

# ВЕСЦІ

## НАЦЫЯНАЛЬнай АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ

СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК 2016 №3

# ИЗВЕСТИЯ

## НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

СЕРИЯ АГРАРНЫХ НАУК 2016 №3

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1963 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

### ЗМЕСТ

От редакционной коллегии .....	5
<b>ЭКАНОМІКА</b>	
Казакевич П. П. О достижениях и задачах современной белорусской аграрной науки .....	7
У Син Хун, Дай Юнган, Тэн Тжаньвэй, Сунь Лэй Взаимное сотрудничество Китая и Беларуси в области сельскохозяйственных исследований .....	14
Гусаков Е. В. Концепция создания и функционирования кластерных структур в аграрном комплексе .....	19
Кириенко Н. В. Интегрированный биржевой товарный рынок сельскохозяйственной продукции Евразийского экономического союза: принципы, механизмы и направления формирования .....	26
Горбатовский А. В., Горбатовская О. Н. Эффективное развитие мясного скотоводства в зоне Припятского Полесья: факторы и условия .....	34
<b>ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА</b>	
Привалов Ф. И., Урбан Э. П. Достижения и проблемы селекции высокопродуктивных сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь .....	41
Зайцева О. И., Сакович В. И., Бушневич В. Н., Гриб С. И., Лемеш В. А. Молекулярно-генетический анализ аллельного состава селекционно ценных генов отдаленных гибридов тритикале .....	50
Лапа В. В., Михайловская Н. А., Касьянчик С. А., Мезенцева Е. Г., Кулеш О. Г., Погирницкая Т. В., Барашенко Т. Б. Активность гидролитических ферментов циклов углерода и азота в высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных уровнях минерального питания .....	57

<b>Павлова И. В., Купреенко Н. П., Звягинцева К. Б., Ивановская М. В., Лагодич А. В., Глушен С. В.</b> Полиморфизм локусов цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого ( <i>Allium cepa</i> L.) белорусской селекции .....	66
---	----

### ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА

<b>Пестис В. К., Танана Л. А., Вертинская О. В., Катаева С. А.</b> Влияние генетических ресурсов герефордской породы при различных методах разведения для получения высококачественной говядины .....	73
<b>Голушко В. М., Голушко А. В., Пилюк В. Н., Ситько А. В.</b> Протеиновая и аминокислотная питательность кормов для свиней .....	81
<b>Шейко И. П., Приступа Н. В., Шейко Р. И., Янович Е. А., Коско И. С.</b> Продуктивные качества свиней заводского типа «Полесский» в породе ландрас .....	89
<b>Костоусов В. Г., Адамович Б. В., Жукова Т. В., Селивончик И. Н.</b> Оценка воздействия рыболовных мероприятий на экосистему озер и эффективность ведения рыболовного хозяйства .....	94

### МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

<b>Азаренко В. В., Мисун А. Л., Мисун Л. В., Корбут С. Н.</b> Оценка уровня безопасности труда на уборке кормовых культур как показателя снижения профессиональных рисков .....	99
<b>Передня В. И., Башко Ю. А.</b> Эффективность доильного оборудования для производства конкурентоспособного молока .....	107

### ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

<b>Василенко З. В., Цед Е. А., Волкова С. В.</b> Сравнительный анализ эффективности использования различных видов дрожжей в спиртовом производстве .....	113
--	-----

### ВУЧОНЫЯ БЕЛАРУСІ

<b>Василий Михайлович Голушко</b> (К 80-летию со дня рождения) .....	119
<b>Зоя Васильевна Василенко</b> (К юбилею) .....	122
<b>Гродненскому государственному аграрному университету – 65 лет</b> .....	124

---

ИЗВЕСТИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ 2016 № 3

Серия аграрных наук

*на русском, белорусском и английском языках*

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,  
свидетельство о регистрации № 396 от 18.05.2009

---

Тэхнічны рэдактар В. А. Тоўстая

Камп'ютарная вёрстка А. У. Новік

Здадзена ў набор 29.06.2016. Падпісана ў друк 22.07.2016. Выхад у свет 28.07.2016. Фармат 60×84 1/8.

Папера афсетная. Друк лічбавы. Ум. друк. арк. 14,88. Ул.-выд. арк. 16,4. Тыраж 88 экз. Заказ 148.

Кошт нумару: індывідуальная падпіска – 10,28 руб., ведамасная падпіска – 25,21 руб.

Выдавец і паліграфічнае выкананне:

Рэспубліканскае ўнітарнае прадпрыемства «Выдавецкі дом «Беларуская навука». Пасведчанне аб дзяржаўнай рэгістрацыі выдаўца, вытворцы, распаўсюджвальніка друкаваных выданняў № 1/18 ад 02.08.2013.

ЛП № 02330/455 ад 30.12.2013. Вул. Ф. Скарыны, 40, 220141, Мінск.

© Выдавецкі дом «Беларуская навука».  
Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук, 2016

# PROCEEDINGS

## OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

---

AGRARIAN SERIES 2016 N3

---

FOUNDER IS THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1963

Issued four times a year

### CONTENTS

From the editorial .....	5
<b>ECONOMICS</b>	
<b>Kazakevich P.P.</b> Achievements and objectives of modern agricultural science .....	7
<b>Wu Xing-Hong, Dai Yong-Gang, Teng Zhan-Wei, Sun Lei.</b> A win-win cooperation of agricultural research between China and Belarus .....	14
<b>Gusakov E.V.</b> Concept of creation and operation of clusters in the agro-industrial complex .....	19
<b>Kireyenka N.V.</b> Integrated exchange commodity market of agricultural products of the Eurasian Economic Union: principles, mechanisms and directions of formation .....	26
<b>Gorbatovski A.V., Harbatouskaya A.N.</b> Efficient development of beef cattle breeding in the Pripyat Polesseye area: factors and conditions .....	34
<b>AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION</b>	
<b>Privalov F.I., Urban E.P.</b> Achievements and problems of high yield crops breeding in the Republic of Belarus .....	41
<b>Zaitseva O.I., Sakovich V.I., Bushtevich V.N., Grib S.I., Lemesh V.A.</b> Molecular and genetic analysis of allelic composition of plant breeding valuable genes of triticale remote hybrids .....	50
<b>Lapa V.V., Mikhailovskaya N.A., Kasyanchik S.A., Mezentseva E.G., Kulesh O.G., Pogirnitskaya T.V., Barashenko T.B.</b> Activities of hydrolytic enzymes in carbon and nitrogen cycles in highly fertile luvisol sandy loam soil under different levels of mineral nutrition .....	57
<b>Pavlova I.V., Kupreenko N.P., Zvyagintseva K.V., Ivanovskaya M.V., Lagodich A.V., Glushen S.V.</b> Polymorphism of loci of cytoplasmic male sterility of the onion ( <i>Allium cepa</i> L.) varieties of Belarusian breeding .....	66
<b>ANIMAL HUSBANDRY AND VETERINARY MEDICINE</b>	
<b>Pestis V.K., Tanana L.A., Vertinskaya O.V., Kataeva S.A.</b> Influence of the Hereford genetic resources at different methods of breeding for receiving high-quality beef .....	73

<b>Golushko V.M., Golushko A.V., Piljuk V.N., Sitko A.V.</b> Protein and amino-acid nutritional value of pig fodder .....	81
<b>Sheyko I.P., Pristupa N.V., Sheyko R.I., Yanovich E.A., Kosko I.S.</b> Performance traits of pigs of the new plant type “Polesky” in the Landrace breed .....	89
<b>Koustousov V.G., Adamovich B.V., Zhukova T.V., Selivonchik I.N.</b> Assessment of the influence of fish activities on the lake ecosystem and efficiency of fisheries .....	94

#### MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

<b>Azarenko V.V., Misun A.L., Misun L.V., Korbut S.N.</b> Assessment of occupational safety at fodder crops harvest as an indicator of the reduction of professional risks .....	99
<b>Perednya V.I., Bashko Yu.A., Bashko A. Yu.</b> Effective use of milking equipment for production of competitive milk .....	107

#### PROCESSING AND STORAGE OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<b>Vasilenko Z.V., Tsed E.A., Volkova S.V.</b> Comparative analysis of the efficiency of using different types of yeast in alcohol production .....	113
---	-----

#### SCIENTISTS OF BELARUS

<b>Vasily Mikhailovich Golushko</b> (To the 80 <sup>th</sup> Anniversary of Birthday) .....	119
<b>Zoya Vasilievna Vasilenko</b> (To the Jubilee) .....	122
<b>Grodno State Agrarian University – 65 years</b> .....	124

## ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Аграрная наука является органичным звеном сельскохозяйственного комплекса, имеет давние традиции и определенные достижения. Стратегия развития аграрной науки на каждом этапе исторического пути формировалась под влиянием существующей экономической и общественно-политической ситуации, но только в XX веке начала учитывать фактор научного обеспечения и прогноза. В условиях государственного планирования и централизованного финансирования сельское хозяйство в целом и аграрная наука в частности динамично развивались вплоть до 80-х годов прошлого века. Переход к механизмам рыночного регулирования экономики вызвал спад объемов производства и определенную перестройку взаимоотношений науки и производства. И только поворот со стороны государства к развитию аграрной науки позволил повернуть негативные тенденции вспять, придать отрасли динамику развития и рост объемов и качества продукции. Соответствующим образом перестраивалось и научное обеспечение сельского хозяйства.

Современный белорусский агропромышленный комплекс по большинству видов производимой на душу населения продукции имеет первые–вторые места среди аналогичных отраслей стран СНГ. По данному показателю для ряда продуктов питания Республика Беларусь занимает достойные места и среди стран Европейского Союза. В стране обеспечен высокий уровень продовольственной безопасности. Экспорт продовольствия составляет значимую долю отечественного экспорт (9 % по итогам 2015 г.). Сельскохозяйственная отрасль как ведущая сфера АПК является важной отраслью экономики Республики Беларусь (ее вклад в ВВП составляет 8–9 %).

Основой достигнутых результатов, дальнейшего развития отрасли, повышения конкурентоспособности аграрной продукции являются зональные высокоурожайные культуры и высокопродуктивные племенные животные, инновационные технологии, осуществляемые современными техническими средствами. Их разработка – основная задача сельскохозяйственной науки. Особые требования в настоящее время предъявляются и к продовольствию, прежде всего в плане его безопасности, особенно для детского питания, и функциональности. В настоящее время, как никогда раньше, дальнейшее развитие сельского хозяйства зависит от развития науки. Развитие науки и широкая пропаганда ее достижений являются необходимым условием дальнейшего подъема любой отрасли сельского хозяйства.

Ведущая роль в научном обеспечении аграрной отрасли Беларуси и перерабатывающей ее продукцию промышленности принадлежит научно-практическим центрам – по земледелию, картофелеводству и плодоовощеводству, животноводству, механизации сельского хозяйства и продовольствию. Они созданы по указу Главы государства в 2006 г., но и за столь короткий срок (всего 10 лет) результаты их работы значительны. За последние 5 лет объемы производства разработанной ими инновационной продукции в 200 раз превысили затраты средств на их разработку. Создание такой научно-технической продукции базируется на глубоких поисковых и фундаментальных исследованиях. Наиболее значимые результаты этих исследований публикуются в журнале «Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук».

Создание в 1963 г. журнала «Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук» имело большое значение, поскольку до этого времени не было ни одного специализированного журнала по сельскому хозяйству, где можно было бы публиковать материалы научных исследований по всем отраслям сельскохозяйственной науки. На протяжении всего времени своего существования в журнале размещались статьи, которые в основном объединяли достижения отдельных отраслей науки и показывали пути дальнейшего развития определенных отраслей сельского хозяйства на основе использования научных достижений. Время подтвердило правильность принятого в 1962 г. решения.

Журнал «Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук» стал ведущим в республике научным изданием в области аграрных наук, включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Республики Беларусь. Он представлен в зарубежных базах данных: в российской наукометрической базе данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ) на платформе Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU; АГРОС – базе данных Центральной научной сельскохозяйственной библиотеки (Россия); AGRIS – International System for Agricultural Science and Technology – Международной информационной системе по сельскохозяйственным наукам и технологиям Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО); CABA – The World's Leading Agriculture Database – Международной информационной системе по сельскохозяйственным наукам и технологиям Сельскохозяйственного Бюро Британского Содружества; Ulrichsweb – Global Serials Directory – Всемирном каталоге сериальных изданий. Высок уровень посещаемости сайта журнала <http://vesti.belal.by/> – ежегодно свыше 31 тыс. посещений. Это свидетельствует о международном значении исследований наших ученых-аграриев.

