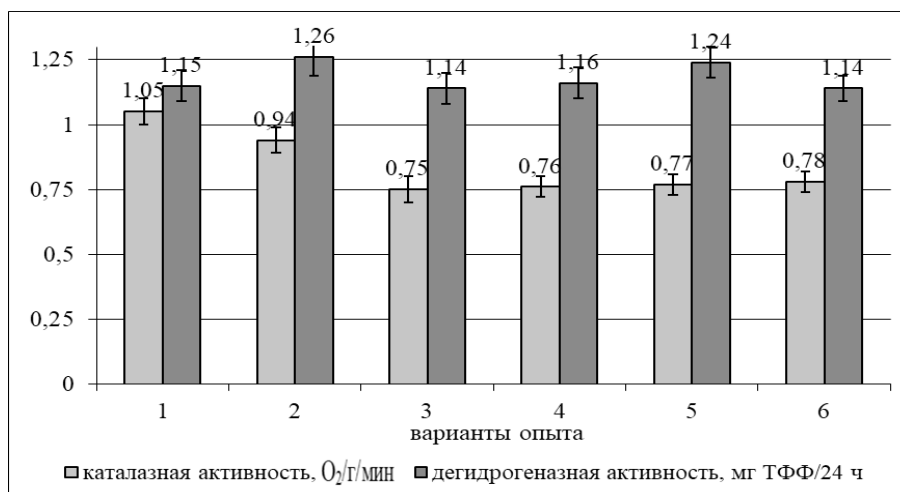


Рис. 2. Ферментативная активность почвы под картофелем (средние величины за 3 года).
Варианты опыта – см. табл. 2

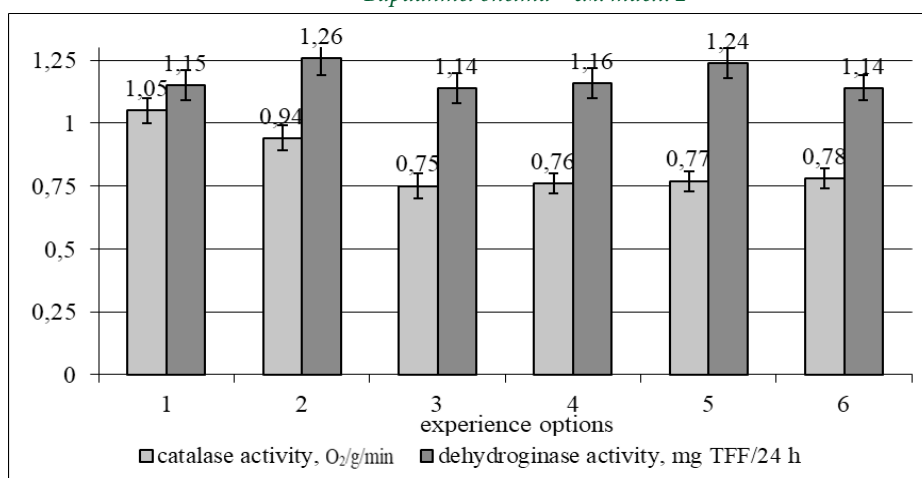


Fig. 2. Enzymatic activity of the soil under the potato (average values for 3 years)
Experience options – see table 2

жая составила в среднем от 7,6 до 13,3 т/га (таблица 3). В вариантах с планируемым урожаем 45 т/га (варианты опыта № 4 и № 5) независимо от способа внесения удобрений в среднем за три года исследований была получена самая высокая урожайность. В остальных вариантах опыта с использованием удобрений урожайность картофеля была несколько ниже.

Судя по данным рис. 2, при подсчете средних по вариантам трех лет вегетации величин каталазной активности наибольшей она была в вариантах без использования удобрений, а также с внесением КМН (вариант № 2) в дозе 12 т/га. Ее прирост в варианте б/у, косвенно свидетельствующий об активизации микроорганизмов-минерализаторов, способствовал обеспечению почвы дополнительными элементами питания для растений картофеля. В то же время тот же эффект в варианте с КМН был обусловлен активным развитием микрофлоры, присущей самому удобрению. Однако микроорганизмы-минерализаторы как в варианте б/у, так и в варианте с КМН в дозе 12 т/га не смогли обеспечить формирование урожайности на уровне вариантов № 4 и 5, где фактически складывался синергетический эффект воздействия органики и минералов на развитие растений картофеля.

Применив ту же тактику подсчета величин дегидрогеназной активности (как среднее по годам относительно каждого варианта), получаем результирующую, свидетельствующую о повышенной активности фермента, отражающего уровень накопления почвой синтетических соединений (в том числе, очевидно, и гумуса) в вариантах № 2 (КМН в дозе 12 т/га вразброс) и № 5 (КМН в дозе 12 т/га + NPK лентой в гряде). Повышенная дегидрогеназная активность этих вариантов очевидна – воздействие КМН, направляющего не только процессы распада за счет присущей микрофлоры, но и процессы синтеза. В то же время в одном из лучших по урожайности вариантов № 4 (КМН + NPK вразброс) дегидрогеназная активность (синтетическая активность) оказалась на уровне с другими вариантами. Данный результат обусловили пониженные результаты активности этого фермента относительно других вариантов в 2017 г.

Соотношение процессов распада и синтеза, происходящих в почве на протяжении вегетации, продемонстрировал повышенный окислительно-восстановительный коэффициент (ОВК) почвы в варианте без удобрений (таблица 4).

В меньшей степени в элементах питания нуждались варианты № 4 и 5, что подтверждалось самым низким показателем ОВК в благоприятные по влажности 2016 и

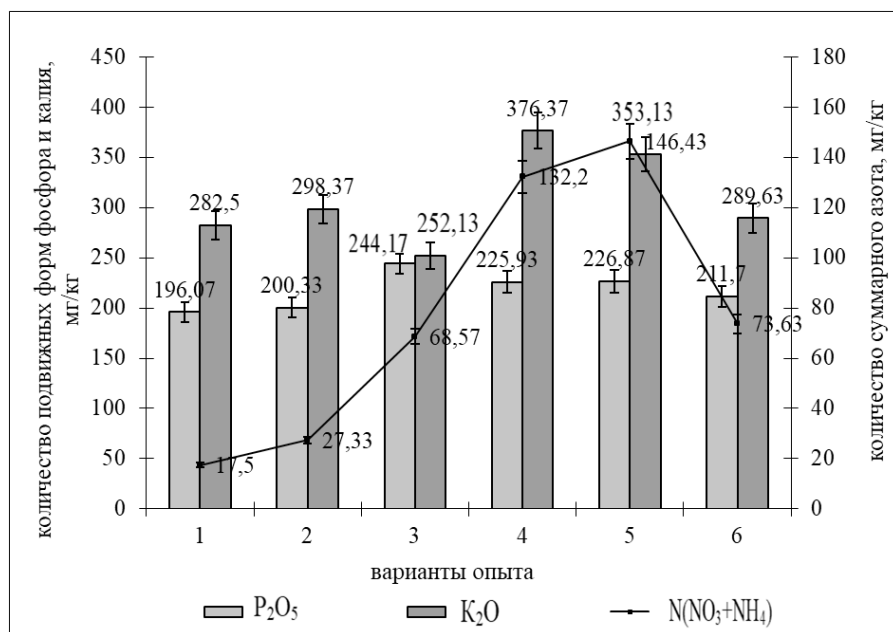


Рис. 3. Среднее (2016–2018 гг.) содержание элементов питания в почве.
Варианты опыта – см. табл. 2

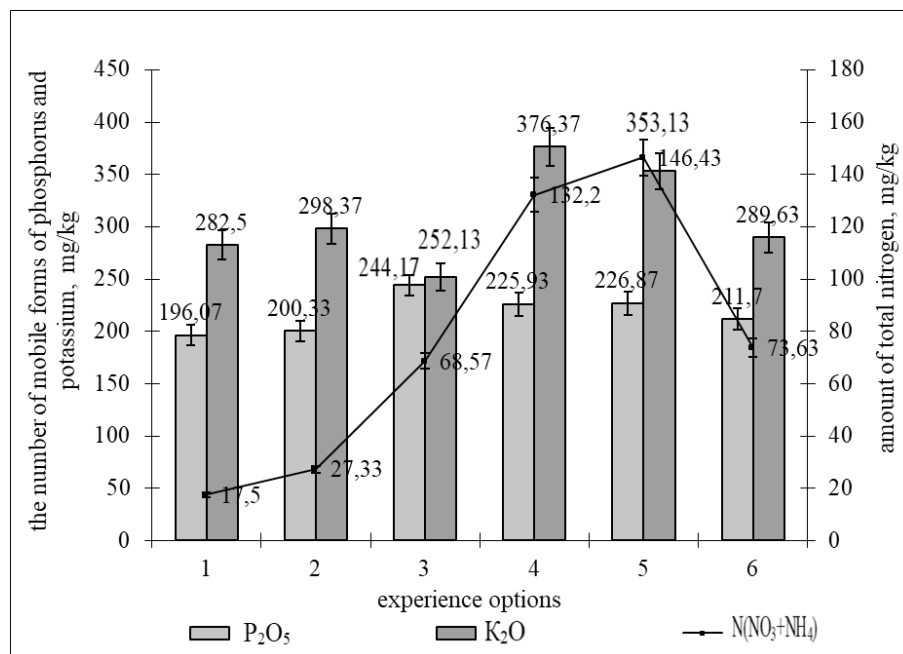


Fig. 3. Average (2016–2018 years) the content of nutrients in the soil.
Experience options – see table. 2

2017 годы. Таким образом, в этих вариантах сформировались самые благоприятные условия для развития картофеля, поэтому их урожайность оказалась самой высокой. Именно в 2016 и 2017 годах между ОВК и влажностью были обнаружены достоверные обратные коэффициенты корреляции: $R = -0,95$ и $R = -0,82$ соответственно при $p \leq 0,05$.

В результате обменных реакций, обусловленных содержащимися в почве ферментами, происходила мобилизация элементов питания растений. На высокое содержание в почве вариантов опыта питательных элементов оказывает влияние не только их изначально повышенный уровень в самой почве (таблица 1), происходит это также за счет внесенных органических (КМН) и минеральных удобрений.

На рис. 3 представлено среднее за три года количество азота (в виде суммы $N-NO_3 + N-NH_4$), а также подвижных форм калия и фосфора в почве вариантов опыта под картофелем. Среднее за три года содержание минерального азота и обменной формы калия в почве оказалось тесно связанным с влажностью почвы, что подтверждалось высокими коэффициентами корреляции между ними: $R = 0,84$ и $R = 0,91$ соответственно при $p \leq 0,05$.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Итак, в результате проведенных нами трехлетних исследований было установлено, что наибольшая урожайность картофеля сорта Гала при его возделывании на грядках была получена в вариантах с совместным внесением удобрений, что подтверждается литературными данными

Таблица 4
Окислительно-восстановительный коэффициент почвы, 2016–2018 гг.

Вариант \ Год	2016	2017	2018
1	1,19	1,21	1,17
2	0,90	0,99	1,13
3	0,95	0,86	1,24
4	0,77	0,87	1,15
5	0,66	0,84	1,36
6	0,88	0,81	1,24

Примечание: варианты опыта – см. табл. 2.

Table 4
Oxidative and reducing coefficient of soil, 2016–2018

Option \ Year	2016	2017	2018
1	1.19	1.21	1.17
2	0.90	0.99	1.13
3	0.95	0.86	1.24
4	0.77	0.87	1.15
5	0.66	0.84	1.36
6	0.88	0.81	1.24

Note: experience options – see table 2.

[8, с. 15], [9, с. 18], [10, с. 589], [11, с. 113], [12, с. 58], [13, с. 34]. Урожайность зависела от множества факторов, к которым можно отнести не только сбалансированное внесение элементов питания с учетом их содержания в почве, но и погодные условия, а также активность окислительно-восстановительных процессов, которые оказывают сильнейшее влияние на формирование почвенного профиля и таким образом определяют питательный режим почвы, который, в свою очередь, оказывает воздействие на рост и развитие растений.

Статистическая обработка позволила обнаружить достоверно высокие связи урожайности картофеля всех вариантов за три года проведенных опытов:

- 1) с влажностью почвы ($R = 0,87$ при $p \leq 0,05$);
- 2) с окислительно-восстановительным коэффициентом ($R = 0,96$ при $p \leq 0,05$);
- 3) с содержанием минерального азота в почве ($R = 0,88$, при $p \leq 0,05$).

Библиографический список

1. Митрофанов Ю. И., Анциферова О. Н., Лукьянов С. А. Обработка осушаемой почвы при грядовой технологии возделывания картофеля // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2016. С. 56–61.
2. Васьюк В. Т., Оболюк Н. В. Технология возделывания картофеля в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. СПб.: Профи-информ, 2004. 224 с.
3. Kareem I., Akinrinde E. A., Oladosu Y., Eifediyi E. K., Abdulmalik S. Y., Alasinrin S. Y. & Adekola O. F. (2020) Influence of organic, inorganic and organo-mineral fertilizers on yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas*) // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. No. 24 (1). Pp. 111–118. DOI: 10.4314/jasem.v24i1.16.
4. Митрофанов Ю. И., Артемьев А. Е., Лапушкина В. Н., Казьмин А. Е. Урожайность картофеля при ленточном внесении органических удобрений на грядах // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2017. С. 56–60.
5. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Урожайность картофеля как показатель эффективного плодородия при использовании нового биоудобрения БиГуЭм // Инновационные агро- и биотехнологии в адаптивно-ландшафтном земледелии на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2016. С. 172–177.
6. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Скрининговые исследования по выбору лучшего варианта удобрения БиГуЭм и его апробация на картофеле // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2017. С. 78–82.
7. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В., Кузьмин Е. А. Апробация нового биоудобрения при возделывании картофеля сорта «Жуковский» // Использование мелиорированных земель – современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ. Тверь, 2015. С. 61–66.
8. Pospíšil, A., Pospíšil, M. & Švencbir, M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljoprivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/poljo.23.1.2.

9. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize. *Annals of Agricultural Science // Moshtohor*. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
10. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM.2019*. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
11. Гасанова Р. Т. Влияние густоты посадки и удобрения на продуктивность клубней картофеля // *Бюллетень науки и практики*. 2019. Т. 5. № 10. С. 107–114.
12. Чеботарев Н. Т., Конкин П. И., Юдин А. А. Эффективность комплексного применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве севера // *Аграрная наука*. 2018. № 6. С. 56–59.
13. Рабинович Г. Ю., Тихомирова Д. В. Снижение проявления фитофтороза на посадках картофеля при совместном применении удобрений // *Высокопродуктивное и экологически чистое агрохозяйство на мелиорированных землях: материалы научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ*. Тверь, 2019. С. 31–35.
14. Khaziev F. K. Ecological relations of the enzymatic activity of soil // *Ecobiotech*. 2018. No. 1 (2). Pp. 80–92. DOI: 10.31163/2618-964x-2018-1-2-80-92.
15. Куликова А. Х., Антонова С. А., Козлов А. В. Ферментативная активность почвы в зависимости от системы удобрения // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал*. 2017. № 4 (40). С. 36–43. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-36-43.
16. Grozav A. Hydric soils in the south west Romania. Enzymatic activity // *Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017*. Sofia, Bulgaria, 2017. Pp. 283–290. DOI: 10.5593/sgem2017/32/s13.037.
17. Bielińska E. J., Futa B., Ukalska-Jaruga A., Weber J., Chmielewski S., Wesołowska S. & Mielnik L. Mutual relations between PAHs derived from atmospheric deposition, enzymatic activity, and humic substances in soils of differently urbanized areas // *Journal of Soils and Sediments*. 2018. No. 18 (8). Pp. 2682–2691. DOI: 10.1007/s11368-018-1937-z.
18. Hossain M. Z., Karim M. R., Majumder B. R., Akter F. Microbial and enzymatic activity as influenced by existing cropping pattern in the soils of Ganges floodplain // *Plant Science Today*. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 309–314. DOI: 10.14719/pst.2019.6.3.545.
19. Гафурова Л. А., Саидова М. Е. Рассмотрено влияние почвенно-экологических факторов на изменение ферментативной активности засоленных почв южного Приаралья // *Научное обозрение. Биологические науки*. 2019. № 3. С. 5–10. DOI: 10.17513/srbs.1153.
20. Liang G., Wu H., Houssou A. A., Cai D., Wu X., Gao L. & Li S. Soil respiration, glomalin content, and enzymatic activity response to straw application in a wheat-maize rotation system // *Journal of Soils and Sediments*. 2017. No. 18 (3). Pp. 697–707. DOI: 10.1007/s11368-017-1817-y.
21. Фирсов С. А., Терпугов И. И. Определение возможной урожайности сельскохозяйственных культур по результатам агрохимического обследования почв земель сельскохозяйственного назначения: методические рекомендации. Тверь: Сахарово, 2009. 18 с.
22. Сортовые ресурсы картофеля для возделывания в регионах России – 2018: справочное издание М.: ООО «Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2018. 172 с.
23. Гаспарян И. Н., Дыйканова М. Е. Как повысить урожай раннего картофеля // *Картофель и овощи*. 2018. № 2. С. 29–31.
24. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Артемьев А. Е., Первушина Н. К., Лапушкина В. Н. Влияние удобрений и осушения на эффективность выращивания картофеля // *Мелиорация и водное хозяйство*. 2016. № 5. С. 30–34.
25. Молявко А. А., Марухленко А. В., Еренкова Л. А., Борисова Н. П. Резервы местных удобрений под картофель // *Плодородие*. 2017. № 2. С. 22–25.
26. Гунар Л. Э., Черенков А. А., Хлопков М. С. Сорты картофеля в условиях дефицита влаги // *Картофель и овощи*. 2014. № 4. С. 26–27.

Об авторах:

Галина Юрьевна Рабинович¹, доктор биологических наук, профессор, директор ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233; +7 (4822) 37-85-44, vniimz@list.ru
 Дарья Васильевна Тихомирова¹, научный сотрудник отдела биотехнологий ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0003-2866-176X, AuthorID 695049; +7 910 830-30-02, daresha79@mail.ru
 Валентина Николаевна Лапушкина¹, младший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия ВНИИМЗ – филиала ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», ORCID 0000-0002-9531-1498, AuthorID 1074445; +7 952 068-80-74, 2016vniimz-noo@list.ru

¹ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Москва, Россия

Factors that ensured the formation of potato yields when cultivated on ridges

G. Yu. Rabinovich[✉], D. V. Tikhomirova¹, V. N. Lapushkina¹

¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

[✉]E-mail: vniimz@list.ru

Abstract. The purpose of a comprehensive study carried out at All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands in 2016–2018 was to assess meteorological, agro- and biochemical factors that could affect the formation of potato yields. **Research methodology and methods.** The methodological basis of the study was the experience operating in the system of crop rotation, in which potatoes were cultivated on ridges under various patterns of fertilizer application. The object of research was table potatoes – the mid-early variety Gala. Sod-podzolic light loamy gleyous soil was characterized by pH_{KCl} 4.2–5.3, high content of mobile phosphorus and potassium compounds, and also humus content 2.2–2.5 %. Organic potato fertilizer multi-purpose compost and mineral fertilizers (ammonium nitrate, double superphosphate and potassium chloride) were introduced under the potato either together or separately – with tape or scattered. As factors capable of influencing the formation of the crop yield during each of the growing seasons, we used the determination of nutrient content in the soil, moisture level, activity of enzymes of the oxidoreductase class – catalase and dehydrogenase. In parallel, meteorological observations were carried out. **Results.** The level of increase in potato yield in fertilized variants relative to the control variant (without fertilizers) for the three-year study period averaged 31 %. The highest yield was observed in the variants with the planned yield of 45 t/ha with the combined use of multi-purpose compost and mineral fertilizers regardless of the method of their application: scatter or ribbon in the ridge, respectively. The highest potato yields were obtained in 2017 favorable for agroclimatic conditions. Statistical processing revealed high levels of correlation of productivity with the content of mineral nitrogen in the soil, with its redox coefficient and moisture. **Scientific novelty.** Potato yield depends on meteorological, agro- and biochemical factors. To obtain high potato yields in the Non-Chernozem zone, the balanced introduction of nutrients taking into account their content in the soil, weather conditions, and the activity of redox processes is of decisive importance.

Keywords: crop, enzymatic activity, nutrients, potatoes, ridges.

For citation: Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V., Lapushkina V. N. Faktory, obespechivshie formirovanie urozhaynosti kartofelya pri vozdeleyvanii na gryadakh [Factors that ensured the formation of potato yields when cultivated on ridges] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 12–22. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-12-22. (In Russian.)

Paper submitted: 30.04.2020.

References

1. Mitrofanov Yu. I., Antsiferova O. N., Luk'yanov S. A. Obrabotka osushayemoy pochvy pri gryadovoy tekhnologii vozdeleyvaniya kartofelya [Processing of drained soil with the ridge technology of potato cultivation] // Innovatsionnye agro- i biotekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2016. Pp. 56–61. (In Russian.)
2. Vas'ko V. T., Obolonik N. V. Tekhnologiya vozdeleyvaniya kartofelya v usloviyakh Nechernozemnoy zony Rossiyskoy Federatsii [Potato cultivation technology in the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation]. Saint Petersburg: Profi-inform, 2004. 224 p. (In Russian.)
3. Kareem I., Akinrinde E. A., Oladosu Y., Eifediyi E. K., Abdulmalik S. Y., Alasinrin S. Y. & Adekola O. F. (2020) Influence of organic, inorganic and organo-mineral fertilizers on yield and quality of sweet potato (*Ipomoea batatas*) // Journal of Applied Sciences and Environmental Management. No. 24 (1). Pp. 111–118. DOI: 10.4314/jasem.v24i1.16.
4. Mitrofanov Yu. I., Artem'yev A. E., Lapushkina V. N., Kaz'min A. E. Urozhaynost' kartofelya pri lentochnom vnesenii organicheskikh udobreniy na gryadakh [Potato productivity during the tape application of organic fertilizers on ridges] // Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2017. Pp. 56–60. (In Russian.)
5. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Urozhaynost' kartofelya kak pokazatel' effektivnogo plodorodiya pri ispol'zovanii novogo bioudobreniya BiGuEm [Potato productivity as an indicator of effective fertility when using the new biofertilizer BiGu-Em] // Innovatsionnye agro- i biotekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2016. Pp. 172–177. (In Russian.)

6. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Skringovyye issledovaniya po vyboru luchshego varianta udobreniya BiGuEm i yego aprobatsiya na kartofele [Screening studies on the selection of the best variant of BiGuEM fertilizer and its testing on potatoes] // Adaptivno-landshaftnyye sistemy zemledeliya – osnova effektivnogo ispol'zovaniya meliorirovannykh zemel' materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2017. Pp. 78–82. (In Russian.)
7. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V., Kuz'min E. A. Aprobatsiya novogo bioudobreniya pri vozdeleyvaniy kartofelya sorta Zhukovskiy [Testing a new biofertilizer in the cultivation of potato varieties “Zhukovsky”] // Ispol'zovaniye meliorirovannykh zemel' – sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya meliorativnogo zemledeliya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2015. Pp. 61–66. (In Russian.)
8. Pospišil, A., Pospišil, M. & Švencbir, M. Influence of organic and mineral fertilizers on agronomic traits of potato // Poljoprivreda. 2017. No. 23. Pp. 11–16. DOI: 10.18047/poljo.23.1.2.
9. El-Gizawy N. Effect of Organic, Inorganic and Nano Fertilizers on Agronomic Traits of Maize. Annals of Agricultural Science // Moshtohor. 2019. No. 57 (1). Pp. 11–20. DOI: 10.21608/assjm.2019.41877.
10. Elbl J. Use of organic-mineral fertilizers as alternative to conventional organic and mineral fertilizers: effect on soil quality // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. Sofia, Bulgaria, 2019. Pp. 583–590. DOI: 10.5593/sgem2019/3.2/s13.076.
11. Gasanova R. T. Vliyaniye gustoty posadki i udobreniya na produktivnost' klubney kartofelya [Influence of planting density and fertilizer on the productivity of potato tubers] // Byulleten' nauki i praktiki. 2019. T. 5. No. 10. Pp. 107–114. (In Russian.)
12. Chebotarev N. T., Konkin P. I., Yudin A. A. Effektivnost' kompleksnogo primeneniya organicheskikh i mineral'nykh udobreniy v kormovom sevooborote na dernovo-podzolistoy pochve severa [The effectiveness of the integrated use of organic and mineral fertilizers in fodder crop rotation on sod-podzolic soil of the north] // Agrarian science. 2018. № 6. Pp. 56–59. (In Russian.)
13. Rabinovich G. Yu., Tikhomirova D. V. Snizheniye proyavleniya fitoftoroza na posadkakh kartofelya pri sovместnom primeneni udobreniy [Reducing the manifestation of late blight on potato plantings with the combined use of fertilizers] // Vysokoproduktivnoye i ekologicheskoye chistoye agrokhozyaystvo na meliorirovannykh zemlyakh: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGBNU VNIIMZ. Tver, 2019. Pp. 31–35. (In Russian.)
14. Khaziev F. K. Ecological relations of the enzymatic activity of soil // Ecobiotech. 2018. No. 1 (2). Pp. 80–92. DOI: 10.31163/2618-964x-2018-1-2-80-92.
15. Kulikova A. Kh., Antonova S. A., Kozlov A. V. Fermentativnaya aktivnost' pochvy v zavisimosti ot sistemy udobreniya [Enzymatic activity of the soil depending on the fertilizer system] // The scientific-theoretical journal “Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy”. 2017. No. 4 (40). Pp. 36–43. DOI: 10.18286/1816-45-2017-4-36-43. (In Russian.)
16. Grozav A. Hydric soils in the south west Romania. Enzymatic activity // Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems: 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2017. Sofia, Bulgaria, 2017. Pp. 283–290. DOI: 10.5593/sgem2017/32/s13.037.
17. Bielińska E. J., Futa B., Ukalska-Jaruga A., Weber J., Chmielewski S., Wesołowska S. & Mielnik L. Mutual relations between PAHs derived from atmospheric deposition, enzymatic activity, and humic substances in soils of differently urbanized areas // Journal of Soils and Sediments. 2018. No. 18 (8). Pp. 2682–2691. DOI: 10.1007/s11368-018-1937-z.
18. Hossain M. Z., Karim M. R., Majumder B. R., Akter F. Microbial and enzymatic activity as influenced by existing cropping pattern in the soils of Ganges floodplain // Plant Science Today. 2019. Vol. 6. No. 3. Pp. 309–314. DOI: 10.14719/pst.2019.6.3.545.
19. Gafurova L. A., Saidova M. E. Rassmotreno vliyaniye pochvenno-ekologicheskikh faktorov na izmeneniye fermentativnoy aktivnosti zasolennykh pochv yuzhnogo Priaral'ya [The influence of soil-ecological factors on the change in the enzymatic activity of saline soils in the southern Aral Sea region is considered] // Scientific Review. Biological science. 2019. No. 3. Pp. 5–10. DOI: 10.17513/srbs.1153. (In Russian.)
20. Liang G., Wu H., Houssou A. A., Cai D., Wu X., Gao L. & Li S. Soil respiration, glomalin content, and enzymatic activity response to straw application in a wheat-maize rotation system // Journal of Soils and Sediments. 2017. No. 18 (3). Pp. 697–707. DOI: 10.1007/s11368-017-1817-y.
21. Firsov S. A., Terpugov I. I. Opredeleniye vozmozhnoy urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur po rezul'tatam agrokhimicheskogo obsledovaniya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya: metodicheskiye rekomendatsii [Determination of possible crop yields based on the results of an agrochemical survey of agricultural soils: methodological recommendations]. Tver: Sakharovo, 2009. 18 p. (In Russian.)
22. Sortovyye resursy kartofelya dlya vozdeleyvaniya v regionakh Rossii: spravochnoye izdaniye [Varietal resources of potatoes for cultivation in the regions of Russia: reference publication]. Moscow: OOO “Redaktsiya zhurnala “Dostizheniya nauki i tekhniki APK”. 2018. 172 p. (In Russian)
23. Gasparyan I. N., Dyykanova M. E. Kak povysit' urozhay rannego kartofelya [How to increase the yield of early potatoes] // Potatoes and vegetables. 2018. No. 2. Pp. 29–31. (In Russian.)
24. Petrova L. I., Mitrofanov Yu. I., Artem'yev A. E., Pervushina N. K., Lapushkina V. N. Vliyaniye udobreniy i osusheniya na effektivnost' vyrashchivaniya kartofelya [Effect of fertilizers and drainage on potato cultivation efficiency] // Melioration and Water Management. 2016. No. 5. Pp. 30–34. (In Russian.)

25. Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Erenkova L. A., Borisova N. P. Rezervy mestnykh udobreniy pod kartofel' [Reserves of local fertilizers for potatoes] // Plodorodiye. 2017. No. 2. Pp. 22–25. (In Russian.)
26. Gunar L. E., Cherenkov A. A., Khlopyuk M. S. Sorta kartofelya v usloviyakh defitsita vlagi [Potato varieties in conditions of moisture deficiency] // Potatoes and vegetables. 2014. No. 4. Pp. 26–27. (In Russian.)

Authors' information:

Galina Yu. Rabinovich¹, doctor of biological sciences, professor, director of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0002-5060-6241, AuthorID 111233; +7 (4822) 37-85-44, vniimz@list.ru

Darya V. Tikhomirova¹, researcher of biotechnology department of of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0003-2866-176X, AuthorID 695049; +7 910 830-30-02, daresha79@mail.ru

Valentina N. Lapushkina¹, junior researcher of department of land reclamation agriculture of of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – the branch of Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID 0000-0002-9531-1498, AuthorID 1074445; +7 952 068-80-74, 2016vniimz-noo@list.ru

¹ Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

Influence of unstable weather conditions on the passage time of phenological phases of black currant in the Middle Urals

E. M. Chebotok¹✉

¹ Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: sadovodnauka@mail.ru

Abstract. Purpose. The research is aimed at studying the influence of weather conditions on the timing of the phenological phases of black currant in the Middle Urals. **Methods.** The study is based on methods of phenological observations in accordance with generally accepted methods. **Results and practical significance.** It was found that black currant adapts well to unstable weather conditions in recent years in the Middle Urals, during the research period, budding was observed in the period from April 12 to May 4; the dates of the beginning of flowering were marked from May 10 to May 28; maturation dates are marked from July 16 to August 10. The shift in the dates of onset of the main phases of vegetation from the average long-term can reach 14 days. Industrial plantings should consist of varieties of different flowering and maturation periods, to avoid the spring frosts of the main part of the plantation, as well as to form a conveyor for the arrival of fresh berries. The experiment identified five early-flowering cultivars in the Middle Urals: Zabava, Fortuna, 1-3-010-13, 3-2-010-13, 6-44-00-03; four late-flowering: Gerkules, Slavyanka, 5-1-010-13, 8-2-010-13; the remaining 28 cultivars are of the average flowering period. Five varieties of early maturation are identified: Zabava, 2-1-010-13, 2-4-010-13, 3-1-010-13, 5-1-010-15; four late maturation: Zaglyaden'e, Kipiana, Chudnoe mgnovenie, Slavyanka; the remaining 28 varieties are of average maturation. Not all early-flowering cultivars are early-maturing, and not all late-flowering cultivars are late-maturing. **The scientific novelty** consists in the study of phenological rhythms of black currant varieties of various genetic origin in unstable weather conditions of recent years in the Middle Urals.

Keywords: black currant, introduced varieties, local varieties, phenology, Middle Urals, unstable weather conditions, adaptation.

For citation: Chebotok E. M. Influence of unstable weather conditions on the passage time of phenological phases of black currant in the Middle Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 23–28. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-23-28. (In Russian.)

Paper submitted: 08.05.2020.

Introduction

Black currant is one of the leading small-fruit crops grown in the Middle Urals [1, p. 166]. The timing of the onset of the main phenological phases in black currant, as well as in other crops, is genetically determined and is directly dependent on the sum of effective and active temperatures [2, p. 147], [3, p. 29], [4, p. 14], [5, p. 35], [6, p. 96], [7, p. 55], [8, p. 234]. In the conditions of the Middle Urals, for the beginning of the growing season (vegetation), the sum of effective temperatures of 41.0–115.0 °C is required, for flowering – 207.0–368.5 °C, for ripening – the sum of active temperatures is 1246.0–1539.0 °C, the end of the growing season – 1993.5–2363.0 °C. The growing season is 153–195 days [9, p. 53]. In the initial growing season of black currant, weather conditions in the Middle Urals are unstable, accompanied by sharp fluctuations in temperature. The flowering phase of black currant often coincides with the period of return frosts. The growing seasons of the last three years sharply differed among themselves in temperature indicators and the amount of precipitation, which affected the timing of the onset of the phenological phases of black currant over the years. The culti-

vars included in the study were introduced from other natural and climatic zones or were selected in the conditions of the Middle Urals and have different genetic origins [10]. Phenological observations have both scientific and practical value, highly adaptive varieties are able to most fully reveal their potential and ensure high productivity [11, p. 233], [12, p. 225], [13, p. 228], [14, p. 66], [15, p. 178], [16, p. 31], [17, p. 117], [18, p. 2]. In connection with the above, a study was carried out of the passage of phenological phases of vegetation by black currant varieties during 2017–2019, at the Sverdlovsk gardening selection station.

The aim of the research is to study the influence of weather conditions on the timing of the phenological phases of black currant in the conditions of the Middle Urals.

Research methods

Place of work – Sverdlovsk selection station of gardening – a structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution “Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences” on a unique scientific installation of the collection of living plants in open ground “Gene pool of fruit, berry and ornamental crops in the Middle Urals” (Ekaterinburg).

Observations of varieties and selected forms in phenology were carried out according to the generally accepted methods of variety study of fruit, berry and nut crops [19, p. 351], [20, p. 158]. When carrying out phenological observations, the timing of the onset of phenophases was determined visually in general by replicates. Accounting for the beginning of budding and the timing of flowering was carried out every other day, the timing of ripening – in two days.

The beginning of the growing season (vegetation). Weather conditions in the second – third decade of April have a great influence on the beginning of the growing season, when the average daily temperature in our zone goes over $+5^{\circ}\text{C}$ and, as a rule, buds begin to bloom. Over the years of observation, bud opening was noted in mid-April – early May.

Flowering. On average it started 3–4 weeks after the beginning of the budding phase. Over the years of research, flowering was observed in the second – third decade of May.

Maturation. The ripening of berries in the studied varieties was noted in mid-July – early August, depending on the weather conditions prevailing during the years of observation.

Weather conditions for the period of research are shown in Fig. 1 and 2.

Introduced varieties were used as objects of research: selections of FGBNU VNIISPK (Orel) – Zaglyadienie, Kipiana, Wonderful moment; selection of FGBNU FANTSA (Barnaul) – Hercules, Zabava; varieties and selected seedlings of the selection of the Sverdlovsk selection station of horticulture (32 varieties) of various origins (table 1).

Results

During the study period, bud breaking was observed in the period from April 12 to May 4; blooming dates are marked from May 10 to 28; ripening period – from July 16 to August 10. The results of phenological observations in this experiment are presented in table 2.

In 2017, the passage of all phenological phases took place in the usual terms according to long-term average data. Dissolution of buds was observed from 17 to 20 April. Flowering dates are marked May 12–17. Ripening dates are marked from 24 to 29 July.

In 2018, all phenological phases took place at a later date according to long-term average data (shift by 10 days) due to the late melting of the snow cover (April 22) and cold May. In 2018, budding was noted in the period from 1 to 4 May. The beginning of flowering was observed from 23 to 28 May. Ripening was noted from 2 to 10 August. In 2019, budding was observed between April 12 and 17. At this time, there was a sharp cooling down to -11°C with precipitation in the form of snow (on April 16–17, there was noted temporary snow cover) after warm weather (the air temperature during the day rose to $+18.5^{\circ}\text{C}$). The dates of the beginning of flowering are marked from May 10 to 14; the flowering period was very tight due to the fact that at this time there was hot weather, the air temperature during the day rose to $+28^{\circ}\text{C}$. The frost was recorded during the formation of the ovary on May 24–26 to -1.7°C . Ripening dates are marked from July 16 to 25 (which is 14 days earlier than in 2018 and 7 days earlier than in 2017).

When growing black currants in the Middle Urals in industrial plantations, in order to select a varietal composition, it is especially necessary to take into account the timing of the flowering and ripening phases. The plantings should consist of varieties of different flowering and ripening periods, to avoid spring frosts in the main part of the plantation, as well as to form a conveyor for the supply of fresh berries. In the experiment were identified stable early flowering varieties in the conditions of the Middle Urals: Zabava, Fortuna, 1-3-010-13, 3-2-010-13, 6-44-00-03; stably late flowering: Hercules, Slavyanka, 5-1-010-13, 8-2-010-13; the rest of the varieties – the average flowering period. Varieties of stably early ripening: Zabava, 2-1-010-13, 2-4-010-13, 3-1-010-13, 5-1-010-15; consistently late ripening: Zaglyadienie, Kipiana, Chudnoe mgnovenie, Slavyanka; the rest of the varieties – the average ripening period.

Not all early flowering cultivars proved to be early maturing, not all late flowering varieties were late maturing. So, only the variety Zabava is early both in terms of flowering and ripening of berries; only the Slavyanka variety is late both in flowering and ripening. Variety 5-1-010-15 late flowering but early ripening.

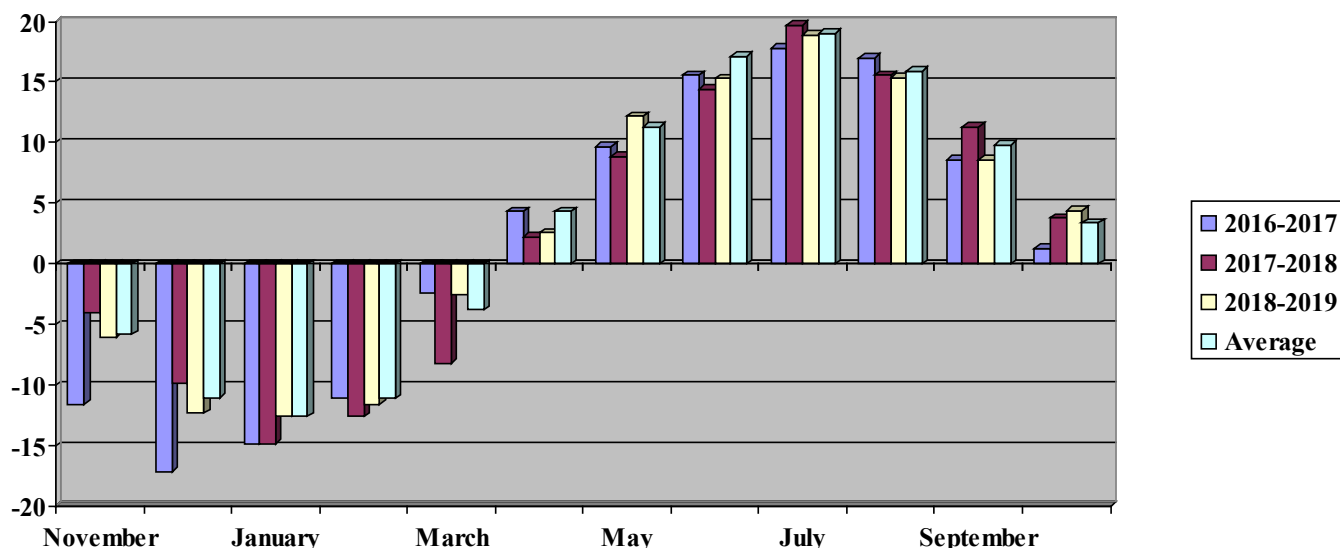


Fig. 1. Temperature regime of overwintering and vegetation period of plants in comparison with the average long-term data

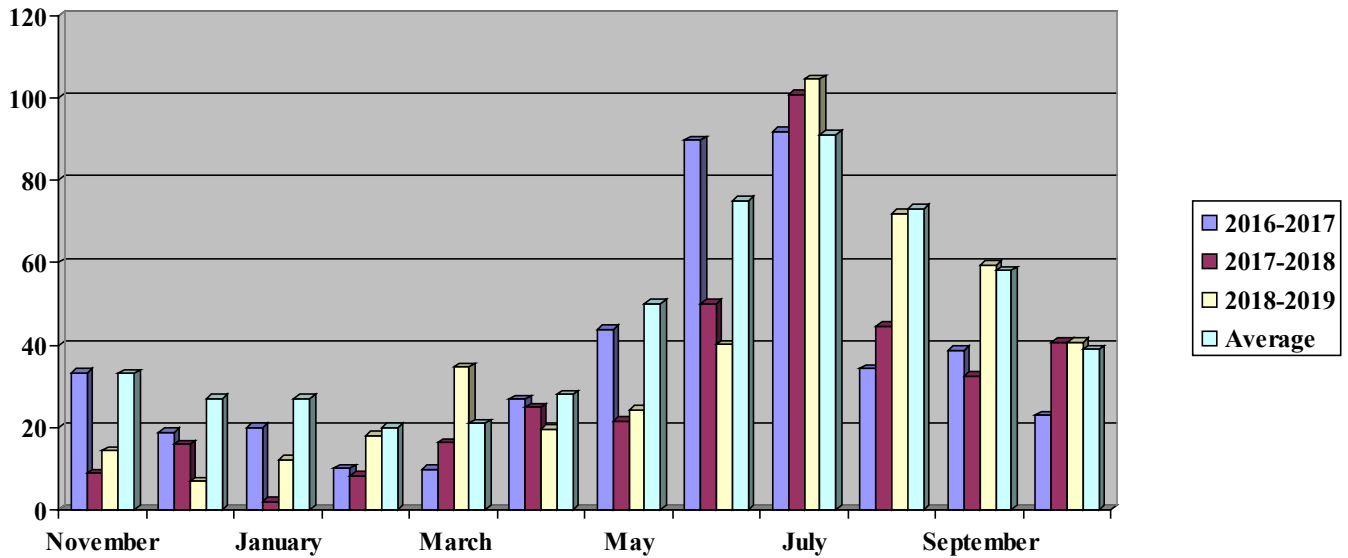


Fig. 2. The amount of precipitation during the research period in comparison with the average long-term data

Table 1
The origin of the variety form in the experiment

No.	Hybrid family	Variety form
Introduced		
1	(27-3-63 × Sunderbyun II) × Orlovskiy val's	Zaglyaden'e
2	Ekzotika × 762-5-82	Kipiana
3	(Bredtorp – open pollination) × Samoplodnaya	Chudnoe mgnovenie
4	Plotnokistnaya × selected form	Gerkules
5	Bredtorp × (Zoya × Pushistaya)	Zabava
Breeding Sverdlovsk selection gardening station		
6	No. 147-1/182 (Naslednitsa × Bredtorp) × Globus	1-1-010-13
7	Valovaya × Dobryy Dzhinn	1-2-010-13, 1-3-010-13, 1-4-010-13
8	Dobryy Dzhinn × Globus + Dobryy Dzhinn	2-1-010-13, 2-2-010-13, 2-3-010-13, 2-4-010-13, 2-5-010-13
9	Globus × No. 147-1/182 (Naslednitsa × Bredtorp)	3-1-010-13
10	Valovaya × No. 147-1/182 (Naslednitsa × Bredtorp)	3-2-010-13, 3-3-010-13, 6-37-00-03, 7-52-00-03, 7-63-00-03
11	Pilot × No. 147-1/182 (Naslednitsa × Bredtorp)	3-4-010-13
12	Pilot × Dobryy Dzhinn	4-1-010-13
13	Krasa L'vova × Globus	5-1-010-13, 5-2-010-13
14	No. 147-1/182 (Naslednitsa × Bredtorp) × Valovaya	6-44-00-03
15	Krasa L'vova × Dobryy Dzhinn	8-1-010-13, 8-2-010-13
16	Valovaya – open pollination	Ataman, Voevoda, Dobrokhhot, Pilot, Fortuna
17	Khabarovskaya × Bredtorp	Vasilisa
18	31-4-a (39-19-61 × GAZ-1-45) × Akkord	Kornet
19	Fertodi × Zelenaya dymka	Slavyanka
20	Slavyanka × Valovaya	Udalets
21	Globus × Valovaya	Shaman

Table 2

Timing of phenological phases of black currant varieties in the 2014 experiment

No.	Variety form	2017			2018			2019		
		Start date			Start date			Start date		
		budding	flowering	ripening	budding	flowering	ripening	budding	flowering	ripening
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Introduced										
1	<i>Gerkules</i>	18.04	17.05	24.07	2.05	27.05	8.08	15.04	13.05	20.07
2	<i>Zabava</i>	19.04	13.05	25.07	2.05	22.05	2.08	12.04	10.05	18.07
3	<i>Zaglyaden'e</i>	18.04	17.05	29.07	2.05	24.05	10.08	17.04	12.05	23.07
4	<i>Kipiana</i>	17.04	16.05	28.07	4.05	24.05	10.08	16.04	13.05	25.07
5	<i>Chudnoe mgnovenie</i>	18.04	14.05	28.07	1.05	24.05	10.08	12.04	11.05	25.07
Breeding Sverdlovsk selection gardening station										
6	<i>Ataman</i>	18.04	13.05	27.07	2.05	24.05	8.08	14.04	11.05	18.07
7	<i>Vasilisa</i>	17.04	14.05	27.07	1.05	23.05	5.08	12.04	10.05	18.07
8	<i>Voevoda</i>	18.04	13.05	25.07	2.05	24.05	4.08	14.04	10.05	18.07
9	<i>Dobrokhhot</i>	17.04	12.05	26.07	2.05	24.05	8.08	13.04	11.05	20.07
10	<i>Kornet</i>	18.04	16.05	27.07	2.05	27.05	8.08	12.04	13.05	18.07
11	<i>Pilot</i>	20.04	15.05	27.07	3.05	25.05	8.08	15.04	11.05	20.07
12	<i>Slavyanka</i>	17.04	17.05	28.07	4.05	28.05	10.08	17.04	13.05	22.07
13	<i>Udalets</i>	17.04	15.05	27.07	2.05	25.05	3.08	12.04	12.05	18.07
14	<i>Fortuna</i>	17.04	12.05	27.07	3.05	23.05	8.08	15.04	10.05	20.07
15	<i>Shaman</i>	19.04	15.05	26.07	3.05	24.05	2.08	17.04	13.05	20.07
16	<i>1-1-010-13</i>	19.04	16.05	26.07	3.05	25.05	2.08	15.04	12.05	17.07
17	<i>1-2-010-13</i>	18.04	13.05	28.07	3.05	24.05	2.08	17.04	10.05	19.07
18	<i>1-3-010-13</i>	17.04	13.05	26.07	1.05	22.05	8.08	12.04	10.05	18.07
19	<i>1-4-010-13</i>	19.04	13.05	27.07	3.05	24.05	2.08	16.04	10.05	20.07
20	<i>2-1-010-13</i>	17.04	15.05	24.07	2.05	24.05	2.08	16.04	11.05	17.07
21	<i>2-2-010-13</i>	17.04	16.05	25.07	1.05	23.05	4.08	13.04	11.05	18.07
22	<i>2-3-010-13</i>	18.04	15.05	27.07	2.05	24.05	2.08	12.04	12.05	20.07
23	<i>2-4-010-13</i>	18.04	12.05	24.07	2.05	24.05	2.08	16.04	10.05	18.07
24	<i>2-5-010-13</i>	18.04	16.05	28.07	1.05	24.05	2.08	13.04	10.05	16.07
25	<i>3-1-010-13</i>	19.04	15.05	24.07	3.05	24.05	2.08	16.04	13.05	18.07
26	<i>3-2-010-13</i>	16.04	12.05	25.07	2.05	23.05	4.08	12.04	11.05	20.07
27	<i>3-3-010-13</i>	18.04	15.05	24.07	1.05	24.05	8.08	12.04	11.05	18.07
28	<i>3-4-010-13</i>	17.04	12.05	26.07	3.05	25.05	4.08	15.04	11.05	18.07
29	<i>4-1-010-13</i>	18.04	13.05	28.07	2.05	23.05	2.08	17.04	12.05	19.07
30	<i>5-1-010-13</i>	19.04	17.05	24.07	3.05	28.05	2.08	17.04	14.05	18.07
31	<i>5-2-010-13</i>	18.04	17.05	27.07	2.05	25.05	4.08	16.04	13.05	20.07
32	<i>6-37-00-03</i>	17.04	16.05	25.07	3.05	25.05	5.08	15.04	11.05	20.07
33	<i>6-44-00-03</i>	17.04	12.05	26.07	1.05	23.05	3.08	13.04	11.05	16.07
34	<i>7-52-00-03</i>	17.04	12.05	25.07	3.05	23.05	2.08	16.04	12.05	20.07
35	<i>7-63-00-03</i>	19.04	15.05	24.07	4.05	24.05	4.08	17.04	12.05	18.07
36	<i>8-1-010-13</i>	19.04	15.05	28.07	2.05	24.05	4.08	14.04	12.05	16.07
37	<i>8-2-010-13</i>	19.04	17.05	29.07	3.05	27.05	8.08	14.04	13.05	20.07

Some of the cultivars classified as medium, in some years showed themselves as early, some of the accessions – as late, depending on weather conditions. So, varieties Dobrokhot, Ataman, Voevoda, Vasilisa, 1-2-010-13, 1-4-010-13, 2-2-010-13, 2-4-010-13, 4-1-010-13, 7-52-00-03 during the years of research were twice marked as early flowering; cultivars Kipiana, Kornet, 5-2-010-13 – as late flowering. Variety samples Voivoda, Udalets, 1-1-010-13, 2-2-010-13, 2-5-010-13, 3-3-010-13, 6-44-00-03, 7-52-00-03, 7-63-00-03 over the years of the study were twice marked as early maturing. Samples 1-2-010-13, 2-5-010-13, 4-1-010-13, 8-1-010-13, 8-2-010-13 in 2017 were marked as late maturing.

Discussion and Conclusion

1. Black currant adapts well to the unstable weather conditions of recent years in the Middle Urals.

2. The shift in the dates of the onset of the main phases of the growing season can reach 14 days, nevertheless, all phases fit into the growing season due to a reduction or increase in the duration of one or another phase.

3. The introduced varieties pass through phenological phases at the same time as those bred in the Middle Urals.

4. As a result of the research carried out, five early flowering varieties were identified in the conditions of the Middle Urals: Zabava, Fortuna, 1-3-010-13, 3-2-010-13, 6-44-00-03; four late flowering: Hercules, Slavyanka, 5-1-010-13, 8-2-010-13; the remaining 28 cultivars have an average flowering period. Five varieties of early ripening were identified: Zabava, 2-1-010-13, 2-4-010-13, 3-1-010-13, 5-1-010-15; four late ripening periods: Zaglyadenie, Kipiana, Chudnoe mgnovienie, Slavyanka; the remaining 28 varieties have an average ripening period.

Acknowledgements

The studies were carried out within the framework of the 148th Program of the Basic Research Institute of State Academies of Sciences for 2013–2020. on the topic “Preservation, replenishment, study of genetic collections and allocation of new donors and genetic sources of economically useful traits of fruit and berries, cereals, legumes, forage crops and potatoes” No. 0773-2019-0023.

References

- Shagina T. V. Itogi selektsii chernoy smorodiny [Black currant breeding results] // Perspektivy severnogo sadovodstva na sovremennom etape: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 70-letiyu so dnya obrazovaniya GU SSSS, Ekaterinburg, 2005. Pp. 166–171. (In Russian.)
- Nikolaev A. V., Knyazev S. D. Fenologicheskiye ritmy otbornykh form chernoy smorodiny [Phenological rhythms of selected forms of blackcurrant] // Seleksiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur. Orel, 2007. Pp. 147–152. (In Russian.)
- Gabyшева N. S., Protopopova A. V., Sorokopudov V. N. Ekologicheskie aspekty fenoritmiki sortov smorodiny chernoy v usloviyakh Tsentral'noy Yakutii [Ecological aspects of the phenorhythms of blackcurrant varieties in the conditions of Central Yakutia] // Contemporary horticulture. 2017. No. 3. Pp. 26–34. DOI: 10.24411/2218-5275-2017-00012. (In Russian.)
- Akulenko E. G. Fenologicheskie ritmy sezonnogo razvitiya smorodiny chernoy v usloviyakh Bryanskoy oblasti [Phenological rhythms of the seasonal development of black currant in the conditions of the Bryansk region] // Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2016. No. 1 (53). Pp. 13–17. (In Russian.)
- Sorokopudov V. N., Burmenko Yu. V. Smorodina zolotistaya (*Ribes aureum Pursh.*): biologicheskiye osobennosti i perspektivy kul'tivirovaniya [Golden Currant (*Ribes aureum Pursh.*): Biological Features and Cultivation Prospects]: Monograph. Moscow: FGBNU VSTISP. 2017. 130 p. (In Russian.)
- Kozlova A. B., Zakharova E. B., Chernositova T. N. Otsenka razvitiya i produktivnosti perspektivnykh sortov shipovnika v usloviyakh Blagoveshchenska [Assessment of the development and productivity of promising rosehip varieties in Blagoveshchensk] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2018. No. 4 (48). Pp. 93–97. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-14086. (In Russian.)
- Rengarten G. A., Sorokopudov V. N. Otsenka sortoobraztsov cheremukhi v zavisimosti ot ikh geneticheskogo proiskhozhdeniya na Severo-Vostoke Rossii [Assessment of bird cherry variety varieties depending on their genetic origin in the North-East of Russia] // Vestnik KrasGAU. 2019. No. 3. Pp. 51–56. (In Russian.)
- Imrak B., Kuden A., Yutkula V. [et al.] Evaluation of Some Phenological and Biochemical Characteristics of Selected New Late Flowering Dried Apricot Cultivars // Biochemical Genetics. 2017. No. 55 (3). Pp. 234–243. DOI: 10.1007/s10528-017-9792-y.
- Batmanova E. M. Sozdaniye i otsenka genofonda smorodiny chernoy v usloviyakh Srednego Urala: dis. ... cand. s.-kh. nauk [Creation and evaluation of the blackcurrant gene pool in the conditions of the Middle Urals: dissertation ... candidate of agricultural sciences]. Barnaul, 2011. 185 p. (In Russian.)
- Katalog sortov: proiskhozhdeniye i opisaniye sortov smorodiny chernoy [Variety catalog: origin and description of varieties of black currant] [e-resource] // Ofitsial'nyy sayt FGBNU VNIISPK. URL: <https://vniispk.ru/varieties> (appeal date: 20.04.2020). (In Russian.)
- Morozova O. I., Dudkin D. V., Kuznetsova S. B. Fenologicheskaya otsenka prigodnosti agroklimaticheskikh resursov Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga dlya vozdelvaniya chernoy smorodiny (*Ribes nigrum*) [Phenological assessment of the suitability of agroclimatic resources of the Khanty-Mansiysk Autonomous District for cultivation of black currant (*Ribes nigrum*)] // Kontseptsii fundamental'nykh i prikladnykh nauchnykh issledovaniy: sbornik statey mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 4 chastyakh. 2017. Pp. 233. (In Russian.)
- Rodyukova O. S. Adaptivnyy i produktivnyy potentsialy geneticheskoy kollektzii smorodiny chernoy [Adaptive and productive potentials of the genetic collection of blackcurrant] // Sovremennyye tendentsii ustoychivogo razvitiya yagodo-

vodstva Rossii (smorodina, kryzhovnik): sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 110-letiyu so dnya rozhdeniya doktora sel'skokhozyastvennykh nauk, zasluzhennogo deyatelya nauki RSFSR K. D. Sergeevoy. Voronezh, 2018. Pp. 225–243. (In Russian.)

13. Chaplygina T. A. Sortoizucheniye chernoy smorodiny selektsii VNIISPK v usloviyakh Samarskoy oblasti [Varietal study of black currant VNIISPK breeding in the Samara region] // Seleksiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 170-letiyu VNIISPK. 2015. Pp. 227–230. (In Russian.)

14. Sabaraykina S. M. Biologicheskiye osobennosti rosta i razvitiya sortov smorodiny chernoy v usloviyakh rezkoko kontinental'nogo klimata [Biological features of the growth and development of varieties of black currant in a sharply continental climate] // Nauchnaya zhizn'. 2016. No. 8. Pp. 65–78. (In Russian.)

15. Sorokopudov V. N., Baranova T. V., Voronin A. A. Osobennosti ekologii i fenologii *Ribes Aureum* v usloviyakh sovremennykh klimaticheskikh izmeneniy [Features of the ecology and phenology of *Ribes Aureum* in the context of modern climate change] // Global'nyye klimaticheskie izmeneniya: regional'nyye efekty, modeli, prognozy: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Voronezh, 2019. Pp. 178–181. (In Russian.)

16. 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.)

17. Aleynikova G. Yu., Petrov V. S., Sokolova V. V. Tendentsii lokal'nogo izmeneniya klimata i ikh vliyaniye na produktivnost' i fenologiyu vinograda [Trends in local climate change and their impact on the productivity and phenology of grapes] // Nauchnyye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya. 2019. T. 23. Pp. 117–125. DOI: 10.30679/2587-9847-2019-23-117-125. (In Russian.)

18. Avdeyeva Z. A., Aminova Ye. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy perioda vegetatsii na prokhozheniye fenologicheskikh faz u sortov zemlyaniki [The influence of weather conditions of the growing season on the passage of phenological phases in strawberry varieties] // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN. 2019. No. 4. P. 19. DOI: 10.24411/2304-9081-2019-14032. (In Russian.)

19. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops] / Under the editorship of E. N. Sedov. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p. (In Russian.)

20. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [The program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut-bearing crops]. Michurinsk, 1973. 495 p. (In Russian.)

Authors' information:

Elena M. Chebotok¹, candidate of agricultural sciences, senior researcher, ORCID 0000-0001-5942-6178, AuthorID 501549; +7 (343) 258-65-01, sadovodnauka@mail.ru

¹Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация

О. П. Гаврилова¹, А. С. Орина¹, Н. Н. Гогина², Т. Ю. Гагкаева^{1✉}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, Сергиев Посад, Россия

✉ E-mail: t.gagkaeva@mail.ru

Аннотация. Исследование направлено на выявление контаминации грибами и микотоксинами зерна овса, пшеницы и ячменя, выращенного в четырех областях Зауралья (Курганской, Свердловской, Тюменской, Челябинской) в 2017–2018 гг. **Методы.** Зараженность зерна анализировали с помощью традиционных микологических методов; содержание ДНК токсинопродуцирующих грибов определяли методом количественной ПЦР; присутствие в зерне токсичных вторичных метаболитов грибов выявили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией. **Результаты.** В анализированных образцах зерна идентифицировано не менее 10 видов *Fusarium*, среди которых преобладали *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum sensu lato* и *F. poae*. Уточнены ареалы нетипичных для территории Зауралья видов: *F. graminearum*, обнаруженного в 14 % образцов повсеместно, и *F. langsethiae*, выявленного в трех образцах из Свердловской области. Частота обнаружения ДНК вида *F. poae* в зерне составила 48 % образцов, ДНК *F. avenaceum* – 39 %, ДНК *F. sporotrichioides* – 30 %, ДНК *F. graminearum* – 29 %. Диапазоны содержания микотоксинов в анализированном зерне существенно варьировали в зависимости от типа культуры и происхождения образцов: в одном образце могло присутствовать от одного до семи фузариотоксинов. Наиболее часто встречались Т-2 и НТ-2 токсины (суммарно 59 % образцов), боверицин (34 %) и дезоксиниваленол (25 %). В образце ячменя из Челябинской области выявлено превышение ПДК Т-2 токсина в 26 раз. **Научная новизна.** Впервые приведена информация о встречаемости и количествах редко анализируемых микотоксинов – монилформина и боверицина. Выявлены достоверные положительные связи между содержанием ДНК доминирующих видов грибов *Fusarium* и их основных микотоксинов в зерне.

Ключевые слова: зерновые культуры, *Fusarium*, зараженность, ДНК, количественная ПЦР, микотоксины, ВЭЖХ-МС/МС.

Для цитирования: Гаврилова О. П., Орина А. С., Гогина Н. Н., Гагкаева Т. Ю. Проблема фузариоза зерна в Зауралье: ретроспектива исследований и современная ситуация // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40.

Дата поступления статьи: 11.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Производство зерновых культур, которые занимают в структуре посевных площадей наибольший удельный вес (около 63 %), является важной отраслью сельского хозяйства Уральского региона. Качество выращиваемого зерна определяется набором критериев, важнейшим из которых является его микотоксикологическая чистота.

В зерне сельскохозяйственных культур обитают микроскопические грибы, относящиеся к различным таксономическим группам, которые успешно выживают и существуют в часто контрастных природно-экологических условиях. Среди них одними из основных представителей микобиоты зерновых культур являются грибы *Fusarium* Link, которые оказывают существенное влияние на урожайность и качество зерна.

Интерес к фузариозу зерна в Уральском регионе связан с тем, что данная территория навсегда вошла в историю мировой микотоксикологии из-за массового выявле-

ния заболевания людей и животных алиментарно-токсической алейкией или септической ангиной (АТА) в 1930–1940 гг. Особо тяжелые случаи были зарегистрированы в Оренбургской области (ранее Чкаловская), Свердловской области, Башкирии, Алтайском крае и др., где констатировали массовую гибель людей и животных в результате отравлений от употребляемого в пищу плесневелого или перезимовавшего на необработанных полях зерна [1, с. 27]. Микологический анализ 107 образцов перезимовавших злаков выявил свыше 83 видов грибов, среди которых доминировали грибы *Fusarium*, зараженность зерна пшеницы которыми достигала 43 %. Причиной микотоксикоза являлся гриб *F. sporotrichioides* Sherb., доля которого в составе микобиоты не превышала 8,5 % [1, с. 48]. Однако данный гриб продуцирует Т-2 и НТ-2 токсины, которые являются одними из наиболее опасных для теплокровных организмов [2, с. 43]. Более поздние исследования токсикологической чистоты зерна, выращенного в Уральском

регионе, неоднократно выявляли его загрязнение Т-2 токсином, а также другими микотоксинами, образуемыми грибами *Fusarium* [3, с. 4], [4, с. 84].

Исследования видового состава грибов рода *Fusarium*, встречающихся на зерновых культурах в Уральском регионе, показывает наличие и достаточную изученность проблемы зараженности зерна. Микологический анализ 445 зерновых проб из Уральского региона (1985–2002 гг.) позволил установить, что доминирующими видами являются *F. poae* (Peck) Wollenw. и *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. [5, с. 279]. Анализ 60 проб сена и соломы из Челябинской области выявил присутствие в них не менее шести видов фузариевых грибов, и в 90 % проб *F. sporotrichioides* был обнаружен либо как единственный вид, либо вместе с другими, но, как правило, он преобладал [6, с. 940]. Среди доминирующих видов рода *Fusarium* в зерне ячменя из Восточного Зауралья были также отмечены *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., комплекс видов *F. oxysporum* Schltdl., *F. equiseti* (Corda) Sacc., из которых *F. sporotrichioides* был наиболее распространенным [7, с. 37]. В период 2012–2018 гг. ежегодный анализ фитосанитарного состояния семян яровой пшеницы методом влажных рулонов показал, что все партии зерна инфицированы грибами *Fusarium*, и зараженность отдельных партий составляла 60–70 % [8, с. 21]. Видовой состав *Fusarium* в порядке убывания частоты встречаемости был представлен: *F. sporotrichioides*, *F. poae*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. solani* (Mart.) Sacc., *F. avenaceum* и др.

Видовая идентификация грибов *Fusarium* в отсутствие четких морфологических границ признаков между видами представляет сложную задачу. Внедрение методов молекулярно-генетического анализа, таких как количественная ПЦР (кПЦР), не только значительно упрощает и повышает скорость анализа инфицированности зерна, но и позволяет проводить объективное сравнение представленности в зерне разных видов грибов по их биомассе, выраженной через содержание ДНК [9, с. 84], [10, с. 463], [11, с. 990]. В последние годы данный метод начал активно внедряться в мониторинговые исследования, проводимые на территории нашей страны [3, с. 10], [12, с. 19].

Анализируя видовой состав микобиоты зерна, можно прогнозировать присутствие определенных микотоксинов, поскольку токсинообразование у грибов имеет четко выраженный видоспецифичный характер [13, с. 76]. К наиболее опасным вредоносным видам рода *Fusarium*, влияющим как на семенные качества, так и на пищевые/кормовые качества зерна, относят *F. avenaceum*, *F. graminearum* Schwabe, *F. culmorum*, *F. sporotrichioides*, *F. langsethiae* Torp & Nirenberg, *F. poae*, *F. tricinctum* (Corda) Sacc.

Зерно, зараженное токсинопродуцирующими грибами, обязательно должно проверяться на загрязнение микотоксинами. В России, согласно нормативным документам, установлены предельно допустимые количества (ПДК) для микотоксинов, образуемых грибами *Fusarium*. В про-

довольственном зерне содержание Т-2 токсина не должно превышать 100 мкг/кг, ДОН – 700–1000 мкг/кг, ЗЕН – 200–1000 мкг/кг, а фумонизина (только для зерна сырой кукурузы на пищевые цели) – 4000 мкг/кг¹.

Исследование качества зерна и кормов в Уральском регионе выявило контаминацию 47 % образцов микотоксинами грибов *Fusarium* в 2007 г. и 31 % образцов – в 2008 г. [14, с. 89]. По данным других исследователей, средняя частота обнаружения Т-2 токсина в зерне составила 36,3 % при наиболее широком распространении в Челябинской (69,4 %), Свердловской (46,2 %) и Курганской областях (49,0 %). Анализ загрязненности микотоксинами образцов фуражного зерна в 2002–2006 гг. из отдельных областей Уральского региона выявил, что Т-2 токсин встречался в 70 % образцов в количествах 10–100 мкг/кг, один образец из Курганской области оказался положительным по ДОН (730 мкг/кг), а ЗЕН в образцах отсутствовал; также было показано, что овес подвержен контаминации Т-2 токсином в большей степени, чем другие зерновые культуры [4, с. 84].

Большинство мониторинговых исследований по определению загрязненности зерна микотоксинами проводят с помощью иммуноферментного анализа, который имеет ограничения по числу выявляемых метаболитов. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС) позволяет получить информацию о широком спектре метаболитов, но из-за дороговизны оборудования и аналитических стандартов ограничено используется для скрининга микотоксинов в растительных образцах.

Цель исследования – выявление зараженности грибами *Fusarium* и контаминации микотоксинами зерна, полученного в 2017–2018 г. из четырех областях Зауралья.

Методология и методы исследования (Methods)

Материалом для исследований являлись 56 образцов зерна урожая 2017–2018 гг., из которых 36 – зерно яровой пшеницы, 14 – ячменя, 5 – овса. Средние образцы зерна были получены из Щучанского района Курганской области (2 шт.), Исетского района Тюменской области (4 шт.), трех районов (Алапаевского, Белоярского и Пышминского) Свердловской области (11 шт.) и 10 районов (Варненского, Октябрьского, Чесменского, Еткульского, Кизильского, Красноармейского, Сосновского, Троицкого, Уйского, Чебаркульского) Челябинской области (39 шт.).

Оценку зараженности грибами и определение всхожести зерна проводили по описанным ранее методикам, а таксономическую принадлежность выросших микромицетов определяли по сумме макро- и микроморфологических признаков [13, с. 108–111]. Зараженность зерна определенным таксоном рассчитывали как отношение числа зерен, из которых были выделены грибы данного таксона, к общему числу анализируемых зерен, выраженное в процентах. Долю вида в комплексе видов *Fusarium* определяли как отношение числа зерен, зараженных определенным видом *Fusarium* к числу зерен, зараженных грибами *Fusarium*.

Зерно каждого образца (20 г) гомогенизировали в стерильных контейнерах на мельнице Tube Mill Control (ИКА, Германия). Размолотую муку хранили при –20 °С.

¹ Технический регламент Таможенного союза 015/2011 «О безопасности зерна» с изменениями на 15 сентября 2017 г. Приложение № 2. Технический регламент Таможенного союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» с изменениями от 8 августа 2019 г. Приложение № 3.

Выделение ДНК из 200 мг зерновой муки, а также из активно растущего мицелия типовых штаммов *Fusarium* из коллекции лаборатории микологии и фитопатологии ФГБНУ ВИЗР проводили с помощью набора для выделения геномной ДНК (Thermo Fisher Scientific, Литва) по протоколу производителя.

Концентрацию выделенной ДНК из муки и штаммов определяли, используя флуориметр Qubit 2.0 с набором реагентов Quant-iT dsDNA HS Assay Kit (Thermo Fisher Scientific, США). ДНК штаммов грибов разбавляли до концентрации 10 нг/мл и использовали для построения калибровочных кривых в десятикратных последовательных разведениях от 10^{-1} до 10^{-6} нг/мкл. ДНК из образцов муки разводили до концентрации в диапазоне 2–50 нг/мкл.

Содержание ДНК гриба *F. sporotrichioides* в зерновой муке определяли методом количественной ПЦР (кПЦР) с красителем SYBR Green, а содержание ДНК *F. avenaceum sensu lato*, *F. graminearum* и *F. poae* – методом кПЦР с пробамии TaqMan [3, с. 10], [9, с. 81], [11, с. 988]. Амплификацию проводили на термоциклере CFX96 Real-Time System (BioRad, США), обработку первичных данных – с помощью программного обеспечения Bio-Rad CFX Manager 1.6.

Количество ДНК грибов выражали в виде доли от общей ДНК, выделенной из зерновой муки (пг/пг общей ДНК, сокращенно – пг/пг). Нижний достоверный предел выявления содержания ДНК грибов в пробе общей ДНК, выделенной из образца муки, установлен на уровне 5×10^{-4} пг/пг.

Экстрагирование вторичных метаболитов грибов проводили, добавляя к 5 г навески зерновой муки 20 мл раствора ацетонитрила, воды, уксусной кислоты в соотношении 79:20:1. Детектирование и количественное определение микотоксинов выполняли методом высокоэффективной хроматографии в сочетании с масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС) на комплексе оборудования, состоящего из масс-спектрометра AB SCIEX Triple Quad™ 5500 (Applied Biosystems, США), оснащенного источником ионизации с электрораспылением TurboV (ESI) и системой ВЭЖХ 1290 Agilent Infinity (Agilent Technologies, Германия), согласно методике ГОСТ¹. Хроматографическое разделение проводили при 25 °С на колонке Gemini® C18, 150×4,6 мм (Phenomenex, США). Степень извлечения микотоксинов из зерна составляла от 79 до 105 %.

В экстрактах анализировали содержание 19 микотоксинов, образуемых грибами *Fusarium*: трихотеценовых микотоксинов (Т-2 и НТ-2 токсинов, Т-2 триола, неосолапиола (НЕО), диацетоксисцирпенола (ДАС), ниваленола (НИВ), фузаренона-Х, дезоксиниваленола (ДОН), ДОН-3-глюкозида, 3-ацетатДОН, 15-ацетатДОН), зеараленола (ЗЕН), α -ЗЕН и β -ЗЕН, фумонизинов В1, В2, и В3, мониформина (МОН) и боверицина (БОВ).

Программу Microsoft Excel 2010 использовали для расчета средних значений, доверительного интервала при уровне значимости $p < 0,05$ и визуализации полученных результатов. В программе STATISTICA 10.0 проводили дисперсионный анализ данных и расчет корреляционных связей между признаками через линейный коэффициент Пирсона (r) при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты (Results)

Инфицированность зерна грибами Fusarium, их видовой состав. Грибы *Fusarium* выявлены в 100 % образцов зерна из Курганской (диапазон зараженности составил 2–12 %), Свердловской (6–47 %) и Тюменской (10–30 %) областей. Эти грибы также были обнаружены в большинстве образцов из Челябинской области (67 %), зараженность которых составляла от 1 до 23 %. Установлены различия средней зараженности грибами *Fusarium* зерна разных культур: в среднем зараженность зерна образцов овса и ячменя ($10,4 \pm 4,2$ % и $9,7 \pm 3,8$ % соответственно) была выше по сравнению с зараженностью зерна пшеницы ($5,6 \pm 1,4$ %). Независимо от типа зерновой культуры самая низкая зараженность грибами *Fusarium* отмечена в Челябинской области. Тогда как средняя зараженность грибами *Fusarium* образцов из Свердловской области была относительно высокой и варьировала в пределах 12,5–27,3 %, достигая 47 % (ячмень, Пышминский район).

Видовая идентификация изолятов *Fusarium*, выделенных из зерна, позволила выявить не менее 10 видов, из которых чаще остальных встречались *F. sporotrichioides* (61 % образцов), *F. avenaceum sensu lato* (45 %), *F. poae* (29 %) и *F. tricinctum* (21 %).

Выявленная максимальная зараженность зерна *F. sporotrichioides* составила 35 % (ячмень из Пышминского района Свердловской области), *F. avenaceum sensu lato* – 21 % (пшеница из Исетского района Тюменской области), *F. poae* – 19 % (пшеница из Пышминского района Свердловской области). Средняя зараженность зерна *F. tricinctum* не превышала 4 % (пшеница из Белоярского района Свердловской области).

Гриб *F. graminearum* выявлен в 14 % всех анализированных образцов, с наибольшей зараженностью 5 % зерна пшеницы из Челябинской области. Вид *F. langsethiae* найден только в Свердловской области в зерне двух образцов овса и пшеницы, а зараженность зерна этим видом составила 3 и 1 % соответственно. Также единично в образцах пшеницы были отмечены *F. acuminatum* Ellis & Everh., *F. globosum* Rheeder, Marasas & P.E. Nelson и *F. semitectum* Berk. & Ravenel, а в образцах ячменя – *F. equiseti*. Доли основных представителей грибов рода *Fusarium* приведены на рис. 1.

Количество ДНК грибов Fusarium в зерне. ДНК *F. avenaceum* обнаружена в 39 % образцов, ДНК *F. graminearum* – в 29 %, ДНК *F. poae* – в 48 %, ДНК *F. sporotrichioides* – в 30 %. При этом по содержанию ДНК грибов *Fusarium* в зерне разных культур были выявлены различия (таблица 1). В образцах овса и ячменя чаще выявляли ДНК *F. poae* – в 80 % и 73 % образцов, реже *F. avenaceum* – в 60 и 47 % и *F. graminearum* – в 40 и 20 % соответственно. Частота обнаружения ДНК разных видов *Fusarium* в зерне пшеницы была сходной: ДНК *F. sporotrichioides* выявили в 39 % образцов, *F. avenaceum* и *F. poae* – в 33 %, а *F. graminearum* – в 31 %. Влияние вида зерновой культуры на количества ДНК грибов *Fusarium* было достоверным только в случае *F. sporotrichioides*.

Распределение содержания ДНК видов *Fusarium* в зерне из разных областей также оказалось неравномерным. Влияние происхождения образцов на количества

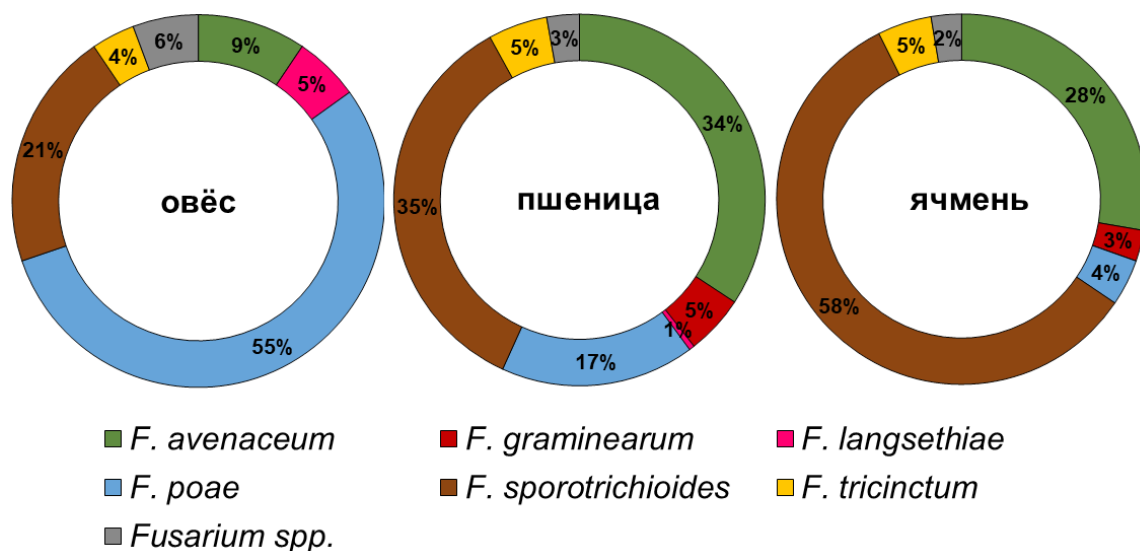


Рис. 1. Видовой состав грибов рода *Fusarium*, выявленных в зерне образцов из различных областей Зауралья, 2017–2018 гг.

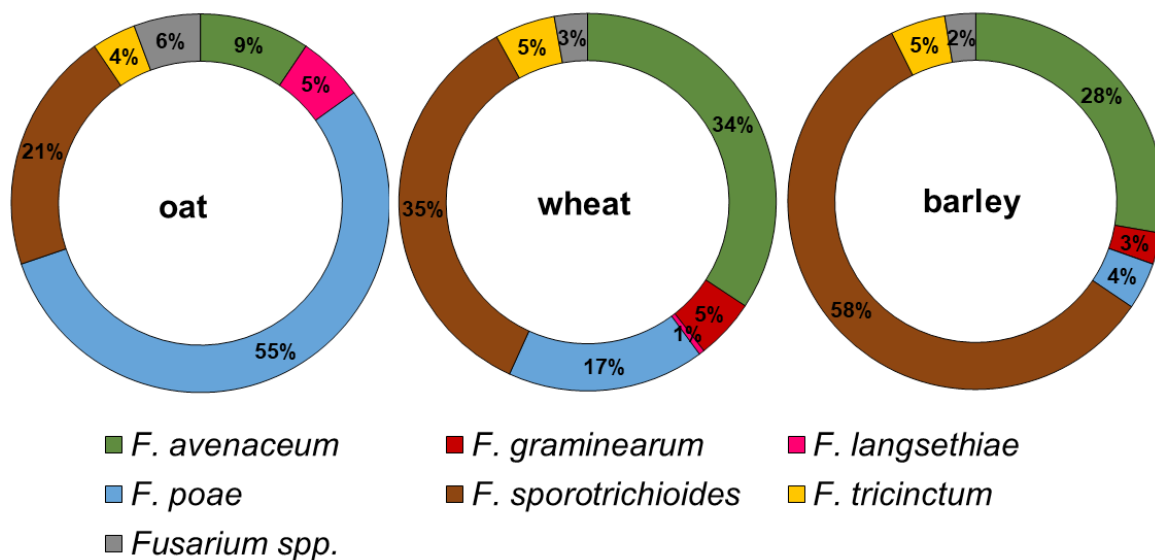


Fig. 1. The species composition of *Fusarium* fungi detected in grain samples from Ural region, 2017–2018

ДНК грибов в зерне было достоверным для *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum* и *F. poae*. Высокие количества ДНК *F. avenaceum* выявлены в зерне ячменя из Свердловской области – в среднем $(115,9 \pm 85,3) \times 10^{-4}$ пг/нг, пшеницы из Тюменской области – $(67,6 \pm 25,2) \times 10^{-4}$ пг/нг. Высокие количества ДНК *F. poae* также обнаружены в зерне из Свердловской области – в среднем $(195,5 \pm 102,2) \times 10^{-4}$ пг/нг для овса, $(315,9 \pm 194,1) \times 10^{-4}$ пг/нг для пшеницы и $(206,4 \pm 106,7) \times 10^{-4}$ пг/нг для ячменя. Наименьшее содержание ДНК *F. poae* – в среднем $(2,1 \pm 2,1) \times 10^{-4}$ пг/нг – выявлено в зерне пшеницы из Тюменской области, но при этом среднее количество ДНК *F. sporotrichioides* в этих образцах было наибольшим – $(223,7 \pm 51,4) \times 10^{-4}$ пг/нг. Максимальное среднее количество ДНК *F. graminearum* обнаружено в зерне пшеницы из Челябинской области – $(98,9 \pm 78,7) \times 10^{-4}$ пг/нг, в то время как в зерне пшеницы из Свердловской области ДНК этого патогена не выявлено вовсе.

Количество вторичных метаболитов грибов *Fusarium* в зерне. Проведенный с помощью ВЭЖХ-МС/МС анализ показал отсутствие микотоксинов грибов рода *Fusarium* в зерне двух образцов ячменя из Уйского и Чебаркульского районов Челябинской области, а также в 28 % образцов зерна пшеницы из Курганской области и разных районов Челябинской области. Из 19 анализированных микотоксинов ни в одном из образцов не обнаружены фузариенон-Х, α -ЗЕН и β -ЗЕН.

В 79 % образцов зерна встречались от одного до семи токсичных метаболитов. Максимальное число различных микотоксинов обнаружено в образце пшеницы из Тюменской области. В целом образцы из Тюменской и Свердловской областей характеризовались большим разнообразием выявленных микотоксинов: кроме трихотеценовых микотоксинов, в их зерне чаще обнаруживали МОН (27 и 75 % образцов соответственно) и БОВ (64 % и 75 %) по сравнению с образцами из двух других областей.

Содержание ДНК грибов *Fusarium* в образцах зерна из различных областей Зауралья, 2017–2018 гг.

Зерновая культура	Область (число образцов)	Процент зараженных образцов / диапазон количества ДНК гриба × 10 ⁻⁴ , пг/пг			
		<i>aven</i> *	<i>gram</i>	<i>poae</i>	<i>spor</i>
Овес	Свердловская (4)	75 / 14,6–56,5	50 / 7,7; 8,2	75 / 30,2–378,0	0
	Челябинская (1)	0	0	41,8	0
	В среднем по овсу	19,3 ± 10,3	3,2 ± 1,9	164,7 ± 84,7	0
Пшеница	Курганская (2)	50 / 32,6	50 / 23,1	50 / 93,4	50 / 6,2
	Свердловская (3)	100 / 5,8–104,9	0	67 / 266,8; 680,9	33 / 30,8
	Тюменская (4)	100 / 13,2–137,3	75 / 5,7–59,4	25 / 8,4	100 / 151,9–379,3
	Челябинская (27)	15 / 7,5–11,2	26 / 6,7–2160,2	30 / 5,5–209,4	30 / 5,9–163,6
	В среднем по пшенице	13,5 ± 5,0	76,8 ± 59,1	41,0 ± 20,3	44,1 ± 13,5
Ячмень	Свердловская (4)	100 / 20,4–376,9	25 / 7,6	100 / 30,3–523,8	25 / 6,5
	Челябинская (11)	30 / 5,2–33,9	18 / 6,7; 30,1	64 / 29,5–433,6	18 / 17,8; 23,6
	В среднем по ячменю	34,1 ± 24,2	3,0 ± 2,0	129,8 ± 42,1	3,2 ± 1,9

Примечание: *aven* – *Fusarium avenaceum*; *gram* – *F. graminearum*; *poae* – *F. poae*; *spor* – *F. sporotrichioides*.

Table 1

The content of DNA of *Fusarium* fungi in grain samples from Ural region, 2017–2018

Cereals	Region (the number of samples)	Percentage of infected samples / the range of fungal DNA amounts × 10 ⁻⁴ , pg/ng			
		<i>aven</i>	<i>gram</i>	<i>poae</i>	<i>spor</i>
Oats	<i>Sverdlovsk</i> (4)	75 / 14.6–56.5	50 / 7.7; 8.2	75 / 30.2–378.0	0
	<i>Chelyabinsk</i> (1)	0	0	41.8	0
	Average in oats	19.3 ± 10.3	3.2 ± 1.9	164.7 ± 84.7	0
Wheat	<i>Kurgan</i> (2)	50 / 32.6	50 / 23.1	50 / 93.4	50 / 6.2
	<i>Sverdlovsk</i> (3)	100 / 5.8–104.9	0	67 / 266.8; 680.9	33 / 30.8
	<i>Tyumen</i> (4)	100 / 13.2–137.3	75 / 5.7–59.4	25 / 8.4	100 / 151.9–379.3
	<i>Chelyabinsk</i> (27)	15 / 7.5–11.2	26 / 6.7–2160.2	30 / 5.5–209.4	30 / 5.9–163.6
	Average in wheat	13.5 ± 5.0	76.8 ± 59.1	41.0 ± 20.3	44.1 ± 13.5
Barley	<i>Sverdlovsk</i> (4)	100 / 20.4–376.9	25 / 7.6	100 / 30.3–523.8	25 / 6.5
	<i>Chelyabinsk</i> (11)	30 / 5.2–33.9	18 / 6.7; 30.1	64 / 29.5–433.6	18 / 17.8; 23.6
	Average in barley	34.1 ± 24.2	3.0 ± 2.0	129.8 ± 42.1	3.2 ± 1.9

Note: *aven* – *Fusarium avenaceum*; *gram* – *F. graminearum*; *poae* – *F. poae*; *spor* – *F. sporotrichioides*.

Сравнение загрязненности микотоксинами разных культур показало, что все 13 выявленных токсичных метаболитов встречались только в зерне образцов пшеницы, в образцах зерна овса и ячменя их разнообразие было ниже – 7 и 8 микотоксинов соответственно (рис. 2).

К редко встречаемым в зерне (не более 2–7 % загрязненных образцов) можно отнести трихотеценовые микотоксины группы А: ДАС (5,1 мкг/кг) и НЕО (3,1–15,2 мкг/кг); трихотеценовые микотоксины группы В: 3-АцДОН

(28,8 мкг/кг), 15-АцДОН (15,9–24,5 мкг/кг) и ДОН-3-глюкозид (20,8–34,2 мкг/кг), а также ЗЕН (2,4 мкг/кг). Встречаемость и диапазоны содержания других семи микотоксинов, обнаруженных в образцах из различных областей Зауралья, приведены в таблице 2.

Наиболее распространенными микотоксинами являлись НТ-2 токсин (59 % загрязненных образцов), БОВ (34 %), Т-2 токсин и ДОН (по 25 %). Сравнение культур показало, что зерно овса было в большей степени конта-

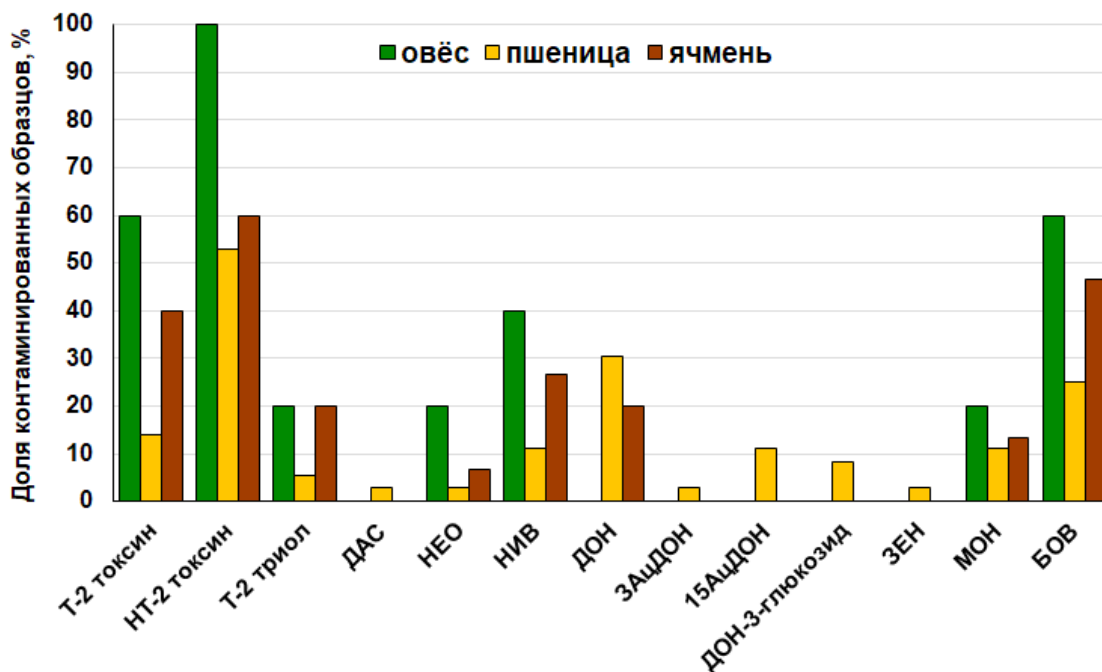


Рис. 2. Встречаемость микотоксинов грибов рода *Fusarium* в образцах зерна из Зауралья, 2017–2018 гг.

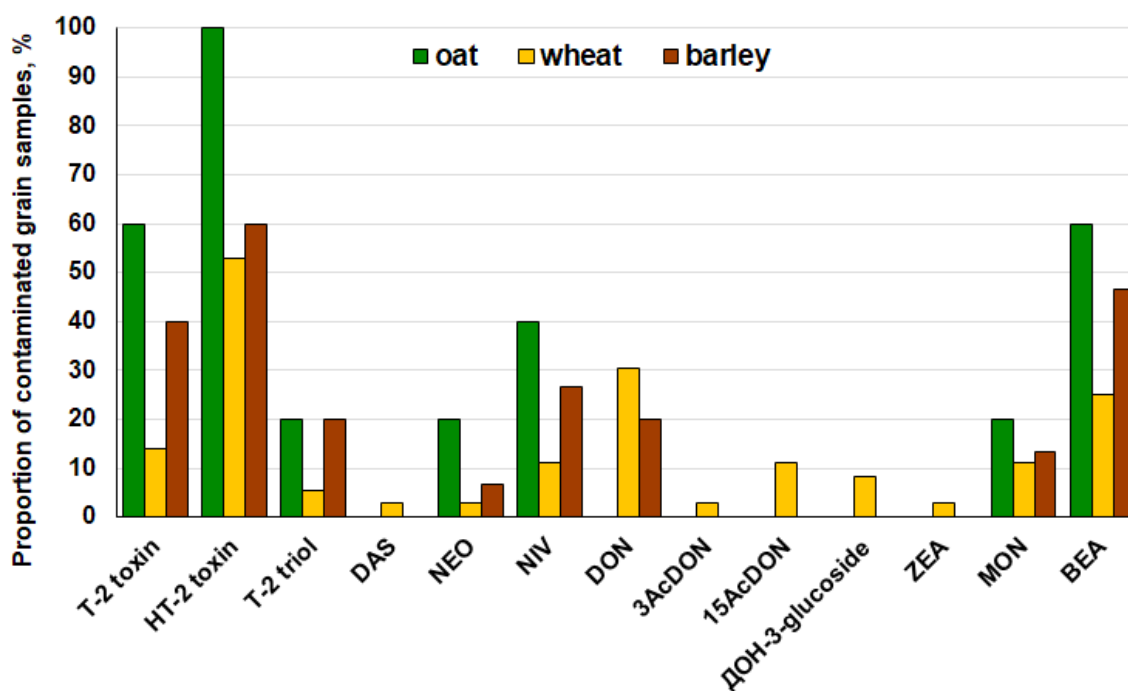


Fig. 2. The occurrence of mycotoxins produced by *Fusarium* fungi in grain samples from Ural region, 2017–2018

минировано трихотеценовыми микотоксинами группы А по сравнению с зерном пшеницы и ячменя. Число загрязненных различными микотоксинами образцов в ряду овес – пшеница – ячмень было следующим (в %): HT-2 токсин 100 – 53 – 60, Т-2 токсин 60 – 14 – 40, Т-2 триол 20 – 6 – 20, НИВ 40 – 14 – 27, МОН 20 – 11 – 13 и БОВ 60 – 25 – 47. В то же время ДОН в зерне овса не обнаружен, тогда как выявлен в 31 % образцов пшеницы и 20 % ячменя.

Из микотоксинов, имеющих установленные в России ПДК, превышение этого показателя было выявлено только

в случае Т-2 токсина. В зерне ячменя из Сосновского района Челябинской области было выявлено 2651,5 мкг/кг, что превышает значение ПДК более чем в 26 раз. Количество HT-2 токсина выше 100 мкг/кг были выявлены чаще: в образцах зерна овса и пшеницы из Свердловской области (109,5 и 147,6 мкг/кг), а также в зерне двух образцов пшеницы и двух ячменя из Челябинской области (129,2–481,3 мкг/кг). Максимальное содержание ДОН составило 413,6 мкг/кг в образце пшеницы из Исетского района Тюменской области, что почти в два раза ниже значения ПДК этого микотоксина.

Количество микотоксинов грибов *Fusarium* в зерне образцов зерновых культур из Зауралья, 2017–2018 гг.

Зерновая культура	Область (число образцов)	Процент образцов загрязненных микотоксинами грибов <i>Fusarium</i> / диапазон количеств, мкг/кг						
		T-2 токсин	HT-2 токсин	T-2 триол	НИВ	ДОН	МОН	БОВ
Овес	Свердловская (4)	50 / 5,6; 62,9	100 / 10,5–109,5	25 / 10,6	50 / 47,3; 110,8	0	25 / 16,9	50 / 23,8; 36,2
	Челябинская (1)	100 / 14,5	100 / 23,4	0	0	0	0	100 / 6,5
Пшеница	Курганская (2)	0	50 / 11,6	0	0	0	0	0
	Свердловская (3)	67 / 17,7; 19,4	67 / 28,0; 147,6	33 / 11,6	67 / 32,6; 119,6	0	33 / 22,9	67 / 18,7; 49,3
	Тюменская (4)	25 / 9,3	100 / 14,2–63,6	0	25 / 9,5	100 / 8,1–413,6	75 / 47,4–112,5	75 / 3,5–5,3
	Челябинская (27)	7 / 18,2; 66,3	44 / 7,7–152,2	4 / 5,7	4 / 7,8	26 / 7,3–309,0	0	15 / 3,6–7,8
Ячмень	Свердловская (4)	75 / 5,9–32,3	100 / 13,2–95,3	25 / 34,6	50 / 9,6; 42,0	0	25 / 50,0	75 / 5,4–11,7
	Челябинская (11)	27 / 6,2–2651,5	45 / 5,8–481,3	18 / 21,9; 59,7	18 / 160,9; 194,3	27 / 18,2–43,7	9 / 6,9	36 / 4,1–30,7

Примечание: НИВ – ниваленол; ДОН – дезоксиниваленол; МОН – монилиформин; БОВ – боверицин.

Table 2

The amounts of mycotoxins produced by *Fusarium* fungi in grain samples from Ural region, 2017–2018

Cereal	Region (the number of samples)	The percentage of samples contaminated with <i>Fusarium</i> mycotoxins / The range of amount, ppb						
		T-2 toxin	HT-2 toxin	T-2 triol	NIV*	DON	MON	BEA
Oats	Sverdlovsk (4)	50 / 5.6. 62.9	100 / 10.5–109.5	25 / 10.6	50 / 47.3; 110.8	0	25 / 16.9	50 / 23.8; 36.2
	Chelyabinsk (1)	100 / 14.5	100 / 23.4	0	0	0	0	100 / 6.5
Wheat	Kurgan (2)	0	50 / 11,6	0	0	0	0	0
	Sverdlovsk (3)	67 / 17.7; 19.4	67 / 28.0; 147.6	33 / 11.6	67 / 32.6; 119.6	0	33 / 22.9	67 / 18.7; 49.3
	Tyumen (4)	25 / 9.3	100 / 14.2–63.6	0	25 / 9.5	100 / 8.1–413.6	75 / 47.4–112.5	75 / 3.5–5.3
	Chelyabinsk (27)	7 / 18.2; 66.3	44 / 7.7–152.2	4 / 5.7	4 / 7.8	26 / 7.3–309.0	0	15 / 3.6–7.8
Barley	Sverdlovsk (4)	75 / 5.9–32.3	100 / 13.2–95.3	25 / 34.6	50 / 9.6; 42.0	0	25 / 50.0	75 / 5.4–11.7
	Chelyabinsk (11)	27 / 6.2–2651.5	45 / 5.8–481.3	18 / 21.9; 59.7	18 / 160.9; 194.3	27 / 18.2–43.7	9 / 6.9	36 / 4.1–30.7

Note: NIV – nivalenol; DON – deoxynivalenol; MON – moniliformin; BEA – beauvericin.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Микологический анализ зерна урожая 2017–2018 гг. из четырех областей Зауралья выявил, что в зерне 77 % образцов присутствовали грибы *Fusarium*, средняя зараженность которыми составила $9,3 \pm 1,7$ %. Полученные результаты показали, что за последние годы список доминирующих видов фузариевых грибов на зерновых культурах в этом регионе России не претерпел существенных изменений. Установлено присутствие в зерне не менее 10

видов *Fusarium*, из которых *F. avenaceum*, *F. poae* и *F. sporotrichioides* были наиболее представленными. В зерне овса доля *F. poae* составила 56 % от всех выделенных изолятов *Fusarium*, в зерне ячменя превалировал *F. sporotrichioides* с долей 59 %, а в зерне пшеницы доли *F. sporotrichioides* и *F. avenaceum* оказались равными – 37 и 36 % соответственно. Впервые в зерне пшеницы из Кизильского района Челябинской области выявлен вид *F. globosum*, единичные находки которого были отмечены ранее в Новосибирской области и Алтайском крае [15, с. 10].

Сочетания высокоточных аналитических методов, таких как кПЦР и ВЭЖХ-МС/МС, позволили выявить связи между первичными (ДНК) и вторичными метаболитами (микотоксины) грибов.

Основным продуцентом трихотеценовых микотоксинов группы А в зерне образцов являлся *F. sporotrichioides*. Между количествами его ДНК и микотоксинов – Т-2 и НТ-2 токсинов, Т-2 триола и НЕО – в зерне выявлена высокая достоверная связь ($r =$ от +0,74 до +0,93). Одновременная контаминация зерна Т-2 токсином и его производным – НТ-2 токсином – также подтверждается существенной связью между их количествами ($r = +0,93$). При попадании в организм животного или человека Т-2 токсин превращается в НТ-2 токсин, таким образом, токсичность этих микотоксинов для потребителя считается одинаковой [16, с. 67]. Однако для НТ-2 токсина нет установленных ПДК, в отличие от Т-2 токсина, при этом НТ-2 токсин встречается в количествах более 100 мкг/кг чаще, чем Т-2 токсин, и правильнее было бы учитывать и регламентировать их суммарные количества. При таком подходе в нашем исследовании число образцов зерна, загрязненных этими двумя микотоксинами, составляет 73 %, в отличие от 25 % образцов, где выявлен только Т-2 токсин.

Кроме широко распространенного *F. sporotrichioides*, другой продуцент Т-2 и НТ-2 токсинов – *F. langsethiae* – выявлен в единичных образцах пшеницы и овса, в которых также наблюдалось превышение ПДК микотоксинов. Если в начале 2000-х его выявляли только в странах Северной Европы, то сейчас он стал типичным видом микобиоты зерновых культур на всей Европейской территории [17, с. 42]. До настоящего времени единичной находкой вида *F. langsethiae* за пределами Европы являлся штамм из Тюменской области, выделенный из овса в 2010 г. [18, с. 183]. Исходные семена овса для посева были получены из Краснодарского края, где *F. langsethiae* распространен. Этот гриб – новый заносной представитель микобиоты зерна в Уральском регионе, который, по всей видимости, распространился на новую территорию с семенами зерновых культур. Из-за фенотипических особенностей *F. langsethiae*, а также бессимптомности инфекционного процесса его выявление микологическим методом затруднено, и применение кПЦР является наиболее адекватным методом установления истинной зараженности зерна *F. langsethiae* [19, с. 174], [20, с. 129].

Филогенетически близкородственный к *F. sporotrichioides* и *F. langsethiae* вид *F. poae* является типичным представителем микобиоты зерна и основным продуцентом ДАС и НИВ. Содержание этих трихотеценовых микотоксинов в зерне не регламентируются, а свойства данных метаболитов находятся в стадии изучения [21, с. 251], [22, с. 8581–8582]. Высокая зараженность *F. poae* может приводить к содержанию в зерне значительных количеств НИВ, который предположительно играет важную роль в патогенезе *F. poae* [23, с. 749]. Результаты нашего исследования демонстрируют, что связь между количествами ДНК *F. poae* и НИВ в зерне была высокой и достоверной ($r = +0,75$). ДАС редко выявляют в зерне, в нашем исследовании он был выявлен единично, на пределе уровня детекции (5,1 мкг/кг) – в образце пшеницы с максимальной

зараженностью зерна *F. poae* (19 %) и высоким количеством ДНК этого гриба (680,9 пг/нг).