Дальнейшее развитие журнала «Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук» требует повышения качественного уровня с целью включения в международное сообщество научной периодики, что должно способствовать не только росту числа публикаций Беларуси по данным этих систем, но и их цитируемости. В нынешнем году редакционной коллегией и редакцией журнала предприняты определенные действия по включению его в глобальный индекс цитирования Scopus, это расширит возможности представления исследований белорусских ученых для мировой научной общественности и повысит показатели их цитируемости. В связи с этим изменяются требования к оформлению статей, которые направляются для опубликования. С новыми правилами для авторов можно ознакомиться в настоящем номере журнала либо на сайте: [www.belnauka.by](http://www.belnauka.by).

Выражаем глубокую благодарность всем авторам нашего журнала и верим в дальнейшее плодотворное сотрудничество. Все пожелания и замечания читателей редколлегии просит направлять по адресу: [agro-vesti@mail.ru](mailto:agro-vesti@mail.ru).

## ЭКАНОМІКА

УДК 63:001.895(476)

*П. П. КАЗАКЕВИЧ*

### О ДОСТИЖЕНИЯХ И ЗАДАЧАХ СОВРЕМЕННОЙ БЕЛОРУССКОЙ АГРАРНОЙ НАУКИ

*Президиум НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: agro-vesti@mail.ru*

В Республике Беларусь основные научные разработки в сфере агропромышленного комплекса выполняют пять аграрных научно-практических центров – по земледелию, картофелеводству и плодоовощеводству, животноводству, механизации сельского хозяйства, продовольствию, организованные в 2006 году. Созданные ими инновации во многом обеспечили современные успехи АПК страны. За последние десять лет только производительность труда на селе выросла более чем в 23 раза. Окупаемость бюджетных средств, направленных в 2011–2015 гг. на ГНТП «Агропромкомплекс», превысила 200 раз (по отношению к стоимости созданной новой продукции, освоенной в производстве). Важнейшая цель белорусской аграрной науки на предстоящее пятилетие – научное обеспечение повышения конкурентоспособности отечественной сельскохозяйственной продукции. Задачи по выполнению этой цели определены ГНТП «Агропромкомплекс–2020». Более 60 % разрабатываемой в рамках данной программы научно-технической продукции обеспечит импортозамещение, а 40 % ее обладает экспортным потенциалом. Ожидается, что за пять лет выпуск импортозамещающей продукции по разработкам ученых-аграриев составит не менее 38 трлн руб., а экспортной – 20 трлн руб. (в ценах до деноминации).

*Ключевые слова:* аграрная наука, инновации, конкурентоспособность, импортозамещение, экспортный потенциал.

*P. P. KAZAKEVICH*

### ACHIEVEMENTS AND OBJECTIVES OF MODERN AGRICULTURAL SCIENCE

*Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: agro-vesti@mail.ru*

In the Republic of Belarus there are five research and practical centers conducting research in the field of agriculture. They are the Research and Practical Center for Arable Farming, the Research and Practical Center for Potato Growing, Fruit and Vegetable Growing, the Research and Practical Center for Animal Husbandry, the Research and Practical Center for Agriculture Mechanization, the Research and Practical Center for Foodstuffs. The centers were established in 2006. The innovations of these research and practical centers have mostly ensured the progress in the agro-industrial complex of the country. Over the last ten years labour productivity in the countryside has increased by more than 23 times. The return of the government funding in 2011–2015 for the National Program “Agro-industrial complex–2020” has exceeded 200 times. The most important aim of the Belarusian agricultural science for further 5 years is scientific support for the increase of the competitiveness of domestic agricultural products. The objectives on the achievement of this aim are indicated in the National Program “Agro-industrial complex”. More than 60 % of the products to be developed within the Program will ensure import substitution, and 40 % of them will have the potential for export. It’s expected that for 5 years the output of domestically produced substitutes according to the developments of the scientists will be 38 trillion roubles and products for export – 20 trillion roubles (before denomination).

*Keywords:* agricultural science, innovations, competitiveness, import substitution, potential for export.

Аграрная наука, как и другие области знаний современности, все больше приобретает черты международного сотрудничества, оставаясь максимально ориентированной на региональные интересы. Это обусловлено, прежде всего, ее прямой связью с природно-производственными условиями сельскохозяйственных территорий (причем не только растений, но и животных). Поэтому аграрной науке любой страны мира присущи черты решения национальных

продовольственных задач с учетом региональных природных особенностей. Этим она функционально отличается от других наук.

В Республике Беларусь аграрные знания формируются в научных организациях Отделения аграрных наук НАН Беларуси, других научно-исследовательских институтах академии, их совместными исследованиями, а также в вузах сельскохозяйственного профиля. Однако основные научные разработки в сфере агропромышленного комплекса выполняются *пятью аграрными научно-практическими центрами* – по земледелию, картофелеводству и плодовоовощеводству, животноводству, механизации сельского хозяйства, продовольствию (рис. 1).

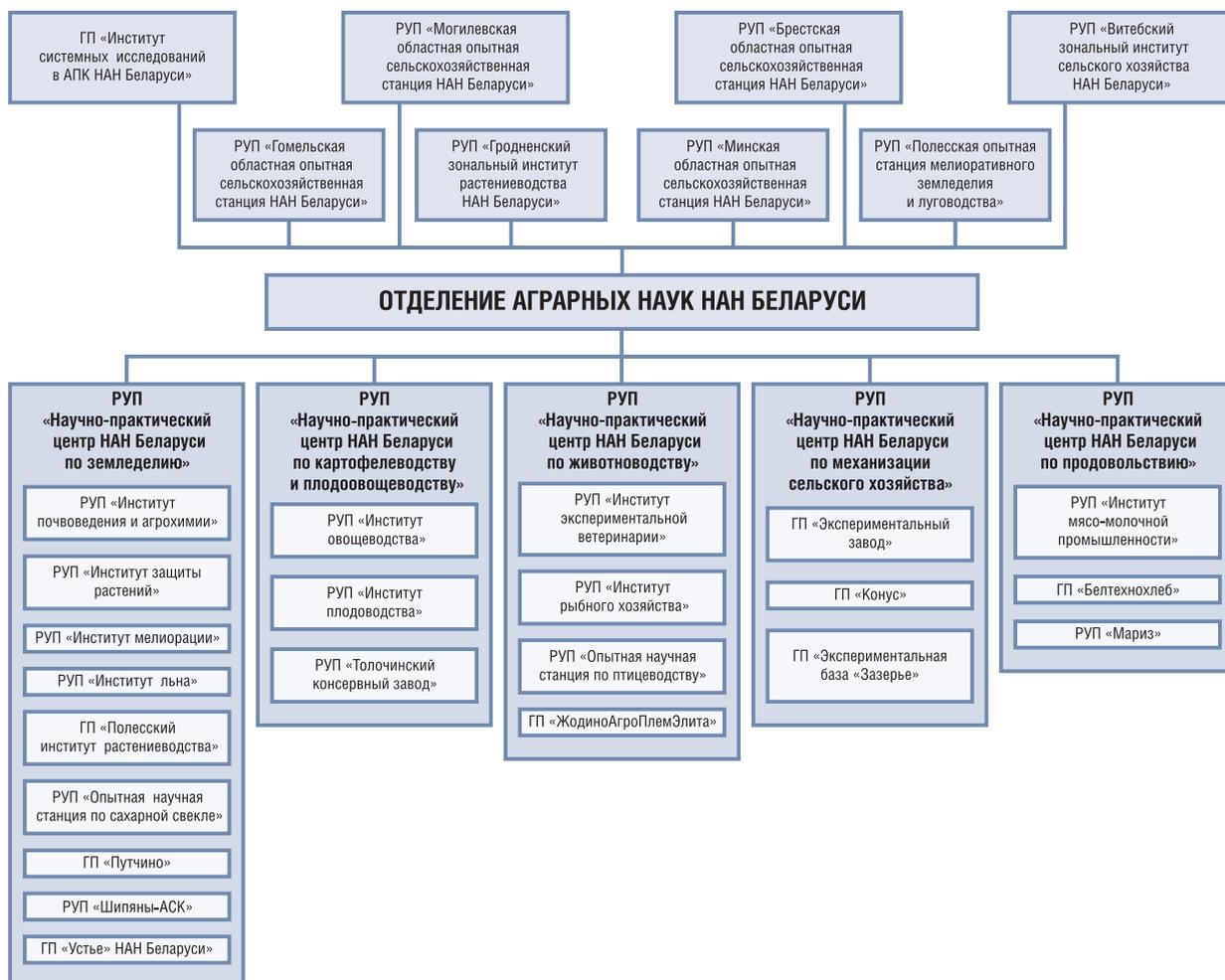


Рис. 1. Структура отделения аграрных наук НАН Беларуси и его научно-практических центров

Научно-практические центры созданы в 2006 г. по указу Главы государства. Целью формирования центров было обеспечение комплексности выполнения исследований, широкой апробации эффективности их результатов на собственном производстве до масштабного освоения в стране. Эта схема связи науки с аграрным производством дает возможность внедрения в практику самых совершенных и востребованных разработок.

Научная деятельность центров охватывает все значимые для страны сельскохозяйственные и перерабатывающие отрасли, а опытные станции и зональные институты обеспечивают быструю и плодотворную связь с каждым регионом республики. О масштабе данного аграрного научно-хозяйственного объединения свидетельствует тот факт, что только площадь его сельскохозяйственных угодий превышает среднестатистический административный район Беларуси по данному показателю.

Итоги десятилетней работы названных научно-практических центров свидетельствуют о правильности принятого Президентом Республики Беларусь решения по структурно-организационному преобразованию нашей сельскохозяйственной науки.

**О достижениях белорусской аграрной науки.** Белорусские ученые-аграрии выполняют не только фундаментальные исследования в земледелии и животноводстве, переработке сельскохозяйственного сырья, ведут научно-технические разработки (создают инновации), осуществляют их внедрение на практике, но и проводят активную работу по пропаганде современных интенсивных технологий производства в АПК, обучают им производителей. Они принимают непосредственное участие в разработке государственных программных документов по развитию агропромышленного комплекса, его интеграции в общий рынок Евразийского экономического союза, ВТО. Поэтому высокие производственные результаты, достигнутые белорусским АПК за последнее десятилетие, в полной мере разделяет и наша аграрная наука. В короткий временной промежуток существенно выросла урожайность сельскохозяйственных культур: зерновых и зернобобовых – от 28 до 37 ц/га, картофеля – от 150 до 235, сахарной свеклы – от 315 до 465, льноволокна – от 7 до 10 ц/га. Годовая продуктивность коров увеличилась от 3711 до 4766 кг на одну голову. Производительность труда на селе выросла более чем в 23 раза (рис. 2).

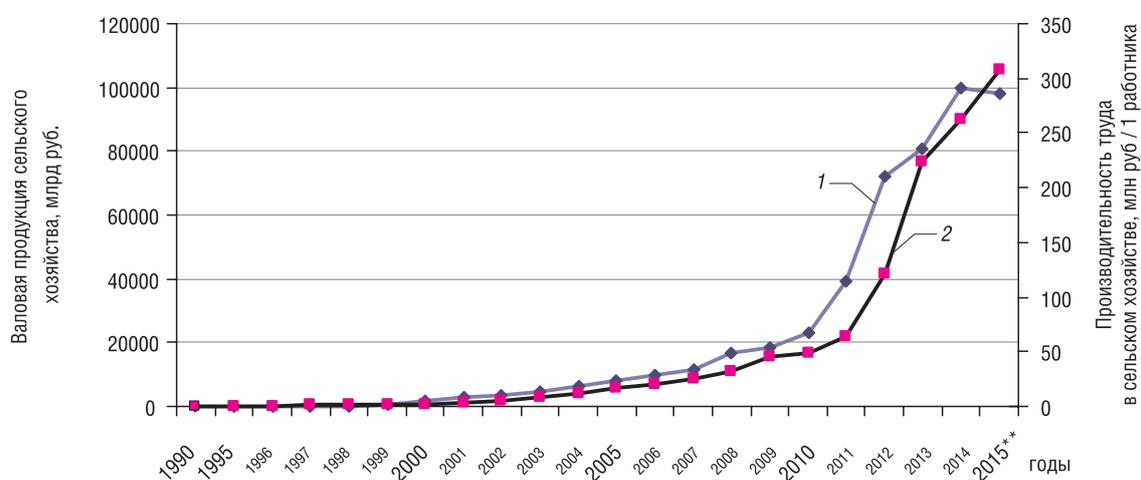


Рис. 2. Производительность труда в сельском хозяйстве Республики Беларусь (по валовой продукции): 1 – валовая продукция в сельскохозяйственных организациях, млрд руб.; 2 – производительность труда, млн руб / 1 работника; \*\* – по предварительным данным

Определяющий фактор этого – селекционная и племенная работа, научно обоснованные машинные технологии (индустриализация производства, в первую очередь животноводческих отраслей).