Особого внимания заслуживает *F. graminearum* – один из самых агрессивных патогенов зерновых культур. Ранее сообщалось о единичном присутствии *F. graminearum* на территории Уральского региона [6, с. 940], но в то же время микотоксинов ДОН и ЗЕН, образуемых этим патогеном, в зерне не находили [4, с. 83]. Анализ образцов пшеницы из Челябинской области показал отсутствие в их зерне ДНК *F. graminearum* [3, с. 3]. Однако результаты нашего исследования свидетельствуют о массовом присутствии *F. graminearum* не только в Челябинской области, но и в других областях Зауралья. Между зараженностью зерна этим патогеном и его ДНК выявлена высокая положительная связь ($r = +0,86$). Установлена контаминация 25 % образцов ДОН и единично ЗЕН. Обнаружена взаимосвязь количества ДНК *F. graminearum* в зерне и содержания ДОН ($r = +0,90$), а также ЗЕН ($r = +0,99$), которая соответствует аналогичным показателям, выявленным в других регионах РФ на естественном инфекционном фоне патогена [24, с. 29].

Видам грибов *Fusarium*, продуцирующим не трихотеценовые микотоксины, как правило, уделяют меньше внимания, несмотря на их широкое распространение и зачастую доминирующее положение. Морфолого-культуральный анализ грибов, относящихся к *F. avenaceum sensu lato*, показал их существенное внутривидовое разнообразие. На наш взгляд, 20–22 % штаммов *F. avenaceum sensu lato* относились к группе близкородственных видов *F. anguioides* Sherb., *F. arthrosporioides* Sherb., *F. diversisporum* Sherb. и других. Отмечена приуроченность *F. avenaceum* и близкородственных видов к зерну ячменя [9, с. 84], [25, с. 39], [26, с. 40]. В нашей работе выявлена достоверно более высокая зараженность грибами *F. avenaceum sensu lato* зерна ячменя по сравнению с зерном других культур. Показано, что зараженность зерна *F. avenaceum* приводит к уменьшению длины проростка [27, с. 6], кроме того, этот гриб и близкородственные ему *F. arthrosporioides* и *F. tricinctum* оказывают влияние на кормовое и пищевое качество зерна, поскольку образуют микотоксины МОН и БОВ [28, с. 4–5]. Анализ содержания МОН в более 600 образцов различных кормов выявил, что из зерновых культур, выращенных в России, наиболее контаминированными были кукуруза (93 % образцов, максимальное выявленное количество МОН – 1431,2 мкг/кг) и ячмень (69 % образцов, 638,7 мкг/кг) [29, с. 66]. Основными неблагоприятными воздействиями МОН на здоровье потребителя являются кардиотоксичность и гематотоксичность [30, с. 5]. Полученные нами результаты установили присутствие МОН в 13 % образцов в количествах 6,9–112,5 мкг/кг. Основным продуцентом МОН в анализированных образцах является *F. avenaceum sensu lato*, между количествами его ДНК и МОН обнаружена достоверная связь ($r = +0,66$). В то же время выявленные количества БОВ были достоверно связаны с зараженностью зерна *F. tricinctum* ($r = +0,60$) и *F. poae* ($r = +0,82$), который также является одним из продуцентов этого микотоксина [23, с. 748], [31, с. 622]. В нашей работе БОВ обнаружен в 34 % образцов в количествах 3,5–49,3 мкг/кг. Выявленная степень загрязненности

зерна этим микотоксином согласуется с информацией о встречаемости БОВ в зерне в странах Скандинавии – от 12 % до 100 % образцов, в основном в количествах ниже 100 мкг/кг [28, с. 2].

Фактические данные о загрязнении зерна микотоксином грибов рода *Fusarium* отражают массовое распространение их продуцентов – *F. avenaceum sensu lato*, *F. poae* и *F. sporotrichioides*, на что также указывают достоверные связи между выявляемыми в зерне количествами ДНК этих грибов и образуемых ими микотоксинов. Впервые с помощью метода ВЭЖХ-МС/МС в зерне из Уральского региона определены 13 микотоксинов и их сочетаний, среди которых, как и прежде, особое значение имеют Т-2 и НТ-2 токсины. Совместная встречаемость этих микотоксинов выявлена в 59 % образцов с максимальным суммарным

содержанием 3132,8 мкг/кг, которое превышает ПДК для Т-2 токсина в более чем 31 раз. Кроме того, на территории Свердловской области установлено распространение другого продуцента Т-2 и НТ-2 токсинов – *F. langsethiae*, что указывает на расширение ареала этого токсинопродуцирующего вида. Выявление во всех областях Зауралья еще одного нетипичного для региона представителя грибов *Fusarium* в микобиоте зерна – *F. graminearum*, а также образуемых им микотоксинов ДОН и ЗЕН свидетельствует о необходимости ежегодного микотоксикологического мониторинга качества получаемого урожая.

Благодарности (Acknowledgments)

Авторы благодарят сотрудников компании ООО «Сингента» и АО «Байер» за предоставленные образцы зерна. Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (проект № 19-76-30005).

Библиографический список

1. Саркисов А. Х. Перезимовавшие под снегом зерновые культуры. М.: Изд-во Министерства сельского хозяйства СССР, 1948. 108 с.
2. Schuhmacher-Wolz U., Heine K., Schneider K. Report on toxicity data on trichothecene mycotoxins HT-2 and T-2 toxins // EFSA Supporting Publications. 2010. Т. 7. No. 7. EN-65. DOI: 10.2903/sp.efsa.2010.EN-65.
3. Gagkaeva T., Gavrilova O., Orina A. [et al.] Analysis of toxigenic *Fusarium* species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia // Toxins. 2019. Т. 11. No. 5. P. 252. DOI: 10.3390/toxins11050252.
4. Кононенко Г. П., Буркин А. А. О контаминации фузариотоксинами зерна злаков, используемых на кормовые цели // Сельскохозяйственная биология. 2009. № 4. С. 81–88.
5. Малиновская Л. С., Пирязева Е. А., Кислякова О. С. Выявление доминантных видов рода *Fusarium* в зерне из различных регионов РФ // Успехи медицинской микологии: материалы Второго всероссийского конгресса по медицинской микологии. Москва, 2004. С. 278–280.
6. Пирязева Е. А., Кононенко Г. П., Буркин А. А. Пораженность грубых кормов токсинообразующими грибами рода *Fusarium* // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 6. С. 937–945. DOI: 10.15389/agrobiol.2016.6.937rus.
7. Казакова О. А., Торопова Е. Ю., Воробьева И. Г. Таксономический состав микромицетов на семенах ячменя в Западной Сибири и Зауралье // Развитие научной, творческой и инновационной деятельности молодежи: материалы VII Всероссийской научно-практической заочной конференции молодых ученых. Лесниково, 2015. С. 36–40.
8. Торопова Е. Ю., Воробьева И. Г., Мустафина М. А. [и др.] Грибы рода *Fusarium* на зерне пшеницы в Западной Сибири // Защита и карантин растений. 2019. № 1. С. 21–23.
9. Yli-Mattila T., Paavanen-Huhtala S., Parikka P. [et al.] Genetic variation, real-time PCR, metabolites and mycotoxins of *Fusarium avenaceum* and related species // Mycotoxin Research. 2006. Т. 22. Pp. 79–86. DOI: 10.1007/BF02956768.
10. Stakheev A. A., Ryazantsev D. Y., Zavriev S. K. [et al.] PCR detection of *Fusarium* fungi with similar profiles of the produced mycotoxins // Food Control. 2011. Т. 22. No. 3–4. Pp. 462–468. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.09.028.
11. Орина А. С., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю. [и др.] Симбиотические взаимоотношения грибов *Fusarium* и *Alternaria*, колонизирующих зерно овса // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 5. С. 986–994. DOI: 10.15389/agrobiol.2017.5.986rus.
12. Каракотов С. Д., Аршава Н. В., Башкатова М. Б. Мониторинг и контроль заболеваний пшеницы в Южном Зауралье // Защита и карантин растений. 2019. № 7. С. 18–25.
13. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М. [и др.] Фузариоз зерновых культур // Защита и карантин растений. 2011. № 5. С. 69–120.
14. Донник И. М., Безбородова Н. А. Мониторинговые исследования микотоксинов в кормах и комбикормовом сырье в Уральском регионе // Аграрный вестник Урала. 2009. № 8. С. 87–89.
15. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Орина А. С. Первое обнаружение гриба *Fusarium globosum* в микобиоте зерновых культур на территории Урала и Сибири // Вестник защиты растений. 2019. № 1. С. 10–18. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-10-18.
16. Pettersson H. Toxicity and risks with T-2 and HT-2 toxins in cereals // Plant Breeding and Seed Science. 2011. Т. 64. Pp. 65–74. DOI: 10.2478/v10129-011-0029-7.
17. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П., Левитин М. М. Биоразнообразие и ареалы основных токсинопродуцирующих грибов рода *Fusarium* // Биосфера. 2014. Т. 6. № 1. С. 36–45.
18. Yli-Mattila T., Gavrilova O., Hussien T. [et al.] Identification of the first *Fusarium sibiricum* isolate in Iran and *Fusarium langsethiae* isolate in Siberia by morphology and species-specific primers // Journal of Plant Pathology. 2015. Т. 97. No. 1. Pp. 183–187. DOI: 10.4454/JPP.V97I1.017.

19. Edwards S. G., Imathiu S. M., Ray R. V. [et al.] Molecular studies to identify the *Fusarium* species responsible for HT-2 and T-2 mycotoxins in UK oats // *International Journal of Food Microbiology*. 2012. Т. 156. No. 2. Pp. 168–175. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.020.
20. Schöneberg T., Jenny E., Wettstein F. E. [et al.] Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats – impact of cropping factors // *European Journal of Agronomy*. 2018. Т. 92. Pp. 123–132. DOI: 10.1016/j.eja.2017.09.004.
21. Pasquali M., Giraud F., Brochot C. [et al.] Genetic *Fusarium* chemotyping as a useful tool for predicting nivalenol contamination in winter wheat // *International Journal of Food Microbiology*. 2010. Т. 137. No. 2–3. Pp. 246–253. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.009.
22. Yang S., De Boevre M., Zhang H. [et al.] Unraveling the *in vitro* and *in vivo* metabolism of diacetoxyscirpenol in various animal species and human using ultrahigh-performance liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight hybrid mass spectrometry // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2015. Т. 407. Pp. 8571–8583. DOI: 10.1007/s00216-015-9016-4.
23. Vogelgsang S., Sulyok M., Bänziger I. [et al.] Effect of fungal strain and cereal substrate on *in vitro* mycotoxin production by *Fusarium poae* and *Fusarium avenaceum* // *Food Additives & Contaminants: Part A*. 2008. Т. 25 (6). Pp. 745–757. DOI: 10.1080/02652030701768461.
24. Шишилова Н. П., Гаврилова О. П., Гагкаева Т. Ю. Влияние зараженности грибами рода *Fusarium* на качественные характеристики зерна озимой пшеницы // *Вестник защиты растений*. 2014. № 4. С. 27–31.
25. Beccari G., Caproni L., Tini F. [et al.] Presence of *Fusarium* species and other toxigenic fungi in malting barley and multi-mycotoxin analysis by liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016. Т. 64. No. 21. Pp. 4390–4399. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00702.
26. Гагкаева Т. Ю., Гаврилова О. П. Фузариозная инфекция и контаминация микотоксинами зерна сортов ярового ячменя // *Вестник защиты растений*. 2017. № 3. С. 39–43.
27. Yli-Mattila T., Hussien T., Gavrilova O. [et al.] Morphological and molecular variation between *Fusarium avenaceum*, *Fusarium arthrosporioides* and *Fusarium anguoides* strains // *Pathogens*. 2018. Т. 7. No. 4. P. 94. DOI: 10.3390/pathogens7040094.
28. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. [et al.] Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics // *Toxins*. 2017. Т. 9. No. 7. 228. DOI: 10.3390/toxins9070228.
29. Гогина Н. Н., Круглова Л. М., Кожаринова Ю. С. Микотоксин монилиформин в кормах: лабораторные методы обнаружения, обзор полученных результатов // *Птицеводство*. 2019. № 6. С. 65–68. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-6-65-68.
30. Knutsen H. K., Alexander J. [et al.] Risks to human and animal health related to the presence of moniliformin in food and feed // *EFSA Journal*. 2018. Т. 16. No. 3. e05082. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5082.
31. Covarelli L., Beccari G., Prodi A. [et al.] Biosynthesis of beauvericin and enniatins *in vitro* by wheat *Fusarium* species and natural grain contamination in an area of central Italy // *Food Microbiology*. 2015. Т. 46. Pp. 618–626. DOI: 10.1016/j.fm.2014.09.009.

Об авторах:

Ольга Павловна Гаврилова¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ORCID 0000-0002-5350-3221, AuthorID 601371; +7 (812) 333-37-64, olgavrilova1@yandex.ru

Александра Станиславовна Орина¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-7657-6618, AuthorID 624434; orina-alex@yandex.ru

Надежда Николаевна Гогина², старший научный сотрудник, ORCID 0000-0003-1937-286X, AuthorID 795571; n.n.gogina@mail.ru

Татьяна Юрьевна Гагкаева¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3276-561X, AuthorID 107488; t.gagkaeva@mail.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства, Сергиев Посад, Россия

The problem of *Fusarium* head blight in the Trans-Urals region: the history and current situation

O. P. Gavrilova¹, A. S. Orina¹, N. N. Gogina², T. Yu. Gagkaeva^{1✉}

¹ All-Russian Research Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

² All-Russian Research and Technological Institute of Poultry, Sergiev Posad, Russia

✉ E-mail: t.gagkaeva@mail.ru

Abstract. The aim of study was to detect the fungal and mycotoxins contamination of grain samples of oat, wheat and barley grown in four regions of Ural region (Kurgan, Sverdlovsk, Tyumen, Chelyabinsk) in 2017–2018. **Methods.** The infection of

grain with fungi was analyzed using traditional mycological methods; the content of fungal DNA was determined by quantitative PCR; the presence and amounts of toxic secondary metabolites of fungi in the grain was detected by high performance liquid chromatography with mass spectrometry. **Results.** In the analyzed grain samples at least 10 species of *Fusarium* fungi were identified, among which *F. sporotrichioides*, *F. avenaceum sensu lato* and *F. poae* were found to be prevailing. The areas of *Fusarium* species that are atypical for the territory of Ural region were specified. *F. graminearum* was found in 14 % of the analyzed grain samples, and *F. langsethiae* was detected in three grain samples from the Sverdlovsk region. The DNA of *F. poae* was found in 48 % of grain samples, *F. avenaceum* DNA – in 39 %, *F. sporotrichioides* DNA – in 30 %, and *F. graminearum* DNA – in 29 % of analyzed grain samples. The content of mycotoxins in the grain samples ranged significantly depending on the crop and the geographical origin of the samples. One to seven mycotoxins were present in each contaminated grain sample. T-2 and HT-2 toxins were most common and were detected in 59 % of samples. Following to them beauvericin and deoxynivalenol were found in 34 % and 25 % of the grain samples, respectively. The excess of the maximum permissible level of T-2 toxin in 26 times was detected in grain of barley from the Chelyabinsk region **Scientific novelty.** For the first time, the information about the occurrence and the amounts of moniliformin and beauvericin, which are rarely analyzed in the grain, is provided. The significant connection between the content of DNA of dominant *Fusarium* species and the amount of the main mycotoxins produced by them in the grain were revealed.

Keywords: cereals, *Fusarium*, infection, DNA, quantitative PCR, mycotoxins, HPLC-MS/MS.

For citation: Gavrilova O. P., Orina A. S., Gogina N. N., Gagkaeva T. Yu. Problema fuzarioza zerna v Zaural'e: retrospektiva issledovaniy i sovremennaya situatsiya [The problem of Fusarium head blight in the Trans-Urals region: the history and current situation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-29-40. (In Russian.)

Paper submitted: 11.05.2020.

References

1. Sarkisov A. Kh. Perezimovavshie pod snegom zernovye kul'tury [Cereals wintered under the snow]. Moscow: Izd-vo Ministerstva sel'skogo khozyaystva SSSR, 1948. 108 p. (In Russian.)
2. Schuhmacher-Wolz U., Heine K., Schneider K. Report on toxicity data on trichothecene mycotoxins HT-2 and T-2 toxins // EFSA Supporting Publications. 2010. T. 7. No. 7. EN-65. DOI: 10.2903/sp.efsa.2010.EN-65.
3. Gagkaeva T., Gavrilova O., Orina A. [et al.] Analysis of toxigenic *Fusarium* species associated with wheat grain from three regions of Russia: Volga, Ural, and West Siberia // Toxins. 2019. T. 11. No. 5. P. 252. DOI: 10.3390/toxins11050252.
4. Kononenko G. P., Burkin A. A. O kontaminatsii fuzariotoksinami zerna zlakov, ispol'zuemykh na kormovye tseli [About fusariotoxins contamination of cereals used for fodder] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2009. No. 4. Pp. 81–88. (In Russian.)
5. Malinovskaya L. S., Piryazeva E. A., Kislyakova O. S. Vyyavlenie dominantnykh vidov roda *Fusarium* v zerne iz razlichnykh regionov RF [Detection of dominant *Fusarium* species in grain from various regions of the Russian Federation] // Uspekhi meditsinskoy mikologii: materialy Vtorogo vsrossiyskogo kongressa po meditsinskoy mikologii. Moscow, 2004. Pp. 278–280. (In Russian.)
6. Piryazeva E. A., Kononenko G. P., Burkin A. A. Porazhennost' grubykh kormov toksinoobrazuyushchimi gribami roda *Fusarium* [Affection of coarse fodders by toxigenic *Fusarium* fungi] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2016. T. 51. No 6. Pp. 937–945. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.6.937rus. (In Russian.)
7. Kazakova O. A., Toropova E. Yu., Vorob'eva I. G. Taksonomicheskiy sostav mikromitsetov na semenakh yachmenya v Zapadnoy Sibiri i Zaural'e [The taxonomic composition of fungi in barley seeds in Western Siberia and the Trans-Urals] // Razvitie nauchnoy, tvorcheskoy i innovatsionnoy deyatel'nosti molodezhi: materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy zaochnoy konferentsii molodykh uchenykh, 2015. Pp. 36–40.
8. Toropova E. Yu., Vorob'eva I. G., Mustafina M. A. [et al.] Griby roda *Fusarium* na zerne pshenitsy v Zapadnoy Sibiri [Fungi of *Fusarium* genus on wheat grains in Western Siberia] // Zashchita i karantin rasteniy. 2019. No 1. Pp. 21–23. (In Russian.)
9. Yli-Mattila T., Paavanen-Huhtala S., Parikka P. [et al.] Genetic variation, real-time PCR, metabolites and mycotoxins of *Fusarium avenaceum* and related species // Mycotoxin Research. 2006. T. 22. Pp. 79–86. DOI:10.1007/BF02956768.
10. Stakheev A. A., Ryazantsev D. Y., Zavriev S. K. [et al.] PCR detection of *Fusarium* fungi with similar profiles of the produced mycotoxins // Food Control. 2011. T. 22. No. 3–4. Pp. 462–468. DOI: 10.1016/j.foodcont.2010.09.028.
11. Orina A. S., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu. [et al.] Simbioticheskie vzaimootnosheniya gribov *Fusarium* i *Alternaria*, koloniziruyushchikh zerno ovsa [Symbiotic relationships between aggressive *Fusarium* and *Alternaria* fungi colonizing oat grain] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2017. T. 52. No. 5. Pp. 986–994. DOI: 10.15389/agrobiology.2017.5.986rus. (In Russian.)
12. Karakotov S. D., Arshava N. V., Bashkatova M. B. Monitoring i kontrol' zabolevaniy pshenitsy v Yuzhnom Zaural'e [Monitoring and control of wheat diseases in the Southern Trans-Urals] // Zashchita i karantin rasteniy. 2019. No. 7. Pp. 18–25. (In Russian.)
13. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Levitin M. M. [et al.] Fuzarioz zernovykh kul'tur [Fusarium head blight] // Zashchita i karantin rasteniy. 2011. No. 5. C. 69–120. (In Russian.)
14. Donnik I. M., Bezborodova N. A. Monitoringovye issledovaniya mikotoksinov v kormakh i kombikormovom syr'e v Ural'skom regione [Monitoring researches mikotoxin in forages and mixed fodder raw materials in uralsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2009. No. 8. Pp. 87–89. (In Russian.)

15. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S. Pervoe obnaruzhenie griba *Fusarium globosum* v mikrobiote zernovykh kul'tur na territorii Urala i Sibiri [First detection of *Fusarium globosum* in small grain cereals on Ural and Siberian territory] // Plant Protection News. 2019. No. 1. Pp. 10–18. DOI: 10.31993/2308-6459-2019-1(99)-10-18. (In Russian.)
16. Pettersson H. Toxicity and risks with T-2 and HT-2 toxins in cereals // Plant Breeding and Seed Science. 2011. T. 64. Pp. 65–74. DOI: 10.2478/v10129-011-0029-7.
17. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Levitin M. M. Bioraznoobrazie i arealy osnovnykh toksinoproduktivnykh gribov roda *Fusarium* [Biodiversity and distribution of the main toxigenic *Fusarium* fungi] // Biosfera. 2014. T. 6. No. 1. Pp. 36–45. (In Russian.)
18. Yli-Mattila T., Gavrilova O., Hussien T. [et al.] Identification of the first *Fusarium sibiricum* isolate in Iran and *Fusarium langsethiae* isolate in Siberia by morphology and species-specific primers // Journal of Plant Pathology. 2015. T. 97. No. 1. Pp. 183–187. DOI: 10.4454/JPP.V97I1.017.
19. Edwards S. G., Imathi S. M., Ray R. V. [et al.] Molecular studies to identify the *Fusarium* species responsible for HT-2 and T-2 mycotoxins in UK oats // International Journal of Food Microbiology. 2012. T. 156. No. 2. Pp. 168–175. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.03.020.
20. Schöneberg T., Jenny E., Wettstein F. E. [et al.] Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Swiss oats – impact of cropping factors // European Journal of Agronomy. 2018. T. 92. Pp. 123–132. DOI: 10.1016/j.eja.2017.09.004
21. Pasquali M., Giraud F., Brochot C. [et al.] Genetic *Fusarium* chemotyping as a useful tool for predicting nivalenol contamination in winter wheat // International Journal of Food Microbiology. 2010. T. 137. No. 2–3. Pp. 246–253. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.009.
22. Yang S., De Boevre M., Zhang H. [et al.] Unraveling the *in vitro* and *in vivo* metabolism of diacetoxyscirpenol in various animal species and human using ultrahigh-performance liquid chromatography-quadrupole/time-of-flight hybrid mass spectrometry // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2015. T. 407. Pp. 8571–8583. DOI: 10.1007/s00216-015-9016-4.
23. Vogelgsang S., Sulyok M., Bänziger I. [et al.] Effect of fungal strain and cereal substrate on *in vitro* mycotoxin production by *Fusarium poae* and *Fusarium avenaceum* // Food Additives & Contaminants: Part A. 2008. T. 25 (6). Pp. 745–757. DOI: 10.1080/02652030701768461.
24. Shipilova N. P., Gavrilova O. P., Gagkaeva T. Yu. Vliyanie zarazhennosti gribami roda *Fusarium* na kachestvennye kharakteristiki zerna ozimoy pshenitsy [Quality of winter wheat grain infected by *Fusarium* fungi] // Plant Protection News. 2014. No. 4. Pp. 27–31. (In Russian.)
25. Beccari G., Caproni L., Tini F. [et al.] Presence of *Fusarium* species and other toxigenic fungi in malting barley and multi-mycotoxin analysis by liquid chromatography-high-resolution mass spectrometry // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2016. T. 64. No. 21. Pp. 4390–4399. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00702.
26. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P. Fuzarioznaya infektsiya i kontaminatsiya mikotoksinami zerna sortov yarovogo yachmenya [Fusarium infection and mycotoxins contamination in grain of spring barley cultivars] // Plant Protection News. 2017. No. 3. Pp. 39–43. (In Russian.)
27. Yli-Mattila T., Hussien T., Gavrilova O. [et al.] Morphological and molecular variation between *Fusarium avenaceum*, *Fusarium arthrosporioides* and *Fusarium anguoides* strains // Pathogens. 2018. T. 7. No. 4. P. 94. DOI: 10.3390/pathogens7040094.
28. Fraeyman S., Croubels S., Devreese M. [et al.] Emerging *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins: occurrence, toxicity and toxicokinetics // Toxins. 2017. T. 9. No. 7. 228. DOI: 10.3390/toxins9070228.
29. Gogina N. N., Kruglova L. M., Kozharinova Yu. S. Mikotoksin moniliformin v kormakh: laboratornye metody obnaruzheniya, obzor poluchennykh rezul'tatov [Mycotoxin moniliformin in feedstuffs: Laboratory detection methods, review of the results] // Ptitsevodstvo. 2019. No. 6. Pp. 65–68. DOI: 10.33845/0033-3239-2019-68-6-65-68. (In Russian.)
30. Knutsen H. K., Alexander J. [et al.] Risks to human and animal health related to the presence of moniliformin in food and feed // EFSA Journal. 2018. T. 16. No. 3. e05082. DOI: 10.2903/j.efsa.2018.5082.
31. Covarelli L., Beccari G., Prodi A. [et al.] Biosynthesis of beauvericin and enniatins *in vitro* by wheat *Fusarium* species and natural grain contamination in an area of central Italy // Food Microbiology. 2015. T. 46. Pp. 618–626. DOI: 10.1016/j.fm.2014.09.009.

Authors' information:

Olga P. Gavrilova¹, candidate of biological sciences, senior researcher, ORCID 0000-0002-5350-3221, AuthorID 601371; +7 (812) 333-37-64, olgavrilova1@yandex.ru

Aleksandra S. Orina¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0002-7657-6618, AuthorID 624434; orina-alex@yandex.ru

Nadezhda N. Gogina², senior researcher, ORCID 0000-0003-1937-286X, AuthorID 795571; n.n.gogina@mail.ru

Tatiana Yu. Gagkaeva¹, candidate of biological sciences, leading researcher, ORCID 0000-0002-3276-561X, AuthorID 107488; t.gagkaeva@mail.ru

¹All-Russian Research Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

²All-Russian Research and Technological Institute of Poultry, Sergiev Posad, Russia

Assessment of the ecological well-being of the rivers of the Middle Urals in areas with increased technogenic load

M. O. Gutova[✉], Kh. E. Flefel¹, M. S. Andryushechkina¹

¹Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: maaniassha@mail.ru

Abstract. The purpose of our work was to assess the chemical composition and physicochemical properties of surface water bodies exposed to industrial enterprises and located in close proximity to agricultural land. The environmental condition of industrial regions is determined by the specifics of their development. Recently, vast territories of cities and agricultural lands have been subjected to a high degree of technogenic pollution, which is caused by excessive concentration of production and its continuous and long-term negative impact on natural complexes, which causes a sharp reduction in natural resource potential and its degradation [1, p. 200]. **Methods.** The article examined the ecological status of flowing water bodies in some areas of the Sverdlovsk region. Assessment of the ecological state of the rivers was assessed by physicochemical and chemical indicators, which included mineralization, hydrogen, and the concentration of salts of heavy metals. **Results.** During the study, we took water samples from 5 rivers flowing in areas with different technogenic loads. In the hot study, violations were identified by physico-chemical and chemical indicators. At the same time, excesses in mineralization were noted in the rivers of the Artinskiy district, indicators here ranged from 335, which refers to the average mineralization group up to 509 mg/dm³, which refers the river to the group of mineralization increased, almost all the rivers under study have a neutral reaction in terms of hydrogen value. The excess of MPC was noted in the rivers mainly cobalt, manganese, copper, nickel, lead and zinc, while the excess for various metals ranged from 1 to 32 MPC. **Scientific novelty.** As a result of the study, the most polluted of the rivers studied by us was determined, which is located in the zone of increased technogenic load and it is noted that the maximum concentration of pollutants falls on the Kamenskiy district.

Keywords: heavy metals, physico-chemical indicators, natural water sources, water pollution, industrial pollution.

For citation: Gutova M. O., Flefel Kh. E., Andryushechkina M. S. Assessment of the ecological well-being of the rivers of the Middle Urals in areas with increased technogenic load // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 41–46. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-41-46.

Paper submitted: 11.05.2020.

Introduction

Among many problems of modern society, environmental protection takes one of the first places. Today, more than half of the world's population lives in cities, and the proportion of the urban population is growing steadily. Cities have become centers of concentration of the population, industry and, as a result, intense environmental pollution, which, in accordance with the area of toxicant anomalies, is a technogenic geochemical province. In the process of human activity there is a constant withdrawal of resources, their transfer, processing and return to nature. Cities, urban areas are the final links in the supply chain. A special role in environmental monitoring and assessment of the ecological condition of the area is given to the study of heavy metals, which occupy one of the leading places in the list of pollutants [3].

The aim of our work was to assess the chemical composition and physicochemical properties of surface watercourse exposed to industrial enterprises and located in close proximity to agricultural land.

There are various definitions of the term "heavy metals". The list, according to each of them, will contain different elements. A frequently used criterion is a density approximately equal to or greater than the density of iron (8 g / cm³) or more,

and then elements such as lead, copper, cadmium, cobalt, zinc are on the list. Heavy metals are highly toxic, many of them also with the ability to accumulate in living organisms. Many metals form stable organic compounds; the good solubility of these complexes promotes the migration of heavy metals in natural waters. Heavy metals include more than 40 chemical elements, but taking into account toxicity, resistance, ability to accumulate in the environment and the extent of the spread of toxic control compounds, it requires about four times less number of elements.

The ecology of the Urals is actively spoiled by dozens of enterprises of the oil refining and oil producing industries, the territory is poisoned by industrial waste located in landfills and landfills, for which thousands of hectares of land are allocated [2].

On the territory of the Middle Urals there are organizations operating radiation-active facilities, monazite concentrate warehouses, significant territories exposed to radioactive contamination as a result of the accident at the "Mayak" production association (East Ural Radioactive Trace) [4, p. 4].

Toxic substances fall into the water mainly with industrial wastewater, with smoke and dust from industrial enterprises, products of automobile fuel combustion, as a result of the use

of pesticides and herbicides in agriculture. Despite their low concentration in water ($\mu\text{g/l}$), they can cause significant harm to human health.

Water bodies located near mining facilities, ferrous and non-ferrous metallurgy, are heavily polluted by heavy metals. In addition, the surface waters of the Urals are actively polluted by oil products.

As a result, the average level of pollution of the Ural river waters far exceeds the maximum permissible level. Moreover, only a fifth of the water supply system of the Ural region carries out a full cycle of drinking water purification [2].

Due to the long-term effects of technogenic factors, most surface water sources near Yekaterinburg, Kamensk-Uralsky have a high degree of pollution, which is chronic in terms of the content of metals, oil products, and bacterial contamination. Similar problems are typical for almost all rivers flowing through industrially developed areas of the region and large industrial cities, which, accordingly, determines the limitation on the possibility of using river water resources [1, p. 8].

The content of heavy metals salts in water sources should be checked from time to time, since their accumulation will cause many problems for a living creature [16, p. 117]. As a result of the toxicants action, there occur significant shifts in the functions of individual body systems. The degree of anthropogenic impact in the territory of the location of dairy farms affects the realization of the biological potential of animals, the state of animal health, epizootological well-being and the quality of the products [18, p. 26].

Heavy metals are part of enzymes, vitamins, hormones. These compounds actively influence the change in the intensity of metabolic processes in living organisms. It is because of this the content of heavy metals in water is normalized, because an increase in their concentrations can cause disruption of biological processes in living organisms and lead to their diseases (often chronic), as well as to their death.

Reaching a certain concentration in the body, they begin a fatal effect: they cause poisoning, mutations, clog the renal channels, liver channels, reducing the filtering ability of these organs. Accordingly, this leads to the accumulation of toxins and vital products of the cells of our body, the body is self-poisoning, since the liver is responsible for the processing of toxic substances, and the kidneys are responsible for their removal.

As our studies show, lead, cobalt and zinc accounted for the largest excess of permissible concentrations of heavy metals in the rivers of the Middle Urals.

The main sources of lead in the environment are industrial emissions, the use of leaded gasoline, the use of lead-containing solders in the canning industry, lead-containing paints, and lead

materials in plumbing systems. Exceeding lead concentrations is especially dangerous for mammalian animals because lead is transported by red blood cells in peripheral blood and accumulates mainly in the liver, kidneys and bone tissue. The toxic effect of lead on mammals is determined by its content in organs and tissues. Lead is excreted from the body with feces and urine, as well as through wool, milk, sweat glands and the fetus. The half-life of metal from soft tissues and peripheral blood is 24–40 days. The toxic effect of lead in the organs and tissues of mammals is characterized by a decrease in the number of viable cells [17].

The main source of zinc in natural waters is the mineral sphalerite (ZnS). Almost all zinc compounds are highly soluble in water. As a result, unlike some other metals, zinc is distributed in waters. In river waters, its concentration ranges from several micrograms to tens, and sometimes hundreds of micrograms per liter. High concentrations of zinc can be mutagenic and oncogenic.

The main sources of cobalt in the environment are non-ferrous smelters, transport, fertilizers and pesticides, galvanization, and the burning of hydrocarbon fuels in various industries.

Despite the fact that excessive intake of cobalt in the body is quite rare, this process is accompanied by various health disorders, for example, an excess of cobalt can lead to a violation of iodine metabolism in the thyroid gland [19, p. 45].

Methods

To conduct the study, we took water samples from the rivers of the Sverdlovsk region.

The list of studied reservoirs is presented in table 1.

When choosing the investigated surface water bodies, the obligatory item was the presence of agricultural enterprises in zones with different technogenic loads that are located in close proximity to the water body and use water from it for the needs of the economy.

The selected rivers are located in three conditionally allocated zones: the zone of high technogenic load – the Pozarishka river, flowing in the Kamenskiy district; the medium technogenic load zone is the Brusyanka river of the Belyarskiy district, the Baltym river, which belongs to the Verkhnyaya Pyshma urban district; the zone of low technogenic load is the Iset' River of the Sysert' District and the Manchazh River of the Artinskiy District.

Water samples were taken according to all-Union State Standard 31861-2012 "Water. General requirements for sampling" manually with a special device from a depth of 50 cm in a plastic container with tightly screwed caps. After selection, the water was acidified with nitric acid at the rate of 1 ml of acid per 1 liter of water and stored until analysis.

Table 1
Researched reservoirs

No.	Substation river	Address
1	Pozarishka	Sverdlovsk region, Kamenskiy district, Pozarishka
2	Brusyanka	Sverdlovsk region, Belyarskiy district, Studencheskiy
3	Iset'	Sverdlovsk region, Sysert' district, Bol'shoy Istok
4	Baltym	Sverdlovsk region, Verkhnyaya Pyshma, Sadovyy
5	Manchazh	Sverdlovsk region, Artinskiy district, Manchazh

Table 2
The chemical composition of water in the Sverdlovsk region, mg/dm³
Result ± absolute error with probability P = 0.95

Index	r. Pozarishka	r. Brusyanka	r. Iset'	r. Baltym	r. Manchazh	MPC
Cadmium (Cd)	0.0063 ± 0.0019	0.0047 ± 0,0014	0.0031 ± 0.0009	0.0047 ± 0.0014	0.0015 ± 0.0005	0.005
Cobalt (Co)	0.317 ± 0.079	0.121 ± 0.030	0.138 ± 0.035	0.105 ± 0.026	0.043 ± 0.011	0.010
Manganese (Mn)	0.019 ± 0.006	0.016 ± 0.005	0.013 ± 0.004	0.013 ± 0.004	0.013 ± 0.004	0.010
Copper (Cu)	0.012 ± 0.003	0.010 ± 0.003	0.006 ± 0.002	0.008 ± 0.002	0.003 ± 0.001	0.001
Nickel (Ni)	0.103 ± 0.026	0.086 ± 0.022	0.035 ± 0.011	0.086 ± 0.022	0.069 ± 0.017	0.010
Lead (Pb)	0.106 ± 0.027	0.083 ± 0.021	0.062 ± 0.016	0.083 ± 0.021	0.106 ± 0.027	0.006
Zinc (Zn)	0.057 ± 0.016	0.187 ± 0.037	0.063 ± 0.018	0.084 ± 0.024	0.107 ± 0.021	0.010

Note: in bold indicators in excess of maximum permissible concentration.

The following series of hydrochemical indicators were determined in the selected water samples: pH, mineralization, and content of heavy metals. Analysis for the content of Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb in water was carried out after preliminary filtration according to PNP F 14.1: 2: 4.139-98 (2010) on a flame atomic absorption spectrophotometer. Mixtures of GSO of individual ions were used as calibration solutions. To construct the calibration curves, we used the nonlinear dependence of the spectrophotometer readings on a scale of percent absorption Y on the concentration of an element C of the form: $Y = (100 + aC) / (1 + bC)$.

Characterization of water quality was carried out according to all-Union State Standard 17.1.2.04-77 "Nature protection. Hydrosphere. Status indicators and taxation rules for fishery water bodies", according to which stiffness, pH and concentration of harmful substances were taken into account.

Results

The measurement of pH is important and often determined by tests to analyze water quality. PH of water is important because it affects the solubility and accessibility of nutrients, as well as how they can be used by aquatic organisms [8, p. 3420].

According to studies, the pH was neutral, close to slightly alkaline, the indicators of different rivers did not differ much from each other and ranged from a minimum of 6.8 to a maximum of 7.28 in the Iset and Brusyanka rivers, respectively.

Typically, the pH level is within the range at which it does not directly affect the consumer quality of the water. So, in river waters, the pH is usually in the range of 6.5–8.5. Therefore, WHO does not offer any recommended medical values for pH. However, it is known that at low pH, water has high corrosivity, and at high levels (pH > 11), water acquires a characteristic soapiness, an unpleasant odor, and can cause irritation to the eyes and skin. That is why for drinking and household water, the pH level in the range from 6 to 9 is considered optimal. In addition, the pH range, which is not lethal for fish, is from 5 to 9 [9, p. 3].

According to the classification of O. A. Alekin, according to the mineralization degree, the water in the Pozarishka River belongs to the group of increased mineralization (509 mg/dm³), but is close to the average group (200–500 mg/dm³), the maximum level of mineralization of all investigated.

Water in the Brusyanka and Manchazh rivers belongs to the average degree of mineralization and has indicators of 227 mg/dm³ and 335 mg/dm³, respectively. And in the Iset' and Baltym rivers, water has a low degree of mineralization with indicators of 138 mg/dm³ and 148 mg/dm³, respectively.

High rates of dissolved solids in water may be a criterion for the natural parameters of water, but at the same time they may indicate the ingress of organic substances and solid waste into the river [6, p. 44].

Total mineralization is the total quantitative indicator of the content of substances dissolved in water. Among the most common are inorganic salts (mainly bicarbonates, chlorides and sulfates of calcium, magnesium, potassium and sodium) and a small amount of organic substances soluble in water. The level of salinity is due to the geological features of the region because of the different solubility of minerals. In addition to natural factors, industrial wastewater and urban storm runoff have a great influence on the general mineralization of water.

Particular attention during the study was given to the determination of heavy metals in the water of surface water bodies. Exceeding the maximum permissible concentrations (MPC) is dangerous from the point of view of exposure to all environmental components due to its high toxicity and ability to accumulate in living organisms and bottom sediments [18, p. 59].

The study of water from the rivers of the Sverdlovsk region showed excess MPC for a number of heavy metals.

The results of the study are shown in table 2.

As can be seen from the table, in all the rivers of the Middle Urals studied by us, an excess of the concentration of heavy metals was found, while in the river Pozarishka the excess is noted for all the elements that interest us. The highest MPC excess in the water of this river falls on such heavy metals

as cobalt, copper, nickel, lead and zinc, of which all but lead belong to hazard class III, lead to class II, all elements are toxic. Water pollution with cadmium was noted only in the Pozarishka River, the excess was 1.3 MPC. This indicator belongs to hazard class II, the element is toxic. Cadmium has the ability to accumulate in living organisms and have an acute toxic effect on them, including humans [18, p. 58].

Lead concentrations in natural waters exceeding background values are due to anthropogenic stress. A significant contribution to environmental pollution by lead compounds along with the activities of the chemical and metallurgical industries is made by the burning of coal and the use of lead compounds in motor fuels [11, p. 440].

Cadmium and lead are toxic metals that are harmful and not biodegradable [7, p. 390].

The figure shows the excess of the MPC of heavy metals in the water of the studied rivers relative to the standards for the content of these elements established for fishery reservoirs.

It can be seen from the figure that the greatest excess of the limit concentrations for cobalt was found in the Pozarishka river and amounts to almost 32 MPC, also an excess of cadmium concentration was found in this river, in other rivers this indicator was within the normal range.

In all rivers, the excess concentration of manganese was almost at the same level. So, in the Iset, Baltym and Manchazh rivers, the excess was 1.3 MPC, in the Brusyanka River – 1.6 MPC, the largest excess – 1.9 MPC in the Pozarishka River.

The copper concentration is significantly exceeded in all rivers, its indicators vary from 12 MPC in the Pozarishka River, to 3 MPC in the Manchazh River, an average of 8 MPC refers to the Baltym River.

Exceeding the normal values of the content of nickel heavy metal salts in the water of rivers amounted to 10.3 MPC for the Pozarishka River, almost 9 MPC for the Brusyanka and Baltym rivers, 7 MPC for the Manchazh River, and 3.5 MPC for the Iset River.

It is worth noting that in all the studied water bodies an excess of the maximum lead concentration was found, the indicators range from 0.062 in the Iset River to a maximum of 0.106 in the Pozarishka and Manchazh rivers, the excess is 10.3 and 17.6 MPC, respectively.

Thus, the Manchazh river is the least polluted by heavy metals (according to the results of our research), this is explained by the fact that it flows in a zone with a low technogenic load, there are no large industrial enterprises in the Artinskiy district, the main sources of water pollution are transport and agriculture.

Discussion and Conclusion

From the results of the study, it becomes clear that the most polluted in terms of the studied indicators is the Pozarishka River, flowing through the territory of the Kamenskiy district. Here is observed an excess for all studied heavy metals belonging to hazard class II and III. This is due to the fact that this territory is located in the zone of the East Ural radioactive trail. In addition, there are concentrated a large number of industrial enterprises in this area.

The Brusyanka river of the Beloyarskiy district and the Baltym river of the Verkhnyaya Pyshma urban district turned out to be approximately the same in terms of pollution. A number of indicators in these rivers had the same MPC excess. However, a greater excess of zinc, copper and cobalt concentrations was noted in the Brusyanka river. Thus, this river can be put in second place in terms of the number of toxic substances in the water, and the Baltym River – in third place.

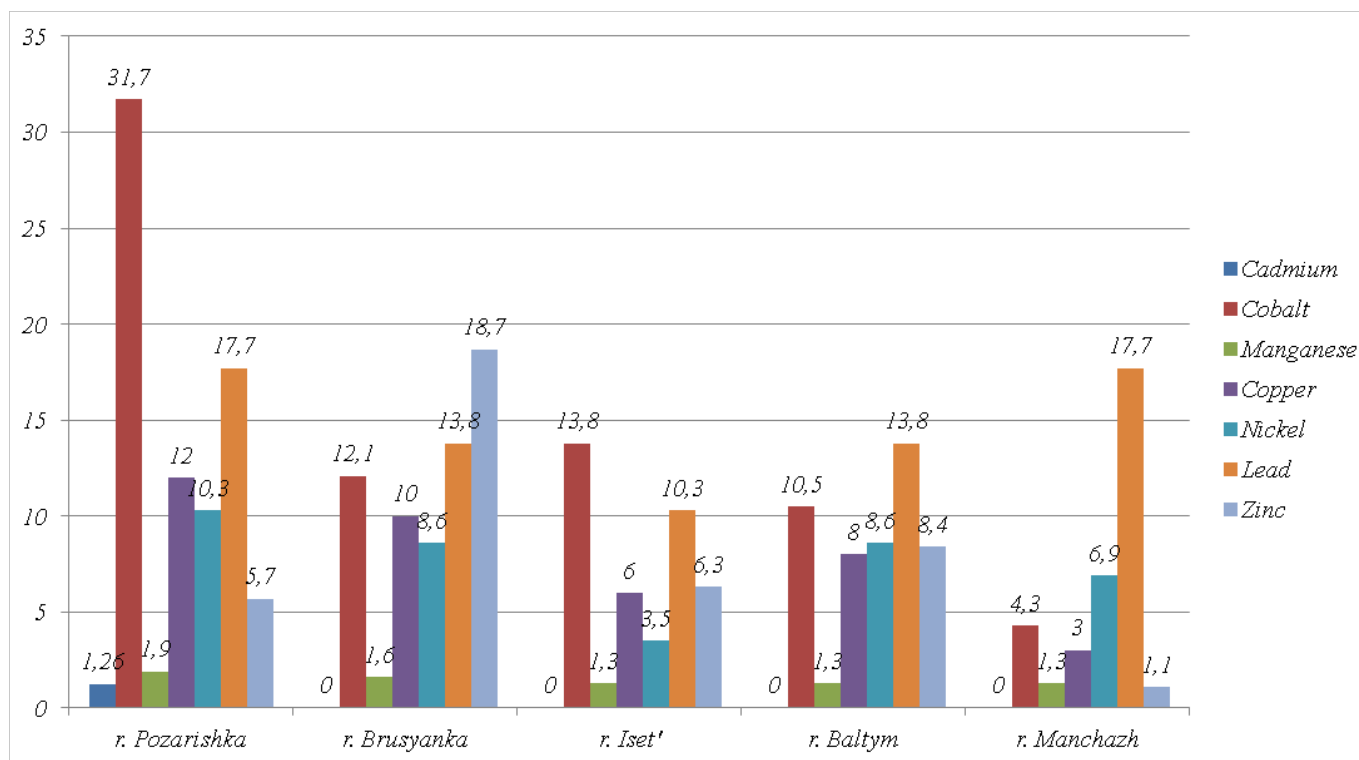


Fig. Multiplicity exceeding the MPC of heavy metals in flowing water bodies of the Middle Urals

The fourth place in terms of water pollution by heavy metals as a result of our research was the Iset' River. The sampling point for water from this river is located in the Sysert' district (Bolshoy Istok). There are no large industrial enterprises on the territory, but the city of Ekaterinburg was founded on the banks of this river and today, with the active development of industry, the river performs the most important function – it works as a sewage discharge system.

Based on the ecological reports of the region, the Iset' River is recognized as the most polluted river in the Sverdlovsk Region. The main toxic load falls on the river in areas close to the two largest industrial cities Ekaterinburg and Kamensk-Uralskiy. Thus, this river is polluted along its entire length, which explains its pollution in the Sysert' district, where there are no significant industrial discharges.

The Manchazh River, which is located in a zone with a low technogenic load, turned out to be the least polluted; there are no large industrial enterprises in the area where this river flows.

It can be assumed that when using water from these rivers to irrigate the fields on which crops are grown for further feeding of cattle, as well as to drink it during grazing, heavy metals in the water will enter the body of animals and then get into them agricultural products.

It is worth noting that the largest excesses in all rivers are noted for lead and cobalt, the main sources of which are the exhaust gases of automobiles.

Based on the results of the study, the following conclusion can be made: in areas with unfavorable environmental conditions that have sources of technogenic pollution, it is necessary to conduct a comprehensive study of the level of environmental pollution and take measures to minimize them.

References

1. Pakhal'chak G. Yu. Gosudarstvo, trebuya ot predpriyatiy vypolneniya prirodookhrannykh meropriyatiy, svoi sobstvennye obyazannosti ne toropitsya vypolnyat' [The state, requiring enterprises to carry out environmental protection measures, is in no hurry to fulfill their own responsibilities] // Discussion. 2016. No. 7 (70). Pp. 6–12. (In Russian.)
2. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii ob okhrane okruzhayushchey sredy Sverdlovskoy oblasti v 2016 godu [State report on the state and environmental protection of the Sverdlovsk region in 2016]. Ekaterinburg, 2017. 306 p. (In Russian.)
3. Gutova M. O. Otsenka ekologicheskogo blagopoluchiya rek Srednego Urala v zonakh s povyshennoy tekhnogennoy nagruzkoj [Assessment of the ecological well-being of the rivers of the Middle Urals in areas with increased technogenic load] // Ekologo-biologicheskie problemy ispol'zovaniya prirodnykh resursov v sel'skom khozyaystve: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov. Ekaterinburg, 2018. Pp. 163–167. (In Russian.)
4. Gutova M. O., Flefel' Kh. E., Donnik I. M., Gribovskiy Yu. G. Otsenka kontsentratsii tyazhelykh metallov Fe, Zn, Cd i Pb v prirodnykh vodoistozhnikakh [Estimation of the concentration of heavy metals Fe, Zn, Cd and Pb in natural water sources] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 6 (185). Pp. 44–47. (In Russian.)
5. Osman A., Kloas W., Fisheries I. Water Quality and Heavy Metal Monitoring in Water, Sediments and Tissues of the African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the River Nile, Egypt // Journal of Environmental Protection. 2010. No. 1 (04). Pp. 389–400.
6. Srivastava S., Srivastava A. K., Suprasanna P., Souza S. F. D. Comparative biochemical and transcriptional profiling of two contrasting varieties of *Brassica juncea* L. In response to arsenic exposure reveals mechanisms of stress perception and tolerance // Journal of experimental botany. 2009. Vol. 60. No. 12. Pp. 3419–3431.
7. Maurya R. R. Determination of Physico-Chemical Parameters and Water Quality Index (Wqi) of Chandlodia Lake, Ahmedabad, Gujarat, India // Journal of Environmental and Analytical Toxicology. 2015. Vol. 05. No. 04. Pp. 1–6.
8. Gutova M. O., Flefel' Kh. Ekologicheskij monitoring snezhnogo pokrova Sverdlovskoy oblasti [Environmental monitoring of the snow cover of the Sverdlovsk region] // Razrabotka otechestvennykh veterinarnykh preparatov i sposobov profilaktiki i lecheniya zabolevaniy sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh i ptits: sbornik trudov konferentsii. Ekaterinburg, 2018. Pp. 72–78. (In Russian.)
9. Mahajan V. S., Pokale S.S. Studies on Physico-chemical analysis of Mohabala Lake near Bhadrawati, District Chandrapur (MS), India // International Journal of Life Sciences. 2017. Vol. 5. No. 3. Pp. 438–446.
10. Baytimirova E. A., Mikheeva E. V., Bespamyatnykh E. N., Donnik I. M., Krivonogova A. S. Otsenka zagryazneniya rek reatsionnykh zon megapolisa tyazhelymi metallami (na primere Ekaterinburga) [Assessment of pollution of recreational areas of a metropolis by heavy metals (on the example of Ekaterinburg)] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2016. No. 4 (146). Pp. 71–77. (In Russian.)
11. Gribovskiy Yu. G., Nokhrin D. Yu., Davydova N. A., Kolesnik E. A. Soderzhanie tyazhelykh metallov v vode i donnykh otlozheniyakh presnovodnykh vodoemov Chelyabinskoy oblasti [The content of heavy metals in water and bottom sediments of freshwater reservoirs of the Chelyabinsk region] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2018. No. 9 (176). Pp. 26–32. (In Russian.)
12. Seleznev A. A., Yarmoshenko I. V., Savast'yanova A. S., Makarov A. B. Sovremennye antropogennye otlozheniya i ikh ispol'zovanie dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya urbanizirovannykh territoriy [Modern anthropogenic deposits and their use for assessing the ecological state of urbanized territories] // Izvestiâ Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta. 2017. Iss. 1 (45). Pp. 44–49. (In Russian.)
13. Davydova O. A., Klimov E. S., Vaganova E. S., Vaganov A. S. Vliyaniye fiziko-khimicheskikh faktorov na soderzhanie tyazhelykh metallov v vodnykh ekosistemakh [The influence of physico-chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems]. Ulyanovsk: UISTU, 2014. 167 p. (In Russian.)

14. Khound Nayan J., Phukon Parag, Bhattacharyya Krishna G. Toxic Trace Metals in the Surface Water Sources of Jia – Bharali River Basin, North Brahmaputra Plain, India – A Hydrochemical Elucidation // *Water Resources*. 2019. Vol. 46. No. 1. Pp. 117–127.
15. Mirzoev E. B., Kobyalko V. O., Polyakova I. V., Gubina O. A. Metabolizm svintsya i mekhanizmy ego tsitotoksicheskogo deystviya v organizme mlekopitayushchikh [Lead metabolism and mechanisms of its cytotoxic action in mammals] // *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*. 2018. Vol. 53. No. 6. Pp. 1131–1141. (In Russian.)
16. Donnik I. M., Shkuratova I. A., Isaeva A. G., Vereshchak N. A., Krivonogova A. S., Beykin Ya. B., Portnov V. S., Barashkin M. I., Loretts O. G. Fiziologicheskie osobennosti zhivotnykh v rayonakh tekhnogennoy zagryazneniya [Physiological characteristics of animals in areas of technogenic pollution] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012. No. 1 (93). 2012. Pp. 26–28. (In Russian.)
17. Gudieva I. R. Fiziologicheskie svoystva kobal'ta i ego vliyanie na organism cheloveka [Physiological properties of cobalt and its effect on the human body] // *Molodoy uchenyy*. 2019. No. 5 (243). Pp. 42–46. (In Russian.)
18. Ivanyutin N. M., Podovalova S. V. Otsenka sovremennogo ekologicheskogo sostoyaniya reki Biyuk-Karasu [Assessment of the current ecological state of the Biyuk-Karasu River] // *Water and Ecology: Problems and Solutions*. 2019. No. 1 (77). Pp. 58–63. (In Russian.)
19. Tkachenko A. V., Il'ichenko G. V., Shipkova L. N. Issledovanie pollyutantov rechnoy vody, vliyayushchikh na zdorov'e cheloveka [Study of river water pollutants affecting human health] // *The Journal of scientific articles "Health and Education Millenium"*. 2018. Vol. 20. No. 4. Pp. 149–151. (In Russian.)

Authors' information:

Mariya O. Gutova¹, postgraduate, ORCID 0000-0002-0067-1504, AuthorID 1069654; +7 965 543-98-55, maaniassha@mail.ru

Khassan E. Flefel¹, postgraduate, ORCID 0000-0003-4406-9221, AuthorID 1074034; +7 922 292-72-31, hflfefel@hotmail.com

Marina S. Andryushechkina¹, postgraduate, ORCID 0000-0003-1463-4605, AuthorID 1073935; +7 904 380-43-55, Marya-92@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi

В. А. Кузнецова[✉], А. А. Блинова¹, О. Н. Тарасова¹, Л. Е. Иваченко¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия

[✉]E-mail: kuzvika3385@yandex.ru

Аннотация. Исследование направлено на проведении анализа оксидоредуктазной активности семян и проростков сои, зараженных грибковой инфекцией *Septoria glycines* Hemmi. **Методы исследований.** Объектом исследования были семена, собранные с растений сои (*Glycine max* (L.) Merr) сорта Лидия, выращенных на луговой черноземовидной почве опытного поля ФГБНУ ВНИИ сои в с. Садовое Амурской области в 2019 г. Содержание малонового диальдегида определяли с применением тиобарбитуриевой кислоты. Активность супероксиддисмутазы и каталазы определяли спектрофотометрическим методом, а активность пероксидазы и полифенолоксидазы – колориметрическим методом. Электрофоретические спектры исследуемых ферментов выявляли методом электрофореза на колонках 7,5-процентного полиакриламидного геля. Выявление на геле зон с ферментативной активностью проводили соответствующими гистохимическими методами. **Результаты.** В результате исследований установлено, что на 10-е сутки зараженность проростков составила 8,75 %. При этом под воздействием *Septoria glycines* Hemmi наблюдалось замедление ростовых процессов, возрастал уровень малонового диальдегида, что свидетельствует об увеличении окислительных процессов. Длина проростков, зараженных септориозом, оказалась на 2,7 % меньше по сравнению с незараженными, масса зараженных проростков снизилась на 0,15 г. При инфицировании сои септориозом произошла ответная реакция семян и проростков сои, выраженная в изменении удельной активности исследуемых ферментов и перестройки их множественных форм. Снижение окислительного стресса в семенах произошло за счет повышения активности супероксиддисмутазы, пероксидазы и полифенолоксидазы, для проростков – за счет повышения активности только пероксидазы. **Научная новизна.** Установлено, что супероксиддисмутаза в семенах сои обладает высокой отзывчивостью к патогену. Это выражается в повышенной удельной активности и значительном полиморфизме фермента, что позволяет использовать его в качестве молекулярного маркера повышения устойчивости сои к патогену.

Ключевые слова: соя, септориоз, удельная активность, множественные формы, оксидоредуктазы, малоновый диальдегид, окислительный стресс.

Для цитирования: Кузнецова В. А., Блинова А. А., Тарасова О. Н., Иваченко Л. Е. Активность оксидоредуктаз семян и проростков сои в условиях грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55.

Дата поступления статьи: 15.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Соя является важной масличной культурой во всем мире. Основным регионом возделывания сои в России является Дальний Восток, климат которого характеризуется недостатком тепла для сои и периодическим избытком влаги. При этом важным фактором устойчивого развития сельскохозяйственного производства является предотвращение потерь урожая сои от комплекса фитопатогенных возбудителей, к которым также относится *Septoria glycines* Hemmi [1, с. 12–14]. Разнообразные болезни (патогены) оказывают неблагоприятное влияние на периоды развития сои, особенно на прорастание семян и ее дальнейшее развитие на начальной стадии онтогенеза. Возникающие на растениях сои болезни могут быть очень вредоносными в различных природно-климатических зонах возделывания, нанося ощутимый вред ее производству и качеству зерна, снижая при этом ее продуктивность. Борьба с вредными организмами должна проводиться экологически безопасными и обоснованными методами [2, с. 25–28], [3].

Распространенность и развитие болезней на сое усугубляется расширением площадей ее возделывания, а также несоблюдением агротехнических приемов сельскохозяйственными производителями [4, с. 172–173]. К ним относятся нарушение регламентов применения фунгицидных препаратов, отсутствие механической обработки почвы и несоблюдение севооборотов. При этом фитопатогены ежегодно накапливаются в почве, передаются через семена, все больше поражают возделываемую культуру, значительно снижают ее урожайность. Данный аспект наносит серьезный ущерб экономическому сектору, что обуславливает главную проблему сельского хозяйства [2].

Для получения высоких урожаев сои основные требования предъявляются к ее сортовым особенностям, а именно к продукционным способностям сорта, его адаптивности к агроклиматическим условиям и устойчивости к патогенам, в том числе к септориозу [1, с. 12–17], [5, с. 8–15]. Септориоз (возбудитель – *Septoria glycines* Hemmi) проявляется на пораженных семенах, всходах и

взрослых растениях в виде пятен. При этом на поверхности появляются углубленные пикниды с конидиями. Основная вредоносность септориоза состоит в образовании окислительного стресса и снижении урожайности, при этом потеря урожая может достигать 50–70 %. Ветер способствует инфицированию других растений сои, а частые дожди, обильные росы и высокая температура во второй половине июля и в августе содействуют усилению развития септориоза [6, с. 1–10], [7], [8, с. 223–225].

Одним из наиболее важных процессов повреждения клеток растений, в том числе сои, на биохимическом уровне и возможных компонентов быстрой реакции на возникающий окислительный стресс, вызванный действием *Septoria glycines* Hemmi, является активация перекисного окисления липидов (ПОЛ) [9], [10, с. 91]. В качестве биомаркера для определения интенсивности ПОЛ в органах растений часто используют содержание малонового диальдегида (МДА) [11].

Для выявления механизма устойчивости сои к окислительному стрессу актуальным является анализ актив-

ности антиоксидантных ферментов, участвующих в защите клетки от стресса [12, с. 61], [14, с. 68–72]. К таким ферментам в первую очередь относятся оксидоредуктазы, которые являются универсальным индикатором состояния растения и инактивируют активные формы кислорода (АФК) [13]. В группу оксидоредуктаз включаются супероксиддисмутаза (СОД, ЕС 1.15.1.1), каталаза (КАТ, ЕС 1.11.1.6), пероксидаза (ПОД, ЕС 1.11.1.7), полифенолоксидаза (ПФО, ЕС 1.10.3.1) [9], [14]. По их удельной активности и множественным формам можно оценить уровень устойчивости сои к стрессовому фактору, в том числе к септориозу [1]. При этом анализ спектра множественных форм имеет большое значение для изучения регуляторных механизмов, контролируемых метаболизм и характер их распределения. Электрофоретический спектр отражает процессы адаптации, происходящие на молекулярном уровне, что может использоваться для изучения протекания различных заболеваний [1]. Данная область исследований пока мало изучена и является актуальной при создании адаптивных сортов сои к болезням, в частности к септориозу.

Таблица 1
Биометрические показатели десятидневных проростков сои, зараженных и незараженных *Septoria glycines* Hemmi

Варианты опыта	Биометрические показатели проростков						Всхожесть, %
	$L_{\text{растения}} \text{ сред., мм}$	$L_{\text{стебля сред., мм}}$	$L_{\text{корня сред., мм}}$	$m_{\text{растения}} \text{ сред., г}$	$m_{\text{стебля сред., г}}$	$m_{\text{корня сред., г}}$	
Незараженные проростки сои (контроль)	40,20	19,80	20,40	1,30	0,93	0,37	90,00
Зараженные проростки сои	37,50	17,80	19,70	1,15	0,88	0,27	84,00
HCP_{05}	0,20	0,30	0,20	0,30	0,10	0,10	–

Table 1
Biometrics indicators of ten-day-old soybean seedlings, infected and uninfected *Septoria glycines* Hemmi

Experience options	Biometric indicators of seedlings						Germination, %
	$L_{\text{plants average, mm}}$	$L_{\text{stem average, mm}}$	$L_{\text{root average, mm}}$	$m_{\text{plants average, g}}$	$m_{\text{stem average, g}}$	$m_{\text{root average, g}}$	
Uninfected soybean seedlings (control)	40.20	19.80	20.40	1.30	0.93	0.37	90.00
Infected soybean seedlings	37.50	17.80	19.70	1.15	0.88	0.27	84.00
LSD_{05}	0.20	0.30	0.20	0.30	0.10	0.10	–

Таблица 2
Содержание малонового диальдегида в семенах и проростках сои, мкмоль/г сухой массы

Показатель	Семена сои		Проростки сои	
	Без заражения	Зараженные септориозом	Без заражения	Зараженные септориозом
Содержание МДА	0,141 ± 0,014	0,152 ± 0,013	0,148 ± 0,006	0,175 ± 0,004

Table 2
The content of malondialdehyde in seeds and soybean seedlings, $\mu\text{mol/g}$ dry weight

Indicator	Soybean seeds		Soybean seedlings	
	Without infection	Infected with <i>Septoria</i>	Without infection	Infected with <i>Septoria</i>
Content of the MDA	0.141 ± 0.014	0.152 ± 0.013	0.148 ± 0.006	0.175 ± 0.004

Удельная активность оксидоредуктаз семян и проростков сои, зараженных и незараженных септориозом

Объект исследования		Удельная активность фермента, ед/мг белка			
		СОД	КАТ	ПОД	ПФО
Семена	Контрольные	86,8 ± 5,6	1,2 ± 0,2	51,0 ± 2,6	59,6 ± 5,4
	Зараженные	140,0 ± 5,5	0,7 ± 0,1	57,4 ± 3,0	69,3 ± 5,9
Проростки	Контрольные	9,9 ± 0,9	0,7 ± 0,1	10,9 ± 0,5	1,3 ± 0,3
	Зараженные	9,0 ± 0,7	0,6 ± 0,1	17,1 ± 0,7	1,2 ± 0,2

Table 3

Specific activity of oxidoreductases of seeds and soybean seedlings infected and uninfected with *Septoria*

Object of study		The specific activity of the enzyme, unit/mg of protein			
		SOD	CAT	POD	PPO
Seeds	Control	86.8 ± 5.6	1.2 ± 0.2	51.0 ± 2.6	59.6 ± 5.4
	Infected	140.0 ± 5.5	0.7 ± 0.1	57.4 ± 3.0	69.3 ± 5.9
Seedlings	Control	9.9 ± 0.9	0.7 ± 0.1	10.9 ± 0.5	1.3 ± 0.3
	Infected	9.0 ± 0.7	0.6 ± 0.1	17.1 ± 0.7	1.2 ± 0.2

Цель исследований заключалась в проведении оценки влияния *Septoria glycines* Hemmi на семена и проростки сои на основании анализа активности оксидоредуктаз.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом для оценки влияния на семена и проростки грибковой инфекции *Septoria glycines* Hemmi была соя (*Glycine max* (L.) Merr) сорта Лидия. Семена собраны с растений сои, выращенной на луговой черноземовидной почве опытного поля ФГБНУ ВНИИ сои в с. Садовое Амурской области в 2019 г. Данный год отмечен избытком осадков во второй половине лета (в июле выпало 262 мм осадков, что на 95 % выше нормы; в августе – 192 мм, что на 58 % выше нормы). Это способствовало интенсивному переувлажнению почвы и благоприятному развитию септориоза на растениях сои. Собранные семена сои отбирали и исследовали на базе лаборатории биотехнологии Всероссийского научно-исследовательского института сои. Отбор семенного материала, зараженного септориозом, проводился путем визуального отбора по следующим морфологическим признакам: наличие на семядолях округлых красно-коричневых пятен диаметром 6–10 мм с многочисленными пикнидами. Впоследствии проводили определение степени зараженности семян септориозом методом оценки 10-дневных проростков по признакам заболевания согласно ГОСТ 12044-93. Семена закладывали в рулонах по 50 штук без дезинфекции, проращивали в течение 10 суток в термостате при температуре 22–25 °С. Признаки инфекции: отдельные коричневые пятна на проростке; на ростках появлялись мелкие черные бугорки, при этом проростки могли быть искривленными. Иногда на оболочке проросших семян образовывались пикниды. Всхожесть семян определяли согласно ГОСТ 12038-84.

Определение содержания МДА проводили, основываясь на свойстве данного вещества при высокой температуре в кислой среде реагировать с тиобарбитуровой кислотой (ТБК), образуя окрашенный триметинный комплекс [15, с. 109].

Анализ активности СОД, КАТ, ПОД и ПФО семян и проростков сои проводили в лаборатории биотехнологии ФГБНУ ВНИИ сои. Для получения экстрактов белков семян и проростков сои навеску материала (500 мг) гомо-

генизировали и экстрагировали в фарфоровых ступках в течение 15 минут при температуре 0–5 °С. Растворимые белки, содержащие СОД, КАТ, ПОД и ПФО, экстрагировали 15 мл раствора 0,15М хлорида натрия, затем центрифугировали в течение 15 мин. при 3000 об/мин [14, с. 70], [16, с. 82–83], [17, с. 88], [18, с. 105]. После центрифугирования осадок отбрасывали, в надосадочной жидкости определяли содержание белка по методу Лоури [18, с. 118].

Активность СОД определяли спектрофотометрическим методом, который основан на способности фермента ингибировать фотохимическое восстановление тетраэозового нитросинего [14, с. 70].

Активность КАТ определяли спектрофотометрическим методом, который основан на определении скорости разложения пероксида водорода каталазой исследуемого образца с образованием воды и кислорода [14, с. 70–71].

Активность ПОД определяли колориметрическим методом А. Н. Бояркина в модификации А. Т. Мокроносова, который основан на определении скорости реакции окисления бензидина до образования бензидинового синего в присутствии пероксида водорода и пероксидазы [16, с. 98].

Активность ПФО определяли спектрофотометрическим методом А. Н. Бояркина, который основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении пирокатехина за определенный промежуток времени [16].

Определение удельной активности СОД, КАТ, ПОД и ПФО проводили в двух биологических и трех аналитических повторностях. Удельную активность ферментов исследуемых ферментов выявляли методом электрофореза на колонках 7,5-процентного полиакриламидного геля. Выявление на геле энзимных форм проводили соответствующими гистохимическими методами [15], [17, с. 89], [18, с. 131]. Для выявленных множественных ферментов (МФ) определяли значения их относительной электрофоретической подвижности (Rf) и строили схемы энзимграмм. Нумерация форм ферментов приведена от более высокоподвижных к низкоподвижным формам. Каждой форме ранее нами было присвоено свое сокращенное обозначение в соответствии со значениями их Rf (для ката-

лазы – К1–К8, пероксидазы – ПОД1–ПОД18, супероксид-дисмутазы – СОД1–СОД21, полифенолоксидазы – ПФО1–ПФО19) [12], [17].

Обработка результатов исследования выполнена с использованием статистических средств приложения STATISTICA 10. Для оценки связи между активностью СОД, КАТ, ПОД и ПФО был использован коэффициент корреляции. О достоверности изменений исследуемых параметров судили по различиям средних значений, используя критерий Стьюдента. В расчетах принят 5-процентный уровень значимости.

Результаты (Results)

Период от прорастания семян до формирования всходов (фаза 1-го тройчатого листа) является критическим в жизненном цикле сои, в данный период соя наиболее подвержена воздействию различных фитопатогенов, которые влияют на ростовые, физиологические и биохимические процессы. Для выявления септориоза нами проведен визуальный осмотр семян и проростков сои. Установлено, что на 10-е сутки зараженность проростков составила 8,75 %. Анализ биометрических показателей здоровых и заражен-

ных проростков также подтвердил данные, полученные визуальным осмотром. При этом длина проростков, зараженных септориозом, оказалась на 2,70 % меньше по сравнению с незараженным образцом в контроле (таблица 1). Масса растения также снизилась на 0,15 г, длина стебля сократилась на 2 мм, масса стебля уменьшилась на 0,05 г. Значительные изменения затронули корневую систему растений, зараженных септориозом: длина корня уменьшилась на 0,70 мм, его масса – на 0,1 г.

Таким образом, наблюдается существенное замедление ростовых процессов под воздействием *Septoria glycines* Hemmi, что также подтверждается данными, полученными при анализе всхожести семян, которая снизилась на 6,00 %.

Концентрация МДА в семенах и проростках сои, зараженных септориозом, повысилась незначительно (на 0,01 и 0,02 мкмоль/кг сухой массы относительно контроля), что свидетельствует о протекании слабых окислительных процессов и подтверждает выводы Е. А. Семеновой [1], что данная болезнь в данном случае является достаточно слабой (таблица 2).

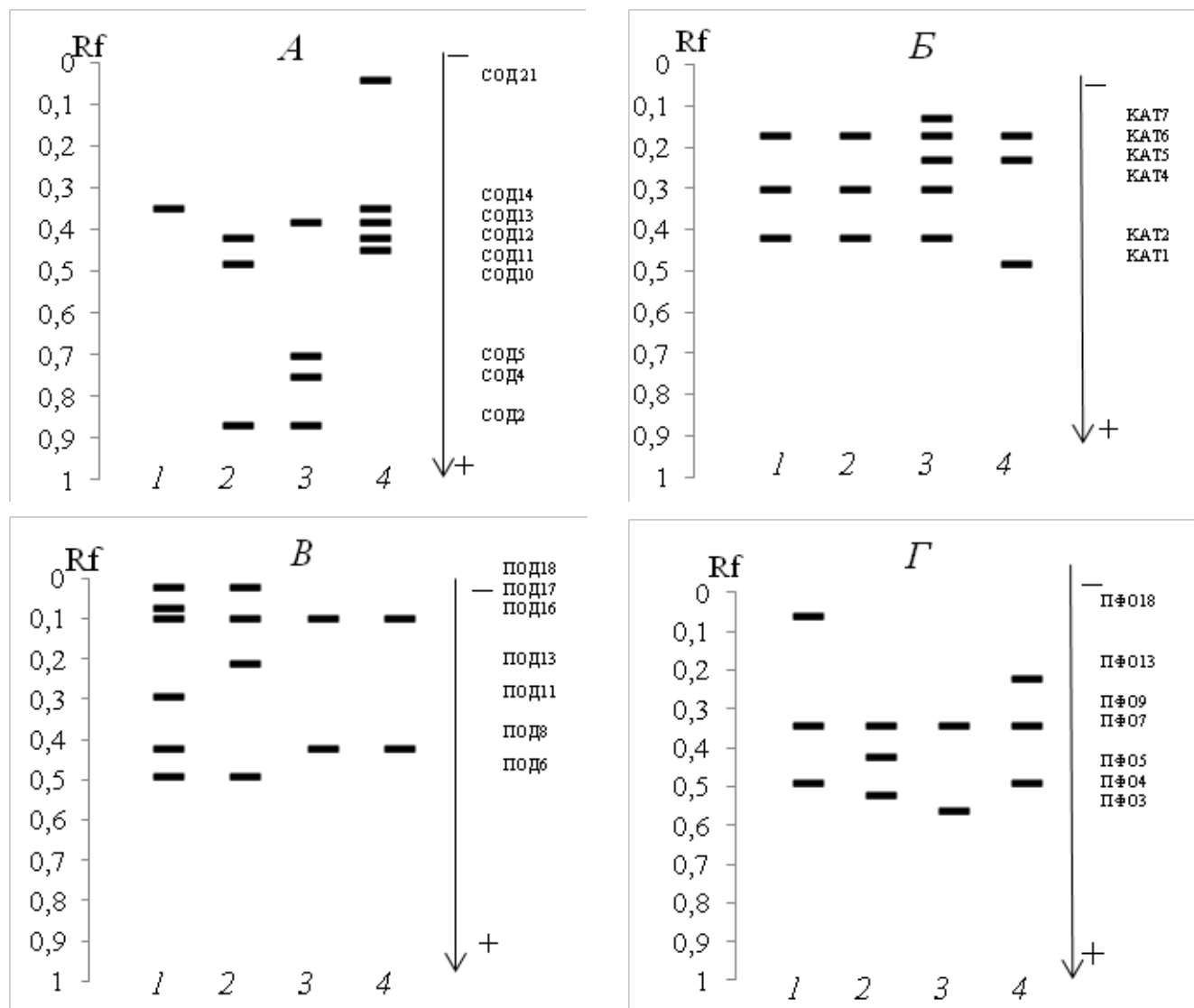


Рис. Схемы энзимогрaмм оксидоредуктаз (СОД (А), КАТ (Б), ПОД (В), ПФО (Г)) семян и проростков сои: 1 – семена без заражения, 2 – зараженные семена, 3 – проростки без заражения, 4 – зараженные проростки

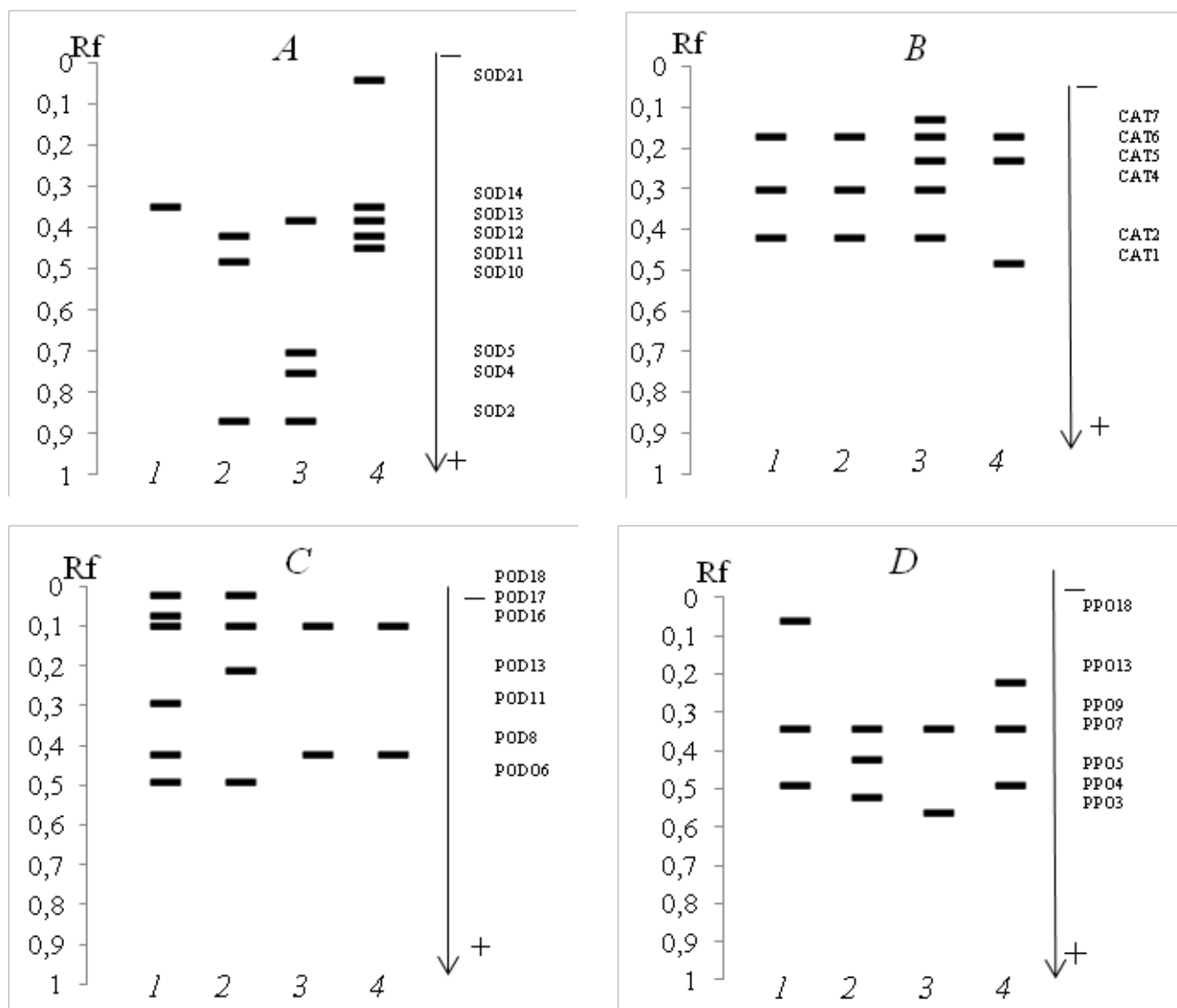


Fig. Schemes of enzyme oxidoreductases (SOD (A), CAT (B), POD (C), PPO (D)) seeds and seedlings soybean: 1 – seeds without infection, 2 – infected seeds, 3 – seedlings without infection, 4 – infected seedlings.

При анализе ферментативной активности сои следует отметить снижение удельной активности всех исследуемых энзимов группы оксидоредуктаз в процессе прорастания семян, что подтверждает ранее полученные результаты и указывает на участие этих ферментов в росте и развитии сои.

Результаты анализа показали, что при инфицировании сои исследуемым фитопатогеном заметно увеличилась удельная активность ПОД семян (с 51,0 до 57,4 ед/мг белка) и проростков (с 10,9 до 17,1 ед/мг белка) сои (таблица 3). Число МФ ПОД при этом в семенах снизилось с 6 до 4, а в проростках их количество не изменилось, но появились новые МФ ПОД16 и ПОД6 (рис. А). В проростках по отношению к семенам сои удельная активность ПОД снизилась в пять раз (с 50,9 до 10,9 ед/мг белка), а число МФ уменьшилось в три раза (с 6 до 2).

Известно, что изменение удельной активности ПФО служит индикатором достаточного накопления питательных веществ, что является важным хозяйственно-ценным показателем [13]. Видимо, поэтому в семенах сои активность ПФО была существенно выше, чем в проростках

($A_{уд}$ в семенах варьировала от 59,6 до 69,3 ед/мг белка, а в проростках – от 1,2 до 1,3 ед/мг белка) (рис. Г).

Согласно литературным данным, расщепление пероксида водорода, образующегося в проростках сои при окислительном стрессе, обеспечивается за счет повышения гетерогенности каталаз [10]. В ходе исследования выявлена невысокая каталазная активность семян и проростков сои (диапазон составил от 0,56 до 1,19 ед/мг белка), что соответствует работам Е. А. Семеновой [1] и связано с незначительными окислительными процессами, протекающими в клетках исследуемого растения, а также высокой активностью других антиоксидантных энзимов. Так, например, для СОД получено самое большое значение активности в зараженных септориозом семенах и составляет 140 ед/мг белка, что больше на 60 % по сравнению с контролем (таблица 3). При этом в три раза увеличивалось число МФ этого фермента (рис. В). Полученные нами данные подтверждают литературные данные и показывают, что СОД играет решающую роль в снижении окислительного стресса [14, с. 70].

В проростках сои в условиях заражения грибной инфекцией удельная активность СОД незначительно уменьшилась – с 9,9 до 9,0 ед/мг белка. В то же время наблюдалось увеличение числа МФ с 4 до 5. Причем подвижность форм значительно изменилась, за исключением СОД13, которая была выявлена только в проростках сои. В незараженных семенах обнаружена всего 1 форма СОД14 с высокой удельной активностью, 3 формы каталазы (КАТ2, КАТ4 и КАТ6) с низкой суммарной удельной активностью, 6 форм пероксидаз и 3 формы полифенолоксидазы (ПФО5, ПФО9 ПФО18) с высокой суммарной удельной активностью. При инфицировании септориозом в семенах происходят качественные и количественные изменения МФ. При этом образуются 3 формы СОД с самой высокой удельной активностью.

В проростках при инфицировании удельная активность СОД, КАТ и ПФО не изменяется, при этом у СОД и ПФО возрастает число МФ, а у каталазы, наоборот, уменьшается. Для пероксидазы в условиях инфицирования возникновение новых МФ сопровождается повышением удельной активности, что показывает ее защитное действие от влияния болезни. Стабильной формой пероксидаз, обнаруженной во всех вариантах опыта, является форма ПОД16.

Для каталазы в семенах сои при влиянии септориоза произошло снижение удельной ее активности при неизменном качественном и количественном составе МФ, а в проростках наблюдается обратная закономерность, а именно число МФ уменьшилось с образованием низкомолекулярной формы КАТ1 при сохранении общей удельной активности. Самой стабильной формой является КАТ6 с низкой Rf, которая обнаружена во всех вариантах опыта.

При заражении септориозом удельная активность ПФО в семенах увеличивалась на 16 %, в то время как число МФ в них сохранилось на уровне контроля (рис. Г).

В проростках при заражении удельная активность ПФО не изменялась. Однако число МФ возросло с 2 до 3. Полученные данные позволили выявить стабильную, устойчивую при инфицировании септориозом, низкоподвижную форму ПФО9.

Одним из важных показателей эффективности АОС является сбалансированность ферментативных активностей СОД, ПФО, КАТ и ПОД [12]. В ходе корреляционного анализа удельной активности исследуемых ферментов получена прямая зависимость в семенах для СОД, КАТ и ПОД (коэффициент корреляции равен 1,0) и обратная их зависимость в отношении ПФО (коэффициент корреляции равен –1,0). Для проростков корреляционный анализ показал прямую зависимость для СОД, КАТ и ПФО (коэффициент корреляции равен 1,0) и обратную их зависимость в отношении ПОД (коэффициент корреляции равен –1,0). Анализ удельной активности и МФ исследуемых оксидоредуктаз (СОД, КАТ, ПОД и ПФО) семян сои при заражении септориозом выявил что инактивация АФК шла за счет повышения активности СОД, ПОД и ПФО, для проростков – за счет повышения активности ПОД. Невысокие стабильные значения удельной активности ПФО и КАТ в проростках сои, вероятно, свидетельствуют о незначительном инфицировании растения септориозом.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, впервые в условиях заражения выявлено 5 форм ПОД, 5 форм КАТ, 7 форм СОД и 5 форм ПФО. Наибольшее число форм оксидоредуктаз установлено для СОД (7), участвующей в инактивации АФК в стрессовых условиях, что подтверждено повышением концентрации МДА. Установлено, что СОД обладают высоким уровнем полиморфизма, селективным нейтральным поведением (по отношению к септориозу на сорте сои Лидия), что позволяет ее использовать в качестве молекулярного маркера.

Библиографический список

1. Семенова Е. А., Титова С. А. Влияние погодных условий на развитие болезней сои в южной зоне Амурской области // Проблемы экологии Верхнего Приамурья: сборник научных трудов. 2016. № 17. С. 12–23.
2. Ефремова О. С., Дега Л. А., Нодельман Е. К., Шкрыль Ю. Н. Оценка трансгенных растений сои (*Glycine max* (L.) Merr.) на устойчивость к фитопатогенам // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 4. С. 25–30.
3. Shu K., Qi Y., Chen F., Meng Y. [et. al.] Salt Stress Represses Soybean Seed Germination by Negatively Regulating GA Biosynthesis While Positively Mediating ABA Biosynthesis [e-resource] // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. No. 1372. DOI: 10.3389/fpls.2017.01372. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/sections/plant-abiotic-stress#articles> (appeal date: 29.04.2020).
4. Торопова Е. Ю., Шульга Т. В., Селюк М. П. Эффективность протравливания семян сои в защите от болезней // Второй международный форум «Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России». Омск: Омский ГАУ, 2018. С. 172–175.
5. Семенова Е. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование роли адаптации сои в повышении урожайности: дис. ... д-ра с.-х. наук. Благовещенск, 2019. 450 с.
6. Ben M'Barek S., Karisto P., Abdeyem W. [et al.] Improved control of Septoria tritici blotch in durum wheat using cultivar mixture // *Cultivar mixtures for STB control*. 2019. Pp. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.1101/664078>.
7. Fones H., Gurr S. The impact of Septoria tritici Blotch disease on wheat: An EU perspective // *Fungal genetics and biology*. 2015. Vol. 79. Pp. 3–7. DOI: 10.1016/j.fgb.2015.04.004.
8. Batzer J., Kandel Y., Bradley C., Chilvers M., Tenuta A., Wise K., Hernandez E., Mueller D. Effect of Seed Treatment on Early Season Brown Spot Caused by Septoria glycines of Soybean // *Plant Health Progress*. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 223–228. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0035.

9. Xin J., Zhao X. H., Tan Q. L., Sun X. C., Zhao Y. Y., Hu C. X. Effects of cadmium exposure on the growth, photosynthesis, and antioxidant defense system in two radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars // *Photosynthetica*. 2019. Vol. 57 (4). Pp. 967–973. DOI: 10.32615/ps.2019.076.

10. Петухов А. С., Хридохин Н. А., Кремлева Т. А., Петухова Г. А. Активность каталазы травянистых растений в условиях загрязнения городской среды // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 1 (26). С. 90–95. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-11115.

11. Xu W., Zhang N., Zhang Z. [et al.] Effects of dietary cyanidin-3-diglucoside-5-glucoside complexes with rutin/Mg(II) against H₂O₂-induced cellular oxidative stress [e-resource] // *Food research international*. 2019. Vol. 126. № 108591. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108591. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919304697?via%3Dihub> (appeal date: 27.04.2020).

12. Кузнецова В. А., Иваченко Л. Е., Блинова А. А., Семенова Е. А. Влияние ЭкстраКора и ЭкоЛарикса на активность пероксидаз, полифенолоксидаз и супероксиддисмутаз проростков сои, пораженных комплексом болезней // *Естественные и технические науки*. 2019. № 11 (137). С. 60–63. DOI: 10.25633/ETN.2019.11.04.

13. Колесникова М. В. Активность ферментов полифенолоксидазы и пероксидазы под влиянием совместной заправки соломы озимой пшеницы и штамма *Hemicola fuscoatra* ВНИИСС 016 // *Научный альманах*. 2018. № 4–3 (42). С. 200–204. DOI: 10.17117/na.2018.04.03.200.

14. Никерова К. М., Галибина Н. А., Мощенская Ю. Л., Новицкая Л. Л., Подгорная М. Н., Софронова И. Н. Ферменты антиоксидантной системы – индикаторы разных сценариев ксилогенеза: в раннем онтогенезе и во взрослом состоянии (на примере *Betula Pendula* Roth) // *Труды карельского научного центра Российской академии наук*. 2018. № 6. С. 68–80. DOI: 10.17076/eb787.

15. Рогожин В. В., Рогожина Т. В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции: учебное пособие для вузов. СПб.: ГИОРД, 2016. 480 с.

16. Коробко В. В., Касаткин М. Ю. Физиология растений: большой практикум. Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2017. 120 с.

17. Кузнецова В. А., Блинова А. А., Иваченко Л. Е., Фесенко Ю. В., Фокина Е. М. Активность супероксиддисмутазы и полифенолоксидазы семян районированных сортов сои амурской селекции // *Таврический вестник аграрной науки*. 2019. № 3 (19). С. 86–93. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-86-93.

18. Коничев А. С., Цветков И. Л. [и др.] Молекулярная биология. Практикум: учебное пособие для вузов / Под редакцией А. С. Коничева. 2-е изд. М.: Юрайт, 2020. 169 с.

Об авторах:

Виктория Александровна Кузнецова¹, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ORCID 0000-0002-3657-4511, AuthorID 782594; +7 961 954-33-85, kuzvika3385@yandex.ru

Анастасия Андреевна Блинова¹, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ORCID 0000-0002-7234-0595, AuthorID 1017750; +7 924 447-27-98

Ольга Николаевна Тарасова¹, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ORCID 0000-0002-5051-7695, AuthorID 1015322; +7 924 041-55-45

Любовь Егоровна Иваченко¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии, ORCID 0000-0003-4870-2223, AuthorID 738967; +7 914 563-41-00

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сои, Благовещенск, Россия

Activity of oxidoreductase of seeds and soybean seedlings under conditions of fungal infection *Septoria glycines* Hemmi

V. A. Kuznetsova¹✉, A. A. Blinova¹, O. N. Tarasova¹, L. E. Ivachenko¹

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia

✉E-mail: kuzvika3385@yandex.ru

Abstract. The study is aimed at analyzing the oxidoreductase activity of seeds and seedlings of soybean infected with a fungal infection of *Septoria glycines* Hemmi. **Research Methods.** The object of the study was seeds collected from soybean plants (*Glycine max* (L.) Merr) of the Lydia cultivar grown on meadow chernozem-like soil of the experimental field of the All-Russian Research Institute of Soybean in s. Garden of the Amur Region in 2019. The content of malondialdehyde was determined using thiobarbituric acid. The activity of superoxide dismutase and catalase was determined spectrophotometrically, and the activity of peroxidase and polyphenol oxidase was determined by the colorimetric method. Electrophoretic spectra of the studied enzymes were detected by electrophoresis on columns of a 7.5% polyacrylamide gel. Detection on a gel of zones with enzymatic activity was carried out by appropriate histochemical methods. **Results.** As a result of studies, it was found that on the 10th day the infection of the seedlings was 8.75 %. In this case, under the influence of *Septoria glycines* Hemmi, a slowdown in growth

processes was observed, the level of malondialdehyde increased, which indicates an increase in oxidative processes. The length of seedlings infected with septoria was 2.7 % less compared to uninfected ones; the mass of infected seedlings decreased by 0.15 g. When soybean infection with *Septoria* was detected, soybean seeds and seedlings responded, expressed in a change in the specific activity of the studied enzymes and their rearrangement multiple forms. Reduction of oxidative stress in the seeds occurred due to an increase in the activity of superoxide dismutase, peroxidase and polyphenol oxidase, for seedlings – due to an increase in the activity of peroxidase only. **Scientific novelty.** It has been established that superoxide dismutase in soybean seeds has a high responsiveness to the pathogen. This is expressed in increased specific activity and significant polymorphism of the enzyme, which allows it to be used as a molecular marker for increasing soy resistance to the pathogen.

Keywords: Glycine max, Septoria glycines, specific activity, multiple forms, oxidoreductase, malondialdehyde, oxidative stress.

For citation: Kuznetsova V. A., Blinova A. A., Tarasova O. N., Ivachenko L. E. Aktivnost' oksidoreduktaz semyan i prorostkov soi v usloviyakh gribkovoy infektsii Septoria glycines Hemmi [Activity of oxidoreductase of seeds and soybean seedlings under conditions of fungal infection *Septoria glycines* Hemmi] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 47–55. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-47-55. (In Russian.)

Paper submitted: 15.05.2020.

Referenses

1. Semenova E. A., Titova S. A. Vliyaniye pogodnykh usloviy na razvitiye bolezney soi v yuzhnoy zone Amurskoy oblasti [The influence of weather conditions on the development of soy diseases in the southern zone of the Amur region] // Problemy ekologii Verkhnego Priamur'ya: sbornik nauchnykh trudov. 2016. No. 17. Pp. 12–23. (In Russian.)
2. Efremova O. S., Dega L. A., Nodelman E. K., Shkryl' Yu. N. Otsenka transgennykh rasteniy soi (*Glycine max* (L.) Merr.) na ustoychivost' k fitopatogenam [Estimation of transgenic soybean plants (*Glycine max* (L.) Merr.) for resistance to phytopathogens] // Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2016. No. 4. Pp. 25–30. (In Russian.)
3. Shu K., Qi Y., Chen F., Meng Y. [et. al.] Salt Stress Represses Soybean Seed Germination by Negatively Regulating GA Biosynthesis While Positively Mediating ABA Biosynthesis [e-resource] // Frontiers in Plant Science. 2017. Vol. 8. No. 1372. DOI: 10.3389/fpls.2017.01372. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/sections/plant-abiotic-stress#articles> (appeal date: 29.04.2020).
4. Toropova E. Yu., Shul'ga T. V., Selyuk M. P. Effektivnost' protravlivaniya semyan soi v zashchite ot bolezney [The effectiveness of soybean seed dressing in protection against diseases] // Vtoroy mezhdunarodnyy forum "Zernobobovyye kul'tury, razvivayushcheyesya napravleniye v Russia". Omsk: Omskiy GAU, 2018. Pp. 172–175. (In Russian.)
5. Semenova E. A. Teoreticheskoe i eksperimental'noe obosnovanie roli adaptatsii soi v povyshenii urozhaynosti: dis. ... d-ra s/kh nauk [Theoretical and experimental substantiation of the role of soybean adaptation in increasing productivity: dissertation ... doctor of agricultural sciences]. Blagoveshchensk, 2019. 450 p. (In Russian.)
6. Ben M'Barek S., Karisto P., Abdeyem W. [et al.] Improved control of Septoria tritici blotch in durum wheat using cultivar mixture // Cultivar mixtures for STB control. 2019. Pp. 1–23. DOI: <https://doi.org/10.1101/664078>.
7. Fones H., Gurr S. The impact of Septoria tritici Blotch disease on wheat: An EU perspective // Fungal genetics and biology. 2015. Vol. 79. Pp. 3–7. DOI: 10.1016/j.fgb.2015.04.004.
8. Batzer J., Kandel Y., Bradley C., Chilvers M., Tenuta A., Wise K., Hernandez E., Mueller D. Effect of Seed Treatment on Early Season Brown Spot Caused by Septoria glycines of Soybean // Plant Health Progress. 2016. Vol. 17. No. 4. Pp. 223–228. DOI: 10.1094/PHP-RS-16-0035.
9. Xin J., Zhao X. H., Tan Q. L., Sun X. C., Zhao Y. Y., Hu C. X. Effects of cadmium exposure on the growth, photosynthesis, and antioxidant defense system in two radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars // Photosynthetica. 2019. Vol. 57 (4). Pp. 967–973. DOI: 10.32615/ps.2019.076.
10. Petukhov A. S., Khritokhin N. A., Kremleva T. A., Petukhova G. A. Aktivnost' katalazy travyanistykh rasteniy v usloviyakh zagryazneniya gorodskoy sredy [Catalase activity of herbs in conditions of urban environment pollution] // Samara Journal of Science. 2019. Vol. 8. No. 1 (26). Pp. 90–95. DOI: 10.24411/2309-4370-2019-11115. (In Russian.)
11. Xu W., Zhang N., Zhang Z. [et al.] Effects of dietary cyanidin-3-diglucoside-5-glucoside complexes with rutin/Mg(II) against H₂O₂-induced cellular oxidative stress [e-resource] // Food research international. 2019. Vol. 126. № 108591. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108591. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996919304697?via%3Dihub> (appeal date: 27.04.2020).
12. Kuznetsova V. A., Ivachenko L. E., Blinova A. A., Semenova E. A. Vliyaniye EkstraKora i EkoLariksa na aktivnost' peroksidaz, polifenoloksidaz i superoksidomutaz prorostkov soi, porazhennykh kompleksom bolezney [The effect of ExtraCore and EkoLarix on the activity of peroxidases, polyphenol oxidases and superoxide dismutases of soybean seedlings affected by a complex of diseases] // Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki. 2019. No. 11 (137). Pp. 60–63. DOI: 10.25633/ETN.2019.11.04. (In Russian.)
13. Kolesnikova M. V. Aktivnost' fermentov polifenoloksidazy i peroksidazy pod vliyaniem sovmestnoy zapashki solomy ozimoy pshenitsy i shtamma *Numicola fuscoatra* VNIISS 016 [The activity of enzymes polyphenol oxidase and peroxidase

under the effect of the joint plowing of straw of winter wheat and strain of *Humicola fuscoatra* VNIISS 016] // Nauchnyy al'manakh. 2018. No. 4–3 (42). Pp. 200–204. DOI: 10.17117/na.2018.04.03.2002. (In Russian.)

14. Nikerova K. M., Galibina N. A., Moshchenskaya Yu. L., Novitskaya L. L., Podgornaya M. N., Sofronova I. N. Fermenty antioksidantnoy sistemy – indikatory raznykh stsenariyev ksilogeneza: v rannem ontogeneze i vo vzrosлом sostoyanii (na primere *Betula Pendula* Roth) [The antioxidant enzymes – indicators of different xylogenesis scenarios: in early ontogeny and in adult plants (example of *Betula Pendula* Roth)] // Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. 2018. No. 6. Pp. 68–80. DOI: 10.17076/eb787. (In Russian.)

15. Rogozhin V. V., Rogozhina T. V. Praktikum po biokhimi sel'skokhozyaystvennoy produktsii: uchebnoe posobiye dlya vuzov [Workshop on biochemistry of agricultural products: textbook. manual for universities: textbook for higher education institutions]. Saint Petersburg: GIOR, 2016. 480 p. (In Russian.)

16. Korobko V. V., Kasatkin M. Yu. Fiziologiya rasteniy: bol'shoy praktikum [Plant physiology: a large workshop]. Saratov: Izd-vo "Saratovskiy istochnik", 2017. 120 p. (In Russian.)

17. Kuznetsova V. A., Blinova A. A., Ivachenko L. E., Fesenko Yu. V., Fokina E. M. Aktivnost' superoksiddismutazy i polifenoloksidazy semyan rayonirovannykh sortov soi amurskoy selektsii [The activity of superoxide dismutase and polyphenol oxidase seeds of zoned varieties of soybean Amur breeding] // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. 2019. No. 3 (19). Pp. 86–93. DOI: 10.33952/2542-0720-2019-3-19-86-93. (In Russian.)

18. Konichev A. S., Tsvetkov I. L. [et al.] Molekulyarnaya biologiya. Praktikum: uchebnoye posobiye dlya vuzov [Molecular biology. Workshop: textbook for higher education institutions] / Edited by A. S. Konichev. 2nd edition. Moscow: Yurayt, 2020. 169 p. (In Russian.)