Отличительная особенность аграрной науки – выраженная производственная направленность. Только за 2011–2015 годы в рамках государственной научно-технической программы «Агропромкомплекс» создано 950 ед. научно-технической продукции, в том числе 50 сортов растений, 16 пород животных и селекционных стад, 88 технологических процессов, 8 ед. машин и оборудования, 10 лекарств, 12 продуктов питания и др. Окупаемость бюджетных средств, направленных на программу, превысила 200 раз (по отношению к стоимости созданной новой продукции, освоенной в производстве). Только в 2015 г. осваивалось 150 научных разработок, а объем продаж новой продукции, созданной по программе, превысил 2,3 млрд долларов США.

**В Научно-практическом центре по земледелию** на основе современных методов селекции созданы среднеспелые сорта диплоидной ржи Златка (средняя урожайность – 65 ц/га) и озимой пшеницы Элеганта (максимальная продуктивность – 84,2 ц/га), гибриды ярового рапса (максимальная урожайность – 48,3 ц/га), сахарной свеклы (сбор очищенного сахара – 11,3 т/га), кукурузы (урожайность зеленой массы – 500 ц/га, зерна – 90–100 ц/га), позднеспелый сорт льна-долгунца Талер (урожайность тресты – 64,6 ц/га, содержание волокна – 35,4 %) и др.

В 2015 г. доля белорусских сортов, созданных в Центре, на полях страны превысила 80 %, а по озимой ржи, рапсу, люпину они занимали более 95 % посевных площадей. Ряд из них районирован в России, Украине, странах Балтии, Германии и др.

Учеными Центра обоснованы системы специализированных севооборотов и структуры посевных площадей, обеспечивающие по сравнению с существующими повышение продуктивности 1 га пашни на 4–5 ц кормовых единиц, снижение затрат химических средств защиты в севообороте на 10–15 %, минеральных удобрений – на 20–25 %, расход топлива – на 15–35 %, совокупных затрат и себестоимости продукции – на 10–20 %, что важно в плане повышения конкурентоспособности белорусского продовольствия.

В *Научно-практическом центре по картофелеводству и плодоовощеводству* ведется системная селекционная работа над повышением устойчивости сортов картофеля к различным заболеваниям, улучшению качественных параметров, росту урожайности, выведению оригинальных «экзотических» сортов. Многие сорта этой культуры пользуются заслуженным авторитетом у наших соседей, фактически являясь брендом страны. В Центре создаются также новые сорта овощных культур, плодовых деревьев и ягодников, технологии их выращивания.

Особого внимания аграриев заслуживают новые сорта картофеля столового назначения – Першацвет (ранний, урожайность – 67,8 т/га, содержание крахмала – 13,6 %) и Гармония (среднепоздний, урожайность – 63,7 т/га, содержание крахмала – 16–18 %), а также груши – Завья (поздняя, урожайность – до 20 т/га), крыжовника – Вирилад (среднего срока созревания, урожайность – до 11 т/га).

Всего создано более 100 сортов картофеля различных групп спелости и хозяйственного назначения, которые внесены в Государственные реестры Беларуси и России. Центр осуществляет 100 % производства исходных пробирочных растений, 27 % первого клубневого поколения, 16 % супер-суперэлиты. Им разработаны специализированные технологии выращивания раннего картофеля с товарной урожайностью 15–20 т/га через 40–45 дней после всходов, с урожайностью 40–50 т/га и массой клубней 300 г не менее 20 т/га, столового – с урожайностью стандартных клубней более 20 т/га, а также технология хранения картофеля различного целевого назначения.

На *Научно-практический центр по животноводству* возложены особые требования. Это обусловлено ведущей ролью отрасли животноводства в белорусском сельском хозяйстве (в структуре продукции сельскохозяйственных организаций ее доля составляет 60–70 %). Исследования ученых направлены на повышение племенных качеств животных, формирование эффективной системы племенного дела на базе репродукционных ферм-нуклеусов, в том числе созданных в самом Центре, разработку и внедрение современных технологий в молочном скотоводстве и свиноводстве, других животноводческих отраслях.

Только в последние годы здесь создано 7 заводских линий свиней, в том числе пород йоркшир «Днепробугский», белорусской крупной белой и белорусской мясной, 2 новые заводские линии лошадей белорусской упряжной породы, перспективный промышленный гибрид карпа, усовершенствованы кроссы яичных кур. В республике сформирована популяция голштинского скота отечественной селекции численностью 960 тыс. гол. (около 70 % дойного стада), продуктивность которой выше черно-пестрой породы на 506 кг молока в расчете на корову в год.

В Центре комплексно ведутся научные исследования по совершенствованию рационов кормления животных, повышению качества травяных и концентрированных кормов, поскольку качественные корма – это основа эффективного скотоводства.

Базой для реализации сельскохозяйственных технологий на практике являются машинные комплексы. Выполняемый ими технологический процесс определяет качество технологических операций и удельные затраты ресурсов. Задача ученых *Научно-практического центра по механизации сельского хозяйства* – создание этих комплексов на основе Систем машин для интенсивного агропроизводства, утвержденных Правительством.

Практически на всех предприятиях сельхозмашиностроения республики освоено производство разработанных в Центре технических средств. Обеспеченность отечественными машинами и оборудованием нужд села сегодня превышает 85 %. Аграриям страны (и не только им) хорошо известны белорусские разработки для основной и предпосевной обработки почв, посева и посадки культур, внесения удобрений и ухода за посевами, заготовки травяных кормов, подъема льно-

тресты, раздачи кормов на фермах, доения коров и содержания животных. Использование современных средств и элементов автоматики, сенсорики и микропроцессорной техники в этих разработках позволяет обеспечить необходимую точность и качество выполнения рабочих процессов.

Центр не только создает машины и оборудование для сельского хозяйства, но и производит их. Например, технологический комплекс машин для выращивания, уборки, первичной обработки картофеля при хранении и его предпродажной подготовки, комбайнов для уборки овощей (моркови, капусты).

Безопасные продукты питания – это здоровье людей, прежде всего, детей. Разработка таких продуктов – важнейшая задача *Научно-практического центра по продовольствию*. Учеными разработан широкий спектр продовольствия профилактического и функционального назначения, для детского и школьного питания на основе местных сырьевых ресурсов, наиболее близких жителям нашей страны даже в генетическом плане. Например, обогащенные хлебобулочные и мучные кондитерские изделия для коррекции структуры питания школьников.

Не менее важной задачей Центра является создание системного контроля качества продукта от исходного сырья до его реализации потребителю. Именно в этой цепочке обеспечивается безопасность пищевой продукции.

В Центре активно используются достижения современной микробиологической науки. Создан и функционирует биотехнологический комплекс по производству замороженных и сухих заквасок для молочной промышленности, а также консервантов для кормов.

Определенные научно-практические результаты получены в области *аграрной экономики* – это основы обеспечения продовольственной безопасности страны и экономической адаптации агропромышленного комплекса в условиях интеграции в единый рынок ЕАЭС, вступления партнеров в ВТО. Значим анализ причин финансово-экономических трудностей развития АПК страны на современном этапе. Данные разработки положены в основу новой Государственной программы развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2011–2015 годы.

Все результаты получены благодаря определенным познаниям и целенаправленному труду наших ученых-аграриев, их активному сотрудничеству с исследователями аграрных вузов страны, поддержке Правительства Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Концерна «Белгоспищепром» и областных исполнительных комитетов.

**О задачах аграрной науки республики.** Сегодня в Республике Беларусь аграрный бизнес развивается как за счет внутреннего, так и внешнего рынков. Средняя энергетическая ценность продуктов, потребляемых белорусами в настоящее время, составляет 3200 ккал, что гарантирует продовольственную безопасность страны. Это хороший уровень и по мировым оценкам (в богатых, экономически развитых странах он не превышает 3600 ккал). Поэтому во многом финансово-экономическое состояние белорусского агропромышленного комплекса определяется результативностью внешнеэкономической деятельности. В 2015 г. экспорт продукции пищевой промышленности и сырья для ее производства составил более 4,3 млрд долларов США, или более 16 % в структуре экспорта страны. Это весомая составляющая. По абсолютному большинству ее видов в расчете на душу населения Беларусь является лидером в СНГ.

Повышение конкурентоспособности пищевой продукции – важнейшая задача белорусского АПК. Это системная задача и ее решение может быть только во всей цепочке: от поля до прилавка магазина. В этом сегодня состоит важнейшая цель нашей аграрной науки, научного обеспечения агропромышленного комплекса на предстоящее пятилетие. Для ее достижения в рамках новой ГНТП «Агропромкомплекс-2020» планируется решение следующих основных задач.

*В области земледелия и растениеводства:*

разработка комплексных, экономически и биологически обоснованных систем использования земли на основе принципов экологизации и ресурсо-энергосбережения;

разработка систем кормопроизводства путем оптимизации структуры кормовых культур, прежде всего травяных, с учетом почвенных разностей и особенностей их водного режима;

создание и освоение производства новых форм комплексных целевых (под определенные культуры) форм минеральных удобрений, безопасных средств защиты растений высокой эффективности;

создание высокопродуктивных, высококачественных и устойчивых сортов и гибридов сельскохозяйственных, овощных и плодово-ягодных культур с применением биофизических и генно-инженерных методов.

*В области животноводства:*

создание заводских линий белорусской голштинской высокопродуктивной породы молочного скота, конкурентоспособных внутривидовых специализированных типов белорусских пород свиней, породно-линейных гибридов для формирования отечественной племенной базы свиноводства на уровне мировых стандартов;

разработка систем эффективного ведения молочного и мясного скотоводства;

совершенствование технологий хранения травяных кормов и оптимизация рационов кормления животных с целью повышения кормовой конверсии;

создание конкурентоспособных отечественных ветеринарных препаратов для диагностики, профилактики и лечения заболеваний животных.

*В области механизации сельскохозяйственных процессов:*

разработка новых и совершенствование комплексов машин и технических средств для реализации ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий в растениеводстве и животноводстве;

создание технических средств и технологий для сервиса сельскохозяйственных машин и оборудования.

*В области производства продуктов питания:*

разработка новых видов конкурентоспособной пищевой продукции, в первую очередь профилактического и функционального питания, создание национальных брендов;

совершенствование технологий производства продуктов питания с целью снижения энерго- и материалоемкости процессов, их безотходности;

разработка нормативной документации, сертификации продуктов питания, систем качества.

Все эти задачи имеют прикладной характер и окажут влияние на развитие соответствующих отраслей АПК республики, повышение их конкурентоспособности. Однако высокий уровень самих научно-технических разработок может быть достигнут только при предварительном выполнении глубоких фундаментальных исследований по названным направлениям.

**Ожидаемые результаты реализации ГНТП «Агропромкомплекс-2020».** В 2016–2020 гг. наукой предусматривается передать в производство более 50 новых сортов и гибридов растений, 12 породных линий и групп сельскохозяйственных животных и птицы, 13 селекционных стад животных, рыб и птицы, 30 новых видов машин и оборудования для растениеводства, 13 для животноводства и сервиса, 5 удобрений и средств защиты растений, 19 ветеринарных препаратов, 21 вид кормов, кормовых добавок и консервантов, около 80 инновационных технологий и процессов для сельскохозяйственного производства и переработки растительного и животного сырья, более 40 экономических разработок по повышению эффективности функционирования организаций АПК.

Одной из основ получения ожидаемого результата являются созданные и создаваемые пилотные инновационные объекты по отработке новейших перспективных технологий, машин и оборудования для агропромышленного комплекса. Это современные селекционно-семеноводческие объекты в Научно-практических центрах по земледелию, картофелеводству и плодоовощеводству, селекционно-племенная молочная ферма (нуклеус) и свиноводческий репродуктор первого порядка в Научно-практическом центре по животноводству, биотехнологический комплекс по выработке бакконцентратов в Научно-практическом центре по продовольствию и ряд других.

Более 60 % разрабатываемой научно-технической продукции обеспечит импортозамещение, а 40 % ее обладает экспортным потенциалом. Ожидается, что за пять лет выпуск импортозамещающей продукции по разработкам ученых-аграриев составит не менее 38 трлн руб., а экспортной – 20 трлн руб. (в ценах до деноминации).

Освоение научных разработок обеспечит увеличение объема валовой продукции сельскохозяйственного производства в 1,2–1,3 раза, рост производительности труда в АПК, снижение затрат материальных и энергетических ресурсов на 20–25 %.

Таким образом, белорусская аграрная наука устойчиво развивается по всем важнейшим для республики направлениям, создавая востребованные временем инновации, и способствует их широкому продвижению в практику. Она ориентирована на научное обеспечение задач развития агропромышленного комплекса Беларуси, определенных Государственной программой развития аграрного бизнеса Республики Беларусь на 2016–2020 годы. В целях повышения эффективности и практического ориентирования научных разработок в научно-практических центрах сформированы научно-производственные кластеры как дискуссионные специализированные платформы для ученых и практиков.