Authors' information:

Victoria A. Kuznetsova¹, senior researcher of biotechnology laboratory, ORCID 0000-0002-3657-4511, AuthorID 782594; +7 961 954-33-85, kuzvika3385@yandex.ru

Anastasia A. Blinova¹, junior researcher of biotechnology laboratory, ORCID 0000-0002-7234-0595, AuthorID 1017750; +7 924 447-27-98

Olga N. Tarasova¹, junior researcher of biotechnology laboratory, ORCID 0000-0002-5051-7695, AuthorID 1015322; +7 924 041-55-45

Lyubov E. Ivachenko¹, doctor of biological sciences, leading researcher of biotechnology laboratory, ORCID 0000-0003-4870-2223, AuthorID 738967; +7 914 563-41-00

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Soybeans, Blagoveshchensk, Russia

Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров

Л. Н. Кузьмина¹, А. П. Карташова¹

¹Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция, Молочный, Россия

[✉]E-mail: research-station@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – определить оптимальный уровень клетчатки и ее фракций – нейтральнодетергентной (НДК) и кислотдетергентной (КДК) в рационах коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла. Научно-хозяйственный опыт проведен на двух группах коров (контрольная и опытная) по 10 голов в каждой в течение всей лактации. Рацион коров контрольной группы соответствовал хозяйственному. При определении сырой клетчатки в кормах нет достаточно точного показателя содержания клетчатки и ее фракций. Поэтому в исследованиях использовался разработанный метод фракционирования структурных углеводов (Van Soest et al.) **В результате проведенных исследований** определен оптимальный уровень сырой клетчатки и ее фракций НДК и КДК в рационах коров по периодам физиологического цикла. Установлено, что в период I фазы лактации (14–100 дней) уровень сырой клетчатки должен составлять 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %. Во II фазе лактации (101–200 дней) содержание сырой клетчатки – 22,5 %; НДК – 41,3 %; КДК – 23,6 %. В период III фазы лактации (201–305 дней) уровень сырой клетчатки должен быть в пределах 25,0 %, НДК – 45,4 %, КДК – 25,4 %. **Новизна исследований** заключается в том, что впервые в условиях Заполярья установлена потребность молочных коров в сырой клетчатке по физиологическим периодам с учетом НДК и КДК. Разделение клетчатки на фракции дает возможность более полно раскрыть ее состав и, следовательно, более точно определить переваривание в желудочно-кишечном тракте жвачных животных каждой ее фракции в отдельности, установить ее вклад в обеспечении животных энергией.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, нейтрально-детергентная клетчатка (НДК), кислотно-детергентная клетчатка (КДК), рацион, сырая клетчатка, переваримость.

Для цитирования: Кузьмина Л. Н., Карташова А. П. Качество клетчатки и эффективность ее использования в рационах голштин-холмогорских коров // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 56–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64.

Дата поступления статьи: 04.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение генетического потенциала продуктивности молочного скота в Мурманской области оказало влияние на потребность животных в питательных веществах. Необходимость уточнить ее связана с совершенствованием кормления. Уровень клетчатки в рационе влияет на переваримость, потребление кормов, эффективность использования питательных веществ. Главной составной частью грубых кормов являются структурные углеводы [1, с. 15], [2, с. 1], [3, с. 4475].

Сбраживание клетчатки в рубце ведет к образованию больших количеств летучих жирных кислот (ЛЖК). По расчетам Бэлча, валовая энергетическая ценность ЛЖК, образованных в течение суток в рубце коровы, составляет 8140–17 980 ккал [4, с. 361].

Клетчатка имеет большое значение как объемистый и медленно переваривающийся субстрат, необходимый для нормальной моторики наряду с питательной ценностью [5, с. 164], [6, с. 139].

Переваривание клетчатки нельзя рассматривать изолированно от процессов расщепления других питательных веществ. В расщеплении клетчатки в отличие от процесса ферментации других компонентов корма существуют свои

особенности, которые обусловлены ее структурой, типом кормления животного и характером бактериальной ферментации корма в желудочно-кишечном тракте жвачных [7, с. 121], [8, с. 123], [9, с. 21], [10, с. 4172], [11, с. 96].

Переваривание клетчатки в рубце жвачных зависит от многих факторов. Важный фактор, отрицательно сказывающийся на переваривании клетчатки, – степень лигнификации растений. Переваривание такой клетчатки можно представить, как если бы она состояла из двух компонентов: одного – потенциально переваримого, другого – непереваримого [12, с. 30], [13, с. 8119].

Как отмечают С. В. Воробьева и др. [14]: «Негативной стороной показателя сырой клетчатки является то, что с увеличением ее уровня в рационе происходит снижение переваримости, а значит, и энергетической ценности корма. Однако жвачные животные в состоянии переваривать большое количество гемицеллюлоз и целлюлозы кормов. А их возможность переваривать сырую клетчатку ограничивается объемом желудочно-кишечного тракта и содержанием лигнина в рационе. Таким образом, сырая клетчатка дает лишь приблизительное представление о различиях в степени переваримости кормов.

Второй серьезной проблемой является то, что в процессе химического анализа корма под действием кислот и щелочей часть гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина растворяется, фильтруется и при подсчете учитывается в БЭВ. Таким образом, истинная картина содержания углеводов искажается.

Исследованиями лаборатории физиологии ВИЖ установлено, что сырая клетчатка различных кормов, кала и дуоденального химуса включает в себя от 83 до 96 % целлюлозы, от 6 до 25 % гемицеллюлоз и до 33 % лигнина. В ходе определения клетчатки установлено, что в БЭВ переходят от 4 до 17 % целлюлозы, от 77 до 94 % гемицеллюлоз и от 68 до 100 % лигнина сухого вещества образца.

Исследования показали, что содержание гемицеллюлоз и целлюлозы в кормах в сумме составляет 46–60 %, что значительно превышает количество определяемой сырой клетчатки (28–35 %). Недостатки в методике определения послужили причиной для разработки новых систем анализа, что и было предложено в 1965 году».

Ван Соест и Мур предложили схему анализа, в которой наиболее наглядно представлены характеристики питательности корма. Согласно этой схеме, в корме различают клеточное содержимое и клеточные стенки, а последние – по другим составным элементам. При обработке корма нейтральным детергентом содержимое клеток (липиды, сахара, крахмал, органические кислоты, растворимые протеины, пектины) растворяются в этом детергенте. Оставшаяся волокнистая фракция, содержащая клеточные стенки, представляет собой нейтрально-детергентную клетчатку (НДК), которая состоит из гемицеллюлоз, целлюлозы и лигнина. Затем, при обработке нерастворенного в нейтральном детергенте осадка кислотным детергентом растворяются гемицеллюлозы. Получившийся осадок (лигнин и целлюлоза) представляет собой кислотно-детергентную клетчатку (КДК) [15, с. 3583].

«Для оценки структурности корма в разных странах используют разные показатели. В Германии для этого используют прежде всего показатель сырой клетчатки (международное обозначение XF) и содержание в ней структурной клетчатки (Sxf), а также показатель структуры корма (SW). В англоговорящей среде используются фракции сырой клетчатки – нейтрально-детергентная клетчатка (NDF), кислотно-детергентная клетчатка (ADF) и кислотно-детергентный лигнин (ADL)» [16].

Хотя НДК и КДК превосходят сырую клетчатку при оценке качества кормов, исследования по этим фракциям клетчатки противоречивы, практическое использование данных показателей в кормлении ограничено [17, с. 82].

По данным известных ученых (Е. Л. Харитонов и др.), в период раздоя (14–100 дней) содержание НДК в рационах коров при продуктивности 6500 кг молока должно быть в пределах 35–40 %, во второй фазе лактации (101–200 дней) – 43–45 %, в период третьей фазы (201–305 дней) – 47 %, в сухостойном периоде – 45–48 %. Вопрос об оптимальном количестве клетчатки для молочных коров по периодам физиологического цикла в настоящее время остается актуальным [18, с. 9].

Методология и методы исследования (Methods)

Целью исследований было установление оптимального уровня клетчатки и ее фракций – нейтрально-детергентной (НДК) и кислотно-детергентной (КДК) – в рационах голштин-холмогорских коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла.

Исследования проводились в базовом хозяйстве ООО «Полярная звезда» на коровах и в химико-аналитической лаборатории опытной станции. Было сформировано 2 группы коров по 10 голов в каждой по принципу парных аналогов.

Разный уровень НДК и КДК в рационах создавали путем подбора кормов с учетом доступности к перевариванию. Все корма исследованы на полный зоотехнический анализ по общепринятым методикам.

В кале коров, как и в кормах, проведен полный зоотехнический анализ.

Контроль над клиническим состоянием животных определяли путем взятия крови на биохимический анализ, а также путем исследования мочи. В молоке определяли белок, жир.

Рубцовое содержимое брали от подопытных коров с помощью резинового шланга в период балансового опыта.

Целлюлозолитическую активность микрофлоры желудка определяли по методу Хендерсона, Хорвата и Блока в модификации Чюрлиса.

НДК и КДК определяли по методу Ван Соеста и Саутгейта в модификации Н. Н. Семиной.

Результаты (Results)

Рацион сухостойных коров соответствовал нормам кормления сельскохозяйственных животных [19, с. 42]. В составе рациона 20 % грубых кормов, 20 % силоса, 47 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 13 %. В рационе содержалось 13,0 кг сухого вещества, 2900 г сырой клетчатки, 1810 г сырого протеина, 365 г сырого жира, 12,3 кормовых единиц, 142, МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 13,8 %, уровень сырой клетчатки – 22,3 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 39,6 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,3 %, по сухому веществу.

После отела, в период I фазы лактации, рацион коров I опытной группы состоял из 11,2 % грубых кормов, 21,3 % сочных, 49,0 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 18,5 %. В рационе содержалось 18,04 кг сухого вещества, 3769 г сырой клетчатки, 2624 г сырого протеина, 660 г сырого жира, 16,5 кормовых единиц, 166,6 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,5 %, сырой клетчатки – 20,5 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 40,0 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,0 % по сухому веществу. Рацион коров II контрольной группы состоял из 8,8 % грубых кормов, 9,9 % сочных, 60 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 21,3 %. В рационе содержалось 17,84 кг сухого вещества, 3142 г сырой клетчатки, 2594 г сырого протеина, 640 г сырого жира, 15,10 кормовых единиц, 163,5 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,7 %, сырой клетчатки – 17 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 35,0 %, кислотно-детергентная клет-

чатка – 20,0 % по сухому веществу. Рационы коров I и II групп отличались по уровню сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки. По остальным показателям рационы были практически одинаковыми.

Результаты опыта показали, что в период первой фазы лактации животные опытной группы потребили на 6,12 % больше сухого вещества, чем в контроле, т. е. рацион с уровнем НДК 40 % и КДК 25 % оказался наиболее оптимальным.

Сухое вещество отражает общий объем рациона. Объемистые корма в рационе коров опытной группы составляли 46,9 % от общего количества сухого вещества рациона, в контрольной – 29,7 %.

На повышение продуктивности коров и полезное использование кормов большое влияние оказали не только уровень, но и структура сухого вещества рациона. В нашем опыте оптимальной оказалась структура сухого вещества в рационах коров I группы, где сено составляло 20,6 %, силос – 26,35 %, комбикорм – 35,49 %, пивная дробина – 7,44 %, патока – 8,05 %, рыбная мука – 2,11 % (таблица 1).

Переваримость сырой клетчатки, НДК была достоверно выше у животных опытной группы ($P < 0,05$). Это, по-видимому, связано с тем, что повышение концентрированных кормов в рационе коров контрольной группы до 60 % привело к угнетению целлюлозолитической активности рубцового содержимого и в итоге к снижению переваримости клетчатки. Переваримость остальных питательных веществ в обеих группах была практически одинаковой (таблица 2).

Разный уровень нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки повлиял на продуктивность коров. Рацион с уровнем НДК 40,0 % и КДК 25,0 % способствовал повышению удоя, жира и белка в молоке коров I опытной группы. В опытной группе на 1 голову в сутки получено 22,81 кг молока жирностью 3,68 %, в контрольной группе – 21,77 кг молока с содержанием жира 3,56 %. Содержание белка в молоке коров опытной группы было выше на 0,09 %. (таблица 3).

В пересчете на 4-процентное молоко от коров опытной группы дополнительно получено 1,38 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,75 кормовых единиц, во II – 0,80 кормовых единиц.

Таблица 1

Структура сухого вещества рационов подопытных коров в период первой фазы лактации, %

Корма	I группа – опытная (40 % НДК)	II группа – контрольная (35 % НДК)
Сено луговое	20,56	16,96
Силос из многолетних трав	26,35	12,71
Комбикорм	35,49	49,01
Патока свекловичная	8,05	8,55
Пивная дробина	7,44	11,84
Рыбная мука	2,11	0,93
Сухое вещество, кг	19,04	18,84

Table 1

Dry matter structure of rations for experimental cows during first phase lactation, %

Feeds	I group – experimental (40 % of NDF)	II group – control (35 % of NDF)
Meadow hay	20.56	16.96
Perennial grasses silage	26.35	12.71
Mixed feed	35.49	49.01
Beet molasses	8.05	8.55
Brewer's grains	7.44	11.84
Fish meal	2.11	0.93
Dry matter, kg	19.04	18.84

Таблица 2

Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов подопытных коров в период первой фазы лактации, %

Группы коров	Сырая клетчатка	НДК	КДК	Органическое вещество
I группа – опытная	53,32 ± 1,60*	61,34 ± 0,73*	58,28 ± 1,22	69,12 ± 1,21
II группа – контрольная	46,53 ± 0,40	57,57 ± 0,93	54,37 ± 1,10	67,95 ± 0,45

Примечание: * $P < 0,05$.

Table 2

Digestibility coefficient of ration nutrients for experimental cows during first phase lactation, %

Groups of cows	Crude fiber	NDF	ADF	Organic substance
I group – experimental	53.32 ± 1.60*	61.34 ± 0.73*	58.28 ± 1.22	69.12 ± 1.21
II group – control	46.53 ± 0.40	57.57 ± 0.93	54.37 ± 1.10	67.95 ± 0.45

Note: * $P < 0,05$.

Таким образом, наиболее оптимальными для коров в период первой фазы были рационы с уровнем сырой клетчатки 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %.

В период второй фазы лактации рацион коров опытной группы состоял из 12,2 % грубых кормов, 31,88 % сочных кормов, 39,33 % концентрированных и 16,67 % прочих кормов. В рационе содержалось 16,98 кг сухого вещества, 3818 г сырой клетчатки, 2411 г сырого протеина, 545 г сырого жира, 15,18 кг кормовых единиц, 163,9 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,0 %, сырой клетчатки 22,5 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 41,3 %, кислотно-детергентная клетчатка – 23,6 % по сухому веществу. Рацион коров контрольной группы состоял из 12,28 % грубых кормов, 36,92 % сочных, 37,65 % концентрированных, прочие корма составляли 13,15 %. В рационе содержалось 17,13 кг сухого вещества, 4395 г сырой клетчатки, 2424 г сырого протеина, 586 г сырого жира, 15,10 кг кормовых единиц, 163,5 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 14,0 %, сырой

клетчатки – 25,6 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 45,0 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,0 % по сухому веществу. Рационы коров опытной и контрольной групп отличались уровнем сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки, а также по уровню сухого вещества объемистых кормов. По остальным показателям рационы были практически одинаковыми.

В таблице 4 представлены данные по содержанию структурных углеводов в кормах и кале коров.

Химический анализ объемистых кормов показал, что в 1 кг силоса из многолетних трав содержится 118,2 г нейтрально-детергентной клетчатки, 64,3 г кислотно-детергентной клетчатки. В 1 кг сена разнотравного содержится 474,7 г нейтрально-детергентной и 283,5 г кислотно-детергентной клетчатки.

В результате проведенного опыта по переваримости нами установлено, что у коров опытной группы, которые находились на рационе с более низким уровнем кислотно-детергентной клетчатки, переваримость питательных

Таблица 3
Продуктивность подопытных коров в период первой фазы лактации

Группы коров	Удой, кг	Молочный жир, %	4-процентное молоко	Белок, %	Корм. ед. на 1 кг 4-процентного молока
I группа – опытная	22,81 ± 0,24	3,68 ± 0,06	21,71 ± 0,31*	2,91	0,75
II группа – контрольная	21,77 ± 0,32	3,56 ± 0,05	20,33 ± 0,26	3,00	0,80

Примечание: * $P < 0,05$.

Table 3
Productivity of experimental cows during first phase lactation

Groups of cows	Milk yield, kg	Milk fat, %	4 % milk	Protein, %	Feed unit per 1 kg of 4 % milk
I group – experimental	22.81 ± 0.24	3.68 ± 0.06	21.71 ± 0.31*	2.91	0.75
II group – control	21.77 ± 0.32	3.56 ± 0.05	20.33 ± 0.26	3.00	0.80

* $P < 0,05$.

Таблица 4
Содержание структурных углеводов в кормах, кале коров в период опыта, %

Исследуемый материал	Нейтрально-детергентная клетчатка (НДК)	Кислотно-детергентная клетчатка (КДК)
Сено разнотравное	57,6	34,4
Силос из многолетних трав	60,0	32,2
Комбикорм для дойных коров	25,4	10,5
Пивная дробина	42,2	33,4
Картофель	15,5	9,6
Шрот подсолнечный	38,0	27,0
Кал коров	51,1–53,6	38,7–39,2

Table 4
Content of structure carbohydrates in feeds and fecal of cows during experiment, %

Investigate substance	Neutral Detergent Fiber (NDF)	Acid Detergent Fiber (ADF)
Motley grasses hay	57.6	34.4
Perennial grasses silage	60.0	32.2
Mixed feed for dairy cow	25.4	10.5
Brewer's grains	42.2	33.4
Potato	15.5	9.6
Sunflower meal	38.0	27.0
Fecal of cow	51.1–53.6	38.7–39.2

веществ была выше, чем у коров контрольной группы. Так, например, переваримость сырого протеина в I группе была выше на 2,93 %, сухого вещества – на 3,80 %, органического вещества – на 3,99 %, нейтрально-детергентной клетчатки – на 6,78 %, кислотно детергентной клетчатки – на 2,72 %.

Потребление сухого вещества рациона было практически одинаковым у коров опытной и контрольной групп и составило 17,0 кг на 1 голову в сутки. Это, по-видимому, связано с тем, что в период пика лактации животное покрывает расход питательных веществ на образование молока за счет кормов рациона и путем мобилизации жировых депо организма, а во второй фазе лактации идет восстановление израсходованных питательных веществ организма, причем очень интенсивное, и пик потребления кормов преобладает над пиком лактации. Таким образом, повышение уровня сырой клетчатки, НДК и КДК более 22,5 %, 41,3 % и 23,6 % нецелесообразно, так как оно не способствует увеличению потребления сухого вещества рациона, но снижает переваримость питательных веществ рациона.

Разный уровень НДК и КДК в рационах коров I и II групп повлиял на структуру сухого вещества, имеющую большое значение в использовании кормов. В нашем опыте оптимальной оказалась структура сухого вещества рациона коров опытной группы, где сено составляло 21,8 %, силос – 25,5 %, комбикорм – 25,8 %, пивная дробина – 11,8 %, патока – 6,4 %, шрот соевый – 2,5 %, картофель – 6,1 %.

Объемистые корма в рационе коров I группы занимали 47,3 % от общего количества сухого вещества рациона, во II группе они составляли 58,0 %.

В таблице 5 представлены данные по содержанию общего азота в моче и белка в молоке подопытных коров.

Потери азота с мочой из организма животных были больше у коров II группы – 1050 мг% против 805 мг%. Содержание белка в молоке коров было больше на 0,25 % в опытной группе. В проведенных ранее опытах нами установлено, что эффективность использования азота кормов жвачными животными в значительной степени зависит от расщепляемости протеина кормов в рубце. Для максимального синтеза микробного протеина и максимальной переваримости клетчатки необходим определенный уровень растворимого азота. Избыточный растворимый протеин выводится и, таким образом, оказывается бесполезным для коров. Более низкая расщепляемость протеина рациона коров I группы, которая составила 60,0 % по сравнению с 64-процентной расщепляемостью рациона коров II группы, способствовала повышению эффективности использования азота кормов.

Лучшее использование питательных веществ рациона животными I группы нашло отражение в молочной продуктивности. Рацион с уровнем НДК, равным 41,3 % и КДК 23,6 %, способствовал повышению удоя и процента белка в молоке (таблица 6).

В опытной группе на 1 голову в сутки получено 20,47 кг молока жирностью 3,58 %, а в контрольной группе – 19,05 кг с содержанием жира 3,56 %. В расчете на 4-процентное молоко от коров I группы дополнительно получено 1,39 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,79, во II – 0,85.

Исследования по количеству и качеству клетчатки продолжались в третьей фазе лактации. Снижение уровня кормления должно осуществляться за счет уменьшения в рационе концентрированных кормов, поэтому качество объемистых кормов должно быть таким, чтобы животные получали достаточное количество питательных веществ, необходимых для интенсивного роста плода и поддержания продуктивности коров.

Таблица 5
Содержание общего азота в моче и белка в молоке коров в опытный период

Группы коров	Общий азот, мг%	Белок в молоке, %
I группа – опытная	805,0 ± 39	3,25 ± 0,05
II группа – контрольная	1050,0 ± 64*	3,00 ± 0,08

Примечание: * P < 0,05.

Table 5
Content of total nitrogen in urine and protein in cow milk in the experimental period

Groups of cows	Total nitrogen, mg%	Milk protein, %
I group – experimental	805.0 ± 39	3.25 ± 0.05
II group – control	1050.0 ± 64*	3.00 ± 0.08

Note: * P < 0,05.

Таблица 6
Продуктивность подопытных коров в период второй фазы лактации

Группы коров	Удой, кг	% жира	4-процентное молоко	Корм. ед. на 1 кг 4-процентного молока
I группа – опытная	20.47 ± 0.36	3.58 ± 0.04	19.18 ± 0.31	0.79
II группа – контрольная	19.05 ± 0.32	3.51 ± 0.05	17.79 ± 0.29	0.85

Table 6
Productivity of experimental cows during second phase lactation

Groups of cows	Milk yield, kg	Milk fat, %	4 % milk	Feed unit per 1 kg of 4 % milk
I group – experimental	20.47 ± 0.36	3.58 ± 0.04	19.18 ± 0.31	0.79
II group – control	19.05 ± 0.32	3.51 ± 0.05	17.79 ± 0.29	0.85

Рацион коров опытной группы состоял из 12,5 % грубых кормов, 34,8 % сочных кормов, 31,4 % концентрированных и 21,3 % прочих кормов. В рационе содержалось 13,13 кг сухого вещества, 3274 г сырой клетчатки, 1600 г сырого протеина, 417,5 г сырого жира, 11,47 кг кормовых единиц, 127,0 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 12,2 %, сырой клетчатки – 25,0 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 45,4 %, кислотно-детергентная клетчатка – 25,4 % по сухому веществу рациона. Рацион коров контрольной группы состоял из 12,4 % грубых кормов, 21,4 % сочных кормов, 42,8 % концентрированных кормов, прочие корма составляли 23,4 %. В рационе содержалось 12,97 кг сухого вещества, 2703 г сырой клетчатки, 1625 г сырого протеина, 393 г сырого жира, 11,56 кг кормовых единиц, 128,9 МДж обменной энергии. Уровень сырого протеина в сухом веществе составлял 12,8 %, сырой клетчатки – 21,3 %. Нейтрально-детергентная клетчатка составляла 41,2 %, кислотно-детергентная клетчатка – 23,1 % по сухому веществу рациона. Рационы коров опытной и контрольной группы отличались уровнем сырой клетчатки, нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки, а также по сухому веществу объемистых кормов. Результаты исследований показали, что потребление кормов животными опытной и контрольной групп было неодинаковым. Животные опытной группы на 3,6 % потребовали больше кормов, чем в контроле. Нами установлено, что в последние 10 недель лактации увеличение живой массы подопытных коров составило в I группе 31,5 кг, во II – 30,6 кг. Среднесуточный прирост живой массы в I группе составил 450 г, во II – 437 г. Это указывает на то, что у животных обеих групп созданы необходимые резервы для будущей лактации.

Лучшее использование питательных веществ рациона животными I группы нашло отражение как в приросте живой массы, так и в молочной продуктивности. Рацион с уровнем НДК 45,4 % и КДК 25,4 % способствовал повышению удоя и процента жира в молоке коров I группы. В опытной группе получено на 1 голову в сутки 12,71 кг молока жирностью 3,63 %, в контрольной группе – 12,3 кг с содержанием жира 3,57 %. В пересчете на 4-процентное молоко от коров I группы дополнительно получено

0,5 кг на 1 голову в сутки. Затраты кормовых единиц на 1 кг 4-процентного молока составили в I группе 0,96, во II – 1,0. За период третьей фазы лактации от 1 коровы получено молока 4-процентной жирности в опытной группе 1200 кг, в контрольной – 1150 кг, т. е. в I группе на 4,3 % больше, чем во II.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате проведенных исследований определен оптимальный уровень сухого вещества, сырой клетчатки и ее фракций НДК и КДК в рационах коров с удоем 6–7 тыс. кг молока по периодам физиологического цикла. Установлено, что наиболее оптимальный уровень сырой клетчатки в период первой фазы лактации 20,5 %, НДК – 40,0 %, КДК – 25,0 %. Во второй фазе лактации – соответственно 22,5 %, 41,3 %, 23,6 %. В период третьей фазы лактации уровень сырой клетчатки должен быть на уровне 25,0 %, НДК – 45,4 %, КДК – 25,4 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что увеличение объемистых кормов в рационах коров в основном за счет силоса позволяет экономить более дорогостоящие концентрированные корма. Последнее весьма важно, т. к. силос – это корм местного производства и частичная замена им концентрированных кормов ведет к снижению себестоимости продукции.

Уменьшение в рационах коров концентрированных кормов за счет объемистых должно быть при условии их высокого качества с целью полного удовлетворения животных в питательных веществах.

Уровень НДК, равный 40,0 % в первой и 45,4 % в третьей фазах лактации, способствовал большему потреблению сухого вещества рациона – на 7,7 % и 3,6 %, соответственно.

Использование наиболее оптимальных рационов по содержанию сырой клетчатки, НДК и КДК позволило дополнительно получить на 1 голову в сутки в первой фазе лактации до 2,25 кг 4-процентного молока, во второй – до 2,09 кг, в третьей – 0,5 кг.

Увеличение объемистых кормов до 13 % в рационах коров и снижение концентрированных до 12 % в структуре сухого вещества рациона дает возможность экономии последних до 3,5 ц на 1 голову в год.

Библиографический список

1. Мошкина С. В., Абрамова Н. В., Колганова Т. Ю. Структурные углеводы в кормлении молочного скота: учебно-методическое пособие. Орел, 2016. 56 с.
2. Кузьмина Л. Н. Углеводное питание высокопродуктивных голштин-холмогорских коров с учетом качества кормов и их доступности // *Агрозоотехника*. 2019. Том 2. № 2. С. 1–8. DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.5.
3. Fustini M., Palmonari A., Canestrari G. [et al.] Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance // *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100 (6). Pp. 4475–4483. DOI: 10.3168/jds.2016-12266.
4. Balch C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows: I. The rate of passage of food through the digestive tract // *British Journal of Nutrition*. 1950. Vol. 4 (4). Pp. 361–366. DOI:10.1079/BJN19500060.
5. Маслюк А. Н., Токарева М. А. Эффективность оптимизации протеинового и углеводного питания высокопродуктивных коров // *Животноводство и кормопроизводство*. 2018. Т. 101. № 4. С. 164–171.
6. Филиппова О. Б., Кийко Е. И., Маслова Н. И. Рубцовое пищеварение у коров при различном составе кормовой смеси // *Вестник ВНИИМЖ*. 2017. № 4 (28). С. 139–144.
7. Муратова Н. С., Танифа В. В., Лукичев В. Л. Влияние структурных углеводов на молочную продуктивность и воспроизводительные качества коров // *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2016. № 4 (48). С. 121–125.

8. Сизова Ю. В. Влияние фракционного состава углеводов на молочную продуктивность коров // Инновационная наука. 2015. № 9. С. 123–126.
9. Волгин В. И., Романенко Л. В., Прохоренко П. Н. [и др.] Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности. М.: РАН, 2018. 260 с.
10. Miller-Cushon E. K., DeVries T.J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (5). Pp. 4172–4183. DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
11. Курепин А. А., Шорец Р. Д., Лемешевский В. О. Влияние соотношения НДК и КДК в рационах коров на микробиологические и ферментативные показатели рубцового пищеварения // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы международной научно-практической конференции. Омск, 2016. С. 96–99.
12. Филинская О. В., Кеворкян С. А. Практические методы контроля полноценности кормления высокопродуктивных коров в условиях современного комплекса // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 4 (44). С. 30–36.
13. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K. W. [et al.] Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (10). Pp. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
14. Воробьева С. В., Боголюбова Н. В., Овчинникова Т. М. Методическое руководство по определению нейтрально-и кислотно-детергентной клетчатки в кормах и биологических средах и использованию этих фракций в кормлении крупного рогатого скота [Электронный ресурс]. URL: <http://agrokias.narod.ru/index/0-28> (дата обращения: 24.05.2020).
15. Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition // Journal of Dairy Science. 1991. Vol. 74 (10). Pp. 3583–3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
16. Три системы оценки структурности корма: сырая и структурная клетчатка, показатель структуры корма и NDF, ADF, ADL [Электронный ресурс] // SOFT-AGRO. 2015. URL: <https://soft-agro.com/krs-na-otkorme/tri-sistemy-ocenki-struktury-korma-syruya-i-strukturnaya-kletchatka-pokazatel-struktury-korma-i-ndf-adf-adl.html> (дата обращения: 24.05.2020).
17. Кузьмина Л. Н., Кузьмин С. С., Корбут О. В. Доступность к перевариванию клетчатки кормов и ее фракций в рационах голштин-холмогорских коров в условиях Европейского Севера // Генетика и разведение животных. 2018. № 1. С. 82–87. DOI: 10.31043/2410-2733-2018-1-82-87.
18. Харитонов Е. Л., Агафонов В. И., Харитонов Л. В. Методические рекомендации по совершенствованию и использованию кормовой базы в молочном скотоводстве Калужской области: практические рекомендации. Боровск, 2008. 55 с.
19. Калашников А. П., Фисинин В. И., Щеглов В. В., Клейменов Н. И. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп.. Москва, 2003. 456 с.

Об авторах:

Людмила Николаевна Кузьмина¹, старший научный сотрудник лаборатории научного обеспечения сельскохозяйственного производства, ORCID 0000-0002-3618-0977, AuthorID 359612; +7 921 513-98-67, +7 (8155) 37-13-24, research-station@yandex.ru

Анастасия Петровна Карташова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, временно исполняющий обязанности директора, ORCID 0000-0003-3144-2816, AuthorID 560003

¹Мурманская государственная сельскохозяйственная опытная станция, Молочный, Россия

The quality of fiber and the effectiveness of use in rations of Holstein-Kholmogor cows

L. N. Kuzmina¹✉, A. P. Kartashova¹

¹Murmansk State Agricultural Experimental Station, Molochnyy, Russia

✉E-mail: research-station@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to determine the optimal level of fibre and its fractions, neutral detergent fibre (NDF) and acid detergent fibre (ADF), in the ration of cows with milk yield 6–7 thousand kg according to the period of the physiological cycle. The scientific and economic experiment was carried out with two groups of cows, control and test, 10 animals in each other, during the whole period of lactation. The ration of control group cows corresponded to the economic one. The analysis of the crude fibre in feeds doesn't identify a reasonably accurate content of the fibre and its fractions. Therefore, the research includes the elaborated method of fractionation of structural carbohydrates (Van Soest et al.). **As a result of the research,** the optimal level of the crude fibre and its fractions (NDF and ADF) was determined in the cow rations according to the periods of the physiological cycle. It was established that the level of the crude fibre should be 20.5 %; NDF – 40.0 %; ADF – 25.0 % during the first phase of lactation (14–100 days). For the period of the second phase of lactation (101–200 days) the content of

the crude fiber – 22.5 %, NDF – 41.3 %, and ADF – 26.3 %. For the period of the third phase of lactation (201–305 days) the level of the crude fibre should be 25.0 %; NDF – 45.5 %; ADF – 25.4 %. **The novelty of the research** is that we determined the requirements of the milk cows for the crude fibre, NDF and ADF according to the physiological periods in the conditions of the Arctic region. Separation of the fibre into fractions makes it possible to reveal more fully its composition, and consequently to show more precisely digesting of each fraction in the gastrointestinal tract of ruminants and to determine the role of fibre in providing of animals by energy.

Keywords: cattle, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ration, crude fiber, digestibility.

For citation: Kuzmina L. N., Kartashova A. P. Kachestvo kletchatki i effektivnost' ee ispol'zovaniya v ratsionakh golshhtin-kholmogorskikh korov [The quality of fiber and the effectiveness of use in rations of Holstein-Kholmogor cows] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 56–64. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-56-64. (In Russian.)

Paper submitted: 04.05.2020.

References

1. Moshkina S. V., Abramkova N. V., Kolganova T. Yu. Strukturnye uglevody v kormlenii molochnogo skota: uchebno-metodicheskoe posobie. [Structural carbohydrates in feeding of dairy cattle: manual]. Orel, 2016. 56 p. (In Russian.)
2. Kuzmina L. N. Uglevodnoe pitanie vysokoproduktivnykh golshhtin-kholmogorskikh korov s uchetom kachestva kormov i ikh dostupnosti [Carbohydrate nutrition of high-yielding Hoolstein-Kholmogory cow breed given the fodder quality and its availability] // Agricultural and Livestock Technology. 2019. Vol. 2. No. 2. Pp. 1–8. DOI: 10.15838/alt.2019.2.2.5. (In Russian.)
3. Fustini M., Palmonari A., Canestrari G. [et al.] Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (6). Pp. 4475–4483. DOI: 10.3168/jds.2016-12266.
4. Balch C. C. Factors affecting the utilization of food by dairy cows: I. The rate of passage of food through the digestive tract // British Journal of Nutrition. 1950. Vol. 4 (4). Pp. 361–366. DOI:10.1079/BJN19500060.
5. Maslyuk A. N., Tokareva M. A. Effektivnost' optimizatsii proteinovogo i uglevodnogo pitaniya vysokoproduktivnykh korov [Optimization efficiency of protein and carbohydrate nutrition of highly productive cows] // Herald of Beef Cattle Breeding. 2018. Vol. 101. No. 4. Pp. 164–171. (In Russian.)
6. Filippova O. B., Kiyko E. I., Maslova N. I. Rubtsovoe pishchevarenie u korov pri razlichnom sostave kormovoy smesi [The cows rumen digestion at feed mixture's different composition] // Vestnik VNIIMZH. 2017. No 4 (28). Pp.139-144. (In Russian.)
7. Muratova N. S., Tanifa V. V., Lukichev V. L. Vliyaniye strukturnykh uglevodov na molochnuyu produktivnost' i vosproizvoditel'nye kachestva korov [Influence of structural carbohydrates on dairy efficiency and reproductive qualities of cows] // Modern High Technologies. Regional Application. 2016. No. 4 (48). Pp. 121–125. (In Russian.)
8. Sizova Yu. V. Vliyaniye fraktsionnogo sostava uglevodov na molochnuyu produktivnost' korov [Influence of fractional composition of carbohydrates on milk productivity of cows] // Innovatsionnaya nauka. 2015. No. 9. Pp. 123–126. (In Russian.)
9. Volgin V. I., Romanenko L. V., Prokhorenko P. N. [et al.] Polnotsennoe kormlenie molochnogo skota – osnova realizatsii geneticheskogo potentsiala produktivnosti [Full value feeding of dairy cattle – the basis for the realization of the genetic potential of productivity]. Moscow: RAN, 2018. 260 p. (In Russian.)
10. Miller-Cushon E. K., DeVries T.J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (5). Pp. 4172–4183. DOI: 10.3168/jds.2016-11983.
11. Kurepin A. A., Shorets R. D., Lemeshevskiy V. O. Vliyaniye sootnosheniya NDK i KDK v ratsionakh korov na mikrobiologicheskie i fermentativnye pokazateli rubtsovogo pishchevareniya [Influence ratio NDF and the ADF in the diets of cows on the microbiological and enzymatic parameters of rumen digestion] // Sovremennoe sostoyaniye, perspektivy razvitiya molochnogo zhivotnovodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Omsk, 2016. Pp. 96–99. (In Russian.)
12. Filinskaya O. V. Kevorkyan S. A. Prakticheskie metody kontrolya polnotsennosti kormleniya vysokoproduktivnykh korov v usloviyakh sovremennogo kompleksa [Practical methods of controlling the usefulness of feeding highly productive cows in the modern complex] // Agroindustrial Complex of Upper Volga Region Herald. 2018. No. 4 (44). Pp. 30–36. (In Russian.)
13. Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K. W. [et al.] Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on in vitro and in vivo neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages // Journal of Dairy Science. 2017. Vol. 100 (10). Pp. 8119–8131. DOI: 10.3168/jds.2016-12364.
14. Vorob'eva S. V., Bogolyubova N. V., Ovchinnikova T. M. Metodicheskoe rukovodstvo po opredeleniyu neytral'no- i kislotno-detergentnoy kletchatki v kormakh i biologicheskikh sredakh i ispol'zovaniyu etikh fraktsiy v kormlenii krupnogo rogatogo skota [Guidelines for determination of neutral and acid detergent fiber in feeds and biology substances and use of these fractions in cattle feeding] [e-resource]. URL: <http://agrokias.narod.ru/index/0-28> (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)
15. Van Soest P. J., Robertson J. B., Lewis B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition // Journal of Dairy Science. 1991. Vol. 74 (10). Pp. 3583–3597. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
16. Tri sistemy otsenki strukturnosti korma: syraya i strukturnaya kletchatka, pokazatel' struktury korma i NDF, ADF, ADL [Three evaluation systems of feed structure: crude and structural fibre, rate of feed structure, and NDF, ADF, ADL] [e-resource] //

SOFT-AGRO. 2015. URL: <https://soft-agro.com/krs-na-otkorme/tri-sistemy-ocenki-struktury-korma-syraya-i-strukturnaya-kletchatka-pokazatel-struktury-korma-i-ndf-adf-adl.html> (appeal date: 24.05.2020). (In Russian.)

17. Kuz'mina L. N., Kuz'min S. S., Korbut O. V. Dostupnost' k perevarivaniyu kletchatki kormov i ee fraktsiy v ratsionakh golshhtin-kholmogorskikh korov v usloviyakh Evropeyskogo Severa [Availability to digesting of fodder's fiber and its fractions in the holshtein-kholmogory cow rations in the conditions of the European North] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2018. No. 1. Pp. 82–87. (In Russian.)

18. Kharitonov E. L., Agafonov V. I., Kharitonov L. V. Metodicheskie rekomendatsii po sovershenstvovaniyu i ispol'zovaniyu kormovoy bazy v molochnom skotovodstve Kaluzhskoy oblasti: prakticheskie rekomendatsii [Guidelines for improving and using of feeding base in dairy cattle in the Kaluga region]. Borovsk, 2008. 55 p. (In Russian.)

19. Kalashnikov A. P., Fisinin V. I., Sheglov V. V., Kleymenov N. I. Normy i ratsiony kormleniya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh [Norms and rations of feeding of agricultural animals]. Reference manual. 3rd edition, revised and supplemented. Moscow, 2003. 456 p. (In Russian.)

Authors' information:

Lyudmila N. Kuzmina¹, senior researcher of the laboratory of scientific support for agricultural production, ORCID 0000-0002-3618-0977, AuthorID 359612; +7 921 513-98-67, +7 (8155) 37-13-24, research-station@yandex.ru

Anastasia P. Kartashova¹, candidate of agricultural sciences, acting director, ORCID 0000-0003-3144-2816, AuthorID 560003

¹ Murmansk State Agricultural Experimental Station, Molochnyy, Russia

Угрозы сибирязвенных захоронений для экологической безопасности Таджикистана и меры их предупреждения

А. А. Муминов¹, О. Д. Назарова^{1, 2✉}

¹ Институт проблем биологической безопасности Таджикской академии сельскохозяйственных наук, Душанбе, Таджикистан

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ E-mail: orzugul@mail.ru

Аннотация. Целью наших исследований является изучение распространенности почвенных очагов сибирской язвы, представляющих угрозу биологической безопасности, роль структуры почвы и климатических факторов при эпизоотическом процессе сибирской язвы животных в Таджикистане для обоснования противозпизоотических и эпидемиологических мероприятий. **Методы.** Особенности проявления ИПС сибирской язвы изучали в динамическом изменении методами прикладной эпизоотологии. **Результаты.** Представлены результаты мониторинга природных очагов сибирской язвы животных за период с 1937 по 2019 гг. среди сельскохозяйственных, домашних и диких животных. Установлено, что природные очаги сибирской язвы животных широко распространены в Юго-Западном и Центральном Таджикистане. В результате проведения анализа структуры почвы и территориального распределения сибирской язвы, а также выявления влияния структуры почвы на вегетацию возбудителя сибирской язвы территория Республики Таджикистан была разделена на 5 ландшафтных зон: серозем светлый и типичный, высокогорный пустынный и луговой и горно-коричнево-карбонатные. При этом светло- и типично сероземные почвы 44 административных делений страны характеризуются благоприятными физико-химическими факторами (содержание гумуса в почве – 4–11,0 %, рН – 6–7, температура на глубине 15–20 см от +2 до +33 °С, подвижного фосфора 16–60 мг/кг, цинка 0,5–1,5 мг/кг, меди 0,4–0,8 мг/кг, марганца 70–100 мг/кг, влажность почвы 30–60 %) для вегетации возбудителя сибирской язвы в почве. Исследованиями также установлено, что из большинства районов, расположенных в долинах, наиболее неблагоприятными по сибирской язве являются территории на высоте до 1000 м над уровнем моря. Так, на долю этих районов приходится 83,9 % от общего количества неблагоприятных пунктов, на высоте 1000–2000 м – 15,1 %, на высоте свыше 2000 м – 1,5 %. Выявлена взаимосвязь заболеваемости животных сибирской язвой и регистрации почвенных очагов в Таджикистане с климатическими факторами. Так, наибольшая регистрация заболевания приходится на более жаркие месяцы года (с мая по сентябрь), когда температура воздуха достигает 30–45 °С при значительном уменьшении количества атмосферных осадков. **Научная новизна.** Впервые проведены ретроспективный анализ и экспертная оценка эпизоотической ситуации и противозпизоотических мероприятий с хронологической глубиной до 82 лет. Выявлена роль структуры почвы на выживаемость и вегетацию возбудителя сибирской язвы. Установлено, что светло- и типично сероземные почвы 44 из 63 административных делений страны характеризуются благоприятными физико-химическими факторами для вегетации возбудителя сибирской язвы в почве. Выявлено, что из большинства районов, расположенных в долинах, наиболее неблагоприятными по сибирской язве являются территории, расположенные на высоте до 1000 м над уровнем моря, а также взаимосвязь заболеваемости животных сибирской язвой и регистрации почвенных очагов в Таджикистане с климатическими факторами.

Ключевые слова: сибирская язва, природные очаги, почвенные очаги, сельскохозяйственные, домашние и дикие животные, ландшафтная дифференциация, эпизоотические очаги, природно-климатические зоны, почвенно-климатические условия, физико-химические факторы.

Для цитирования: Муминов А. А., Назарова О. Д. Угрозы сибирязвенных захоронений для экологической безопасности Таджикистана и меры их предупреждения // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 65–74. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74.

Дата поступления статьи: 20.01.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В Таджикистане одним из основных направлений, составляющих экономику страны, является животноводство, которое в значительной мере определяет благосостояние населения. Развитию отрасли и получению биологически безопасной продукции препятствуют некоторые инфекци-

онные и инвазионные заболевания животных, среди которых особое место занимает сибирская язва. Возбудитель сибирской язвы *Bacillus anthracis* обладает способностью образовывать стойкие очаги инфекции в почве, создавая при этом постоянную угрозу возникновения эпидемии [1], [2], [3], [4], [6], [11], [17], [18], [19].

Целью наших исследований является изучение распространенности почвенных очагов сибирской язвы, представляющих угрозу биологической безопасности, роль структуры почвы и климатических факторов при эпизоотическом процессе сибирской язвы животных в Таджикистане для обоснования противоэпизоотических мероприятий.

Методология и методы исследования (Methods)

Особенности проявления ИПС сибирской язвы изучали в динамическом измерении методами прикладной эпизоотологии: эпизоотологическое обследование неблагополучных пунктов и очагов инфекций, моделирование эпизоотического процесса, выявление факторов риска, прогнозирование, ретроспективный анализ и экспертная оценка эпизоотической ситуации и противоэпизоотических мероприятий с хронологической глубиной до 82 [7], [8], [9], [10], [12], [16].

Результаты (Results)

Многолетними исследованиями специалистов института установлено, что в условиях республики заболевание чаще всего отмечается среди сельскохозяйственных животных, болезнью поражаются преимущественно крупный и мелкий рогатый скот, а также вьючные животные – лошади и ослы, в их заражении немаловажное значение имеют почвенные очаги инфекции. Человек заболевает сибирской язвой путем прямого контакта с больными животными, зараженными продуктами или из объектов внешней среды.

На территории Республики Таджикистан, объединяющей четыре административных единицы и г. Душанбе, с 1937 по 2019 годы были зарегистрированы многочисленные неблагополучные пункты и почвенные очаги сибирской язвы. В результате многолетних исследований ученых института установлено, что на территории республики в течение 82 лет было зарегистрировано 1173 неблагополучных пункта и 1938 эпизоотических очагов, в которых заболело, пало и было захоронено большое количество животных (2662 голов) разных видов, что и способствовало появлению новых почвенных очагов. К настоящему моменту на территории республики насчитывается 1938 почвенных очагов, основное количество из них приходится на Хатлонскую область – 1069, далее районы республиканского подчинения (РРП) – 737, Согдийская область – 104, Горно-Бадахшанская автономная область (ГБАО) – 8.

Появление новых почвенных очагов сибирской язвы связано также с отгонным содержанием животных и перегонном их в летние и зимние пастбища, протяженность которых превышает 2000–3000 км. В связи с тем, что перегон скота по скотопрогонным трассам (на которых имеются почвенные очаги сибирской язвы) проводится в мае – сентябре, чаще всего заражение животных наблюдается в этот период. Изучение сезонности заболевания по периодам года показывает, что на долю зимнего периода приходится 4,3 и 4,2 % от общей численности почвенных очагов и заболеваемости животных, на долю летнего периода – 54,3 и 53,7, осеннего – 32,3 и 34,6 %, а весеннего – 8,3 и 7,5 % соответственно.

Изучение характера распространения почвенных очагов сибирской язвы по административным единицам и эпизоотической ситуации за период 1937–2019 гг. позволило нам распределить территорию Таджикистана на 4 категории: 1 – зоны с высоким эпизоотическим риском, 2 – зоны с умеренным эпизоотическим риском, 3 – зоны низким эпизоотическим риском, 4 – свободные от заболевания зоны, но с высоким риском появления болезни. К зоне с высоким эпизоотическим риском были отнесены районы, в которых с систематической периодичностью было зарегистрировано от 30 до более 170 очагов сибирской язвы. К зонам с умеренным эпизоотическим риском отнесены районы, где за этот период без систематической периодичности были отмечены от 10 до 30 очагов. К зоне низким эпизоотическим риском отнесены территории районов, где было зарегистрировано от 1 до 9 случаев сибирской язвы (рис. 1).

Выявлению закономерностей, определяющих неравномерность территориального распределения сибирской язвы, а также процессов, лежащих в основе проявления активности почвенных очагов, посвящено большое количество исследований, рассматривающих эти вопросы с различных позиций. Многие авторы приходят к заключению, что одним из основных факторов, обуславливающих определенную территориальную приуроченность стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов, является характер почв, на которых они локализируются [5], [9], [13], [16]. Так, по литературным данным в одних почвах *Bac. Anthracis* не только сохраняется в жизнеспособном состоянии, но, по-видимому, находит условия и для вегетации. В других почвах в силу специфики их физико-химических и биологических характеристик имеются факторы, способствующие постепенной утрате вирулентности возбудителя либо вообще препятствующие его жизнедеятельности. Считается установленным, что наиболее благоприятным для сохранения и проявления активности почвенных очагов сибирской язвы условиями характеризуются черноземные почвы. Исследования, проведенные в разные годы в различных регионах России, Грузии, Казахстана, Болгарии и в других территориях, свидетельствуют, что в 50–80 % от всех стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов обычно локализируются в местностях с преобладанием черноземных почв [2], [4], [8], [12], [13], [18].

Второе место по частоте локализации стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов принадлежат темно-каштановым почвам, на которых обнаруживается около 15 % от всех известных пунктов. На территориях с почвами прочих типов стационарно неблагополучные по сибирской язве пункты либо встречаются редко, либо вообще отсутствуют.

Как известно, почва является основным резервуаром сибиреязвенного возбудителя, и стационарность сибиреязвенных очагов связана не только со стойкостью сибиреязвенных спор, но и (главным образом) с накоплением их в почве за счет вегетации. Из почвы споры сибирской язвы рассеиваются с водой (этому способствуют разливы рек, паводки, обильные осадки), а также при проведении земляных работ, бурении скважин, сейсмологических

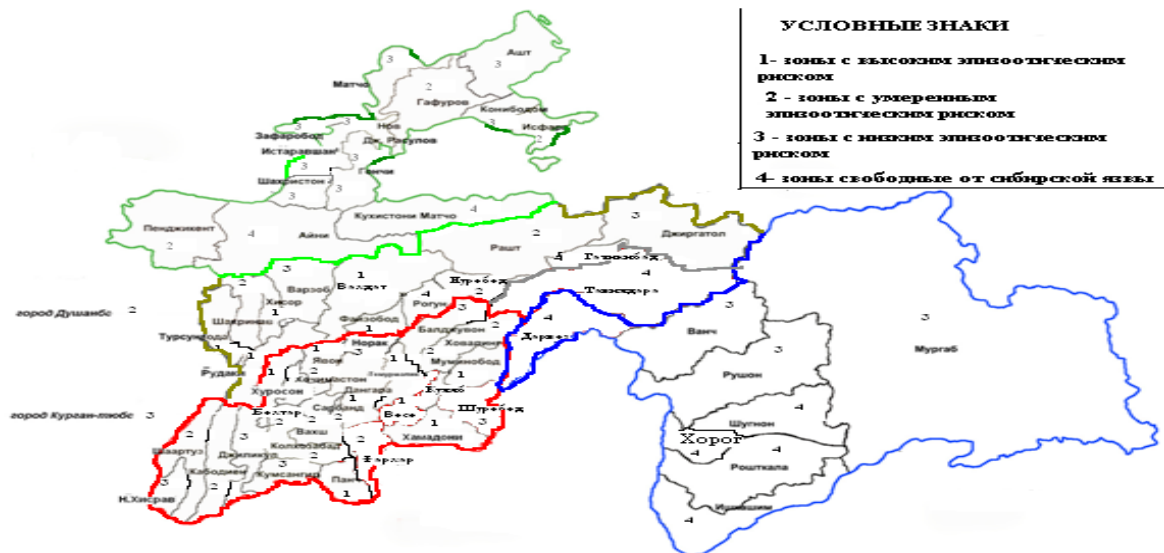


Рис. 1. Зоны риска в зависимости от количества почвенных очагов сибирской язвы в регионах Республики Таджикистан (1937–2019 гг.)

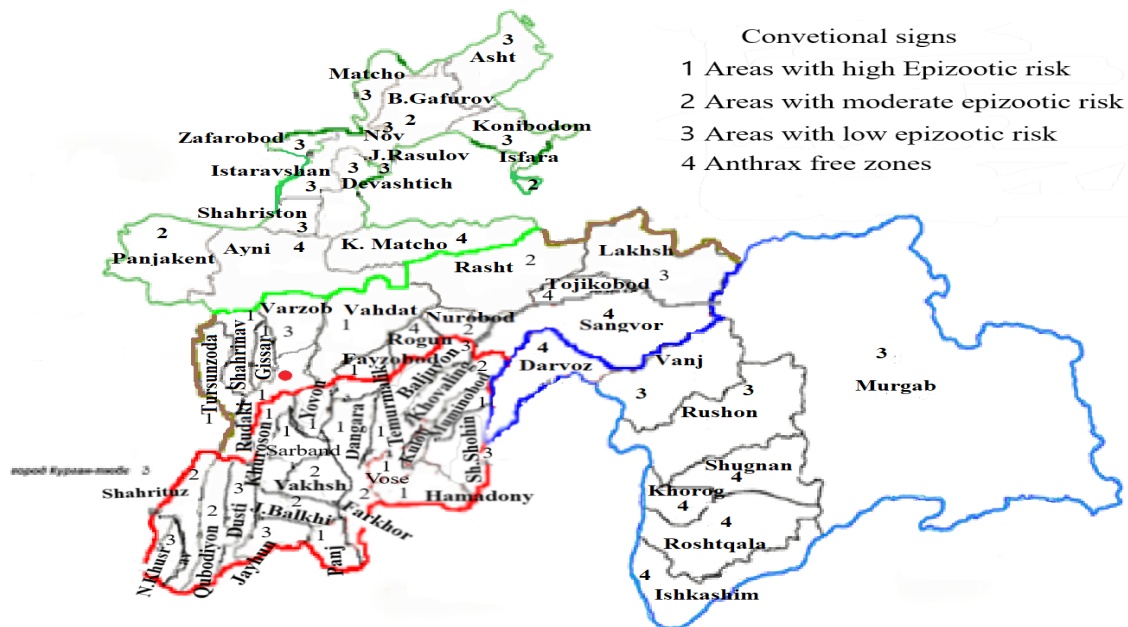


Fig. 1. Zones of risk depending on the amount of soil hearths of anthrax are in the regions of Republic of Tajikistan (1937–2019)

взрывах, гидромелиоративных работах, пыльными бурями и т. д. Как уже было отмечено, на территории республики за 1937–2019 гг. зарегистрированы 1938 эпизоотических очагов. Как показывают исследования, распределение заболеваемости сибирской язвой людей и животных имеет отчетливо выраженную ландшафтную зональность с большей степенью неблагополучия одних ландшафтов по сравнению с другими. На основании анализа структуры почвы (данные института «Таджиктипрозем» и зональных агрохимлабораторий) и территориального распределения сибирской язвы территория Республики Таджикистан нами была разделена на 5 ландшафтных зон: серозем светлый и типичный, высокогорный пустынный и луговой и горно-коричнево-карбонатные. Светлые и типичные сероземные почвы 44 административных делений республики обладают благоприятными физико-химическими факто-

рами (содержание гумуса в почве – 4–11,0 %, рН – 6–7, температура на глубине 15–20 см от +2 до +33 °С, подвижного фосфора 16–60 мг/кг, цинка 0,5–1,5 мг/кг, меди 0,4–0,8 мг/кг, марганца 70–100 мг/кг, влажность почвы 30–60 %, расположены на высоте до 1000 м над уровнем моря) для вегетации возбудителя сибирской язвы в почве (рис. 2 и таблица 1).

Многочисленными исследованиями и наблюдениями специалистов нашего института установлено, что в жизнедеятельности возбудителя сибирской язвы в почве первостепенное значение имеет содержание гумуса, в составе которого много устойчивых, богатых кислородом, нейтральных гуминовых веществ, способствующих аэробному бактериальному процессу. А также в накоплении и вегетации возбудителя сибирской язвы определенную роль играют влажность почвы, реакция среды (рН) и со-

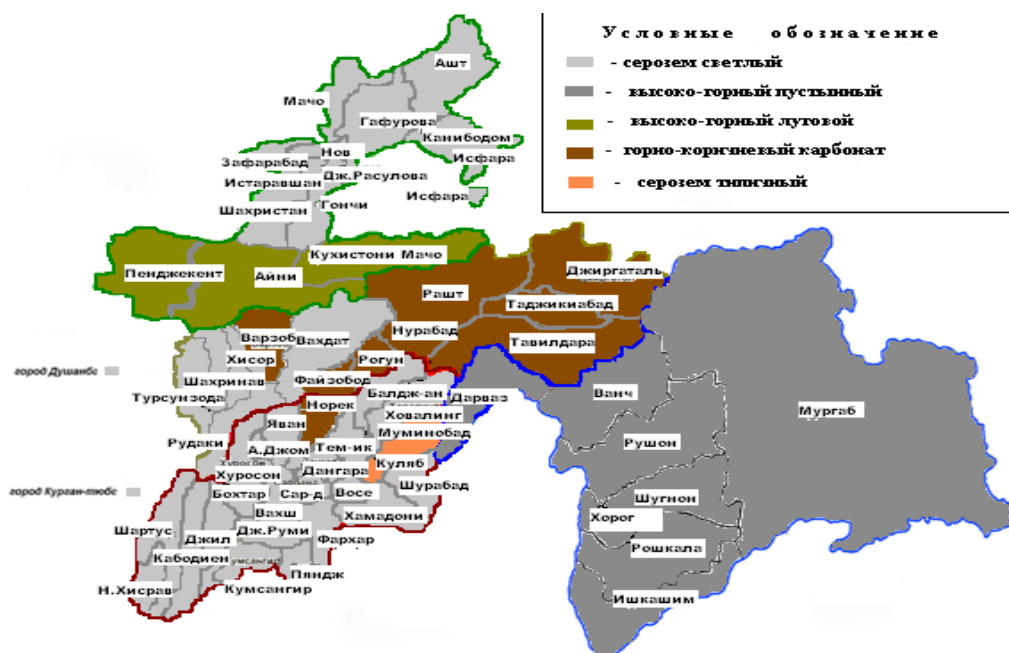


Рис. 2. Ландшафтные зоны и расположение эпизоотических очагов в различных физико-географических зонах Республики Таджикистан за 1937–2019 гг.

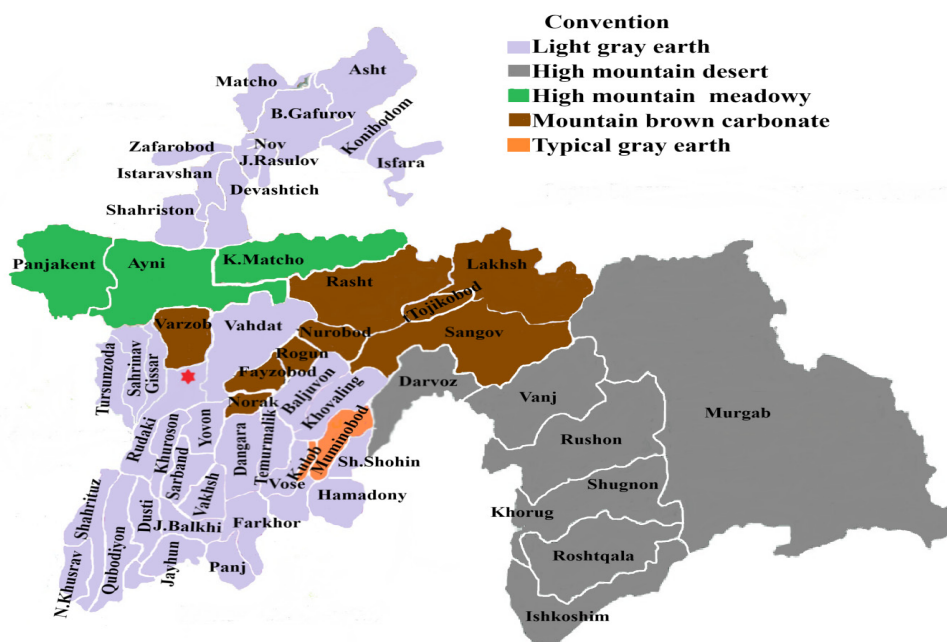


Fig. 2. Landscape zones and location of epizootic hearths are in different phisic-geographical zones of Tajikistan in 1937–2019

держание макро- и микроэлементов, запас влаги и водный режим. В первую очередь они определяются количеством атмосферных осадков, выпадающих в течение года, повышением температуры от 30 до 45 °С и одновременно понижением

Из проведенных анализов видно, что наиболее благоприятные условия для вегетации возбудителя сибирской язвы имеются в почвах типично- и светло-сероземного пояса, находящиеся в Гиссарской, Кулябской, Вахшской долинах и в долинных районах Согдийской области. Мало благоприятные для вегетации возбудителя сибирской язвы условия отмечаются в большинстве почв горно-коричнево карбонатного пояса, расположенных в горных зонах республики, таких как Сангвор, Рашт, Таджикибад, Ляхш и

городах Рогун и Нурек. Неблагоприятные для вегетации возбудителя сибирской язвы условия отмечаются в высокогорно-пустынных и луговых почвах территорий ГБАО, Айни и Горной Матчи и других высокогорных районах республики. В результате изучения территориального распределения эпизоотических очагов сибирской язвы в Таджикистане за период с 1937 по 2019 г. обнаружена преимущественная принадлежность очагов к определенным видам почв. Так, из 1938 почвенных очагов, выявленных нами в республике, 85,6 % расположены в светло- и типично сероземных почвах, 3,2 % – в горно-коричнево-карбонатных и высокогорно-луговых и всего лишь 0,3 % – в высокогорно-пустынных почвах страны (рис. 2).

Физико-химические факторы почвы административных делений Республики Таджикистан

№	Количество административных делений	Виды почв в регионах	Содержание гумуса (%)	Реакция почвы (pH)	Расположение над уровнем моря (м)	Среднегодовое количество осадков (мм)	Колебание температуры почвы (°C)
1	42	Серозем светлый	4–11	6,0–8,8	300–2500	200–800	–2...+45
2	8	Высокогорный пустынный	0,2–6,0	6,5–8,4	1100–4500	100–1000	–15...+30
3	3	Высокогорный луговой	1,0–10,0	7,4–8,6	800–4600	500–1000	–10...+30
4	9	Горно-коричневый карбонат	0,5–6,4	6,9–8,1	800–2000	800–3500	–4...+42
5	2	Серозем типичный	0,4–6,3	6,4–8,3	600–2700	600–800	–1...+45

Table 1

Physical and chemical factors of the soil administrative divisions of Republic of Tajikistan

No.	Number of administrative divisions	The soil types in the regions	The humus content (%)	Soil reaction (pH)	Location above sea level (m)	Average annual precipitation (mm)	Soil temperature fluctuation (°C)
1	42	The light gray soils	4–11	6.0–8.8	300–2500	200–800	–2...+45
2	8	High desert	0.2–6.0	6.5–8.4	1100–4500	100–1000	–15...+30
3	3	High-altitude meadow	1.0–10.0	7.4–8.6	800–4600	500–1000	–10...+30
4	9	Mountain brown carbonate	0.5–6.4	6.9–8.1	800–2000	800–3500	–4...+42
5	2	The gray soils typical	0.4–6.3	6.4–8.3	600–2700	600–800	–1...+45

Известно, что распространению возбудителя сибирской язвы способствуют также мелиоративные работы, проводимые без ведома ветеринарной службы. В Таджикистане до 1990 г. проводились интенсивное освоение новых земель и большой объем мелиоративных работ. За последние 10 лет на территории республики освоение и восстановление вышедших из оборота земель, которые ранее использовались как пастбища значительно возросло. В связи с этим не исключается возможность увеличения заболеваемости скота сибирской язвой в долинных районах Хатлонской области и Гиссарской долины.

Территория Таджикистана благодаря своему юго-восточному положению получает много тепла. Продолжительность солнечных дней составляет 6000–6400 часов в год, продолжительность теплого периода – 8–9 месяцев. В южных и центральных районах республики температура воздуха с мая по сентябрь достигает 30–45 °C, а в октябре – ноябре температура воздуха в среднем составляет 20–25 °C. При обобщении данных о распространении сибирской язвы среди животных на территории Таджикистана обращает на себя внимание неравномерность распределения инфекции, выражающаяся в преобладании очагов сибирской язвы в районах с жарким климатом при минимальной заболеваемости в зонах с более низкими температурами.

Анализ зависимости количества вспышек сибирской язвы от количества годовых осадков и среднемесячной температуры за период с 1937 по 2019 гг. показывает, что в районах, где имеются постоянно действующие неблагополучные пункты, периодически возникают заболевания, чередующиеся в основном через 3–5 лет, при температурных параметрах 40–45 °C и с пониженной влажно-

стью 30–40 %. При анализе вспышек за период с 1937 по 2019 гг. при таких климатических параметрах было зафиксировано до 82,9 % вспышек. Кроме того, появлению новых очагов заболеваемости сибирской язвой сельскохозяйственных животных способствуют различные метеорологические факторы, такие как обильные дожди, селевые потоки, особенно в весеннее время в предгорных районах, которые, размывая сибирезывенные очаги, могут способствовать выносу спор на поверхность почвы и разносу их на прилегающие участки; а также сильные пылевые бури (местное название – «афганец»), наступающие в летне-осенний период и приходящие из соседнего Афганистана. Такие бури отмечаются почти ежегодно, вследствие чего происходит увеличение вспышек сибирской язвы среди животных. Так, в 1985 г. в районе Рашт в мае – июне из-за прохождения сильных селевых потоков были размыты места захоронения трупов животных, погибших от сибирской язвы в 1955 году. В результате в кишлаке Куглик в августе 1985 года был зарегистрирован новый неблагополучный пункт, где сибирской язвой заболело 5 голов крупного и 2 головы мелкого рогатого скота.

Наблюдения и анализ данных по сибирской язве показывают, что в ряде районов республики почва полей, пастбищ, выпасов, зараженных возбудителем сибирской язвы, на протяжении многих лет представляет опасность для травоядных. Такие почвы получили название «проклятых полей». К таким территориям, где в течение многих лет регистрировалась сибирская язва, можно отнести кишлак Кадуги им. Тельмана Турсунзадевского района, кишлак Розиев совхоза Себистон Дангаринского района, где зарегистрированы многочисленные почвенные очаги.

Из способствующих факторов в жизнедеятельности и вегетации возбудителя и в целом эпизоотическом процессе сибирской язвы немаловажное значение также имеет количество осадков, выпавших в теплый период года. Распределение осадков в республике крайне неравномерно, особенно в горных районах. На большей части равнинных районов Бохтарской зоны Хатлонской и Согдийской областей оно составляет 200–400 мм, в административных регионах Кулябской зоны – 400–800 мм, в районах ГБАО – 300–800 мм, в районах республиканского подчинения – 500–1500 мм, а в горных районах республики – 600–1000 мм. В результате исследований установлено, что в тех районах, где количество атмосферных осадков в году при температуре от 30 до 45 °С составило от 300 до 1500 мм, приходится больше неблагополучных пунктов по сибирской язве, например, в районах Темурмалик, Рудаки, Дангара, Гиссар, Турсунзаде, Муминабад, Файзабад, Вахдат, Куляб, Хурсон и Б. Гафуров. В других районах (Шахристан, Ашт, Мургаб, Рушан, Деваштич), где количество атмосферных осадков составило от 100 до 300 мм в год, а температура воздуха от –15 до +30 °С, за изучаемый период выявлено всего по 2–3 неблагополучных пункта.

Проведенные анализы и наблюдения свидетельствуют о наличии существенных различий в эпизоотологической опасности неблагополучных по сибирской язве пунктов, расположенных в низменностях и на возвышенностях. Анализы показывают на наличие прямой связи между суммой осадков и неблагополучными пунктами, расположенными над уровнем моря. Нами на основании изучения представленных материалов установлено, что на большинстве территории районов, расположенных в долинах, наиболее неблагополучными по сибирской язве являют-

ся территории на наименьшей высоте над уровнем моря. Так, на территории, расположенной на высоте до 1000 м над уровнем моря, приходится 83,9 % от общего количества неблагополучных пунктов, на высоте 1000–2000 м – 15,1 %, на высоте свыше 2000 м – 1,5 %.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что в формировании особенностей территориального распределения неблагополучных по сибирской язве пунктов роль высоты расположения их над уровнем моря проявляется лишь через влияние целого комплекса связанных с ней климатических, почвенных, хозяйственных и других условий. Они по-разному могут варьировать и влиять на неблагополучие этих территорий по сибирской язве.

В обеспечении населения страны биологически безопасной продукцией немаловажная роль принадлежит специфической профилактики сибирской язвы [3], [4], [8], [11], [14], [15]. С этой целью до 1989 г. в Таджикистане применялись вакцины СТИ и СТИ-1. Применение вакцины из ШТ-55 способствовало значительному улучшению эпизоотической обстановки в республике. Несмотря на возрастающие объемы профилактических прививок (и из приведенных данных вытекает), это не приводит к полной ликвидации сибирской язвы в Таджикистане (таблица 2).

В улучшении эпизоотической обстановки по сибирской язве немаловажное значение имеет комплекс ветеринарно-санитарных мероприятий, проводимых в республике по профилактике и ликвидации очагов вспышки заболевания. Важнейшим разделом всей профилактической работы является своевременное выявление, взятие на учет и установление постоянного надзора за пунктами, стационарно неблагополучными по сибирской язве.

Таблица 2

Сведения о выполнении плана вакцинации животных и регистрации сибирской язвы среди животных за 2017–2019 гг.

Регионы	Выполнение плана вакцинации животных по годам (%)			Зарегистрирована сибирская язва среди животных (годы)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Хатлонская область	100	100	100	1	2	3
Районы республиканского подчинения	100	100	100	3	2	0
Согдийская область	100	100	100	0	1	2
Горно-Бадахшанская автономная область	65	64	56	0	0	1
Всего по Республике	95	95	93	4	5	6

Table 2

Information about the implementation of the vaccination plan for animals and the registration of anthrax among animals for 2017–2019

Regions	Implementation of the animal vaccination plan by year (%)			Registered anthrax among animals (years)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Khatlon region	100	100	100	1	2	3
Districts of Republican subordination	100	100	100	3	2	0
Sogd region	100	100	100	0	1	2
Gorno-Badakhshan Autonomous region	65	64	56	0	0	1
Total of the Republic	95	95	93	4	5	6

Большое значение в системе профилактических мероприятий также имеет контроль над вынужденным убоем больных животных. Проведенные анализы по выявлению источников заражения человека сибирской язвой показывают, что причиной заражения в 90 % случаев являются забой или вынужденный убой животных без предубойного ветеринарного осмотра и употребление этих продуктов без лабораторного заключения. При бесконтрольном убое заболевших животных не только заражаются люди, но и происходит обсеменение почвы возбудителем сибирской язвы, и в результате возникают новые почвенные очаги инфекции на долгие годы.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, на основании анализов и исследований установлено, что по структуре почвы и территориальному распределению сибирской язвы территория Республики Таджикистан подразделяется на 5 ландшафтных зон: это серозем светлый и типичный, высокогорно-пустынный и луговой и горно-коричнево-карбонатные. Выявлено, что светлые и типичные сероземные почвы 44 административных делений республики характеризуются физико-химическими факторами (содержание гумуса в почве – 4–11,0 %, рН – 6–7, температура на глубине 15–20 см от +2 до +33 °С, подвижного фосфора 16–60 мг/кг, цинка 0,5–1,5 мг/кг, меди 0,4–0,8 мг/кг, марганца 70–100 мг/кг), благоприятствующими для вегетации возбудителя сибирской язвы в почве. Кроме того, анализы показывают, что наиболее благоприятные условия для вегетации возбудителя сибирской язвы имеются в почвах типично- и светло-сероземного пояса, находящихся в Гиссарской, Кулябской, Вахшской долинах и в долинных районах Согдийской области. Малоблагоприятные для вегетации возбудителя сибирской язвы условия отмечаются в большинстве почв горно-коричнево-карбонатного пояса, расположенных в горных зонах республики, таких как районы Сангвор, Рашт, Таджикабад, Ляхш, Нурабад и города Рогун и Нурек. Неблагоприятные для вегетации возбудителя сибирской язвы условия отмечаются в высокогорно-пустынных и луговых почвах районов ГБАО, Айни и Горная Магча и других высокогорных районах республики. В результате изучения территориального распределения эпизоотических очагов сибирской язвы за период с 1937 по 2019 гг. установлена преимущественная принадлежность очагов к

определенным видам почв. Так, из выявленных эпизоотических очагов 85,6 % расположено в регионах со светло- и типично сероземными почвами, 3,19 % – в горно-коричневых карбонатных и высокогорно-луговых почвах, лишь 0,3 % – в высокогорно-пустынных землях республики.

Анализ заболеваемости животных сибирской язвой в Таджикистане показывает, что наибольшее количество неблагополучных пунктов приходится на более жаркие месяцы года (с мая по сентябрь), когда наблюдаются увеличение показателей температуры воздуха до 30–45 °С и значительное уменьшение количества атмосферных осадков. Эти условия являются благоприятствующими для возникновения и распространения сибирской язвы, на долю этих месяцев приходится 82,9 % от всех зарегистрированных неблагополучных пунктов. Исследованиями также установлено, что из большинства районов, расположенных в долинах, наиболее неблагополучными по сибирской язве являются территории, расположенные на высоте до 1000 м над уровнем моря. Так, на долю этих районов приходится 83,9 % от общего количества неблагополучных пунктов, на высоте 1000–2000 м – 15,1 %, на высоте свыше 2000 м – 1,5 %.

Исходя из выше изложенного, ветеринарной службе Комитета по продовольственной безопасности страны необходимо принимать меры для поголовной иммунизации животных в неблагополучных по сибирской язве зонах вне зависимости от формы собственности хозяйств. В случае падежа от сибирской язвы не допускать захоронения трупов животных и организовывать уничтожение их путем сжигания в специальных печах. Важнейшим разделом всей профилактической работы являются своевременное выявление, взятие на учет и установление постоянного надзора за пунктами, стационарно неблагополучными по сибирской язве, и изучение активности почвенных очагов. Проведение этих мероприятий предупреждает возможность заражения высокопродуктивных и племенных животных на территориях существующих почвенных очагов и возможность образования новых инфицированных территорий, тем самым способствуя обеспечению населения страны биологически безопасными продуктами животного происхождения и уменьшению расходов на проведение ограничительных и оздоровительных мероприятий от сибирской язвы на местах.

Библиографический список

1. Айваседо П. С., Мусина Р. А. «Невечная» мерзлота. Причины и последствия изменения климата Ямала [Электронный ресурс] // Юный ученый. 2017. № 3.1. С. 2–6. URL: <http://yun.moluch.ru/archive/12/1009> (дата обращения: 03.12.2018).
2. Антюганов С. Н. Совершенствование эпидемиологического надзора за сибирской язвой с использованием ГИС-технологий на административных территориях Северо-Кавказского федерального округа: Автореферат дисс. ... канд. мед. наук. Ставрополь, 2014. 23 с.
3. Богданов В. Д., Головатин М. Г. Сибирская язва на Ямале: экологический взгляд на традиционное оленеводство // Экология. 2017. № 2. С. 77–82.
4. Еременко Е. И., Рязанова А. Г., Буравцева Н. П. Современная ситуация по сибирской язве в России и мире. Основные тенденции и особенности // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. Вып. 1. С. 65–71. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-65-71.
5. Макаров В. В., Махамат Н. Я., Шабейкин А. А. [и др.] Инфекционный цикл сибирской язвы // Ветеринария. 2018. № 6. С. 3–9.

6. Лайшев К. А., Забродин В. А., Прокудин А. В. [и др.] Оценка эпизоотической ситуации в популяциях диких северных оленей арктической зоны РФ (обзор литературы) // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2015. № 4 (28). С. 38–44.
7. Листишенко А. А. Новые подходы к сибирской язве в районах Крайнего Севера // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2014. № 2. С. 87–90.
8. Логвин Ф. В., Кондратенко Т. А., Водяницкая С. Ю. Сибирская язва в мире, странах СНГ и Российской Федерации (обзор литературы) // Медицинский вестник Юга России. 2017. № 8 (3). С. 17–22. DOI: 10.21886/2219-8075-2017-8-3-17-22.
9. Логвин Ф. В., Кондратенко Т. А., Водяницкая С. Ю., Рыжова А. А. [и др.] Результаты комплексной оценки территории Ростовской области по сибирской язве по степени эпизоотолого-эпидемиологической опасности // Медицинский вестник юга России. 2017. № 8 (4). С. 93–98. DOI: 10.21886/2219-8075-2017-8-4-93-98.
10. Макаров В. В. Сибирская язва в начале нового века // Ветеринария. 2017. № 1. С. 3–8.
11. Муминов А. А., Назарова О. Д. [и др.] Инцидентность проявления сибирской язвы на центрально-восточных районах Таджикистана // Инновационные технологии увеличения производства высококачественной продукции животноводства: материалы Международной научно-практической конференции Института животноводства ТАСХН совместно с Башкирским государственным аграрным университетом РФ. Душанбе, 2018. С. 470–475.
12. Муминов А. А. Методические указания по выявлению и обследованию сибирезязвенных скотомогильников и других очагов. 2015. 10 с.
13. Муминов А. А., Сагторов Н. Г. Кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов в Республике Таджикистан. 2015. 42 с.
14. Попова А. Ю., Куличенко А. Н. Опыт ликвидации вспышки на Ямале в 2016 году. Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. 313 с. DOI: 10.23648/PRNT.2184.
15. Панова А. Ю., Ежова Е. Б., Демина Ю. М., Куличенко А. Н. [и др.] Пути совершенствования эпидемиологического надзора и контроля за сибирской язвой в Российской Федерации // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. Вып. 1. С. 84–88. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-84-88.
16. Токайшвили В. Е., Дугаржапова З. Ф. [и др.] Применение современных географических и микробиологических методов для выявления почвенных очагов сибирской язвы в Республике Бурятия // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. № 3. С. 113.
17. Shadomy S., El Idrissi A., Raizman E. [et al.] Anthrax outbreaks: a warning for improved prevention, control and heightened [e-resource] // *Empres watch*. 2016. Vol. 37. URL: <http://www.fao.org/3/a-i6124e.pdf> (appeal date: 03.12.2018).
18. Blackburn J., Matarimov S., Kozhokeeva S. [et al.] Modeling the Ecological Niche of *Bacillus anthracis* to Map Anthrax Risk in Kyrgyzstan // *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2017. Vol. 96. No. 3. Pp. 550–556. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0758>.
19. Vieira A. R., Salzer J. S., Traxler R. M., Hendricks K. A., Kadzik M. E., Marston C. K., Kolton C. B., Stoddard R. A., Hoffmaster A. R., Bower W. A., Walke H. T. Enhancing Surveillance and Diagnostics in Anthrax-Endemic Countries // *Emerging Infectious Diseases*. 2017. Vol. 23 (Suppl). Pp. 147–153. DOI: 10.3201/eid2313.170431.

Об авторах:

Абдукарим Абдусаламович Муминов¹, кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующий лабораторией бактериологии, ORCID 0000-0002-6273-5809; +992 93 570-17-79, amuminov@list.ru

Орзукуль Домулоджановна Назарова^{1, 2}, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией зоонозных инфекций¹, старший научный сотрудник кафедры «Пищевые и биотехнологии»², ORCID 0000-0001-9647-4195; +992 93 527-86-97, orzugul@mail.ru

¹ Институт проблем биологической безопасности Таджикской академии сельскохозяйственных наук, Душанбе, Таджикистан

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Threats of anthrax burials on the environmental safety of Tajikistan and their prevention measures

A. A. Muminov¹, O. D. Nazarova^{1, 2}✉

¹ Institute of Biological Safety of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Tajikistan

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

✉ E-mail: orzugul@mail.ru

Abstract. The aim of our research is to study the prevalence of anthrax soil foci that pose a threat to biological safety, the role of soil structure and climatic factors in the epizootic process of anthrax in Tajikistan to substantiate anti epizootic and epidemic measures. **Methods.** The features of the manifestation of anthrax were studied in dynamic measurement by methods of applied

epizootology. **Results.** The results of monitoring of natural foci of anthrax of animals for the period from 1937 to 2019 among farm, domestic and wild animals are presented. It was found that natural foci of anthrax animals are widespread in South-West and Central Tajikistan. As a result of the analysis of the soil structure and territorial distribution of anthrax, as well as the identification of the influence of soil structure on the vegetation of the causative agent of anthrax, the territory of the Republic of Tajikistan was divided into 5 landscape zones: light and typical gray earth, high – mountain desert and meadow and mountain – brown carbonate. At the same time, light and typically gray-earth soils of the 44 administrative divisions of the country are characterized by favorable physicochemical factors (humus content in the soil – 4–11.0 %, pH – 6–7, temperature at a depth of 15–20 cm from +2 to +33 °C, movable phosphorus 16–60 mg/kg, zinc 0.5–1.5 mg/kg, copper 0.4–0.8 mg/kg, manganese 70–100 mg/kg, soil moisture 30–60 %) for vegetation of the causative agent of anthrax in the soil. Studies have also found that of the majority of areas located in the valleys, the most disadvantaged for anthrax are territories located at an altitude of up to 1000 m above sea level. So, the share of these areas is 83.9 % of the total number of disadvantaged places, respectively, at an altitude of 1000–2000 m – 15.1 %, and at an altitude of over 2000 m – 1.5 %. The relationship between the incidence of anthrax animals and the registration of soil foci in Tajikistan with climatic factors was revealed, so the highest incidence of the disease occurs in the hotter months of the year, from May to September, when the air temperature reaches 30–45 °C with a significant decrease in atmospheric precipitation. **Scientific novelty.** For the first time, a retrospective analysis and expert assessment of an epizootic situation and ant epizootic measures with a chronological depth of up to 82 years was carried out. The role of the soil structure on the survival and vegetation of the causative agent of anthrax was revealed. It was found that the light – and typically gray soil 44 of the 63 administrative divisions of the country are characterized by favorable physical and chemical factors for the growing of anthrax in the soil. It was revealed that of the most districts located in the valleys, the most disadvantaged by anthrax are territories located at an altitude of up to 1000 m above sea level, as well as the relationship between the incidence of anthrax animals and the registration of soil foci in Tajikistan with climatic factors.

Keywords: anthrax, natural foci, soil foci, agricultural, domestic and wild animals, landscape differentiation, epizootic foci, natural and climatic zones, soil and climatic conditions, physical and chemical factors.

For citation: Muminov A. A., Nazarova O. D. Ugrozy sibireyazvennykh zakhoroneniya dlya ekologicheskoy bezopasnosti Tadzhikistana i mery ikh preduprezhdeniya [Threats of anthrax burials on the environmental safety of Tajikistan and their prevention measures] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 65–74. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-65-74. (In Russian.)

Paper submitted: 20.01.2020.

References

1. Ayvasedo P. S., Musina R. A. “Nevechnaya” merzlota. Prichiny i posledstviya izmeneniya klimata Yamala [“Non-eternal” permafrost. Causes and the impact of climate change on the Yamal Peninsula] [e-resource] // Yunyy uchenyy. 2017. No. 3.1. Pp. 2–6. URL: <http://yun.moluch.ru/archive/12/1009> (appeal date: 03.12.2018). (In Russian.)
2. Antyuganov S. N. Sovershenstvovanie epidemiologicheskogo nadzora za sibirskoy yazvoy s ispol'zovaniem GIS-tehnologiy na administrativnykh territoriyakh Severo-Kavkazskogo federal'nogo okruga: avtoreferat ... diss. kand. med. Nauk [Improve epidemiological surveillance of anthrax with the use of GIS technology in the administrative territories of the North Caucasus Federal district: the author's abstract of dissertation... candidate of medical sciences]. Stavropol, 2014. 23 p. (In Russian.)
3. Bogdanov V. D., Golovatin M. G. Sibirskaya yazva na Yamale: ekologicheskii vzglyad na traditsionnoe olenevodstvo [Anthrax on the Yamal Peninsula: an environmental view on the traditional reindeer herding] // Russian Journal of Ecology. 2017. No. 2. Pp. 147–153. DOI: 10.3201/eid2313.170431. (In Russian.)
4. Eremenko E. I., Ryazanova A. G., Buravtseva N. P. Sovremennaya situatsiya po sibirskoy yazve v Rossii i mire. Osnovnye tendentsii i osobennosti [The current situation of anthrax in Russia and the world. Main trends and features] // Problems of Particularly Dangerous Infections. 2017. Vol. 1. Pp. 65–71. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-65-71. (In Russian.)
5. Makarov V. V., Makhamat N. Ya., Shabaykin A. A. [et al.] Infektsionnyy tsikl sibirskoy yazvy [The infection cycle of anthrax] // veterinary. 2018. No. 6. Pp. 3–9. (In Russian.)
6. Laishev K. A., Zabrodin V. A., Prokudin A. V. [et al.] Otsenka epizooticheskoy situatsii v populyatsiyakh dikikh severnykh oleney arkticheskoy zony RF (obzor literatury) [Assessment the epizootic situation in the populations of wild reindeer Arctic zone of the Russian Federation (literature review)] // Actual Questions of Veterinary Biology. 2015. No. 4 (28). Pp. 38–44. (In Russian.)
7. Listishenko A. A. Novye podkhody k sibirskoy yazve v rayonakh Kraynego Severa [New approaches to anthrax in the far North of Russia] // Issues of Legal Regulation in Veterinary Medicine. 2014. No. 2. Pp. 87–90. (In Russian.)
8. Logvin F. V., Kondratenko T. A., Vodyanitskaya S. Yu. Sibirskaya yazva v mire, stranakh SNG i Rossiyskoy Federatsii (obzor literatury) [Anthrax in the world, CIS countries and the Russian Federation (literature review)] // Medical Herald of the South of Russia. 2017. No. 8 (3). Pp. 17–22. DOI: 10.21886/2219-8075-2017-8-3-17-22. (In Russian.)
9. Logvin F. V., Kondratenko T. A., Vodyanitskaya S. Yu., Ryzhova A. A. [et al.] Rezul'taty kompleksnoy otsenki territorii Rostovskoy oblasti po sibirskoy yazve po stepeni epizootologo-epidemiologicheskoy opasnosti [Results of a comprehensive

- assessment of the territory of the Rostov region for anthrax by the degree of epizootic and epidemiological danger] // Medical Herald of the South of Russia. 2017. No. 8 (4). Pp. 93–98. DOI: 10.21886/2219-8075-2017-8-4-93-98. (In Russian.)
10. Makarov V. V. Sibirskaya yazva v nachale novogo veka [Anthrax at the beginning of the new century] // Veterinary. 2017. No. 1. Pp. 3–8. (In Russian.)
11. Muminov A. A., Nazarova, O. D. [et al.] Intsidentnost' proyavleniya sibirskoy yazvy na tsentral'no-vostochnykh rayonakh Tadjikistana [Incidence of anthrax in the Central-Eastern regions of Tajikistan] // Innovatsionnye tekhnologii uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii zhivotnovodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Instituta zhivotnovodstva TASKhN sovmestno s Bashkirskim gosudarstvennym agrarnym universitetom RF. Dushanbe, 2018. Pp. 470–475. (In Russian.)
12. Muminov A. A. Metodicheskie ukazaniya po vyyavleniyu i obsledovaniyu sibireyazvennykh skotomogil'nikov i drugikh ochagov [Methodological guidelines for the identification and examination of anthrax cattle graves and other foci]. 2015. 10 p. (In Russian.)
13. Muminov A. A., Sattorov N. G. Kadastr statsionarno neblagopoluchnykh po sibirskoy yazve punktov v Respublike Tadjikistan [Cadastre of localities permanently affected by anthrax in the Republic of Tajikistan]. 2015. 42 p. (In Russian.)
14. Popova A. Yu., Kulichenko A. N. Opyt likvidatsii vspyshki na Yamale v 2016 godu [Experience in eliminating the outbreak in Yamal in 2016]. Izhevsk: OOO «Print-2», 2017. 313 p. DOI: 10.23648/PRNT.2184. (In Russian.)
15. Panova A. Yu., Ezhova E. B., Demina Yu. M., Kulichenko A. N. [et al.] Puti sovershenstvovaniya epidemiologicheskogo nadzora i kontrolya za sibirskoy yazvoy v Rossiyskoy Federatsii [Ways to improve epidemiological surveillance and control of anthrax in the Russian Federation] // Problems of Particularly Dangerous Infections. 2017. Vol. 1. Pp. 84–88. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-1-84-88. (In Russian.)
16. Tokayshvili V. E., Dugarzhapova Z. F. [et al.] Primenenie sovremennykh geograficheskikh i mikrobiologicheskikh metodov dlya vyyavleniya pochvennykh ochagov sibirskoy yazvy v Respublike Buryatiya [Application of modern geographical and microbiological methods for detecting soil foci of anthrax in the Republic of Buryatia] // Russian Journal of Infection and Immunity. 2016. Vol. 6. No. 3. (In Russian.)
17. Shadomy S., El Idrissi A., Raizman E. [et al.] Anthrax outbreaks: a warning for improved prevention, control and heightened [e-resource] // Empres watch. 2016. Vol. 37. URL: <http://www.fao.org/3/a-i6124e.pdf> (appeal date: 03.12.2018).
18. Blackburn J., Matarimov S., Kozhokeeva S. [et al.] Modeling the Ecological Niche of Bacillus anthracis to Map Anthrax Risk in Kyrgyzstan // The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 2017. Vol. 96. No. 3. Pp. 550–556. DOI: <https://doi.org/10.4269/ajtmh.16-0758>.
19. Vieira A. R., Salzer J. S., Traxler R. M., Hendricks K. A., Kadzik M. E., Marston C. K., Kolton C. B., Stoddard R. A., Hoffmaster A. R., Bower W. A., Walke H. T. Enhancing Surveillance and Diagnostics in Anthrax-Endemic Countries // Emerging Infectious Diseases. 2017. Vol. 23 (Suppl). Pp. 147–153. DOI: 10.3201/eid2313.170431.

Authors' information:

Abdukarim A. Muminov¹, PhD, head of laboratory of bacteriology, ORCID 0000-0002-6273-5809; +992 93 570-17-79, amuminov@list.ru

Orzugul D. Nazarova^{1,2}, PhD, head of laboratory of zoonosis infections¹, researcher of the department “Food and Biotechnologies”², ORCID 0000-0001-9647-4195; +992 93 527-86-97, orzugul@mail.ru

¹ Institute of Biological Safety of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Dushanbe, Tajikistan

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Состояние и перспективы развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации

А. С. Дорохов¹, Н. О. Чилингарян¹✉

¹ Федеральное научное агроинженерное учреждение ВИМ, Москва, Россия

✉ E-mail: narek-s@list.ru

Аннотация. Цель – проведение анализа состояния и прогноз возможных сценариев развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации. **Методы.** В работе использовались следующие методы исследования: анализ, сравнение, индукция и дедукция, стратегическое прогнозирование. Исследования проводили на основе материалов, представленных на информационных ресурсах Росстата, Минсельхоза России, ФТС России, Союза комбикормщиков России. По результатам анализа состояния, тенденций и закономерностей развития комбикормовой промышленности спрогнозированы возможные сценарии изменения в отрасли при определенных условиях. **Результаты.** Приведены объемы производства комбикормов, премиксов и белково-витаминно-минеральных добавок в Российской Федерации за 2011–2018 гг. Показана динамика изменения поголовья свиней, КРС и объемы производства мяса птицы. Больше половины комбикормов в России производят 25 предприятий, а компоненты, из которых изготавливаются премиксы, – импортные. Представлены средние цены на комбикорма для свиней, КРС и птицы за 2013–2018 гг. В 2018 году из России было экспортировано 4,5 млн тонн кормов, из которых 3 млн тонн составляют шрот и жмых из подсолнечника, сои, рапса, а также свекловичный жом, готовых комбикормов экспортировано только 110 тыс. тонн. Приведены данные по валовым сборам зерна в Российской Федерации как основного наполнителя комбикормов. Развитию комбикормовой промышленности будет способствовать увеличение посевных площадей перспективных культур с высоким содержанием белка – сои и люпина. **Научная новизна.** Обозначены основные проблемы, сдерживающие развитие комбикормовой промышленности, и предложены три сценария развития – пессимистичный, оптимистичный и наиболее вероятный. Предложены направления работы комбикормовых предприятий и науки, а также меры государственной поддержки, способствующие развитию отрасли по оптимистичному сценарию развития.

Ключевые слова: комбикормовая промышленность, объемы производства, поголовье животных, производство зерна, концентраты, премиксы, цены, импортозамещение, перспективы развития.

Для цитирования: Дорохов А. С., Чилингарян Н. О. Состояние и перспективы развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 75–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-75-84.

Дата поступления статьи: 31.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента России № 20 от 21 января 2020 г.¹, самообеспеченность мясом и мясопродуктами (в пересчете на мясо) должно составлять не менее 85 %. Несмотря на то что этот показатель достигнут и обозначены новые ориентиры – экспорт товаров сельского хозяйства, в том числе и продукции животноводства, нерешенным остается вопрос самообеспеченности комбикормами. В связи с этим необходимо провести анализ состояния комбикормовой промышленности в России, выявить проблемы, сдерживающие развитие отрасли, и предложить возможные решения для стимулирования производства кормов.

Методология и методы исследования (Methods)

Целью исследования является проведение анализа состояния и прогнозирование возможных сценариев развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации. В работе использовались следующие методы

¹ Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

исследования: анализ, сравнение, индукция и дедукция, стратегическое прогнозирование. Исследования проводили на основе материалов, представленных на информационных ресурсах Росстата, Минсельхоза России, ФТС России, Союза комбикормщиков России. По результатам анализа состояния, тенденций и закономерностей развития комбикормовой промышленности спрогнозированы возможные сценарии изменения в отрасли при определенных условиях.

Практическая значимость работы заключается в востребованности ее отдельных положений при совершенствовании государственных программ развития комбикормовой промышленности. Кроме того, результаты исследований могут быть использованы комбикормовыми предприятиями для стратегического планирования своей деятельности.

Результаты (Results)

По данным Росстата, за 2018 год поголовье крупного рогатого скота (КРС) в Российской Федерации сократилось в 5 раз по сравнению с 1992 годом, поголовье свиней – в 1,13 раза (рис. 1) [1, с. 311].

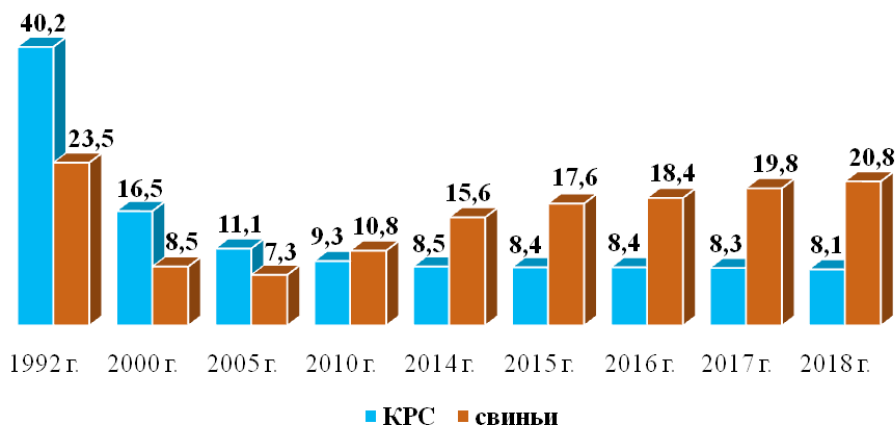


Рис. 1. Поголовье КРС и свиней в Российской Федерации (на конец года), млн голов

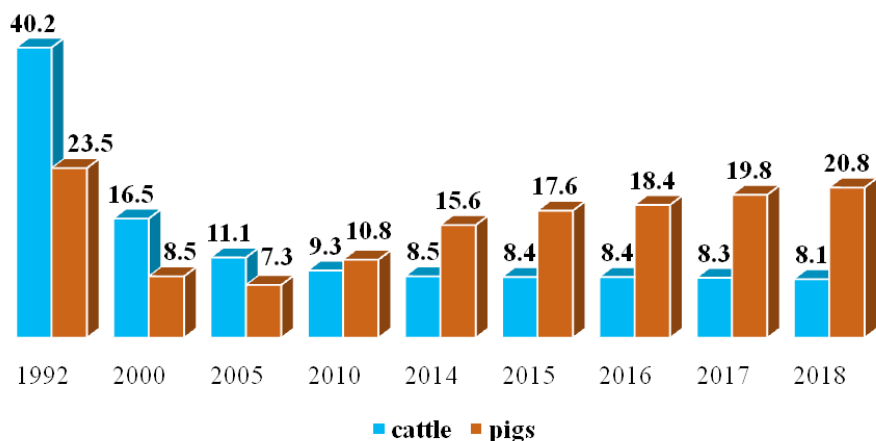


Fig. 1. Livestock of cattle and pigs in the Russian Federation (end of year), million heads

Таблица
Крупнейшие производители комбикормов
в Российской Федерации, тыс. тонн

Table
The largest manufacturers of animal feed in the Russian
Federation, thousand tons

№ п/п	Предприятие	2017 г.	2018 г.
1	Черкизово	1 678	1 820
2	Мираторг	1 460	1 530
3	Ресурс	900	1 100
4	Приосколье	1 277	1 007
5	БЭЗРК-Белгранкорм	772	748
6	Агро-Белогорье	543	660
7	Чароен Покпанд Фудс	650	620
8	Агрокомплекс им. Н. Ткачева	677	580
9	Русагро	603	567
10	Великолукский СК	441	545
11	Сибирская аграрная группа	485	508
12	Продо	469	489
13	Комос Групп	482	476
14	Белая птица	496	460
15	Агроэко	280	410
16	АгроПромкомплектация	389	408
17	КоПитания	282	400
18	Здоровая ферма	401	380
19	Агросила	352	355
20	Ариант	310	350
21	Хорошее дело	290	326
22	Богдановичский комбикормовый завод	320	317
23	ККЗ им. Кирова	329	306
24	Дамате	–	288
25	АПК Дон	–	279
Итого		13 886	14 929

No.	Company	2017	2018
1	Cherkizovo	1 678	1 820
2	Miratorg	1 460	1 530
3	Resurs	900	1 100
4	Priorskolye	1 277	1 007
5	Belgorod Experimental Fish Feed Plant – Belgrankorm	772	748
6	Agro-Belogorye	543	660
7	Charoen Pokpand Fuds	650	620
8	Agrocomplex named after N. Tkachev	677	580
9	Rusagro	603	567
10	Velikie Luki pig-breeding complex	441	545
11	Siberian agrarian group	485	508
12	Prodo	469	489
13	Komos Grupp	482	476
14	Belaya ptiisa	496	460
15	Agroekspo	280	410
16	AgroPromkomplektatsiya	389	408
17	KoPitaniya	282	400
18	Zdorovaya firma	401	380
19	Agrosila	352	355
20	Ariant	310	350
21	Khoroshee delo	290	326
22	Bogdanovich compound feed factory	320	317
23	Compound feed factory named after Kirov	329	306
24	Damate	–	288
25	Agro-industrial corporation Don	–	279
Total		13886	13 886

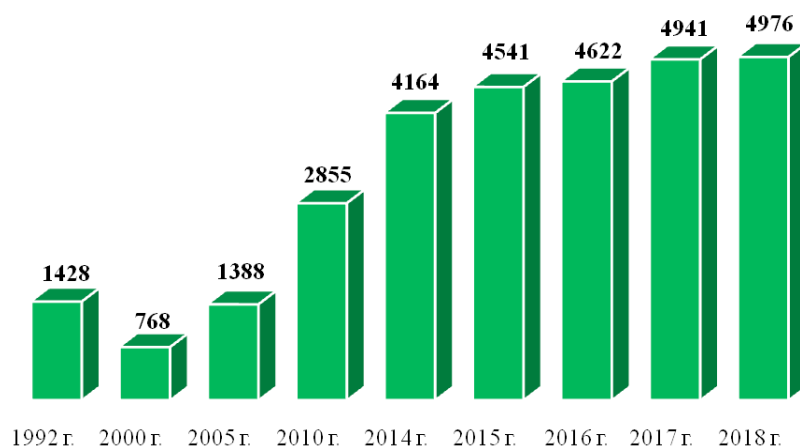


Рис. 2. Производство птицы на убой в Российской Федерации, тыс. тонн

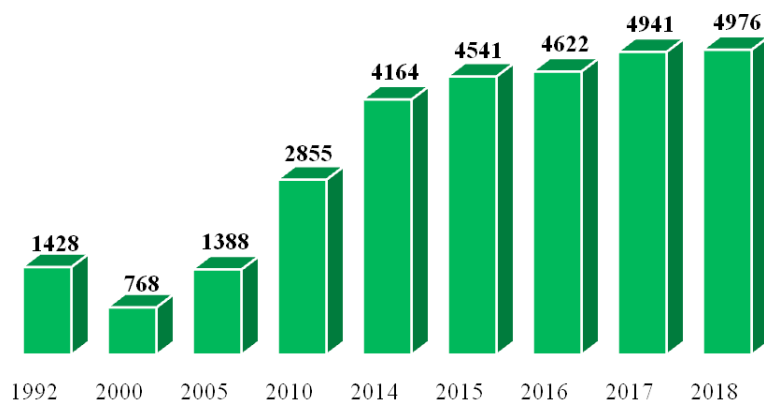


Fig. 2. Poultry production for slaughter in the Russian Federation, thousand tons

Из графиков рис. 1 видно, что после снижения поголовья свиней до 2005 года наблюдался рост, а в ближайшие 2 года должны превысить значение 1992 года. Другая ситуация по КРС, поголовье которых за последние 27 лет только уменьшалось. Связано это снижение, в первую очередь, с перестройкой, ориентацией на рыночную экономику, ликвидацией колхозов и совхозов.