*Поступила в редакцию 30.03.2016*

УДК: 631.145:001.83(510)(476)

*WU XING-HONG, DAI YONG-GANG, TENG ZHAN-WEI, SUN LEI*

## **A WIN-WIN COOPERATION OF AGRICULTURAL RESEARCH BETWEEN CHINA AND BELARUS**

*Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, China, e-mail: gjhzc@cjaas.com*

China is currently experiencing a transition period for its agriculture development. Innovation in science and technology will play a crucial role in achieving the modernization of agriculture in China. Over the last decades, agriculture in China has primarily been of extensive style with an undiversified conformation. There has been a poorish correlation among the primary, secondary and tertiary industries, the three-industry, resulting in a less developed agro-processing industry and shortened industry chain. Jilin province is a typical ecotype area of agriculture in northeast China and an epitome of the northern agriculture. Belarus has well developed machinery, food and potato industries. These are ideal complements to the agricultural economics in northeast China. Thus, induction of talents and the advanced technologies in food processing industries from Belarus would be a wise choice to overcome the shortage in agro-products processing industries, so as to promote the coordinated development of the three-industry in China. Jilin Academy of Agricultural Sciences (JAAS) has a prestige history of some 100 years. Scientists there have contributed greatly to both national and regional agriculture with their remarkable achievements in cereal breeding, pomology, edible fungus, vegetables, and animal husbandry. Together with the broad market potential for farm products processing industry in China, these have provided Belarus with a great opportunity of collaboration with China. This article overviews the agriculture and agricultural related science and technology in Jilin. Further, a comparative analysis was conducted aiming at clarification of the advantages in agricultural sciences between Jilin and Belarus. Finally, the feasibility and future perspectives of the collaboration between the two parties are also discussed.

*Keywords:* Jilin province of China; Belarus; agriculture; science and technology; collaboration.

*У СИН ХУН, ДАЙ ЮНГАН, ТЭН ТЖАНЬВЭЙ, СУНЬ ЛЭЙ*

## **ВЗАИМНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО КИТАЯ И БЕЛАРУСИ В ОБЛАСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Академия сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь, г. Чанчунь, Китай, e-mail: gjhzc@cjaas.com*

В настоящее время в Китае наблюдается переходный период в развитии сельского хозяйства. При модернизации сельского хозяйства Китая огромную роль будут играть инновации в науке и технологиях. За последние десятилетия сельское хозяйство Китая было экстенсивным, практически не было взаимодействия между различными отраслями (первичной, вторичной, третичной), в результате чего сельскохозяйственная перерабатывающая промышленность оказалась слабо развитой. Провинция Цзилинь – это адаптированная к определенной окружающей среде зона сельского хозяйства на северо-востоке Китая и типичный пример ведения сельского хозяйства на севере. В Беларуси хорошо развито машиностроение, пищевая промышленность и картофелеводство, что является идеальным для сельскохозяйственной экономики северо-востока Китая. Таким образом, знания и современные технологии в области перерабатывающей промышленности Беларуси могли бы стать разумным решением для устранения всех недостатков перерабатывающей промышленности Китая и способствовать развитию третичной отрасли экономики. История Академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь насчитывает около 100 лет. Ученые Академии вносят огромный вклад в развитие сельского хозяйства как на национальном, так и на региональном уровне и имеют большие достижения в области селекции зерновых, овощеводства, плодоводства, животноводства. Благодаря огромному рыночному потенциалу для перерабатывающей промышленности сельскохозяйственной продукции в Китае у Беларуси имеются все возможности для сотрудничества с этой страной. В статье представлен обзор сельского хозяйства и сельскохозяйственной науки и технологий провинции Цзилинь. Кроме того, проведен сравнительный анализ, для того чтобы определить основные преимущества сельскохозяйственной науки провинции Цзилинь и Беларуси, рассматриваются перспективы будущего сотрудничества между двумя странами.

*Ключевые слова:* Китайская провинция Цзилинь, Беларусь, сельское хозяйство, наука и технологии, сотрудничество.

Today's economy in China is facing the challenge of resources and environment constraints, and production cost raise up. This urges the improvement in science & technology innovation and transformation in agricultural development mode. In particular, the "One zone one road" strategy from the new central government offers a great opportunity to make use of the markets and resources from domestic China and abroad. This has largely promoted international cooperation and communication in China agriculture. Belarus is an important nation of the Silk Road economic zone. Its advanced machinery manufacturing and farm product industries make it a strong complement for China. In current specific period of agricultural development mode transformation in China, a profitable collaboration potential will offer mutual benefits and win-win outputs to both nations.

### **1. An overview of Agriculture in Jilin**

China is an agricultural nation. The principal contradiction in agricultural development has over the last decades been changed into the conformational contradiction from insufficient total production of the grain. Market-oriented agriculture is the basic direction of the future agriculture in China. An intensive and environment friendly modern agriculture not only requires an optimized production chain of strong science and technology support, but also considers ecological priority and transformation in development pattern with coordination between planting and cultivation, and integrative development of the three-industry.

Jilin province is an agriculturerich province. It is located in one of the 3 most famous fertile lands in the world and, also the center of the golden corn zone in the world. Jilin is the key commodity grain production base, the "hometown of soybean" and the main production area of the high quality *Japonica* rice in China. It has been taken for many years the top ranking position in-per-unit area yield of grain, the commodity rate of grain and the per capital occupancy of grain in China. Over the last decades Jilin has made a significant contribution in ensuring national food security.

Now, Jilin province is experiencing a new period of transformation from traditional agriculture into advanced agriculture. The agricultural development starts to relying mainly on science and technology innovation, instead of previous extensive agriculture that depends extensively on input of resource elements. It is believed that advanced agriculture is an integration of elements like land, water and energy saving, environment friendly, efficient and sustainable.

### **2. The effects of the agricultural S&T on modern agriculture development in China**

At present, the rural population of China accounts for 43.9 % of the national population of 1.36 billion. The number of farming employes accounts for 39.8 % of the rural. According to the fundamental realities of the country, agricultural modernization is essential for realization of the modernization in China. Like industrial development, modern agriculture depends on also the support from modern sciences and technologies. Conduction of a modern agriculture system requires transformation of the agricultural developing mode, as well as improvement of traditional agriculture with modern sciences and technologies. Although, science and technology is prerequisite to ensure national food security, it is necessary to break through the constraints of resources and environment, and also the decision-making ability to promote construction of modern agriculture. JAAS is one of the agricultural research institutions of reputed expertise in agricultural sciences and technologies development in the northeast area.

#### **2.1. Historical contribution of JAAS in agricultural S&T**

JAAS plays a key and leading role in breeding and cultivation of crops such as maize, rice, soybean, sorghum and other major food crops in China. Maize, soybean and rice breeding technologies take great advantage over other crops. The success in breeding of "Jijing" series rice varieties eliminated the dependence of Jilin rice breeding on Japanese rice germplasm, with a world record of accumulative planting area of more than 3.33 million hectares. The 1st hybrid soybean was bred in JAAS and obtained the patents of China, Japan and USA. The cultivation technique of spring maize ranks to the top in China for the multiple-year high yield record under natural rainfall condition. Advanced corn borer bio-controlling technology is used to 2.33 million hectares field each every which makes a great contribution to regional corn production.

Technique improvements have also been made on cold land pomology, vegetable and edible fungus research. A high quality variety library of cold land fruit trees of Northeast China was established in JAAS. JAAS is also the 1st one to conduct the asparagus and sweet potato research in Jilin province.

In addition, biotechnology research and technology development are reputed in the nation for its advanced R&D capability in crop biotech breeding and plant bioreactor. The 1st national center for GM maize and soybean R&D was affiliated at JAAS holding many important national projects in crop biotech breeding. Over 100 years history, animal husbandry research in JAAS has played a critical role in China. The hybrid Red steppe is the 1st cattle breed in China. Songliao black swine is the 1st lean-meat type with black color female line in northeast China. Subo merino sheep is the national released new breed can produce the super fine-fleece. Animal Respiration Calorimetric Device was made independently in JAAS filling the domestic gap.

### **2.2. S&T innovation of different ecological areas in Jilin**

Agricultural modernization depends on S&T innovation. Based on the 42 national affiliated research centers of JAAS, the resource superiorities and agriculture production reality, diverse types of S&T innovation are conducted throughout 3 ecological areas of Jilin. In the east of Jilin, Changbai mountain area has well protected natural resources including more than 1000 species of wild animals and 2700 species of wild plants. There are opportunities to develop special local products and the Chinese herbal medicine. In the middle part of Jilin, which is the major grain production area, genetic breeding and cultivation of maize, rice, soybean and other crops are encouraged. For instance, the main breeding interests for maize are in early mature, dwarf, close planting, suitable for machine harvest. Whilst rice breeding interests lie in direct seeding with high quality and better taste. Develop hybrid soybean breeding research and maize-soybean intercrop varieties to improve the optimization of agricultural structure in Jilin, enhance breeding varieties of edible and processing soybean in order to realize the goal of national soybean self-sufficiency above 50 %. Development of high yield technologies with water-nutrition-chemical control, resources efficiency and environmental friendly. The west part of Jilin is an interlaced zone of farming and livestock, mainly focusing on semi-barn feeding and water saving agriculture research. The industry of silage corn, alfalfa planting and sheep, cattle breeding for meat and milk use purpose will be a better start to drive moderately large-scale livestock and poultry breeding. Jilin is just located in the world famous black soil belt with an area of 1.1 million hectares black soil. JAAS has been working on the monitoring research of the black soil for more than 30 years, mainly focusing on protective cultivation, commercial organic fertilizer, grain-bean rotation, straw retain to the land and many other newly used technologies.

### **2.3. Modern agriculture development promoted by the commercialized S&T achievements**

In recent years, there are approximately 150 technologies of JAAS which are applied to agriculture and can increase the social benefit of 5 billion RMB every year. In order to accelerate the breeding process and strengthen the core competitiveness of the varieties, 2 R&D union groups have been set up for maize and rice according to the commercialized breeding mode. Rice research of JAAS leads the industry of *Japonica* rice breeding in China, president XI Jin-ping highly praised the taste and quality of Jilin rice during the NPC&CPPCC. Jijing511 won the “China fine taste rice award” in 2015 and the silver prize of “China-Japan fine taste award” in 2016 making “Jilin rice” known to outside China. *Trichogramma* and *Beauveria bassiana* are developed for bio-control of Asian corn borer. The technique application area of *Trichogramma* and *Beauveria bassiana* reached to 2 million hectares and 330 thousand hectares which save 900 million kg of grain losses every year. “Broad-narrow row farming techniques” applies to >330 thousand hectares every year.

## **3. Contrastive analysis of agriculture between Jilin and Belarus**

### **3.1. Natural resources overview of Jilin and Belarus**

Jilin province is located in the center of northeast Asia and is the central region of northeast China with a total area of 18.74 square kilometers and 7.03 square kilometers of arable land. Jilin is part of the temperate continental monsoon climate, the annual frost-free season is about 100–160 days and the average annual rainfall is 400–600 mm. The natural environment is suitable for agricultural production. In 2015, the planting area of the food crops was 5.08 million hectares and the total grain output was 36.47 million tons in our province. The per unit area yield of grain keeps the first in China for many years.

Belarus is located in the center of Europe with a total area of 207.6 thousand square kilometers. The agriculture and animal husbandry are better developed in Belarus. It is also the main flax producing

area in the world. The cereal, economic crops and forage crops are the major crops in Belarus, among which potato is one of the important parts of agro-products. Animal husbandry mainly focuses on meat, egg and milk production. Most of the dairy products in Belarus are used for export.

### **3.2. Agricultural S&T overview of Jilin and Belarus**

There are 18 agricultural independent research organizations in Jilin province. JAAS is the only one specialized agricultural research firm subordinate of Jilin provincial government, which has the comprehensive priority with applied research and applied basic research. Throughout its 100-year changes, JAAS currently employs the total of 1197 staff members, including 870 research scientist: 170 with Ph. D. degree and 350 with master degree. There are 19 research institutes of scientific orientations covering from plant and animal science & breeding, biotechnology, plant protection, germplasm resources, pomology, agro-products processing through agro-economics and ecology etc. JAAS has contributed both nationally and regionally to science and technology of agriculture with its remarkable achievements.

The developed agriculture, universities specific for scientific and technological talents training, mechanical manufacturing technology such as tractor and agricultural implement of Belarus have been in a world leading level. After 170 years research history, the Agricultural Science Department of National Academy of Science of Belarus is the specialized organization for agricultural research, providing germplasm resources for nationwide and making outstanding contribution to cultivation, animal husbandry and veterinary, agricultural mechanization and food production.

### **3.3. Broad collaboration potential of agricultural S&T between Jilin and Belarus**

The natural conditions between Jilin and Belarus are very similar, what makes a strong possibility for portability and complementarity of the scientific and technological achievements from both sides. Many scientific and technological outputs in Belarus can be transformed into the broad market of China. Jilin can also offer germplasm resources and the integrated cultivation technologies of crops and animals to meet the demand of agricultural development in Belarus. There are strategic cooperation agreements between the Chinese and Belarus governments which will create favorable conditions for collaboration between two countries.

#### **3.3.1. The «bring in» strategy of Agricultural Research**

China has already entered an aging society, the aging population will reach 248 million by 2020 and aging level will reach 17.17 %. The elderly population will be over 400 million in 2050. After the implementation of the second child policy in 2015, the population of infants will increase rapidly. It is expected that it will increase more than 2 million newborns every year. In order to meet the rapid increased needs of the population, Jilin starts to pay more attention to the functional food research which was almost a blank in the past. The launch of national staple food strategy of potato in 2016 predicts that more than 50 % of potato will be used as staple food in 2020 which require to pay further attention to potato research. The Food processing machinery and equipment production level of China is relatively backward. The biological control technology on direct edible agricultural products such as vegetables and fruit still needs to be improved.

The elderly health food and infant functional food research and development of Belarus is in a world leading level. There are senior researchers and advanced functional food production technologies, processes and equipment. It will be a shortcut and great opportunity for China if the academicians working on functional food research and the related technologies, processes and equipment can be introduced to China from Belarus to meet the needs of high-end market in China. Potatoes are the important agricultural products and there are more than 100 varieties in Belarus. The manufacturing technology of agricultural machinery, food processing machinery in Belarus has been leading in the world. The application of bio-control technology especially on direct edible agricultural products is widely used. Through the collaboration, potato resources, agricultural machinery and manufacturing technology, food processing machinery and bio-control technology Belarus will successfully introduced to China and rapidly promote the modern agriculture development here.

#### **3.3.2. The “step abroad” strategy of Agricultural Research**

The market potential of fruit, vegetables and edible fungus in Belarus is tremendous which needs a large number of import every year. Pig and chicken breeding are competitive industries compared

to other livestock breeding in Belarus. Although the production of livestock is increasing in the recent years, it is still unable to meet the growing demand.

The cold tolerant fruit tree resources in Jilin province can represent the north part of China. There are more than 1300 fruit tree resources in the nursery which is a national affiliated center established in JAAS. During the collaboration, JAAS would like to make a joint use of the resources and technologies with Belarus. The animal husbandry study in Jilin is famous in China. Many breeds such as the hybrid Red steppe, Yan scalper, mutton sheep and local chicken can provide technical support for the animal husbandry development in Belarus. The edible fungus production in Jilin such as oyster mushroom, pleurotus eryngii, black agaric, champignon, lucid ganoderma and toadstool industry can be imported to the market of Belarus.

#### **4. Future prospects of the complementary collaboration**

Under the national strategic concept of “one belt and one road”, the agricultural technology cooperation between Jilin and Belarus specific in agricultural machinery, breeding, functional food, cold tolerant fruit tree, biotechnology areas will be an assist to make a breakthrough in our modern agriculture establishment. To develop joint overseas bases for each other, Belarus can make full use of the broad market resources in Jilin and transform the advanced agricultural scientific and technological achievements. Meanwhile, new crop varieties, high quality fruit and vegetable resources and new type fertilizer of Jilin can be applied in Belarus. The win-win cooperation of agro-technology between China and Belarus will be achieved through the complementary advantages of the two countries.

*Submitted to the editors 13.06.2016*

УДК 338.436(476)

*Е. В. ГУСАКОВ*

## **КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КЛАСТЕРНЫХ СТРУКТУР В АГРАРНОМ КОМПЛЕКСЕ**

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: ego-6@mail.ru*

Изложена концепция создания и функционирования кластерных объединений в АПК; приведен научно обоснованный алгоритм формирования кластера, предполагающий определенную последовательность этапов и процедур. Разработаны организационно-экономические основы создания производственно-сбытовых кластеров (для реальных условий хозяйствования), которые включают этапы создания, основные меры реализации этапов, а также характерные черты реализуемых мер.

*Ключевые слова:* кооперация, интеграция, объединение, агропромышленный комплекс (АПК), кластер.

*E. V. GUSAKOV*

## **CONCEPT OF CREATION AND OPERATION OF CLUSTERS IN THE AGRICULTURAL COMPLEX**

*The Institute of System Research in Agro-industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,  
Belarus, e-mail: ego-6@mail.ru*

The paper deals with the concept of creation and operation of clusters in the agro-industrial complex. Presented is a scientifically substantiated algorithm of cluster formation involving a certain sequence of stages and procedures. Developed are organizational and economic bases of creation of production and sales clusters (for real economic management conditions) which include the stages of creation, basic measures of stage implementation and specific features of these measures.

*Key words:* cooperation, integration, association, agro-industrial complex, cluster.

В настоящее время для многих стран их одной из важнейших задач является уход от сырьевой зависимости и формирование новой модели наукоемкой экономики. Этому во многом способствует кластеризация. Создание кластеров или кластерный подход в экономической деятельности – неотъемлемая часть рыночной экономики, способствующая повышению производительности труда, инновационности и конкурентоспособности как субъектов хозяйствования, так и сфер экономической деятельности в целом. При этом значимость кластерных образований возрастает по мере развития рыночных отношений в рамках общемировых тенденций: постоянно растущей глобализации экономики, усиления конкуренции, увеличения воздействия на окружающую среду и т. д.

Цель исследования – изучение и разработка механизмов и мер создания и функционирования кластерных объединений в АПК.

В российской и белорусской экономической литературе обычно выделяется три основных вида кластеров, каждый из которых характеризует какой-то важнейший приоритет их создания:

- региональные или территориальные группы предприятий в составе одного или родственных секторов (сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, производство продовольственных товаров и т.д.), они часто привязаны к наиболее влиятельным субъектам – перерабатывающим предприятиям, торговым центрам и др.;

- вертикальные или продуктовые производственные цепочки: специализированные или многопрофильные продуктовые компании, где основные производственные процессы и продвижение продукции образуют ядро кластера (например: производитель-переработчик – оптовый сбыт – розничная продажа). Вся совокупность вспомогательных, обслуживающих и снабженческих организаций концентрируется вокруг ядра кластера (головных компаний);

– объединения крупного масштаба, представляющие суть какой-то основной отрасли (например, агропромышленный кластер, агропродовольственный кластер и др.). Здесь могут соединяться как территориальные, так и вертикальные функции.

Конечно, в теории и практике могут иметь место и другие виды и разновидности кластеров, это зависит от целей организации и особенностей функционирования.

В западной литературе кластеры структурированы в четыре группы моделей:

1) сконцентрированные на определенной территории компании, имеющие дифференцированный продукт, придерживающиеся единой маркетинговой стратегии (в основном европейская модель);

2) взаимодополняемая совокупность компаний на какой-то территории, связанных между собой экономическими отношениями по принципу продуктовой или территориальной специализации (североамериканская модель);

3) вертикально-интегрированная специализация на определенной территории, которая создана в контексте реализации государственной политики (азиатская модель);

4) совокупность различных форм организаций (малых и средних), которые сконцентрированы вокруг организации-монополиста, специализирующихся на выполнении какого-то определенного вида работ (или производстве какой-то части продукции) по заказ головной фирмы и борющихся за качество и право быть в основе кластера (японская модель).

Анализ показывает, что многие элементы этих моделей могут с успехом применяться в практике Беларуси: концентрация предприятий на отдельной территории, вертикальная интеграция по продуктовому принципу, взаимодополнение компаний, кооперация малых и средних форм с крупными и др.

Исходя из имеющегося опыта, агропромышленный кластер можно трактовать как отраслевое или территориальное сочетание организаций, связанных производственно-сбытовой деятельностью с целью выработки единой производственно-сбытовой политики, повышения конкурентоспособности продукции, экономии затрат, активизации инвестиционной деятельности, диверсификации производства и решения ряда финансово-экономических задач. Целями создания агропромышленного кластера также могут выступать многие актуальные задачи – максимизация доходов и прибыли (маркетинговый подход), оптимизация затрат и себестоимости производства (оптимизационный принцип), занятие и удержание необходимой доли рынка (рыночный подход), повышение конкурентоспособности (синергический метод), интеграция в агропродовольственное пространство и др. В составе агропромышленного кластера должны быть разные по функциям организации, которые дополняют друг друга материальными ресурсами и услугами и способны сформировать сквозную технологическую цепочку успешного продвижения продукции – от сырья до конечного производства и сбыта. Следовательно, в составе крупных кластеров должны быть не только основные организации – производители исходной продукции, а также перерабатывающие и сбытовые организации и службы, но и транспортные звенья, снабженческие службы, маркетинговые службы, аутсорсинговые подразделения (которые могут взять на себя исполнение отдельных не свойственных функций основных организаций) и др. В отличие от традиционных форм кооперации и интеграции кластерные системы характеризуются следующими важнейшими особенностями: наличие крупной организации-лидера, выполняющей интегрирующую роль и определяющей долговременную производственно-сбытовую, инвестиционную, инновационную и иную стратегию; территориальная (или территориально-отраслевая) локализация основной массы хозяйствующих субъектов – участников кластера; наличие единой стратегии организации и функционирования – производственной, ценовой, распределительной, конкурентной, инвестиционной и др.; наличие четко выраженной (единой) технологической цепочки продвижения продукции от производства до рынка, включая сеть необходимых вспомогательных организаций, служб и подразделений; наличие устойчивых хозяйственных связей, которые осуществляют участники кластера.

Сочетание кооперации и интеграции, взаимодополнения и заинтересованности, специализации и диверсификации на определенной территории (с учетом отраслевой предрасположенности) является основным принципом кластера.

Характерной чертой кластера является его инвестиционная и инновационная ориентация. Это весьма важно для поддержания требуемой конкурентоспособности производства. Кластеры

применяют два вида стратегии: а) стратегии, направленные на признание (и повышение) роли в открытом рыночном пространстве; б) стратегии, способствующие быстрому развитию внутренних возможностей.

Объединение в кластер на основе вертикальной и смешанной вертикально-горизонтальной интеграции и кооперации означает не спонтанную концентрацию различных по своим функциям организаций, а строго определенную, исходя из конечных целей и технологических переделов (звеньев, организаций) для их достижения.

Центром кластера должны быть производственно развитые и экономически сильные организации, способные выполнять роль интегратора, вокруг которых могут концентрироваться многие другие, дополняющие друг друга субъекты, создающие в комплексе территориальный или производственный конгломерат. При этом кластер может давать работу множеству организаций, малому бизнесу (например, крестьянским и фермерским хозяйствам). Непременным условием результативной деятельности всего конгломерата является формирование сети устойчивых связей между всеми участниками кластера [1–5].

Нами сформулированы основные принципы, на которых должны быть построены организация и функционирование кластеров: территориальный – отражает пространственную локализацию хозяйствующих субъектов, объединенных общей технологической цепочкой создания конечного продукта; добровольность и заинтересованность участия в создании и деятельности кластера; создание совокупного продукта с заданной потребительской стоимостью; определение предприятия-интегратора (ядра кластера) и основных точек развития для инвестиций; равноправность экономических отношений между входящими в кластер структурами; максимальный учет экономических интересов участников, выработка и реализация действенных мотивационных механизмов.