Наилучшие показатели по увеличению объемов производства показала отрасль птицеводства мясного направления. После снижения производства мяса птицы с 1,4 млн тонн в 1992 году до 0,77 млн тонн в 2000 году наблюдался рост, вследствие чего в 2018 году было произведено почти 5 млн тонн мяса птицы (рис. 2) [1, с. 323].

Как видно из рис. 1 и 2, отрасли свиноводства и птицеводства в нашей стране после спада в 90-е годы развивались достаточно стремительно, особенно в последние 5–6 лет. Объяснить это можно рядом причин: государственной программой по импортозамещению, более коротким циклом производства продукции и меньшим сроком окупаемости инвестиций по сравнению с другими направлениями животноводства.

В структуре себестоимости производства продукции животноводства доля кормов составляет 50–75 %. Корма для животных и птицы, сбалансированные по питательным веществам, позволяют полнее использовать их генетический потенциал и получить максимальный экономический эффект. Сбалансированными кормами являются комбикорма, содержащие наполнитель (зерновые культу-

ры), витамины, минералы, белки, жиры и т. д. [2, с. 116], [3, с. 553].

По данным Росстата, объемы производства комбикормов в России за последние 8 лет увеличивались на 65 % в основном за счет кормов для птицы и свиней. Комбикорма для коз, овец, пушных зверей, рыб и др. производятся в небольшом количестве – менее 1 млн тонн в год (рис. 3) [4, с. 103], [5, с. 65].

По прогнозу Союза комбикормщиков России, в 2025 году производство комбикормов в стране должно превысить 40 млн тонн. Этому может способствовать и разработанная Минсельхозом России подпрограмма «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных» [6].

С увеличением поголовья свиней и птицы появилась необходимость в запуске новых мощностей по производству комбикормов. Так, в 2010 году были введены в эксплуатацию новые мощности на производство 787 тонн комбикормов в сутки, а с 2015 по 2018 гг. – 3102, 2540, 1355, 1057 соответственно [7, с. 207].

Больше половины комбикормов в нашей стране производят 25 предприятий, причем 23 из них являются агрохолдингами (таблица). Таким образом, крупнейшие животноводческие организации стремятся к полной самообеспеченности комбикормами. В связи с этим теряют рынки сбыта независимые комбикормовые предприятия, которым все сложнее конкурировать с крупными агрохолдингами [8], [9, с. 107].

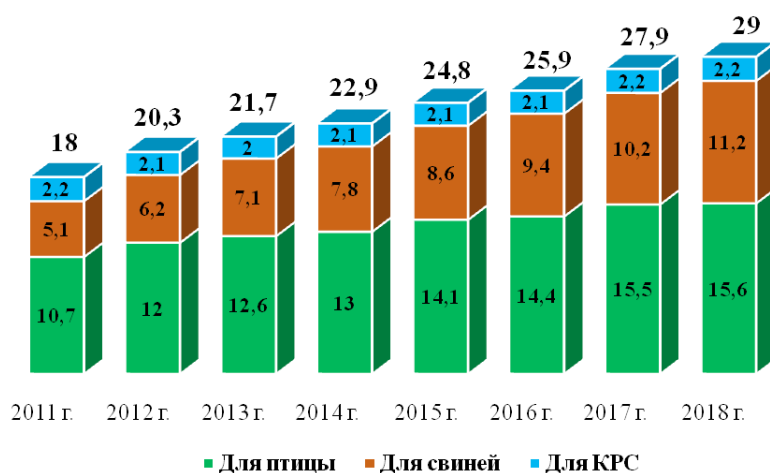


Рис. 3. Производство комбикормов в Российской Федерации, млн тонн

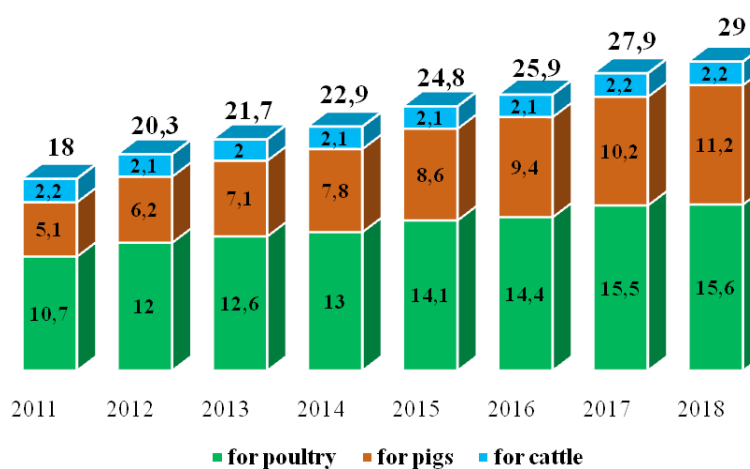


Fig. 3. Production of animal feed in the Russian Federation, million tons

Валовые сборы зерновых культур имеют большое значение, так как в комбикормах содержится порядка 70 % фуражного зерна. Сборы зерновых культур в Российской Федерации, как и все сельскохозяйственное производство страны, снижались в 90-е годы (рис. 4). Однако с начала 2000 года наблюдался рост, а снижение валовых сборов зерновых в 2010 году до 61 млн тонн связано с засухой [1, с. 319], [10, с. 115].

Без добавления в комбикорма микро- и макроэлементов невозможно добиться высокой продуктивности животных. Добавки позволяют сбалансировать комбикорма по питательным веществам, уменьшить заболеваемость животных и птицы, снизить себестоимость производства продукции животноводства. Однако объемы производства премиксов и белково-витаминно-минеральных добавок (БВМД) в нашей стране не в полной мере удовлетворяют потребностям отрасли (рис. 5) [4, с. 103], [5, с. 65].

Из рис. 5 видно, что производство премиксов за последние 7 лет в нашей стране выросло более чем в 3 раза и на сегодняшний день удовлетворяет потребности страны на 90 %. Однако компоненты, из которых изготавливаются премиксы (витамины, аминокислоты, ферменты и другие добавки), по большей части импортные, а если и производятся в России, то на мощностях иностранных предприятий.

Крупнейшим производителем премиксов в России является агрохолдинг «Мегамикс», на долю которого приходится почти треть всех производимых премиксов. Но и эта компания при производстве премиксов использует импортные компоненты, поставляемые такими крупными иностранными предприятиями, как Evonik и BASF. Компания активно развивается. Так, в 2016 году в Липецкой области был открыт второй завод с производственной мощностью 140 тыс. тонн премиксов в год. Это единственная российская компания, которая входит в пятерку крупнейших производителей премиксов в Российской Федерации.

Производство премиксов – сложная технологическая операция, требующая высокоточного оборудования, так как нарушение рецептуры может негативно сказаться на здоровье животных или привести к их гибели. Запуск производства премиксов требует больших инвестиций и длительного срока окупаемости, в связи с этим многие крупные агрохолдинги закупают готовые добавки и на своих мощностях производят комбикорма: например, «Мираторг» и Агрохолдинг им. Н. Ткачева приобретают премиксы у «Мегамикса».

Цены на комбикорма подвержены влиянию ряда факторов. Так, в 2015 году наблюдался резкий рост цен. В первую очередь, это связано с изменением курса валют,

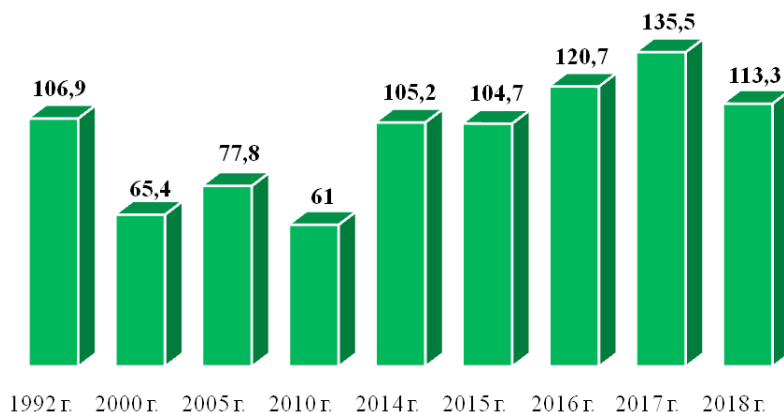


Рис. 4. Валовые сборы зерновых культур в Российской Федерации, млн тонн

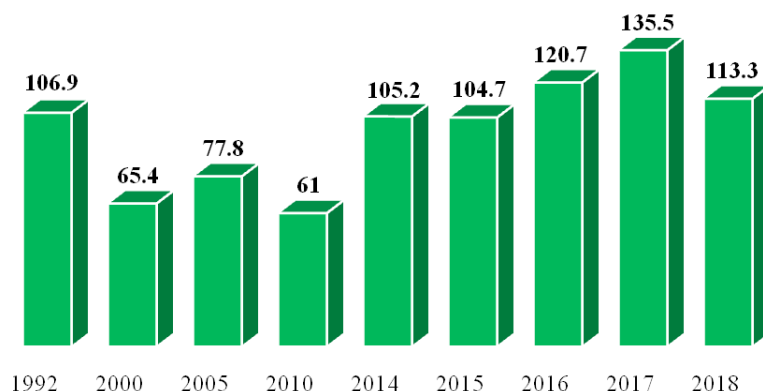


Fig. 4. Gross grain crops in the Russian Federation, million tons

по причине чего выросли цены на импортные добавки и концентраты. С другой стороны, снижение курса российской валюты позволило экспортировать фуражное зерно на более выгодных условиях. На внутреннем рынке выросла цена на основные ингредиенты комбикормов – пшеницу и кукурузу, что также повлияло на ценообразование комбикормов в России. В 2017 году был собран рекордный урожай зерновых культур (135,5 млн тонн), цены на зерно снизились, из-за чего стоимость комбикормов также снизилась (рис. 6) [11], [12, с. 102], [13, с. 99].

По данным ФТС России, в 2018 году из России было экспортировано 4,5 млн тонн кормов, из которых 3 млн тонн составляют шрот и жмых из подсолнечника, сои, рапса, а также свекловичный жом. Готовых комбикормов экспортировано только 110 тыс. тонн.

Основным фактором, сдерживающим увеличение экспорта комбикормов из России, является проблема с сертификацией и карантинным оформлением. Макро- и микроэлементы импортируются Россией, поэтому иностранным компаниям выгоднее закупать у нас фуражное зерно и производить комбикорма у себя. Кроме того, в нашу страну из стран Европы экспортируются готовые комбикорма для рыб, лошадей, пушных зверей [14, с. 147].

Глубокая переработка сои является выгодной с экономической точки зрения, так как есть возможность безотходного производства. Побочные продукты производства пищевого соевого белка – шрот, жмых и т. д. – можно использовать в комбикормовой промышленности как бел-

ковый наполнитель. В Российской Федерации наращиваются объемы глубокой переработки сои, строятся новые заводы. Так, в 2020 г. ООО «Маслоэкстракционный завод «Амурский» в г. Белогорск запустит вторую очередь завода, мощности которого удовлетворят потребность российского рынка в соевом белке на 25 %. Кроме того, наращивают объемы переработки сои группы компаний «Содружество», «Эфко» и другие крупные предприятия. Валовые сборы сои в России с каждым годом увеличиваются. Так, в 2018 году в России было собрано 3,6 млн тонн сои, однако этого недостаточно для полной загрузки мощностей перерабатывающих компании, поэтому ежегодно в Россию экспортируется порядка 2 млн тонн сои. В связи с этим увеличение площадей под посевы сои является перспективной задачей [15, с. 25], [16], [17, с. 107], [18, с. 96].

Важным вопросом является обеспеченность комбикормовой промышленности современным оборудованием. На сегодняшний день большинство строящихся предприятий использует оборудование иностранного производства, особенно это касается предприятий по производству премиксов, где важно точное соблюдение рецептуры смесей.

В последние годы получили большую популярность малогабаритные комбикормовые заводы (мини-заводы) по производству комбикормов для небольших фермерских хозяйств. Российские компании «Доза-Агро», «Жаско» и др. производят широкий ассортимент оборудования малой производительности для изготовления полнорационных комбикормов.

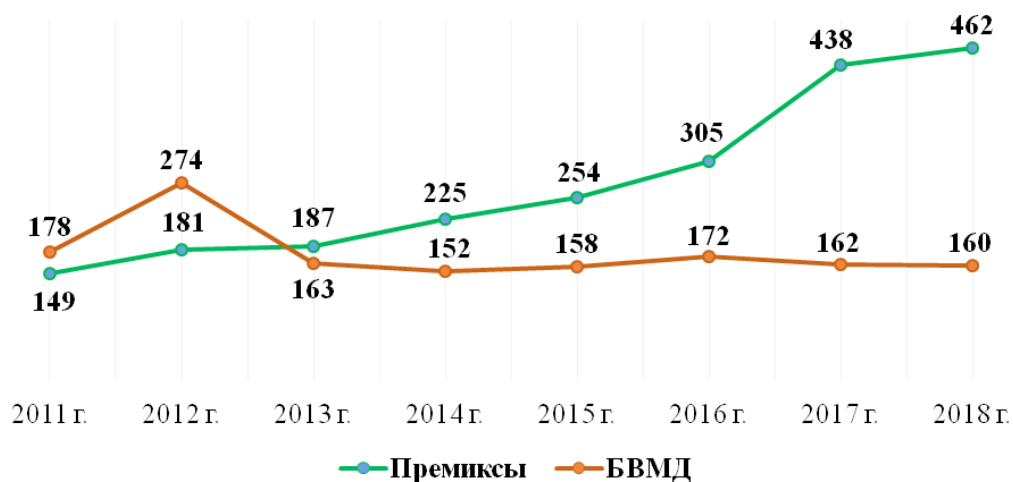


Рис. 5. Производство премиксов и БВМД в Российской Федерации, тонн

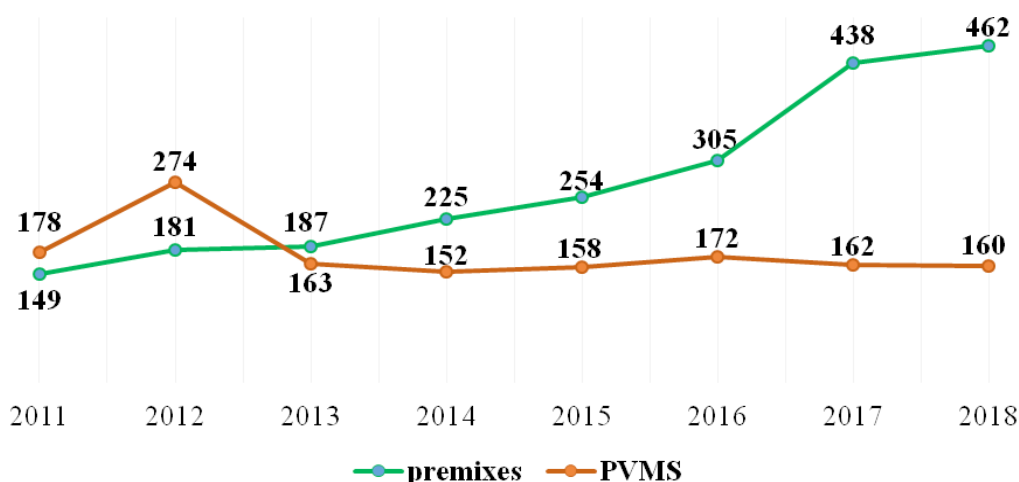


Fig. 5. Production of premixes and PVMS (protein-vitamin-mineral supplements) in the Russian Federation, tons

Из обзора научных исследований по разработке и совершенствованию оборудования для комбикормовой промышленности можно сделать вывод, что большинство исследований в нашей стране направлено на изучение мало мощного оборудования. Таким образом, перспективным направлением для научных исследований и разработки инновационных решений является совершенствование оборудования для крупных комбикормовых предприятий и организаций по производству премиксов.

На основе проведенного анализа состояния комбикормовой промышленности можно выделить ряд проблем, сдерживающих развитие отрасли:

- 1) зависимость от импортных компонентов для производства премиксов;
- 2) финансовые затраты на сертификацию и карантинное оформление комбикормовой продукции;
- 3) использование современными комбикормовыми предприятиями оборудование иностранного производства;
- 4) невозможность спрогнозировать цены на зерновые культуры;
- 5) нестабильные курсы валют.

В зависимости от того, каким образом будут решаться эти проблемы, возможны три сценария развития комбикормовой промышленности в Российской Федерации до 2025 г.: пессимистичный, оптимистичный и наиболее вероятный.

Пессимистичный сценарий развития. Мировая пандемия коронавирусной инфекции повлияет на все отрасли, комбикормовая промышленность исключением не станет. Из-за снижения курса российского рубля стоимость импортируемых компонентов для комбикормов увеличится, следовательно, вырастут цены и на комбикорма. Вместе с тем производимое фуражное зерно будет идти на экспорт, в стране может возникнуть дефицит основного наполнителя комбикормов – зерновых культур. Это приведет к увеличению стоимости всех составляющих комбикормов, в итоге в ближайшие 2 года цены на готовые комбикорма могут перейти отметку в 25 тыс. руб. за тонну. Если крупные агрохолдинги будут производить комбикорма и в этих условиях, небольшие хозяйства начнут экономить на комбикормах, используя только фуражное зерно. В итоге на животноводческую продукцию вырастут цены, а объемы ее производства могут снизиться на 10 %. Объемы производства комбикормов могут вернуться к показателю 2015 года – 25 млн тонн.

Оптимистичный сценарий развития. В ближайшие 3 года в России построят 1–2 крупных завода по производству витаминов, ферментов, аминокислот и других добавок для производства премиксов. Решению этой задачи должна способствовать предложенная Минсельхозом России подпрограмма ФНТП «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных», которая будет

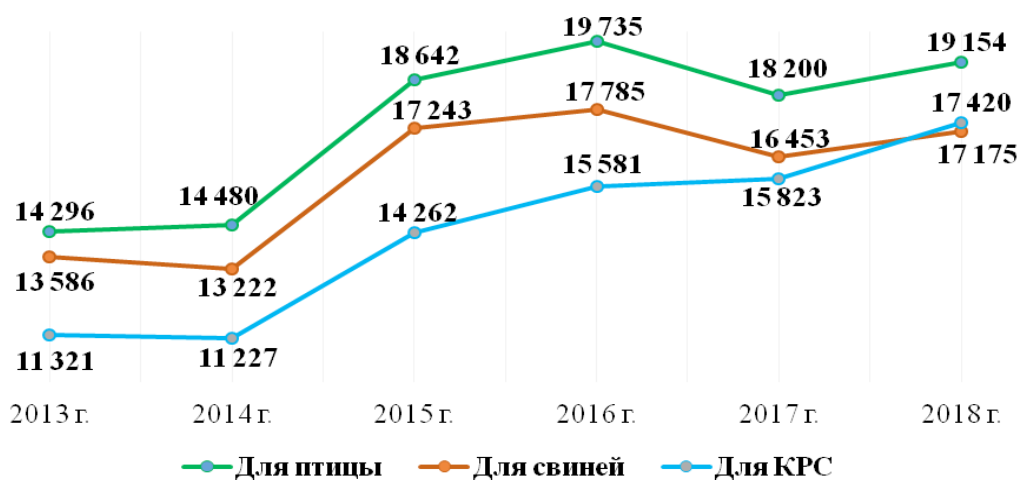


Рис. 6. Средние цены на 1 тонну комбикорма в Российской Федерации, руб.

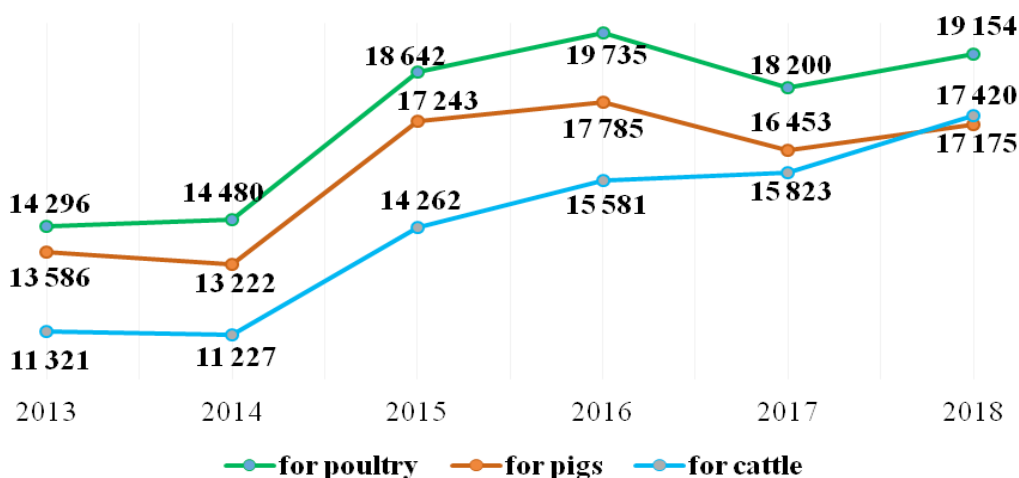


Fig. 6. Average prices per 1 ton of feed in the Russian Federation, rubles

стимулировать развитие производства высококачественных кормов, белково-витаминно-минеральных добавок и премиксов российского производства. Данная подпрограмма рассчитана на 2019–2025 гг. Кроме того, получит развитие машиностроительная отрасль, которая будет производить комбикормовое оборудование в России максимально из компонентов, также произведенных в нашей стране. Это позволит минимизировать поставки импортных компонентов, стоимость которых может меняться с изменением курса валют. В итоге снизится себестоимость производства комбикормов, появится возможность экспортировать не только продукцию животноводства, но и готовые комбикорма. Кроме того, производимое комбикормовое оборудование можно будет поставлять в страны СНГ. В нашей стране будет наращиваться рыбная отрасль, вырастет поголовье овец, коз и пушных зверей, что позволит увеличить объемы производства комбикормов еще на 3 млн тонн ежегодно. Поголовье КРС также может вырасти в 2 раза за 5 лет, что приведет к увеличению производства комбикормов еще на 2,5 млн тонн ежегодно. Таким образом, объем производства комбикормов в России к 2025 году может достигнуть показателя в 55–60 млн тонн ежегодно. Цены будут меняться незначительно и будут находиться в пределах 18–22 тыс. руб. за тонну. Но комбикормовые предприятия смогут получить больше прибыли за счет снижения себестоимости производства. Снижению

себестоимости также будет способствовать увеличение валовых сборов зерновых культур в основном за счет ввода в оборот залежных земель, а также увеличения объемов производства культур с высоким содержанием белка (соя, люпин). Объемы производства животноводческой продукции могут вырасти на 35 %.

Наиболее вероятный сценарий развития. Увеличение объемов производства мяса птицы и свиней в нашей стране замедлится в связи с тем, что мы достигли уровня самообеспеченности. Нарастить объемы производства за счет экспорта продукции будет сложно из-за высокой стоимости комбикормов, которая формируется за счет импорта оборудования, добавок и концентратов, а также таможенных пошлин. Скорее всего, в ближайшие годы будет увеличиваться поголовье КРС не столько мясного, сколько молочного направления, в связи с этим вырастут объемы производства комбикормов для них. Экспорт готовых комбикормов и премиксов в ближайшие 2 года увеличится до 1 млн тонн в год за счет уже принятых нормативно-правовых документов, подписанных государствами – членами ЕАЭС. Таким образом, к 2025 г. в России будет производиться порядка 35 млн тонн комбикормов ежегодно. Цена на комбикорма будет варьироваться в пределах 16–24 тыс. руб. за тонну, а объемы производства животноводческой продукции вырастут на 10 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На сегодняшний день потребность в комбикормах в нашей стране выше, чем производство, дефицит порядка 15 млн тонн восполняют за счет фуражного зерна. Однако экономия на комбикормах в конечном итоге оказывается экономически менее выгодной из-за уменьшения прибыли за счет снижения продуктивности животных и птицы. Проведенный анализ состояния комбикормовой промышленности в России показал, что отрасль развивается, но почти полностью зависит от импортных макро- и микроэлементов. Существует ряд проблем, сдерживающих развитие отрасли, и от того, каким образом будут они решаться, зависит будущее комбикормовой промышленности страны. По наиболее вероятному сценарию развития объемы производства комбикормов будут ежегодно увеличиваться на 1 млн тонн и в 2025 году достигнут показателя

в 35 млн тонн. Для того чтобы развитие отрасли пошло не по пессимистичному, а по оптимистичному сценарию, государству необходимо и дальше поддерживать программу по импортозамещению, субсидировать строительство заводов по производству компонентов для премиксов, а также упростить бюрократические трудности, связанные с сертификацией и карантинным оформлением комбикормовой продукции. Научные исследования должны быть направлены на разработку оборудования с использованием цифровых решений, что позволит минимизировать влияние человеческого фактора и выполнять технологические операции с высокой точностью. Независимым комбикормовым предприятиям нужно производить комбикорма для лошадей, рыб, пушных зверей, и в кооперации с другими организациями развивать эти отрасли.

Библиографический список

1. Россия в цифрах: краткий статистический сборник. М.: Росстат, 2019. 549 с.
2. Афанасьев В. А. Современное состояние и перспективы развития комбикормовой промышленности Российской Федерации // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3 (34). С. 116–124.
3. Shrinivasa D. J.; Mathur S. M. Compoundfeed production for livestock // Current science. 2020. Vol. 118. Iss. 4. Pp. 553–559. DOI: 10.18520/cs/v118/i4/553-559.
4. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России. 2015: статистический сборник. М.: Росстат, 2015. 201 с.
5. Сельское хозяйство в России. 2019: статистический сборник. М.: Росстат, 2019. 91 с.
6. Минсельхоз России разработал подпрограмму «Развитие производства кормов и кормовых добавок для животных» [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства России. URL: <http://mcx.ru/press-service/news/minselkhoz-rossii-razrabotal-podprogramm-razvitie-proizvodstva-kormov-i-kormovykh-dobavok-dlya-zhiv> (дата обращения: 15.05.2020).
7. Инвестиции в России. 2019: статистический сборник. М.: Росстат, 2019. 228 с.
8. Топ-25 лидеров комбикормовой отрасли. Участники нового рейтинга «Агроинвестора» занимают более половины рынка [Электронный ресурс] // Агроинвестор. URL: <https://www.agroinvestor.ru/rating/article/31690-top-25-liderov-kombikormovoy-otrasli> (дата обращения: 10.05.2020).
9. Щетинина Е. Д., Сухобрус А. В. Проблемы импортозамещения в комбикормовой промышленности // Белгородский экономический вестник. 2017. № 3 (87). С. 105–111.
10. Алексеева С. Н., Волкова Г. А. Особенности развития комбикормовой промышленности в России и регионе // Нива Поволжья. 2015. № 3 (36). С. 114–120.
11. О динамике цен производителей сельскохозяйственной продукции и цен на приобретенные сельскохозяйственными организациями товары и услуги в 2013–2018 годах [Электронный ресурс] // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики РФ. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/# (дата обращения: 25.04.2020).
12. Цены в России. 2016: статистический сборник. М.: Росстат, 2016. 151 с.
13. Цены в России. 2018: статистический сборник. М.: Росстат, 2018. 142 с.
14. Кольченко М. А., Спешилова Н. В. Комбикормовая промышленность в России: состояние, проблемы и пути их решения в условиях санкций // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. № 10-1. С. 145–149.
15. Дорохов А. С., Бельшклина М. Е., Большева К. К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (47). С. 25–33.
16. В Амурской области развивают глубокую переработку сои [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства сельского хозяйства России. URL: <http://mcx.ru/press-service/regions/v-amurskoj-oblasti-razvivayut-glubokuyu-pererabotku-soi> (дата обращения: 08.05.2020).
17. Yegorov B., Turpurova T., Sharabaeva E., Bondar Yu. Prospects of using by-products of sunflower oil production in compoundfeed industry // Journal of food science and technology-Ukraine. 2019. Vol. 13. Iss. 1. Pp. 106–113. DOI: 10.15673/fst.v13i1.1337.
18. Yegorov B., Makarynska A., Cherneha I., Oganessian A. Scientific and practical basis of using protein plant concentrates for the production of compound // Journal of food science and technology-Ukraine. 2018. Vol. 12. Iss. 4. Pp. 94–101. DOI: 10.15673/fst.v12i4.1205.

Об авторах:

Алексей Семенович Дорохов¹, доктор технических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заместитель директора по научно-организационной работе, ORCID 0000-0002-4758-3843, AuthorID 550644; dorokhov@rgau-msha.ru
Нарек Овикович Чилингарян¹, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории прогнозирования развития систем машин и технологий в АПК, ORCID 0000-0001-9116-846, AuthorID 756826; narek-s@list.ru

¹ Федеральний научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

Status and development prospects of the feed industry in the Russian Federation

A. S. Dorokhov¹, N. O. Chilingaryan^{1✉}

¹ Federal Scientific Agroengineering Center All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, Moscow, Russia

✉ E-mail: narek-s@list.ru

Abstract. Purpose. Analysis of the state and forecast of possible scenarios of the development of the feed industry in the Russian Federation. **Methods.** The following research methods were used in the work: analysis, comparison, induction and deduction, strategic forecasting. The studies were carried out on the basis of materials presented on the information resources of the Federal State Statistics Service, the Ministry of Agriculture of Russia, the Federal Customs Service of Russia, the Union of Feed Makers of Russia. Based on the analysis of the condition, trends and patterns of development of the feed industry, possible scenarios of changes in the industry are predicted under certain conditions. **Results.** The production volumes of compound feeds, premixes and protein-vitamin-mineral supplements in the Russian Federation for 2011–2018 are given. The dynamics of changes in the number of pigs, cattle and production volumes of poultry meat is shown. More than half of compound feeds in Russia are produced by 25 enterprises, and the components from which premixes are made are imported. The average prices for compound feeds for pigs, cattle and poultry for 2013–2018 are presented. In 2018, 4.5 million tons of feed were exported from Russia, of which 3 million tons are meal and cake from sunflower, soybean, rape, as well as beet pulp, only 110 thousand tons of finished mixed feed were exported. The data on gross grain harvest in the Russian Federation as the main filler of animal feed are given. The development of the feed industry will be facilitated by an increase in the sown area of promising crops with a high content of protein - soy and lupine. **Scientific novelty.** The main problems that hinder the development of the feed industry are identified and three development scenarios are proposed – pessimistic, optimistic and most likely. The directions of the work of feed mills and science, as well as measures of state support that promote the development of the industry in an optimistic development scenario, are proposed.

Keywords: feed industry, production volumes, livestock, grain production, concentrates, premixes, prices, port substitution, development prospects.

For citation: Dorokhov A. S., Chilingaryan N. O. Sostoyanie i perspektivy razvitiya kombikormovoy promyshlennosti v Rossiyskoy Federatsii [Status and development prospects of the feed industry in the Russian Federation] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 75–84. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-75-84. (In Russian.)

Paper submitted: 31.05.2020.

References

1. Rossiya v tsifrakh: kratkiy statisticheskiy sbornik [Russia in numbers: short statistical compilation]. Moscow: Rosstat, 2019. 549 p. (In Russian.)
2. Afanas'ev V. A. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya kombikormovoy promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii [The current state and development prospects of the feed industry of the Russian Federation] // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2012. No. 3 (34). Pp. 116–124. (In Russian.)
3. Shrinivasa D. J.; Mathur S. M. Compoundfeed production for livestock // Current science. 2020. Vol. 118. Iss. 4. Pp. 553–559. DOI: 10.18520/cs/v118/i4/553-559.
4. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i okhotnich'e khozyaystvo, lesovodstvo v Rossii. 2015: statisticheskiy sbornik [Agriculture, hunting and forestry in Russia. 2015: statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2015. 201 p. (In Russian.)
5. Sel'skoe khozyaystvo v Rossii. 2019: statisticheskiy sbornik [Agriculture in Russia. 2019: statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2019. 91 p. (In Russian.)
6. Minsel'khoz Rossii razrabotal podprogrammu "Razvitie proizvodstva kormov i kormovykh dobavok dlya zhivotnykh" [The Ministry of Agriculture of Russia has developed a subprogram "Development of the production of feed and feed additives for animals"] [e-resource] // Official site of Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: <http://mcx.ru/press-service/>

news/minselkhoz-rossii-razrabotal-podprogrammuy-razvitiya-proizvodstva-kormov-i-kormovykh-dobavok-dlya-zhiv (appeal date: 15.05.2020). (In Russian.)

7. Investitsii v Rossii. 2019: statisticheskiy sbornik [Investments in Russia. 2019: statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2019. 228 p. (In Russian.)

8. Top-25 liderov kombikormovoy otrasli. Uchastniki novogo reytinga "Agroinvestora" zanimayut bolee poloviny rynka [Top 25 feed industry leaders. Participants in the new rating of Agroinvestor occupy more than half of the market] [e-resource] // Agroinvestor. URL: <https://www.agroinvestor.ru/rating/article/31690-top-25-liderov-kombikormovoy-otrasli> (appeal date: 10.05.2020). (In Russian.)

9. Shchetinina E. D., Sukhobrus A. V. Problemy importozameshcheniya v kombikormovoy promyshlennosti [Problems of import substitution in the feed industry] // Belgorodskiy ekonomicheskii vestnik. 2017. No. 3 (87). Pp. 105–111. (In Russian.)

10. Alekseeva S. N., Volkova G. A. Osobennosti razvitiya kombikormovoy promyshlennosti v Rossii i regione [Features of the development of the feed industry in Russia and the region] // Volga Region Farmland. 2015. No. 3 (36). Pp. 114–120. (In Russian.)

11. O dinamike tsen proizvoditeley sel'skokhozyaystvennoy produktsii i tsen na priobretennye sel'skokhozyaystvennymi organizatsiyami tovary i uslugi v 2013–2018 godakh [On the dynamics of producer prices of agricultural products and prices for goods and services purchased by agricultural organizations in 2013–2018] [e-resource] // Official site of the Federal State Statistics Service of the Russian Federation. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/tariffs/# (appeal date: 25.04.2020). (In Russian.)

12. Tseny v Rossii. 2016: statisticheskiy sbornik [Prices in Russia. 2016: statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2016. 151 p. (In Russian.)

13. Tseny v Rossii. 2018: statisticheskiy sbornik [Prices in Russia. 2018: statistical digest]. Moscow: Rosstat, 2018. 142 p. (In Russian.)

14. Kol'chenko M. A., Speshilova N. V. Kombikormovaya promyshlennost' v Rossii: sostoyanie, problemy i puti ikh resheniya v usloviyakh sanktsiy [Feed industry in Russia: state, problems and ways to solve them under the conditions of sanctions] // Novaya nauka: problemy i perspektivy. 2016. No. 10-1. Pp. 145–149. (In Russian.)

15. Dorokhov A. S., Belyshkina M. E., Bol'sheva K. K. Proizvodstvo soi v Rossiyskoy Federatsii: osnovnye tendentsii i perspektivy razvitiya [Soybean production in the Russian Federation: main trends and development prospects] // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2019. No. 3 (47). Pp. 25–33. (In Russian.)

16. V Amurskoy oblasti razvivayut glubokuyu pererabotku soi [Amur region develops deep processing of soybeans] [e-resource] // Official site of Ministry of Agriculture of the Russian Federation. URL: <http://mcx.ru/press-service/regions/v-amurskoy-oblasti-razvivayut-glubokuyu-pererabotku-soi> (appeal date: 08.05.2020). (In Russian.)

17. Yegorov B., Turpurova T., Sharabaeva E., Bondar Yu. Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry // Journal of food science and technology-Ukraine. 2019. Vol. 13. Iss. 1. Pp. 106–113. DOI: 10.15673/fst.v13i1.1337.

18. Yegorov B., Makarynska A., Cherneha I., Oganessian A. Scientific and practical basis of using protein plant concentrates for the production of compound // Journal of food science and technology-Ukraine. 2018. Vol. 12. Iss. 4. Pp. 94–101. DOI: 10.15673/fst.v12i4.1205.

Authors' information:

Aleksey S. Dorokhov¹, doctor of technical sciences, professor of RAS, corresponding member of RAS, deputy director for scientific and organizational work, ORCID 0000-0002-4758-3843, AuthorID 550644; dorokhov@rgau-msha.ru

Narek O. Chilingaryan¹, candidate of technical sciences, researcher at the laboratory of forecasting the development of machine and technology systems in the agro-industrial complex, ORCID 0000-0001-9116-846, AuthorID 756826, narek-s@list.ru

¹ Federal Scientific Agroengineering Center All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, Moscow, Russia

Развитие конкуренции на рынке социальных услуг сельских поселений Свердловской области в методологии регионального стандарта

А. Г. Мокронос¹, Е. С. Огородникова¹, А. Е. Плахин¹

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: cmb_8@mail.ru

Аннотация. Целью настоящей статьи является осуществление анализа форм стимулирования конкуренции участников рынка социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области. **Методы исследования.** Метод исследования факторов развития конкуренции на рынке социальных услуг сельских поселений в рамках Стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации предполагает декомпозицию общих задач Стандарта в блоках оценки конкурентной среды потребителями и компаниями участниками рынка. Информационная база исследования формируется на основе опросных методов получения информации о результатах реализации Стандарта и охватывает сельские территории Свердловской области. **Результаты исследования.** Проведенное исследование подтверждает использование инфраструктурно-институционального стимулирования конкуренции на рынке социальных услуг сельских территорий, основанного на методологии процедур регионального Стандарта развития конкуренции. Результаты использования данной методологии стимулирования конкуренции показывают неудовлетворительные результаты для рынка социальных услуг сельских территорий. **Научная новизна.** Проведенное исследование подтверждает использование в процедурах регионального Стандарта развития конкуренции методологии инфраструктурно-институционального стимулирования предпринимательской деятельности. Соответственно, стандарт не учитывает свойства «квазирынка», характерного для рынка социальных услуг. Вместе с тем особенности распределительного процесса при оплате социальных услуг дают дополнительные инструменты стимулирования конкуренции. Авторами статьи приведена модель использования свойств «квазирынка» для решения основного барьера для предпринимателей сельских поселений Свердловской области, выражающегося в необходимости обеспечения деятельности собственными помещениями. Компенсационный механизм позволит создать устойчивый спрос на услуги организаций, осуществляющих инвестиции в создание помещений для осуществления своей деятельности.

Ключевые слова: рынок социальных услуг, «квазирынок», государственное задание, институциональные условия деятельности, инфраструктура.

Для цитирования: Мокронос А. Г., Огородникова Е. С., Плахин А. Е. Развитие конкуренции на рынке социальных услуг сельских поселений Свердловской области в методологии регионального стандарта // Аграрный вестник Урала. 2020. № 07 (198). С. 85–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-85-96.

Дата поступления статьи: 07.05.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Специфика рынка социальных услуг сельских поселений состоит в наличии существенного отложенного спроса, удовлетворение которого вызывает сложности по двум причинам, первой из которых является несовпадение функции заказчика (лица, оплачивающего услуги) и потребителя. Дополнительной сложностью для формирования конкурентного рынка социальных услуг сельских территорий является низкая плотность населения. Второй причиной является отсутствие сформированной конкурентной среды участников рынка, оказывающих данные услуги.

Целью настоящей статьи является осуществление анализа форм стимулирования конкуренции участников рынка социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области.

Дифференциация выполнения функций социального обслуживания в сельских поселениях осуществляется в рамках формирования рынка социальных услуг, оказываемых в общественном секторе экономики. Основой для потребления социальной услуги являются права граждан России, закрепленные в Конституции Российской Федерации. В частности, в статье 7 обозначено: «Российская Федерация – социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека». Социальные услуги являются важнейшим компонентом уровня жизни населения, социальной стабильности и устойчивости государственной модели, что характеризует их высокую общественную значимость. Специфичность спроса на социальные услуги обусловлена государственной гарантией бесплатного или частично платного потребления

и наличием соответствующего компенсационного механизма. К существенным вопросам формирования спроса на социальные услуги можно отнести независимость объема потребления от текущей платежеспособности потребителя, соответственно спрос формируется в рамках возможностей государства компенсировать потребление. Можно сказать, что рынок социальных услуг является в соответствии, с определением, представленном в работе А. Г. Мокроносова «квазирынком» [1, с. 13], для которого характерна конкуренция между производителями за право оказания услуг при этом компенсация расходов осуществляется государством.

Организация предложения и спроса на социальные услуги осуществляется через механизмы накопления и распределения ресурсов за счет налоговых и страховых поступлений и размещения заказов среди конкурирующих производителей, соответственно формируется структура рынка. Реализация функций социальных услуг постепенно передается государством в частный сектор экономики путем стимулирования проектов социального предпринимательства.

Приведенная специфика рынка социальных услуг создает дополнительные методологические задачи стимулирования активности компаний, осуществляющих деятельность на данном рынке. Методология стимулирования на социальных рынках не укладывается в традиционную парадигму, характерную для рынка частных благ, оцениваемую показателями коммерческой эффективности.

Теоретическое обоснование инструментария стимулирования конкуренции на рынке социальных услуг осуществляется в рамках исследования причинно-следственных связей с факторами, обуславливающими поведение предпринимателей [2, с. 158]. В литературе представлено два логических конструкта объясняющих реакцию участников рынка на стимулирующие мероприятия. Первый, представленный в работах F. Maican [3, с. 727] и A. Chu [4, с. 1127], предполагает объяснение результата стимулирования сложившейся под воздействием фундаментальных факторов социально-экономической политики структурой рынка. Ряд авторов, в Г. Б. Клейнер [5, с. 31], придерживаются мнения, что «реальная социально-экономическая политика, формирование нормативно-законодательной базы экономики, принимаемые на микро-, мезо- или макроэкономическом уровне решения основываются явно или неявно на тех или иных посылах относительно реакции предприятия, его внутреннего и внешнего поведения в тех или иных ситуациях, иными словами, на той или иной теории предприятия». Следуя такому представлению о реакции предпринимателей на условия деятельности, в данный момент сформированы программы стимулирования конкуренции, включающие значительные преобразования, касающиеся институциональной среды и инфраструктурного обеспечения предпринимательства [6, с. 121]. Материалы оценки институциональной среды на примере Свердловской области были рассмотрены в предыдущих работах автора статьи [7, с. 20].

Второй логический конструкт причинно-следственных связей реакции предпринимателей на стимулирующие мероприятия предполагает движение от оценки перспективной результативности. Данный подход рассмотрен и проанализирован в работе Audretsch D. B. [8, с. 603], в

которой отмечено наличие слабых реакций на изменение рыночной структуры и более сильной реакции при декларировании повышения результативности ввиду особых институциональных и инфраструктурных условий функционирования бизнеса. В работах [9, с. 52] и [10, с. 359] обозначены направления государственного стимулирования конкуренции путем совершенствования институциональной среды. Аналогичное мнение озвучено в работе Lerner J. [11, с. 29], который считает, что в качестве основных направлений стимулирования предпринимательства необходимо использовать инфраструктурную обеспеченность и улучшение институциональных условий. Данная методология развития конкуренции лежит в основе Стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации – основного документа регламентирующего деятельность органов государственной власти в направлении развития конкуренции. Реализация Стандарта направлена на содействие развитию добросовестной конкуренции на социально значимых рынках, Свердловской области в интересах потребителей товаров, работ и услуг, а также субъектов предпринимательской деятельности.

Вместе с тем приведенные выше свойства «квазирынка» расширяют инструментарий стимулирования конкуренции на рынке социальных услуг сельских поселений. Зависимость спроса от компенсационного механизма позволяет использовать модели стимулирования конкуренции, выходящие за рамки стимулирования активности предпринимателей инфраструктурно-институциональными условиями формирования сверхприбыли. Поскольку «от спроса зависят количество поставщиков данного товара на рынке и его рыночная цена» [12, с. 61], данные инструменты позволяют формировать конкурентную среду, с одной стороны – определяя объем спроса, а с другой – качество услуг методами стандартизации.

В работе Ю. А. Кицай [13, с. 48] в качестве механизма, позволяющего достичь баланса между объемом потребления социальных услуг населением и основным заказчиком в лице государства, упоминается государственный заказ. Необходимо отметить, что данный инструмент активно используется в регионах Российской Федерации наряду с госзаказом и компенсацией за оказание социальных услуг негосударственным организациям, не участвующим в выполнении государственного задания. Данный метод позволяет сочетать конкурентные методы с инструментами институционального регулирования отбора участников рынка в процессе включения в реестр поставщиков социальных услуг, что подтверждает соответствие предоставляемых услуг стандартам социальных услуг, утвержденным региональными органами власти.

Предлагаемая модель рынка социальных услуг базируется на «квазирыночной» концепции институционального подхода к управлению общественным сектором. Современная система социального обслуживания организована на основе территориального принципа. При этом ведомственные организации, предоставляющие социальные услуги, рассматриваются как часть территориальных социальных служб. Соответственно, выявление баланса спроса и предложения на социальные услуги осуществляется в рамках зоны обслуживания территориальной социальной службы.

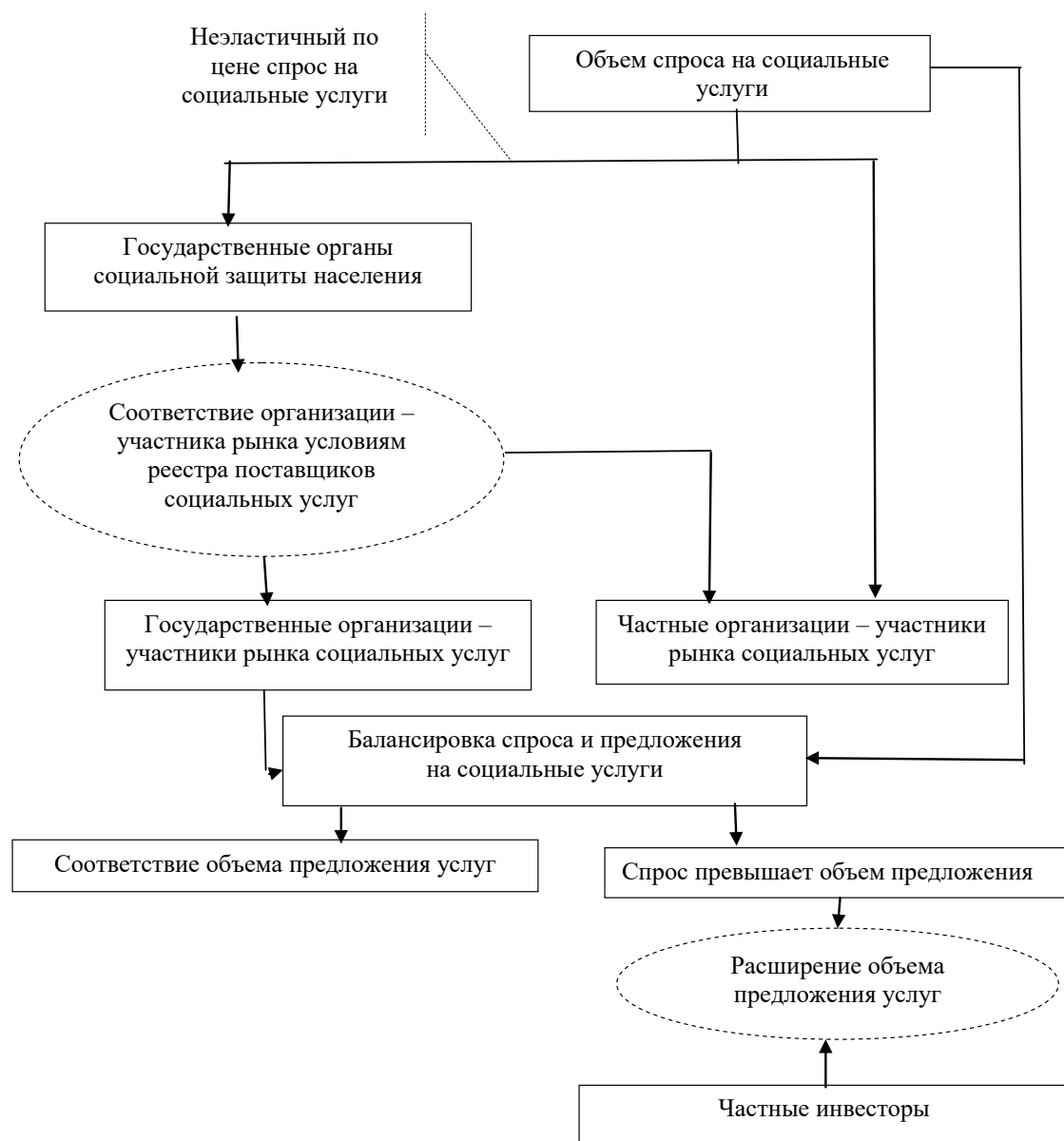


Рис. 1. Модель организации рынка социальных услуг сельских территорий

Модель организации рынка социальных услуг сельских территорий представлена на рис. 1.

Характеризуя данный механизм с точки зрения экономики, можно отметить, что полученные средства обеспечивают текущую операционную деятельность предпринимателей, однако их инвестиционные потребности остаются без внимания. Кредитные ресурсы, привлекаемые на общих с коммерческими организациями условиями, достаточно дороги для субъектов рынка социальных услуг, особенно сельских территорий. Соответственно, необходимы механизмы привлечения инвестиционных ресурсов на данный рынок. Таким механизмом может стать развитие социального партнерства органов власти, коммерческих и некоммерческих организаций.

Методология и методы исследования (Methods)

Методика исследования факторов развития конкуренции на рынке социальных услуг сельских поселений в рамках Стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации основана на представлении общих задач Стандарта в блоках оценки конкурентной среды.