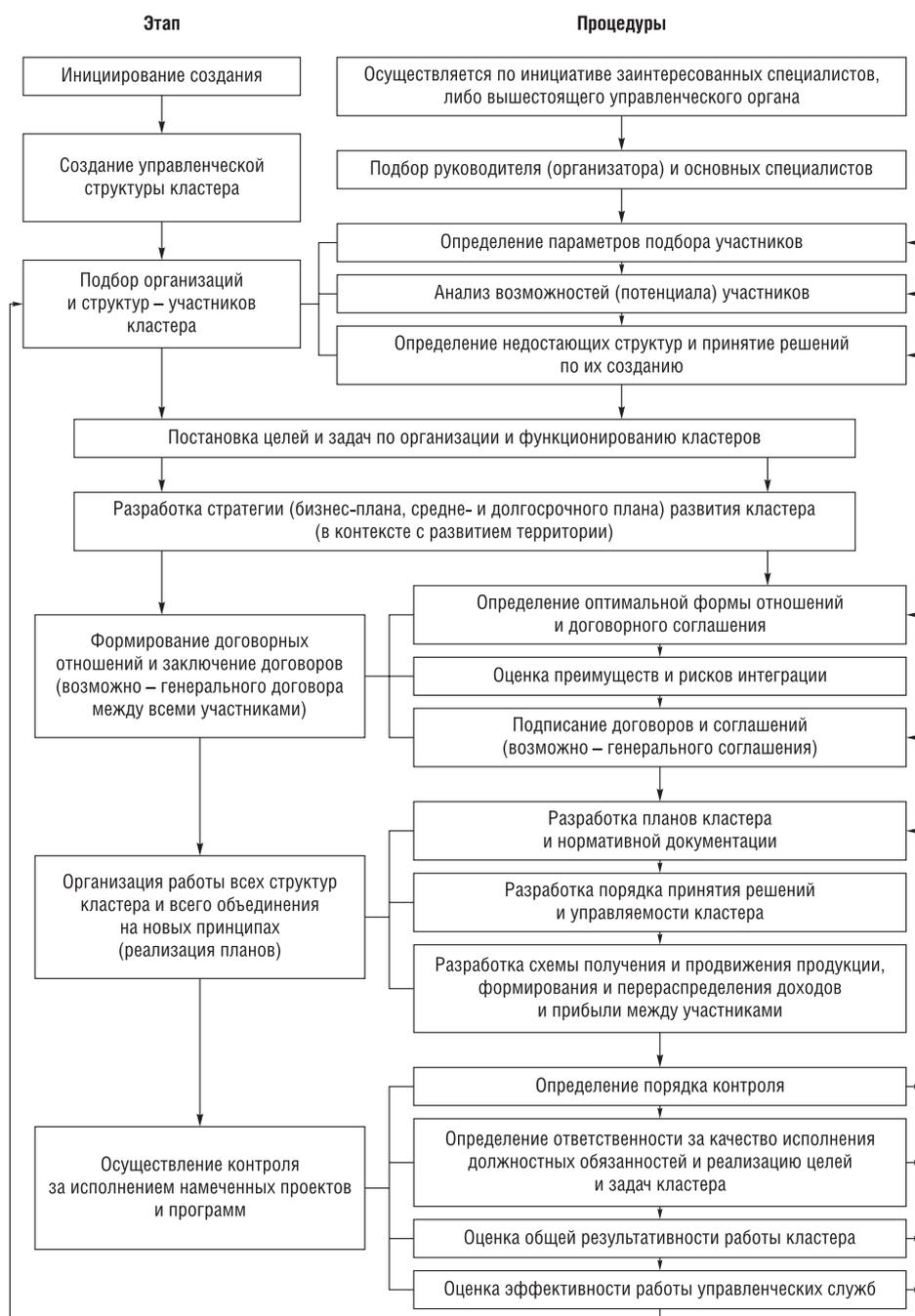
Как показывает анализ, в кластеры целесообразно объединяться тем структурам, которые видят эффективность в кооперации и ставят целью получение добавленной стоимости посредством активного участия в создании конечного конкурентоспособного продукта. Известно, что в условиях традиционной организации АПК основная масса прибыли формируется на стадии получения конечной продукции и ее продажи. Кластерный подход позволяет сформировать такой механизм взаимоотношений (прямых и обратных экономических связей), который позволяет получать эквивалентную затратам прибыль не только тем субъектам, которые реализуют конечный продукт, но и всем участникам объединения. В результате обратных экономических связей прибыль из сферы продаж возвращается в сферы производства сырья и его переработки в соответствии с понесенными затратами. В этом состоит одно из основных преимуществ кластерной организации, здесь в полном объеме учитываются интересы непосредственных сельхозтоваропроизводителей.

Еще одним важным преимуществом кластеров является то, что они способны охватить различные направления деятельности АПК и тем самым обеспечивать организационно-экономическую устойчивость развития сельских территорий.

Дополнительный эффект от создания кластеров достигается тем, что они позволяют: выстроить рациональную технологическую цепочку продвижения продукции от начала ее создания до рыночного сбыта; получать качественную и высококонкурентную продукцию с необходимой добавленной стоимостью; экономить затраты и формировать оптимальную стоимость производства, обеспечивающую устойчивый сбыт; взаимодополнять непосредственное производство недостающими звеньями снабжения ресурсами, переработки, сбыта и сервиса; реализовать экономические интересы всех участников объединения; влиять на рыночный сбыт продукции (цены, конъюнктуру и др.); оперативно концентрировать ресурсы на приоритетных направлениях хозяйствования, внедрять инновации и поддерживать требуемый уровень инновационности производства.

Практика организации кластеров показывает, что они обладают следующими характерными признаками: представляют собой самоуправляемую и саморегулируемую систему; поддерживают прямые и обратные экономические связи и равноправное партнерство; нацелены на оптимизацию инфраструктуры; организуют оперативное продвижение продукции на выгодные рынки; нацелены на постоянную модернизацию технико-технологического обеспечения [6–10].

В системе создания и функционирования кластеров важно иметь научно обоснованный алгоритм, который представляет собой определенную последовательность этапов (рисунок).



Алгоритм формирования кластера  
(Схема составлена автором по результатам собственных исследований)

В качестве этапов создания кластера можно назвать следующие: а) инициирование создания; б) создание управленческой структуры кластера; в) подбор организаций и структур – участников кластера; г) постановка целей и задач по организации и функционированию; д) разработка стратегии развития кластера в контексте с развитием определенной территории (бизнес-плана, средне- и долгосрочного плана); е) формирование договорных отношений и заключение договоров между входящими в кластер структурами (возможно – генерального соглашения между всеми участниками); ж) организация работы всех структур кластера и всего объединения на новых принципах; з) осуществление контроля за исполнением намеченных планов и программ.

Все эти этапы должны иметь процедуры и условия реализации, основные из них (или примерные) представлены на рисунке.

Т а б л и ц а 1. **Целостная концепция создания и функционирования кластерного объединения в АПК**

Сущностные составляющие концепции	Содержание или характеристика составляющих
I. Цели и задачи	1.1. Обеспечение эффективного развития сельского хозяйства, работающего на принципах самокупаемости и самофинансирования 1.2. Обеспечение заданных (целевых) объемов производства и сбыта высококачественной конкурентоспособной продукции 1.3. Обеспечение расширенного воспроизводства производственного потенциала, в том числе технико-технологической базы 1.4. Внедрение новейших достижений науки и инновационных технологий производства 1.5. Обеспечение заданных объемов прибыли и доходов 1.6. Удовлетворение экономических (материальных) интересов работников и трудовых коллективов в доходах 1.7. Налаживание эффективной и слаженной работы всех составляющих кластер структур
II. Принципы и методы	2.1. Приоритетность быстрого технико-технологического и инновационного развития 2.2. Комплексность и системность при формировании и реализации бизнес-планов и средне- и долгосрочных планов развития 2.3. Приоритетность развития главного звена (предприятия-интегратора) и равноправность взаимоотношений всех входящих в кластер структур 2.4. Оптимизация специализации и поиск эффективных направлений диверсификации производства 2.5. Программно-целевой характер развития 2.6. Оптимизация производства исходя из материально-технических и финансовых ресурсов 2.7. Оптимизация затрат, себестоимости и стоимости производства 2.8. Оптимизация системы управления, обслуживающих и вспомогательных звеньев (подразделений) 2.9. Синергический эффект
III. Обеспечивающие условия	3.1. Выработка необходимой нормативной базы для ведения эффективной хозяйственной деятельности 3.2. Создание оптимальной производственной, обслуживающей и социальной инфраструктуры 3.3. Разработка комплексов мер целевого развития кластера и его структур по наиболее актуальным направлениям, возникающим в ходе текущей хозяйственной деятельности
IV. Средства реализации концепции	4.1. Меры экономического регулирования: – доходы и прибыль от хозяйственной деятельности (собственные средства); – средства государственной поддержки, выделяемые на развитие АПК в рамках действующих республиканских и отраслевых программ; – заемные средства банков и других кредитующих организаций 4.2. Меры организационного характера: – оптимизация структуры, функций и целей деятельности управленческих служб; – налаживание действенного контроля за ходом производства и прямой ответственности за результаты 4.3. Меры социального характера: – формирование необходимой социальной инфраструктуры (под цели производственной инфраструктуры); – разработка действенных механизмов стимулирования труда и производства
V. Субъекты кластера	5.1. Основное звено – предприятие-интегратор 5.2. Оптимальный перечень предприятий и организаций по основной деятельности 5.3. Необходимый состав вспомогательных, дополнительных и обслуживающих структур и служб 5.4. Управленческий аппарат кластера и его структур
VI. Социально-экономическая эффективность кластерной организации в АПК	6.1. Создание организационно-экономической базы для ведения устойчивого и эффективного (конкурентного) агропромышленного производства 6.2. Обеспечение получения целевых доходов и прибыли, обеспечение самокупаемости и самофинансирования хозяйственной деятельности 6.3. Обеспечение расширенного воспроизводства процесса производства и сбыта агропромышленной продукции под рыночный потребительский спрос 6.4. Обеспечение целевых инвестиций в модернизацию технико-технологической базы и необходимой инновационности производства, сокращение трудоемкости и ресурсоемкости производства 6.5. Обеспечение роста доходов работников 6.6. Обеспечение развития социальной инфраструктуры кластера за счет собственных средств

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена автором по результатам собственных исследований.

Т а б л и ц а 2. Организационно-экономические основы создания производственно-сбытовых кластеров (для реальных условий хозяйствования)

Этапы создания	Основные меры реализации этапов	Характерные черты реализуемых мер
I этап – подготовка и создание кластера	<p>1.1. Обоснование предложения (идеи) и предварительных оценок (расчетов) целесообразности</p> <p>1.2. Согласование идеи с вышестоящими органами государственного и хозяйственного управления</p> <p>1.3. Подбор необходимых структур (предприятий и организаций), заинтересованных в создании кластера</p> <p>1.4. Принятие решения и договор о создании кластера заинтересованных структур (сельхозтоваропроизводители, переработчики, поставщики ресурсов, организации по сбыту продукции и др.)</p> <p>1.5. Определение предприятия-интегратора</p> <p>1.6. Разработка и принятие учредительных документов</p>	<p>Формулирование основной идеи и предложений по созданию кластера</p> <p>Подготовка прогнозных оценок и расчетов предполагаемой эффективности</p> <p>Подбор предприятия-интегратора, учредителей кластера с учетом оценки их возможностей</p> <p>Подбор общего количества предприятий и организаций (структур) кластера, оценка их экономического состояния, целей, задач и перспектив развития</p> <p>Выстраивание предварительной схемы обоснования организации кластера, определение ее слабых и сильных сторон</p> <p>Определение разнообразных вариантов (моделей, механизмов) организации и функционирования кластера и отбор наиболее целесообразного</p> <p>Обсуждение и принятие решения по организационно-правовой форме кластера</p> <p>Подготовка учредительных документов организации кластера (учредительного или генерального договора, устава и др.), создание благоприятных условий для работы оргкомитета (из состава организаций-учредителей)</p> <p>Определение организационно-управленческой структуры кластера. Четкое определение прав, обязанностей и ответственности участников</p> <p>Определение общих условий функционирования кластера, порядка формирования и распределения доходов, условий материальной ответственности и материального стимулирования труда</p>
II этап – организация функционирования кластера	<p>2.1. Моделирование бизнес-системы кластера</p> <p>2.2. Определение недостающих структур и служб для эффективной работы (по технологической цепочке продвижения продукции)</p> <p>2.3. Разработка порядка регулирования бизнес-системы кластера</p> <p>2.4. Разработка бизнес-планов, средне- и долгосрочных планов развития</p> <p>2.5. Определение порядка экономических взаимоотношений между участниками кластера, в т.ч. порядка формирования и перераспределения доходов</p>	<p>Выстраивание технологической цепочки продвижения продукции от получения сырья до готового продовольствия и его сбыта и на этой базе общего перечня предприятий и организаций кластера, включая недостающие</p> <p>Определение порядка создания (восполнения) недостающих структур или служб по технологической цепочке организации и функционирования кластера</p> <p>Разработка бизнес-планов текущей деятельности, а также средне- и долгосрочных планов развития</p> <p>Разработка организационной структуры и схемы иерархии, распределение полномочий и ответственности каждой структурной единицы кластера (справочно: оргструктуры могут иметь следующий вид – отделенческая, продуктовая или ориентированная на потребителя)</p> <p>Налаживание системы взаимодействия организаций (подразделений) кластера друг с другом и с предприятием-интегратором в рамках бизнес-процесса</p> <p>Определение целей, задач и полномочий службы управления по каждой структуре; выработка механизма принятия решений</p> <p>Разработка (при необходимости) дополнительных условий эффективного функционирования кластера (системы взаимодействия и формы договоров на поставку продукции за пределы кластера, порядка стимулирования качества продукции и др.)</p> <p>Определение порядка формирования цен и доходов по каждой внутренней организационной структуре</p> <p>Определение направлений сбыта конечной продукции и схемы краткосрочного и долгосрочного партнерства</p>
III этап – текущая деятельность и порядок адаптации к рыночным условиям	<p>3.1. Доработка и уточнение (при необходимости) элементов механизма функционирования кластера</p> <p>3.2. Организация функционирования механизма (планов, цен, финансирования, материально-технического обеспечения, менеджмента и др.)</p> <p>3.3. Контроль функционирования механизма и в целом работы кластера</p>	<p>Налаживание действенного мониторинга организации и функционирования кластера, а также различных механизмов, методов и рычагов его обеспечения и регулирования</p> <p>Оперативная корректировка организационно-экономического механизма и его составляющих при возникновении текущих противоречий</p> <p>Налаживание мониторинга развития рыночных отношений и адаптации к ним организационно-экономического механизма кластера</p> <p>Контроль деятельности кластера и в первую очередь контроль качества создаваемой продукции</p> <p>Оперативный анализ показателей деятельности кластера по сравнению с установленными плановыми или нормативными показателями</p> <p>Определение возможностей развития кластера на перспективу</p> <p>Разработка экономической и нормативной базы для дальнейшего бизнес-планирования, включая возможности расширенного воспроизводства и диверсификации</p>

Примечание. Таблица составлена автором по результатам собственных исследований.

Этапность и последовательность создания кластерных структур в АПК требует реализации многих механизмов и мер, которые в совокупности формируют организационно-экономическую систему. Однако для разработки названной системы важно иметь сквозное представление или целостную концепцию кластерной организации, которая представлена нами в табл. 1.

Таким образом, табл. 1 показывает, что целевая концепция создания и функционирования кластерных формирований не только целесообразна, но и неизбежна, поскольку дает общую картину последовательности и порядка кластерной организации. Известно, что если есть понимание общей цели, задач и результатов – не трудно разработать более частные структуры для конкретных условий. Так, на базе данной целевой концепции нами разработаны организационно-экономические основы создания производственно-сбытовых кластеров, которые могут быть использованы в широкой практике АПК (табл. 2).

Таким образом, организационно-экономический механизм реального кластера – это большая совокупность разнообразных мер и методов по его созданию на всех этапах: от исходных условий подготовки учредительных мероприятий до рыночного сбыта конкурентоспособной продукции. Надо подчеркнуть, что все этапы и меры по их реализации одинаково важны, нельзя игнорировать одни и делать ставку на другие. Тем не менее, в конкретных условиях могут возникать многие непредвиденные обстоятельства, которые потребуют адекватных специфических мер, поэтому организаторы кластера должны быть хорошо подготовленными специалистами, способными быстро ориентироваться в проблемах и принимать рациональные решения.

С учетом необходимости повышения эффективности функционирования предприятий и организаций на основе кластеризации, проведенные нами исследования позволили представить целостную концепцию создания и функционирования кластерных объединений в АПК; разработать научно обоснованный алгоритм формирования кластера, предполагающий определенную последовательность этапов и процедур; разработать организационно-экономические основы создания производственно-сбытовых кластеров (для реальных условий хозяйствования), которые включают этапы создания, основные меры реализации этапов, а также характерные черты реализуемых мер.

#### Список использованных источников

1. Буянова, М.Э. Оценка эффективности создания региональных инновационных кластеров / М.Э. Буянова, Л.В. Дмитриева // Вест. Волгоград. гос. ун-та. Сер. 3. Экономика. Экология. – 2012. – №2 (21). – С. 54–62.
2. Бычков, Н.А. Аграрное кооперирование (теория, методология, практика) / Н.А. Бычков ; Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. науч.-исслед. ин-т аграр. экономики. – Минск, 2000. – 252 с.
3. Запольский, М.И. Методические рекомендации по устойчивому развитию региональных продуктовых подкомплексов на основе кооперативно-интеграционных отношений в новых условиях хозяйствования / М.И. Запольский ; Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск, 2009. – 120 с.
4. Субоч, Ф.И. Устойчивое динамическое развитие национальных и межнациональных продуктовых структур в инновационно-кластерной системе ЕЭП и ЕврАзЭС / Ф.И. Субоч // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси : межведомств. темат. сб. / Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; редкол.: В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск, 2013. – Вып. 41. – С. 233–251.
5. Шпак, А.П. Развитие кооперации и интеграции в АПК Беларуси / А.П. Шпак // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г. Горки, 22–24 апр. 2010 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. ; ред.: А.М. Каган [и др.]. – Минск, 2010. – С. 313–315.
6. Гусаков, В.Г. Научные основы создания продуктовых компаний / В.Г. Гусаков, М.И. Запольский ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 195 с.
7. Доржиева, Е.В. Формирование АПК-кластеров в системе агропродовольственного рынка региона / Е.В. Доржиева // Вест. Удмурт. ун-та. – 2011. – Вып. 3. – С. 25–30.
8. Дырдонова, А.Н. Кластерный подход как механизм повышения конкурентоспособности региона / А.Н. Дырдонова // Конкурентоспособность компаний и территорий: кластерные технологии : сб. науч. ст. / под ред. Т.В. Миролюбовой ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2014. – Вып. 3. – С. 93–106.
9. Пилипук, А.В. Продуктовые кластеры в АПК Беларуси: актуальность и предложения по их формированию / А.В. Пилипук // Проблемы экономики : сб. науч. тр. / Белорус. гос. с.-х. акад., Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси ; редкол.: А.М. Каган [и др.]. – Минск, 2009. – Вып. 2 (9). – С. 222–235.
10. Щукина, Л.В. Агротрастеры как инструмент обеспечения устойчивого инновационного развития сельского хозяйства региона / Л.В. Щукина // Вест. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2014. – №3 (58). – С. 97–104.

Поступила в редакцию 28.03.2016

УДК 339.172(4/5)

*Н. В. КИРЕЕНКО*

**ИНТЕГРИРОВАННЫЙ БИРЖЕВОЙ ТОВАРНЫЙ РЫНОК  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО  
СОЮЗА: ПРИНЦИПЫ, МЕХАНИЗМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ**

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: natallia\_kireenko@mail.ru*

В статье изучены и обобщены основные положения государственного регулирования деятельности товарных бирж в странах Евразийского экономического союза. Обоснованы современные тенденции развития биржевой торговли в Беларуси как перспективного канала продвижения сельскохозяйственной продукции. Рассмотрены основные положения проекта рекомендаций Евразийской экономической комиссии по развитию биржевой торговли сельскохозяйственными товарами на территории интеграционного объединения. Предложен комплекс мероприятий по формированию интегрированного биржевого товарного рынка сельскохозяйственной продукции Евразийского экономического союза.

*Ключевые слова:* биржевой товарный рынок, сельскохозяйственная продукция, Евразийский экономический союз.

*N. V. KIREYENKA*

**INTEGRATED EXCHANGE COMMODITY MARKET OF AGRICULTURAL PRODUCTS OF THE EURASIAN  
ECONOMIC UNION: PRINCIPLES, MECHANISMS AND DIRECTIONS OF FORMATION**

*The Institute of System Research in Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,  
Belarus, e-mail: natallia\_kireenko@mail.ru*

The paper studies and summarizes the main provisions of the state regulations of commodity exchanges in the countries of the Eurasian Economic Union. Substantiated are the modern trends of stock trading development in Belarus as a promising channel of promotion of agricultural products. Analyzed are the main provisions of the draft recommendations of the Eurasian Economic Commission for the development of exchange trade in agricultural products on the territory of the integrated associations. A set of measures to promote the integrated exchange commodity market of agricultural products of the Eurasian Economic Union is proposed.

*Keywords:* exchange commodity market, agricultural products, the Eurasian Economic Union.

Эффективность интеграционных процессов в рамках Евразийского экономического союза (ЕАЭС) определяется проведением согласованной политики Республикой Армения, Республикой Беларусь, Республикой Казахстан, Кыргызской Республикой и Российской Федерацией в ключевых секторах и отраслях экономики, обеспечением функционирования полноценного общего рынка. Интеграция государств – членов ЕАЭС открывает широкие перспективы для экономического развития, создает дополнительные конкурентные преимущества для стран-участниц, в том числе и для ведения сельского хозяйства.

Сельское хозяйство является одной из стратегических отраслей государств – членов ЕАЭС, обеспечивающей продовольственную безопасность и влияющей на ее стабильность в мире. Природно-климатические условия каждой страны позволяют максимально задействовать как преимущества специализации сельского хозяйства, так и взаимовыгодную торговлю аграрным сырьем и продовольствием, отражающую межгосударственные интеграционные процессы рынка. Принятая Концепция согласованной (скоординированной) агропромышленной политики государств – членов ТС и ЕЭП охватывает все сферы агропромышленного комплекса и сельские тер-

ритории, базируется на гармонизированных механизмах регулирования, координации и мониторинга на межгосударственном уровне [2].

За последние годы государствами – членами ЕАЭС подписан ряд международных договоров о сотрудничестве в различных областях, способствующих формированию межнационального организованного товарного рынка в данных странах. Достаточно активно идет процесс по принятию мер для снятия барьеров и ограничений в национальных законодательствах Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Кыргызской Республики и Российской Федерации. В то же время сложившееся регулирование не создает предпосылок для международного биржевого сотрудничества. Таким образом, назрела необходимость выбора и обоснования приоритетов развития национального и межгосударственного регулирования биржевой торговли. Это требует как более тщательного анализа проблем, возникающих в процессах межбиржевого сотрудничества, так и разработки долгосрочной стратегии, направленной на создание конкурентоспособного товарного рынка. Также очевидна неравномерность развития законодательства по вопросам деятельности товарных бирж, что создает серьезные препятствия для гармонизации регулирования межбиржевого взаимодействия.

В этой связи на современном этапе предлагаются возможные подходы к формированию и функционированию организованного рынка сельскохозяйственных товаров, текущие и перспективные тенденции в торговле сельскохозяйственной продукцией государств – членов ЕАЭС, развитие транспортно-логистической инфраструктуры отрасли. Данную инициативу рассматривают Евразийская экономическая комиссия (ЕЭК), Евразийский банк развития (ЕАБР), крупные биржи и биржевые сообщества Беларуси, Казахстана и России, Международная ассоциация бирж стран СНГ и др.

Биржевая торговля выступает одним из методов продвижения продукции до конечного потребителя. На товарных биржах в мире совершается около 20 % операций с сырьевыми ресурсами и торгуется приблизительно 70 видов различных товаров, две трети которых приходится на сельскохозяйственную и лесную продукцию (прежде всего маслосемена и продукты их переработки, зерновые, живой скот и мясо).

Товарная биржа как продукт рыночных отношений прошла длительный путь эволюции от оптового до фьючерсного рынка. Устойчиво высокие темпы роста биржевого оборота, появление новых направлений, вовлечение новых сфер экономики в биржевую торговлю указывают на большие возможности ее дальнейшего развития. Биржа выполняет функции сбалансирования спроса и предложения путем открытой купли-продажи, упорядочения и унификации товарных и сырьевых ресурсов, стимулирования развития рынка, выступает определенным индикатором экономического развития страны и отраслей [3, с. 41].

Основные положения государственного регулирования деятельности товарных бирж в странах ЕАЭС представлены в табл. 1. Так, в Республике Беларусь государство приняло непосредственное участие в создании товарной биржи. Действующие подзаконные акты детально регулируют и регламентируют различные аспекты биржевой деятельности, существует развитая инфраструктура, включая складское и логистическое хозяйство, имеются представительства за рубежом. Координационным советом по биржевой торговле является межведомственный постоянно действующий орган, обеспечивающий взаимодействие государственных органов с товарной биржей по вопросам организации торговли.