Авторами проведено сопоставление Задач Стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации на территории Свердловской области и укрупненных блоков оценки конкурентной среды (таблица 1).

Методика исследования основывается на опросных методах получения информации о результатах реализации Стандарта [14, с. 137]. Методы такого рода обладают недостатками субъективных оценок, отражая восприятие принимающих в опросе предпринимателей и потребителей о состоянии конкурентной среды рынка социальных услуг [15, с. 49]. Субъективность оценок во многом затрудняет определение результативности мероприятий Стандарта при формировании конкурентной среды социально-значимых и приоритетных рынков региона. Снижение указанного недостатка возможно путем внедрения механизма группировки институциональных проблем в зависимости от задач развития конкуренции, указанных в Стандарте. Подобная группировка позволит получить однозначную характеристику со стороны предпринимателей и определить направления улучшения для органов региональной власти субъекта РФ.

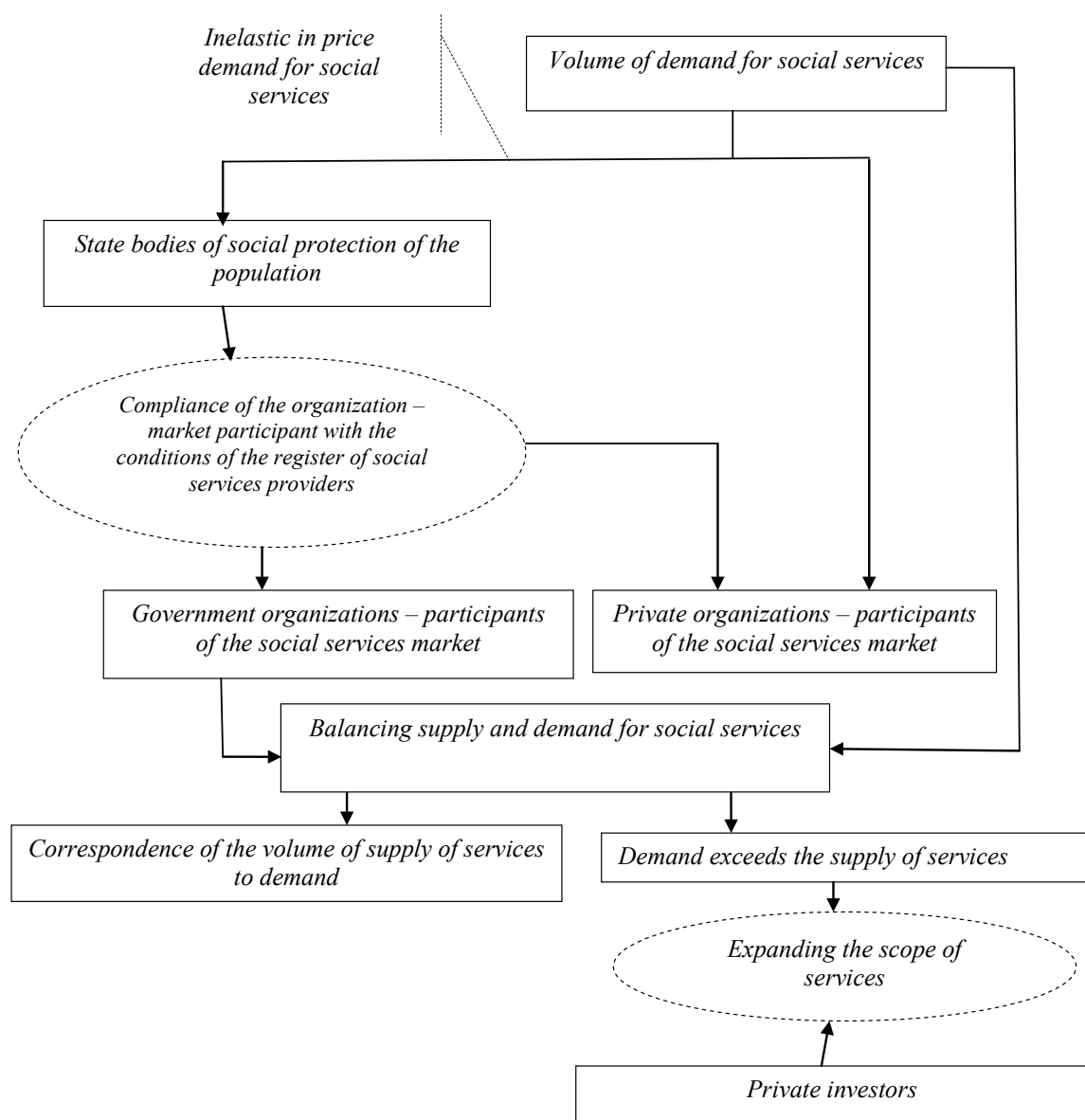


Fig. 1. Model of organization of the market of social services in rural areas

Оценка состояния спроса на рынке социальных услуг сельских поселений производится в рамках методики, приведенной на рис. 2.

Информационная база исследования включает респондентов, участвующих в ежегодном мониторинге Развития конкуренции на территории Свердловской области¹. Мониторинг систематически проводится исполнительными органами государственной власти Свердловской области.

Результаты (Results)

Первичная характеристика рынка социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области содержит данные количественного анализа об организациях, осуществляющих соответствующую деятельность, информация представлена на рис. 3.

В сельских поселениях Свердловской области действуют на конец 2017 года 6 негосударственных организаций, предоставляющих социальные услуги, в то же время, по данным Министерства социальной защиты Свердловской области, целевой показатель «удельный вес негосу-

¹ Мониторинг удовлетворенности качеством товаров и услуг и конкуренцией на территории Свердловской области <http://mir.midural.ru/razvitie-konkurencii-na-territorii-sverdlovskoy-oblasti>.

дарственных организаций социального обслуживания от общего количества поставщиков социальных услуг всех форм собственности» составил 10,3 %, или 19 негосударственных организаций на рынке социальных услуг. По представленным данным можно сделать вывод, что рынок социальных услуг в Свердловской области нельзя назвать конкурентным. Данная информация подтверждается и оценками потребителей в разрезе показателей удовлетворенности, приведенных в таблице 2.

Оценка потребителями параметров предложения на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области негативная. Большинство респондентов отмечают недостаточное количество организаций социального обслуживания, отсутствие возможности выбора социальных услуг и отсутствие динамики количества организаций на данном рынке. Подобная ситуация обуславливает отсутствие социального развития сельских территорий и соответствующее ухудшение социально-демографической ситуации. Последствиями становятся отток трудоспособного населения и дефицит квалифицированных кадров в сельском хозяйстве Свердловской области.

Таблица 1
 Направления исследования задач Стандарта развития конкуренции на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области (авторская разработка)

Задачи Стандарта развития конкуренции в субъектах Российской Федерации на территории Свердловской области	Укрупненные блоки оценки результативности реализации задач Стандарта
Содействие снижению или устранению административных и экономических барьеров, препятствующих развитию конкуренции	Оценка деятельности органов власти и административных барьеров
Оптимизация государственных закупок в интересах субъектов предпринимательской деятельности	Оценка состояния конкуренции
Организация деятельности советов потребителей при ресурсоснабжающих организациях как элемента развития системы общественного контроля	Оценка возможности подключения к технологическим сетям
Обеспечение доступности информации и повышение уровня информационной открытости органов исполнительной власти Свердловской области о результатах проводимой работы и принятых решениях в части развития конкурентной среды региона	Деятельность в общественных организациях, по вопросам развития предпринимательства

Table 1
 Directions for studying the objectives of the Standard for the Development of Competition in the Social Services Market in Rural Settlements of the Sverdlovsk Region (author's development)

Objectives of the Standard for the Development of Competition in the Subjects of the Russian Federation in the Sverdlovsk Region	Enlarged blocks for assessing the effectiveness of the implementation of the objectives of the Standard
Promoting the reduction or elimination of administrative and economic barriers to the development of competition	Assessment of the activities of authorities and administrative barriers
Optimization of public procurement in the interests of business entities	Assessment of the state of competition
Organization of the activities of consumer councils at resource-supplying organizations as an element of the development of a public control system	Assessment of connectivity to technological networks
Ensuring the availability of information and increasing the level of information transparency of the executive authorities of the Sverdlovsk region on the results of the work carried out and decisions made regarding the development of the competitive environment in the region	Activities in public organizations for business development

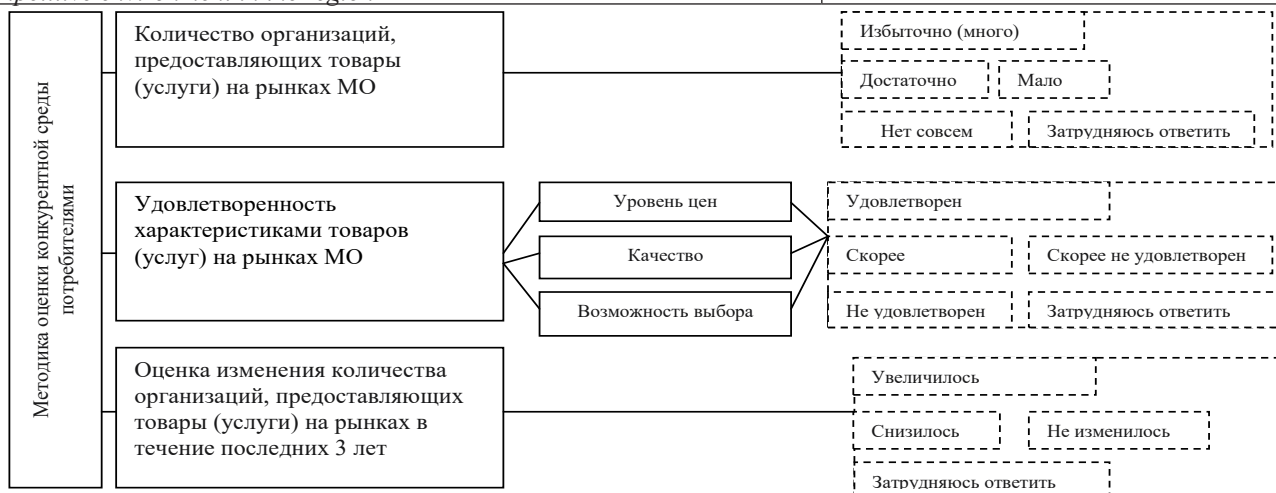


Рис. 2. Методика оценки потребителями предложения на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области (авторская разработка)

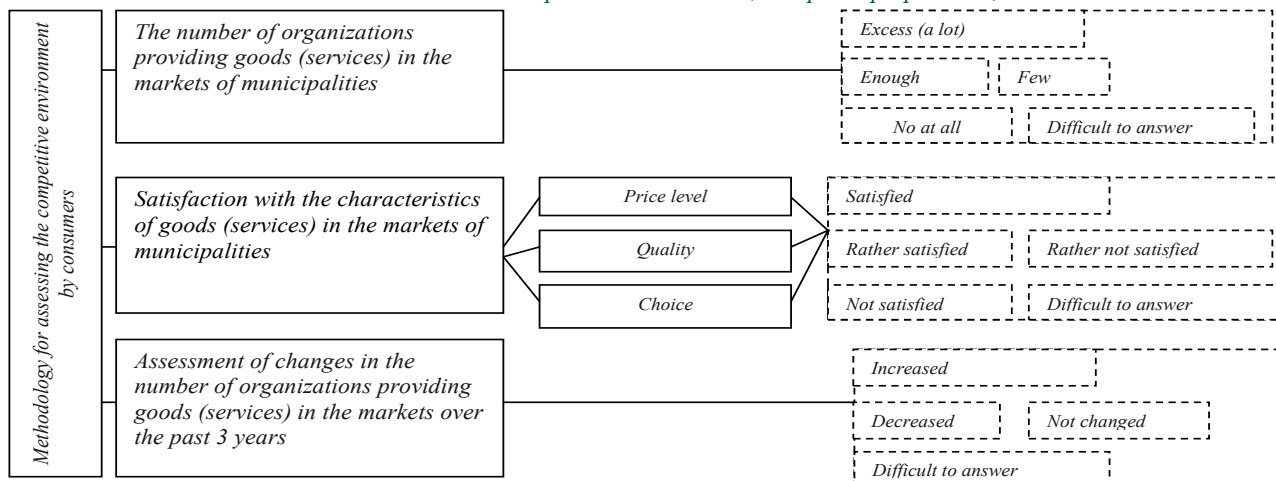


Fig. 2. Methodology for consumers to assess the supply of social services in rural settlements of the Sverdlovsk region (author's development)

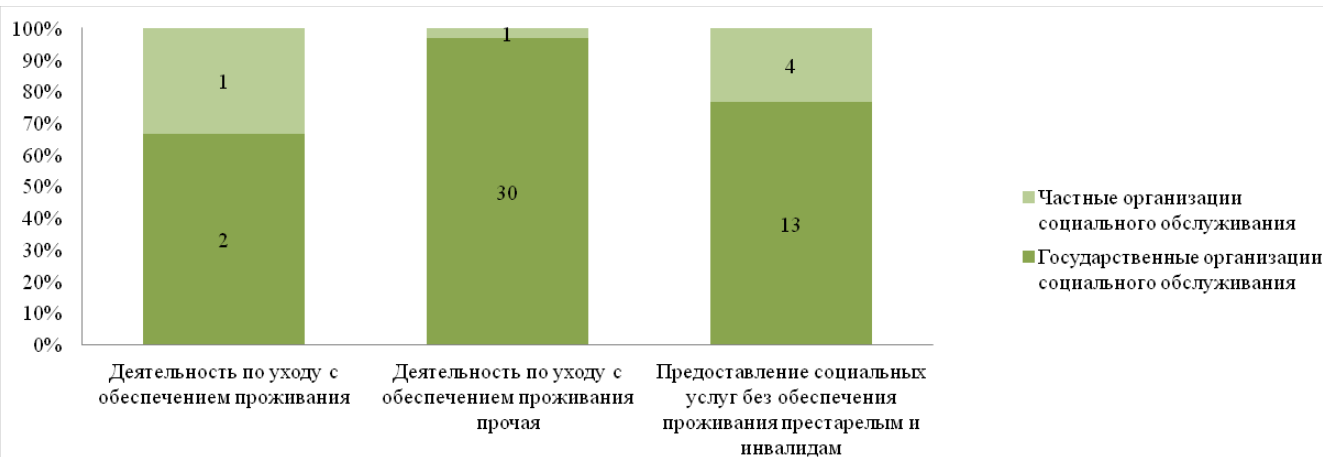


Рис. 3. Структура организаций по форме собственности, оказывающих услуги на рынке социального обслуживания в сельских поселениях Свердловской области, %, 2017 год (по данным системы анализа рынков СПАРК-интерфакс)

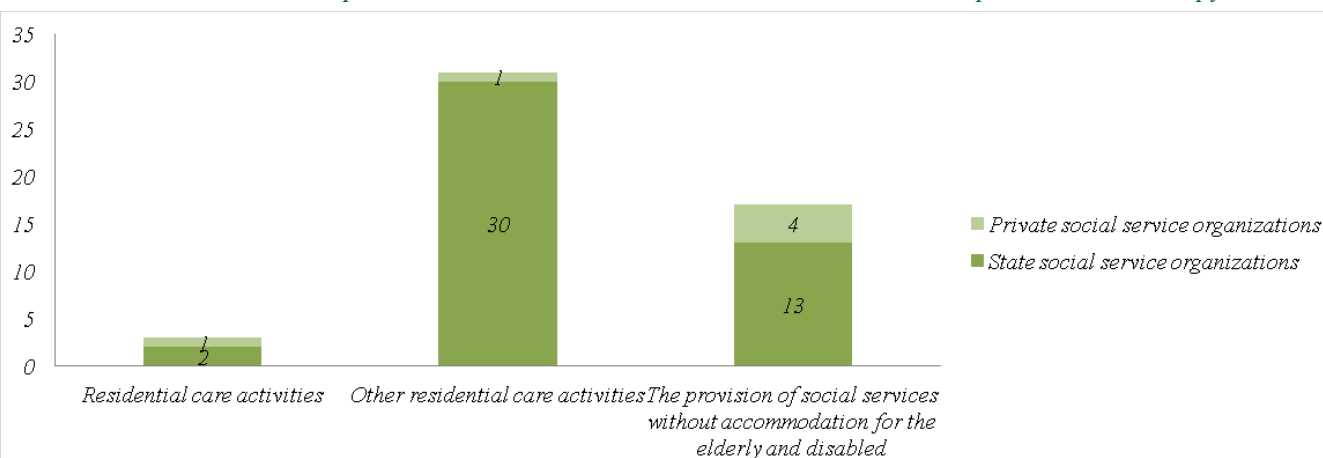


Fig. 3. The structure of organizations by ownership of services in the social services market in rural settlements of the Sverdlovsk region, %, 2017 (according to the market analysis system SPARK-interfax)

Отсутствие конкуренции подтверждают и данные опроса представителей организаций, осуществляющих деятельность на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области. На рис. 4 приведены данные оценки интенсивности конкуренции организаций, предоставляющих социальные услуги.

Большинство респондентов оценивают рынок социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области как рынок с умеренной и отсутствующей конкуренцией. Интересной является информация о ранжировании административных барьеров, представленная на рис. 5.

Можно сделать вывод, что для участников рынка социальных услуг основной проблемой является обеспечение своей деятельности соответствующими помещениями. 9 % опрошенных отмечают сложности с переводом помещений в статус «нежилого», 6 % – испытывают сложности с получением разрешений на строительство, 5 % – испытывают сложности в приобретении зданий и помещений. Эти данные подтверждают актуальность поиска механизмов инвестиционного обеспечения деятельности субъектов рынка социальных услуг в сельских поселениях.

В целом положительно оценивают динамику воздействия административных барьеров более половины респондентов, отмечая, что барьеры полностью устранены либо существенно ослаблены. При этом 48 % респондентов признают ухудшение ситуации, связывая сложности деятельности с необходимостью прохождения разрешительных процедур, уплатой налогов и невозможностью

формирования инвестиционной базы для своей деятельности. Участники рынка социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области в целом позитивно оценивают возможность подключения к инженерным сетям, ставя данный барьер на последнее место при ранжировании.

Детализация оценки данного барьера приведена на рис. 6. Наибольшую сложность испытывают предприниматели при присоединении к тепловым сетям: данную проблему отметили 4 % респондентов.

Анализ институционально-инфраструктурных условий существования рынка выявил существенные сложности обеспечения предпринимателей необходимыми площадями. В то же время органы государственной и муниципальной власти, выполняя функции заказчика, имеют возможность формирования предложения на рынке социальных услуг с помощью инструмента социального партнерства. На рис. 7 представлена возможная схема финансирования расходов на строительство помещения под цели оказания социальных услуг сельскому населению.

В рамках предложенной схемы частный бизнес может инвестировать средства в строительство помещений. После начала функционирования из областного бюджета предлагается выделять средства на финансирование текущих расходов по предоставлению услуг на основании нормативов стоимости оказания услуги, требований стандартов качества услуг.

Оценка потребителями предложения на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области (авторская разработка)

	Оцените количество организаций, предоставляющих социальные услуги в поселении	Оцените уровень цен на социальные услуги	Оцените качество социальных услуг	Оцените возможность выбора социальных услуг	Изменение количества организаций, предоставляющих социальные услуги в течение последних 3 лет
Баженовское сельское поселение	Мало	Затрудняюсь ответить	Скорее удовлетворен	Затрудняюсь ответить	Снизилось
Кузнецовское сельское поселение	Достаточно	Скорее удовлетворен	Скорее не удовлетворен	Скорее не удовлетворен	Не изменилось
Калиновское сельское поселение	Мало	Затрудняюсь ответить	Удовлетворен	Скорее не удовлетворен	Увеличилось
Сладковское сельское поселение	Достаточно	Скорее не удовлетворен	Затрудняюсь ответить	Скорее не удовлетворен	Не изменилось
Слободо-Туринское сельское поселение	Мало	Удовлетворен	Затрудняюсь ответить	Скорее удовлетворен	Не изменилось
Усть-Ницинское сельское поселение	Мало	Скорее удовлетворен	Удовлетворен	Удовлетворен	Не изменилось

Table 2

Consumer assessments of supply on social services market in rural settlements of the Sverdlovsk region

	Estimate the number of organizations providing social services in the settlement	Rate social services pricing	Evaluate the quality of social services	Evaluate social services options	Assess changes in the number of organizations providing social services over the past 3 years
Bazhenovskoe rural settlement	Few	Difficult to answer	Rather satisfied	Difficult to answer	Decreased
Kuznetsovskoe rural settlement	Enough	Rather satisfied	Rather not satisfied	Rather not satisfied	Not changed
Kalinovskoe rural settlement	Few	Difficult to answer	Satisfied	Rather not satisfied	Increased
Sladkovskoe rural settlement	Enough	Rather not satisfied	Difficult to answer	Rather not satisfied	Not changed
Slobodo-Turinskoe rural settlement	Few	Satisfied	Difficult to answer	Rather satisfied	Not changed
Ust'-Nitsinskoe rural settlement	Few	Rather satisfied	Satisfied	Satisfied	Not changed



Рис. 4. Оценка конкуренции представителями организаций на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области, %, 2017 год

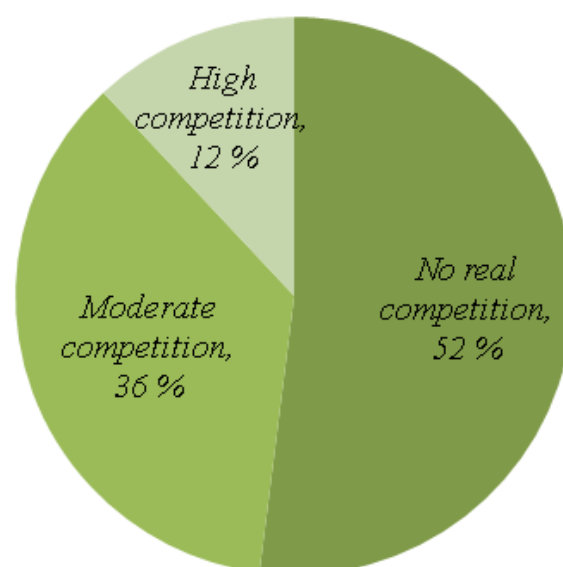


Fig. 4. Assessment of competition by representatives of organizations in the social services market in rural settlements of the Sverdlovsk region, %, 2017

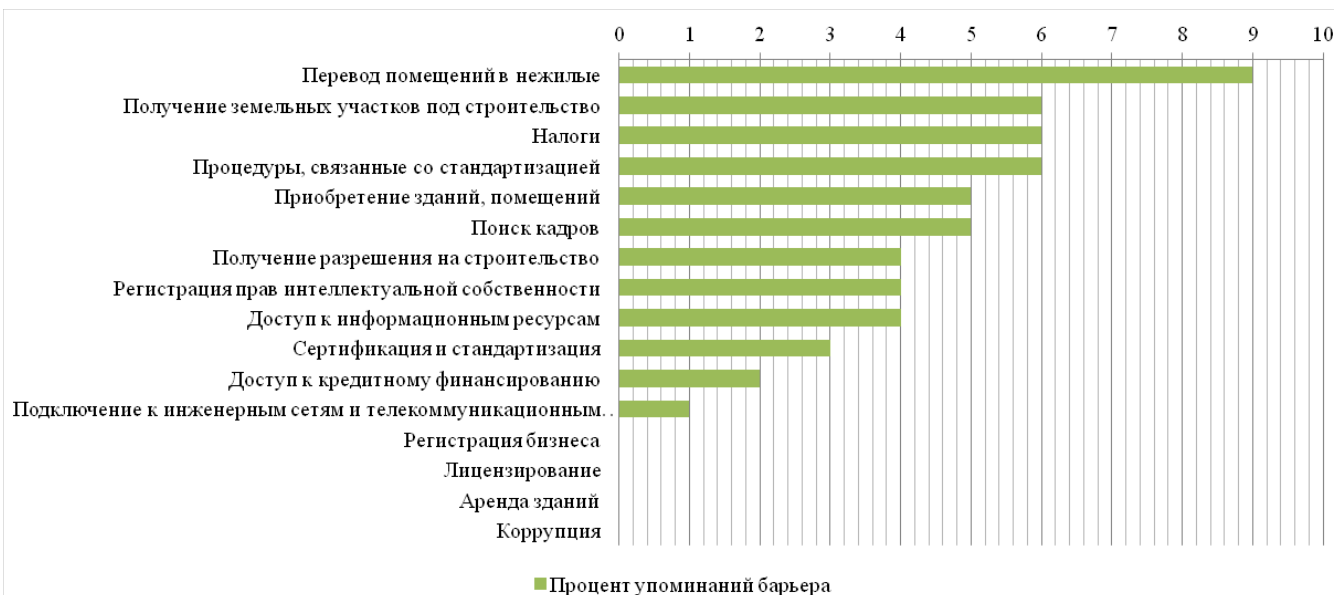


Рис. 5. Оценка представителями организаций влияния административных барьеров на рынке социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области, %, 2017 год

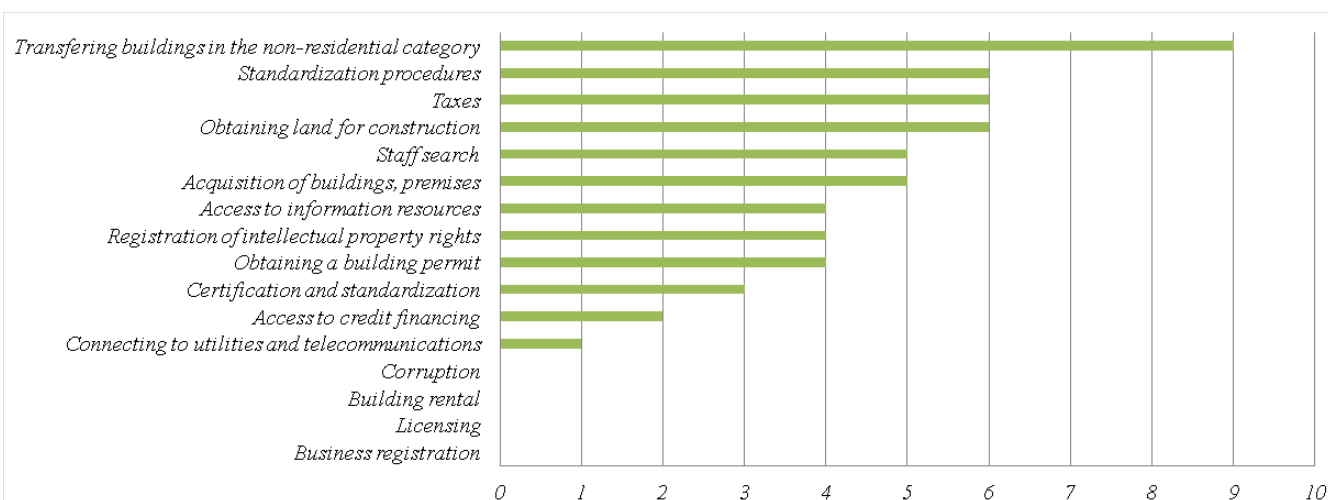


Fig. 5. Assessment (barrier mention rate) by representatives of organizations of the administrative barriers impact on the social services market in rural settlements of the Sverdlovsk region, %, 2017

Для открытия финансирования из областного бюджета негосударственная организация должна будет предоставить:

- 1) копии регистрационного свидетельства и учредительных документов;
- 2) проект сметы расходов учреждения на предстоящий финансовый год, подлежащих финансированию за счет средств областного бюджета;
- 3) проект договора о совместной деятельности в сфере социального обслуживания.

Негосударственное учреждение социального обслуживания населения сможет оказывать и услуги на коммерческой основе. Основное требование – за плату должны быть оказаны только те услуги, финансирование которых не осуществляется из областного бюджета, например, пребывание в палатах повышенной комфортности. Для расчета стоимости платных услуг можно использовать данные по расчету норматива и показатель рентабельности услуг. Преимущества от предложенной схемы социального партнерства в сфере финансирования учреждений социального обслуживания населения представлены в таблице 3.

Таким образом, представленный механизм позволит предоставлять услуги потребителям бесплатно, так как их оказание будет по-прежнему финансироваться из областного бюджета. Одновременно потребители получают возможность оплачивать только те услуги, которые превышают бесплатные услуги по качеству и комфорту. Их оплата будет производиться только теми гражданами, которые будут в состоянии их оплатить.

Для областного бюджета реализация подобной схемы позволит существенно сократить капитальные расходы бюджета на строительство и оборудование учреждений. Однако для того чтобы привлечь инвесторов, необходим комплекс мер, повышающих инвестиционную привлекательность данного направления. В частности, к таким мерам можно отнести выделение участков под строительство, предоставление налоговых льгот, заключение долгосрочных партнерских соглашений по финансированию негосударственных учреждений после ввода их в эксплуатацию и прочее.

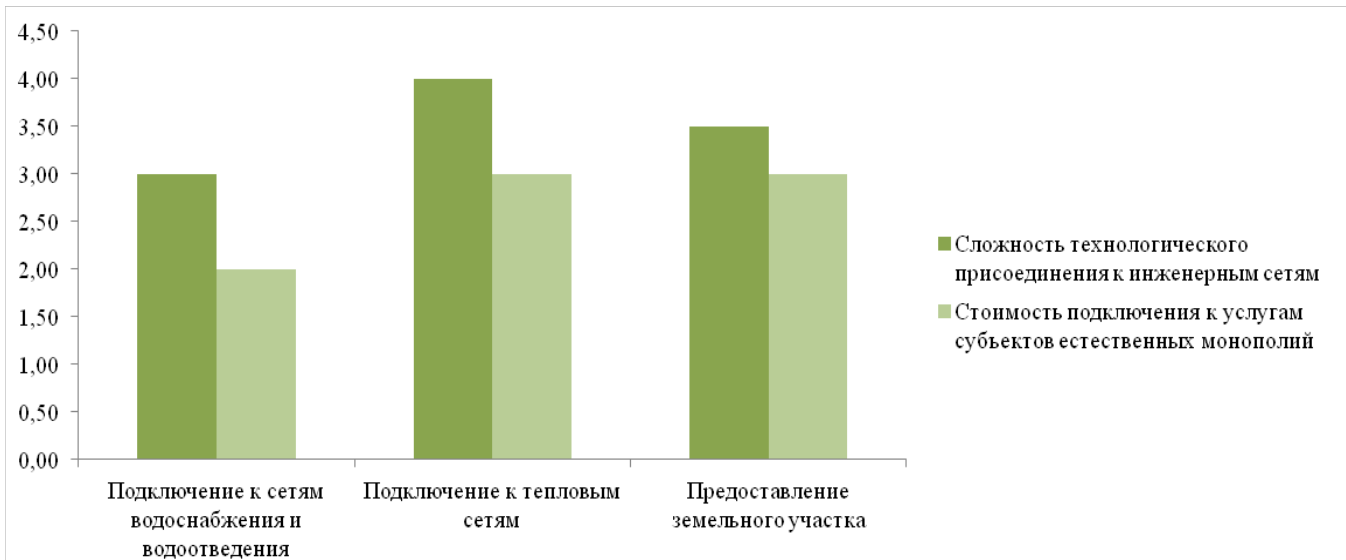


Рис. 6. Оценка представителями организаций сложности технологического присоединения к инженерным сетям для участников рынка социальных услуг в сельских поселениях Свердловской области, %, 2017 год

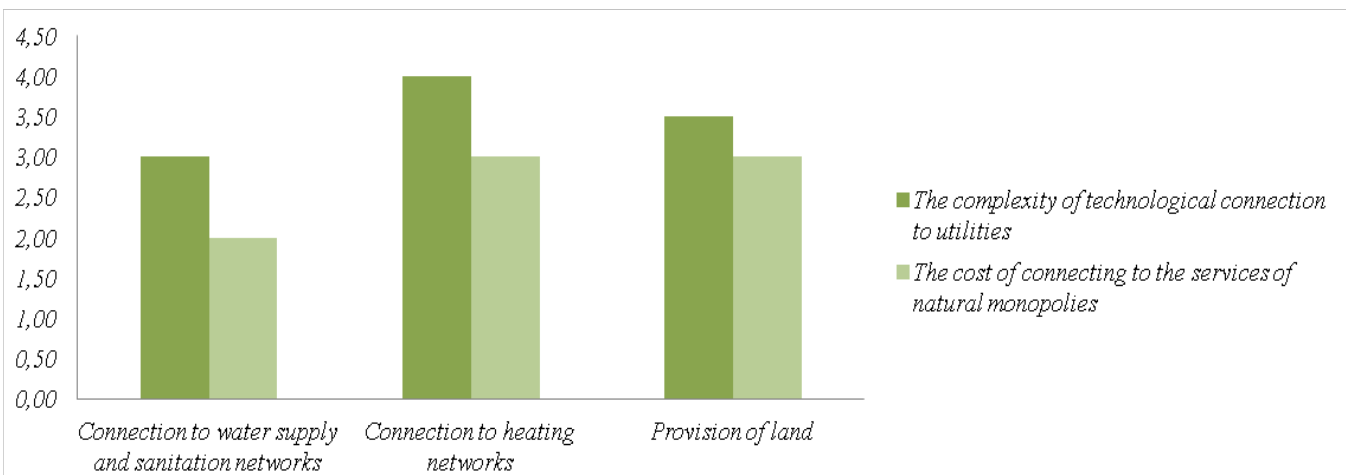


Fig. 6. Assessment by representatives of organizations of the complexity of technological connection to engineering networks for participants in the social services market in rural settlements of the Sverdlovsk region, %, 2017

Таблица 3

Преимущества от совместного финансирования учреждений социального обслуживания населения

Для областного бюджета	Для МСП	Для потребителей услуги
1. Сокращение бюджетных расходов на капитальное строительство. 2. Увеличение количества учреждений социального обслуживания населения, необходимое для реализации основных направлений социальной политики	1. Предсказуемость в ведении бизнеса, так как стоимость услуг определена нормативам и не зависит от величины платежеспособного спроса. 2. Гарантированная окупаемость	1. Сохранение принципа бесплатного предоставления социальных услуг. 2. Повышение качества предоставляемых услуг. 3. Возможность получить дополнительные услуги высокого качества за плату

Table 3

Benefits of co-financing social services institutions

For the regional budget	For SMEs	For consumers services
1. Reduction of budget expenditures for capital construction. 2. The increase in the number of institutions of social services necessary for the implementation of the main directions of social policy	1. Predictability in doing business, since the cost of services is determined by standards and does not depend on the size of effective demand. 2. Guaranteed payback	1. Maintaining the principle of the free provision of social services. 2. Improving the quality of services provided. 3. An opportunity to receive additional high-quality services for a fee

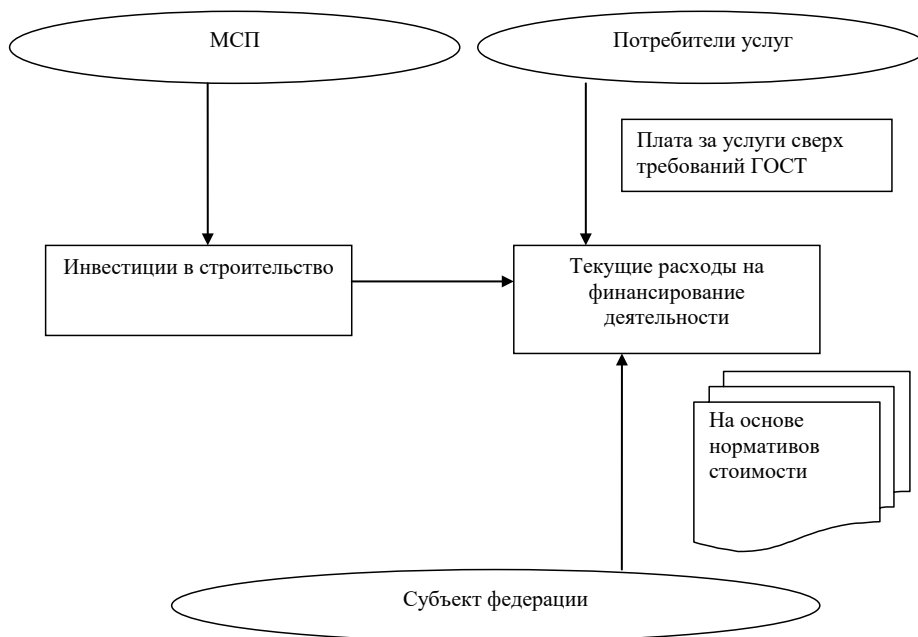


Рис. 7. Принципиальная схема социального партнерства в сфере оказания социальных услуг

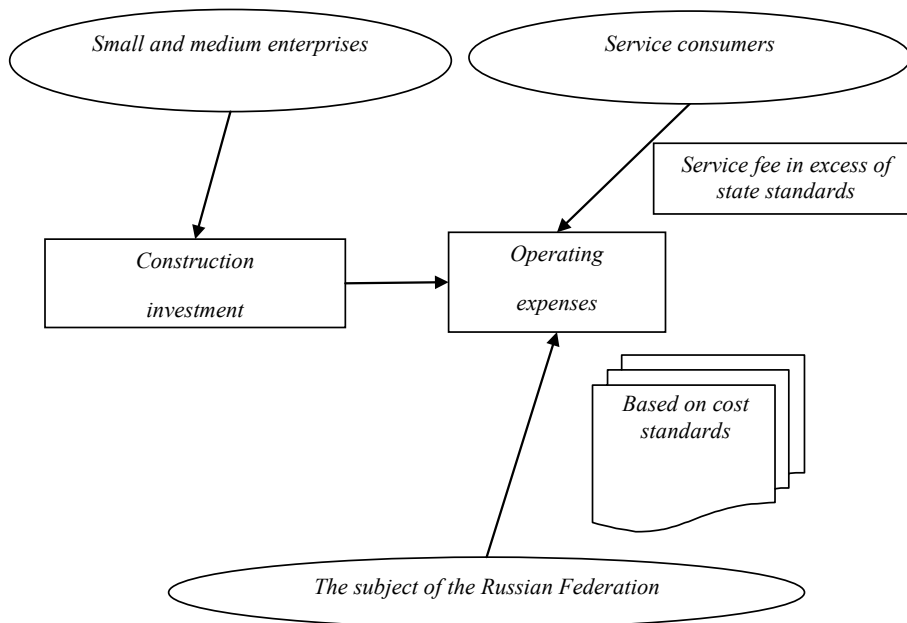


Fig. 7. Schematic diagram of social partnership in the provision of social

В этих условиях основные преимущества для частного бизнеса будут заключаться в предсказуемости ведения бизнеса, так как поступления после ввода объекта в эксплуатацию не будут зависеть от низкого платежеспособного спроса населения на подобные услуги. Финансирование оказания услуг за счет средств бюджета гарантирует окупаемость проекта, так как в нормативы стоимости услуги будет заложен определенный процент прибыли.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенное исследование подтверждает использование в процедурах Стандарта развития конкуренции в регионах РФ методологии инфраструктурно-институционального стимулирования предпринимательской деятельности. Соответственно, стандарт не учитывает свойства

«квазирынка», характерного для рынка социальных услуг. Вместе с тем особенности распределительного процесса при оплате социальных услуг дают дополнительные инструменты стимулирования конкуренции.

Авторами статьи приведена модель использования свойств «квазирынка» для решения основного барьера для предпринимателей сельских поселений Свердловской области, действующих на рынке социальных услуг. Компенсационный механизм позволит создать устойчивый спрос на услуги организаций осуществляющих инвестиции в создание помещений для осуществления своей деятельности. Можно рекомендовать включение механизма создания спроса для рынка социальных услуг в Стандарт развития конкуренции.

Библиографический список

1. Мокроносов А. Г., Маврина И. Н. Предпринимательский потенциал развития автономного ВУЗа. Екатеринбург, 2016. 166 с.
2. Nunn N., Treffer D. Replication data for: The Structure of Tariffs and Long-Term Growth // American Economic Journal: Macroeconomics. 2019. Vol. 2. No. 4. Pp. 158–194.
3. Maican F. G., Orth M. Entry regulations, welfare, and determinants of market structure // International Economic Review. 2018. T. 59. No. 2. Pp. 727–756. DOI: 10.1111/iere.12286.
4. Chu A. C., Ji L. Monetary policy and endogenous market structure in a Schumpeterian economy // Macroeconomic Dynamics. 2016. T. 20. No. 5. Pp. 1127–1145. DOI: 10.1017/S1365100514000765.
5. Клейнер Г. Б. От теории предприятия к теории стратегического управления // Российский журнал менеджмента. 2003. Т. 1. № 1. С. 31–56.
6. Setiawan M., Effendi N. Survey of the Industrial Concentration and Price-cost Margin of the Indonesian Manufacturing Industry // International Economic Journal. 2016. T. 30. No. 1. Pp. 123–146. DOI: 10.1080/10168737.2015.1136666.
7. Коковихин А. Ю., Огородникова Е. С., Уильямс Д., Плахин А. Е. Факторы институциональной среды в оценке предпринимателем инвестиционного климата муниципального образования // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 1. С. 80–92. DOI: 10.17059/2017-1-8.
8. Audretsch D. B. Industrial organization and the organization of industries: Linking industry structure to economic performance // Review of Industrial Organization. 2018. T. 52. No. 4. Pp. 603–620.
9. Kates S. Free market economics: An introduction for the general reader. Edward Elgar Publishing, Camberley. 2017. 352 p.
10. Fairlie R. W., Fossen F. M. Opportunity versus necessity entrepreneurship: Two components of business creation // CESifo Working Paper Series. 2018. No. 6854. 48 p.
11. Lerner J. Government Incentives for Entrepreneurship. NBER Working Paper No. 26884. 2020. 21 p. DOI: 10.1007/s10961-014-9380-9.
12. Демиева А. Г. Конкуренция как стимул осуществления предпринимательской деятельности: правовой аспект // Журнал российского права. 2017. № 6. С. 61–68. DOI: 10.12737/article_59240a94b8c001.74124873.
13. Кицай Ю. А. Правовое регулирование социально значимых рынков // Интерактивная наука. 2017. № 10. С. 48–51.
14. Тимофеева Т. Ф., Тимофеев В. В. Стандарт развития конкуренции в субъектах Российской Федерации (на примере Чувашской республики) // Вестник Российского университета кооперации. 2016. № 2. С. 137–139.
15. Козырев А. А. Стандарт развития конкуренции как инструмент решения экономических и социальных проблем региона // Экономика и управление. 2015. № 11. С. 44–49.

Об авторах:

Александр Германович Мокроносов¹, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономики предприятий, ORCID 0000-0002-5982-8983, AuthorID 387112; +7 950 541-27-72, amokronosov@mail.ru

Екатерина Сергеевна Огородникова¹, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и предпринимательства, ORCID 0000-0002-8299-6934, AuthorID 399347; +7 902 878-33-64, cmb_8@mail.ru

Андрей Евгеньевич Плахин¹, кандидат экономических наук, заведующий кафедрой менеджмента и предпринимательства, ORCID 0000-0003-1379-0497, AuthorID 409549; +7 912 243-67-77, apla@usue.ru

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Development of competition in the market of social services of rural settlements of Sverdlovsk region in the methodology of regional standard

A. G. Mokronosov¹, E. S. Ogorodnikova¹, A. E. Plakhin¹

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: cmb_8@mail.ru

Abstract. The purpose of this article is to analyze the forms of stimulating competition among social market participants in rural settlements of the Sverdlovsk region. **Research methods.** The method of studying the factors of development of competition in the market of social services of rural settlements within the framework of the Standard for the Development of Competition in the constituent entities of the Russian Federation involves the decomposition of the general objectives of the Standard in the blocks for assessing the competitive environment by market participants and consumers. The information base of the study is formed on the basis of interrogation methods for obtaining information on the results of the implementation of the Standard and covers rural areas of the Sverdlovsk region. **The results of the study.** The study confirms the use of infrastructural and institutional stimulation of competition in the social services market in rural areas, based on the methodology of the procedures of the regional Standard for the Development of Competition. The results of using this methodology to stimulate competition

show unsatisfactory results for the rural social services market. **Scientific novelty.** The study confirms the use of the methodology of infrastructural and institutional stimulation of entrepreneurial activity in the procedures of the regional Standard for the Development of Competition. Accordingly, the standard does not take into account the properties of the “quasi market” characteristic of the social services market. At the same time, the features of the distribution process when paying for social services provide additional tools to stimulate competition. The authors of the article give a model of using the properties of the “quasi market” to solve the main barrier for entrepreneurs of rural settlements of the Sverdlovsk region expressed in the need to provide activities with their own premises. The compensation mechanism will create a steady demand for the services of organizations investing in the creation of premises for the implementation of their activities.

Keywords: social services market, “quasi market”, state task, institutional conditions of activity, infrastructure.

For citation: Mokronosov A. G., Ogorodnikova E. S., Plakhin A. E. Razvitiye konkurentssii na rynke sotsial'nykh uslug sel'skikh poseleniy Sverdlovskoy oblasti v metodologii regional'nogo standarta [Development of competition in the market of social services of rural settlements of Sverdlovsk region in the methodology of regional standard] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 07 (198). Pp. 85–96. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-85-96. (In Russian.)

Paper submitted: 07.05.2020.

References

1. Mokronosov A. G., Mavrina I. N. Predprinimatel'skiy potentsial razvitiya avtonomnogo VUZa [Entrepreneurial potential for the development of an autonomous university]. Ekaterinburg, 2016. 166 p. (In Russian.)
2. Nunn N., Treffer D. Replication data for: The Structure of Tariffs and Long-Term Growth // American Economic Journal: Macroeconomics. 2019. Vol. 2. No. 4. Pp. 158–194.
3. Maican F. G., Orth M. Entry regulations, welfare, and determinants of market structure // International Economic Review. 2018. T. 59. No. 2. Pp. 727–756. DOI: 10.1111/iere.12286.
4. Chu A. C., Ji L. Monetary policy and endogenous market structure in a Schumpeterian economy. Macroeconomic Dynamics. 2016. T. 20. No. 5. Pp. 1127–1145. DOI: 10.1017/S1365100514000765.
5. Kleynner G. B. Ot teorii predpriyatiya k teorii strategicheskogo upravleniya [From the Theory of an Enterprise to a Theory of Strategic Management]. Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta. 2003. T. 1. No. 1. Pp. 31–56. (In Russian.)
6. Setiawan M., Effendi N. Survey of the Industrial Concentration and Price-cost Margin of the Indonesian Manufacturing Industry. International Economic Journal. 2016. T. 30. No. 1. Pp. 123–146. DOI: 10.1080/10168737.2015.1136666.
7. Kokovikhin A. Yu., Ogorodnikova E. S., Williams D., Plakhin A. E. Faktory institutsional'noy sredy v otsenke predprinimatelem investitsionnogo klimata munitsipal'nogo obrazovaniya [Factors of the institutional environment in the assessment of the investment climate of a municipality by an entrepreneur] // Economy of Region. 2017. T. 13. No. 1. Pp. 80–92. DOI: 10.17059/2017-1-8. (In Russian.)
8. Audretsch D. B. Industrial organization and the organization of industries: Linking industry structure to economic performance. Review of Industrial Organization. 2018. T. 52. No. 4. Pp. 603–620.
9. Kates S. Free market economics: An introduction for the general reader. Edward Elgar Publishing, Camberley. 2017. 352 p.
10. Fairlie R. W., Fossen F. M. Opportunity versus necessity entrepreneurship: Two components of business creation // CESifo Working Paper Series. 2018. No. 6854. 48 p.
11. Lerner J. Government Incentives for Entrepreneurship. NBER Working Paper No. 26884. 2020. 21 p. DOI: 10.1007/s10961-014-9380-9.
12. Demieva A. G. Konkurentsiya kak stimul osushchestvleniya predprinimatel'skoy deyatelnosti: pravovoy aspekt [Competition as an Incentive to Do Business: Legal Aspect]. Journal of Russian Law. 2017. No. 6 (246). Pp. 61–68. DOI: 10.12737/article_59240a94b8c001.74124873. (In Russian.)
13. Kitsay Yu. A. Pravovoye regulirovaniye sotsial'no znachimykh rynkov [Legal regulation of socially significant markets] // Interactive science. 2017. No. 10. Pp. 48–51. (In Russian.)
14. Timofeeva T. F., Timofeev V. V. Standart razvitiya konkurentssii v sub'yektakh Rossiyskoy Federatsii (na primere Chuvashskoy respublik) [The Standard for Developing Competition in the Subjects of the Russian Federation (on the example of the Chuvash Republic)] // Bulletin of the Russian University of Cooperation. 2016. 2. Pp. 137–139. (In Russian.)
15. Kozyrev A. A. Standart razvitiya konkurentssii kak instrument resheniya ekonomicheskikh i sotsial'nykh problem regiona [The Standard for the Development of Competition as a Tool for Solving Economic and Social Problems of the Region] // Economy and Management. 2015. No. 11. Pp. 44–49. (In Russian.)

Authors' information:

Aleksandr G. Mokronosov¹, doctor of economics, professor, professor of the department of enterprise economics, ORCID 0000-0002-5982-8983, AuthorID 387112; +7 950 541-27-72, amokronosov@mail.ru

Ekaterina S. Ogorodnikova¹, candidate of economic sciences, associate professor, department of management and entrepreneurship, ORCID 0000-0002-8299-6934, AuthorID 399347; +7 902 878-33-64, cmb_8@mail.ru

Andrey E. Plakhin¹, candidate of economic sciences, head of the department of management and entrepreneurship, ORCID 0000-0003-1379-0497, AuthorID 409549; +7 912 243-67-77, apla@usue.ru

¹Ural State University of Economics, Ekaterinburg, 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. B. Ручкин – кандидат социологических наук, шеф-редактор

O. A. Багрецова – ответственный редактор

A. B. Ерофеева – редактор

N. A. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

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

O. A. Bagretsova – executive editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

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

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

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

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

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

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

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

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

Отпечатано в ООО Универсальная типография «Альфа Принт».

620049, г. Екатеринбург, пер. Автоматики, д. 2Ж.

Подписано в печать: 10.07.2020 г. Усл. печ. л. 10,5. Авт. л. 9,5.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.