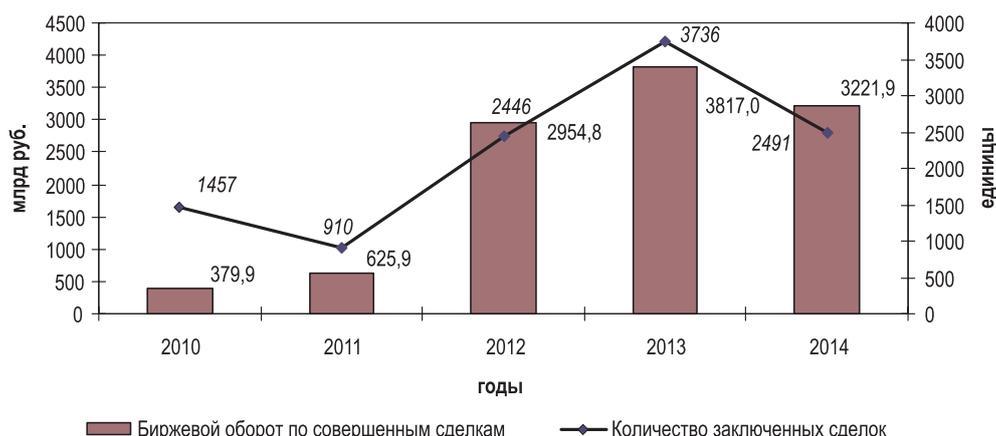
На 01.01.2016 г. в Беларуси функционирует одна товарная биржа – ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа» (БУТБ), на базе которой должна быть создана Евразийская биржа сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [Справочно: решением 9-го заседания Совета по агропромышленной политике при Интеграционном Комитете ЕврАзЭС от 16 ноября 2009 г.]. Однако в силу недостаточной проработки специфики взаимодействия на товарно-сырьевых рынках проект не получил отклика со стороны потенциальных участников и до стадии реализации доведен не был.

Т а б л и ц а 1. Основные положения государственного регулирования деятельности товарных бирж в странах Евразийского экономического союза

Направления государственного регулирования деятельности товарных бирж	Законодательные акты и законы
<i>Армения</i>	
Государственное регулирование деятельности товарных бирж на территории Республики Армения осуществляется Правительством Республики Армения	Базовые законодательные акты: Гражданский кодекс Республики Армения, Закон о товарных биржах №С-0913-1-ЗР-78 (от 31.08.1993 г.), отдельные нормы ряда других законов, постановления правительства и иные нормативные акты
<i>Беларусь</i>	
Государственное регулирование деятельности товарных бирж на территории Республики Беларусь осуществляют: Президент Республики Беларусь, Совет Министров, Министерство торговли, иные государственные органы в пределах их компетенции, определенной законодательством. Координационным советом по биржевой торговле является межведомственный постоянно действующий орган, обеспечивающий взаимодействие государственных органов с товарной биржей по вопросам организации биржевой торговли	Базовые законодательные акты: Гражданский кодекс (принят на базе модельного Гражданского кодекса для государств – участников СНГ), законы: «О товарных биржах» (№ 10-3 от 05.01.2009 г.), «О торговле» (№ 231-3 от 28.07.2003 г.), «Об электронном документе и электронной цифровой подписи» (№ 113-3 от 28.12.2009 г.). Основным подзаконным нормативным правовым актом является постановление Совета Министров Республики Беларусь «О некоторых мерах по реализации закона Республики Беларусь «О товарных биржах» (№ 1039 от 06.08.2009 г.), которым утверждены: типовые правила биржевой торговли на товарных биржах; положение о порядке формирования гарантийного фонда товарной биржи и использования его средств; положение о координационном совете по биржевой торговле; состав координационного совета по биржевой торговле, иные подзаконные акты
<i>Казахстан</i>	
Государственное регулирование деятельности товарных бирж на территории Республики Казахстан осуществляется правительством страны. Уполномоченный орган – Комитет торговли Министерства экономического развития и торговли Республики Казахстан	Базовые законодательные акты: Гражданский кодекс Республики Казахстан (принят на базе модельного Гражданского кодекса для государств – участников СНГ), Закон «О товарных биржах» (№ 155-IV ЗРК от 04.05.2009 г.), отдельные нормы ряда других законов, более 50 постановлений правительства и иные нормативные акты
<i>Кыргызстан</i>	
Государственное регулирование деятельности товарных бирж на территории Республики Кыргызстан осуществляется Правительством Республики Кыргызстан	Базовые законодательные акты: Гражданский кодекс Республики Кыргызстан, Закон о товарной бирже и биржевой торговле в Кыргызской Республике № 916-XXI (от 29.06.1992 г.), отдельные нормы ряда других законов, постановления правительства и иные нормативные акты
<i>Россия</i>	
Уполномоченным органом по регулированию организованного товарного рынка на территории Российской Федерации выступает Федеральная служба по финансовым рынкам, осуществляющая функции по нормативно-правовому регулированию, контролю и надзору в сфере финансовых рынков (за исключением банковской и аудиторской деятельности). Федеральная служба по финансовым рынкам создана в соответствии с Указом Президента «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» (№ 314 от 09.03.2004 г.). Действует на основании Положения о Федеральной службе по финансовым рынкам, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 717 от 29.08.2011 г. и постановления Правительства Российской Федерации «О некоторых вопросах деятельности федеральных органов исполнительной власти в сфере финансовых рынков» (№ 326 от 26.04.2011 г.). Руководство Федеральной службой по финансовым рынкам осуществляет правительство страны	Базовые законодательные акты: Гражданский кодекс (принят на базе модельного Гражданского кодекса для государств-участников СНГ), Закон «О товарных биржах и биржевой торговле» (№ 2383-1 от 20.02.1992 г). Федеральные законы: «Об организованных торгах» (№ 325-ФЗ от 21.11.2011 г.), «О клиринге и клиринговой деятельности» (№ 7-ФЗ от 07.02.2011 г.), «О лицензировании отдельных видов деятельности» (№ 99-ФЗ от 04.05.2011 г.), «Об электронной подписи» (№ 63-ФЗ от 06.04.2011 г.), ряд подзаконных актов

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена автором по данным [4–6].

В 2014 г. по секции сельхозпродукции проведено 549 торговых сессий, на которых совершена 3491 сделка на сумму 3221,9 млрд руб, при этом количество сделок, заключенных на бирже по сельскохозяйственной продукции, с 2010 г. увеличилось на 1034 ед. (рисунок).



Динамика объемов биржевых сделок по секции сельхозпродукции ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа», 2010–2014 гг. (рисунок выполнен автором по данным [7])

В настоящее время на внешний рынок БУТБ реализует молоко сухое, масло сливочное, сыр, казеин, сыворотку, творог, масло рапсовое и семена рапса, муку и крупу, шкуры крупного рогатого скота, мясо крупного рогатого скота и свиней. В 2014 г. на экспортных биржевых торгах в секции сельхозпродукции реализовано 77,0 тыс. т товаров отечественного производства на общую сумму 1289,74 млрд руб. (в эквиваленте 125,67 млн долларов США), что составляет 40 % в стоимостном выражении от всего объема биржевого рынка данной группы товаров (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Объемы экспортного биржевого оборота сельскохозяйственной продукции на ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа», 2010–2014 гг.

Вид товара	2010 г.		2011 г.		2012 г.		2013 г.		2014 г.	
	тыс. т	млрд руб.	тыс. т	млрд руб.	тыс. т	млрд руб.	тыс. т	млрд руб.	тыс. т	млрд руб.
Молочные продукты:										
казеин	1,08	24,25	5,69	247,73	5,48	327,69	1,91	151,40	1,04	94,83
СОМ	3,97	43,75	0,08	0,93	6,14	181,34	11,10	459,43	4,41	189,17
СЦМ	–	–	–	–	1,16	30,88	9,54	416,05	1,94	101,57
сыр	3,74	55,31	0,72	16,57	17,14	657,18	5,17	240,47	3,34	188,67
творог	0,08	0,57	0,11	1,28	0,27	4,23	0,30	6,16	0,13	3,10
сыворотка	0,02	0,08	0,04	0,26	1,08	8,92	3,15	55,30	1,42	19,28
масло	4,51	61,01	1,40	25,79	7,31	227,18	9,40	455,50	4,74	248,53
Кожевенное сырье	12,33	62,12	5,48	48,60	2,75	49,67	3,70	78,92	0,61	15,07
Рапсовое масло	15,57	36,76	1,80	17,21	8,84	77,88	1,91	16,55	39,53	305,95
Подсолнечное масло	–	–	–	–	4,00	33,27	0,30	2,70	–	–
Мука, крупа	1,50	1,09	0,62	0,44	–	–	–	–	7,75	18,64
Смена рапса	3,00	3,52	–	–	–	–	–	–	–	–
Шрот рапсовый	–	–	–	–	–	–	–	–	100,00	25,34
Соль	–	–	–	–	–	–	0,02	0,02	–	–
Мясо	–	–	–	–	0,14	3,49	5,64	154,23	2,09	79,59
<b>ИТОГО</b>	<b>45,80</b>	<b>288,46</b>	<b>15,94</b>	<b>358,81</b>	<b>54,31</b>	<b>1601,73</b>	<b>52,14</b>	<b>2036,23</b>	<b>77,00</b>	<b>1289,74</b>

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена автором по данным [7].

Однако по сравнению с 2013 г. объем сделок уменьшился на 36,7 %. Это было связано со снижением количества сделок по молочной продукции ввиду поставок на рынок Российской Федерации более дешевой, но низкокачественной молочной продукции из Аргентины и других стран вне СНГ, а также снятием запретов на ввоз товаров новозеландской компании Fonterra.

В то же время с августа 2014 г. (вступление в силу запрета на импорт сельхозпродукции в Российскую Федерацию из США, ЕС и других стран) отмечалось оживление биржевых торгов молочной продукцией, существенный рост объемов реализации и отпускных цен и, как следствие, увеличение дополнительной выручки отечественных продавцов. К концу 2014 г. наблюдался спад биржевой активности ввиду нестабильной ситуации на российском валютном рынке. Также отмечается низкий удельный вес организаций, определенных в результате биржевых торгов, в структуре прямых экспортных поставок. Для организаций Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь этот показатель составляет более 2,0 %, Концерна «Белгоспищепром» – 0,4 % [8, 9].

В целом биржевая торговля в Беларуси рассматривается как один из перспективных каналов продвижения сельскохозяйственных товаров на зарубежные продовольственные рынки, в том числе стран ЕАЭС, что подтверждает необходимость формирования интегрированного биржевого товарного рынка [10].

В настоящее время ЕЭК разработан проект рекомендаций по развитию биржевой торговли сельскохозяйственными товарами в Евразийском экономическом союзе. Отмечено, что основные принципы построения интегрированного биржевого товарного рынка ЕАЭС должны быть основаны на следующих позициях:

- 1) учете особенностей национальных биржевых товарных рынков;
- 2) базовых и перспективных товарных активах;
- 3) применении биржевой инфраструктуры для проведения трансграничных торгово-закупочных операций, в том числе для осуществления государственных закупок;
- 4) обеспечении доступа резидентов и нерезидентов государств – членов ЕАЭС на биржевые площадки, упрощении и оперативности процедур трансграничных биржевых торгово-закупочных операций;
- 5) обеспечении допуска товарных брокеров-резидентов и нерезидентов государств – членов ЕАЭС на биржевые площадки;
- 6) комплексном подходе к ценообразованию на основе государственного регулирования цен с использованием рыночных механизмов (налоговое стимулирование, закупочная политика, товарные интервенции и др.) и рыночного ценообразования;
- 7) минимизации рисков на биржевом рынке (логистика, клиринг, арбитраж);
- 8) поддержке интеграционных процессов со стороны Евразийской экономической комиссии и правительств государств – членов ЕАЭС;
- 9) объективности и прозрачности ценообразования на товарном рынке ЕАЭС (удельный вес биржевого рынка, доступ к ценовой информации и регламентация ее применения) [11].

Механизмами и направлениями развития биржевой торговли сельскохозяйственными товарами в Евразийском экономическом союзе должны стать следующие положения.

1. Унификация законодательной и нормативной базы по товарной биржевой торговле и торговле соответствующими финансовыми и производными финансовыми инструментами. Такой подход необходим для обеспечения прозрачного недискриминационного и транспарентного ценообразования в АПК, эффективного решения задач контроля качества и определения происхождения товаров, а также максимально эффективного «встраивания» биржевого товарного рынка в комплексную систему обеспечения продовольственной безопасности стран ЕАЭС на основе оптимального сочетания государственного регулирования в агропромышленном секторе экономики и рыночных инструментов.

Реализация данного направления учитывает, что проработка вопросов регулирования и унификации процесса создания единого торгового биржевого пространства в рамках ЕАЭС по товарному направлению будет осуществляться в комплексе с валютно-финансовым сегментом и с учетом специфики биржевых торгов товарами.

2. Обеспечение равного доступа юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (включая фермерские хозяйства) государств – членов ЕАЭС к торговле на товарных биржах любого из государств-членов. Предполагается, что это условие должно также распространяться на логистические услуги на всей территории интеграционного объединения.

3. Совершенствование законодательных и нормативных актов, направленных на создание условий для:

- организации биржевой торговли на экспортных базисах на товарных биржах государств – членов ЕАЭС в целях создания комфортных условий работы покупателей и экспортеров сырья;
- установления приоритетов по реализации биржевых товаров на внутреннем биржевом товарном рынке для их более глубокой переработки и внутреннего потребления в целях максимального получения добавленной стоимости предприятиями ЕАЭС;
- упрощения процедур перехода прав собственности на биржевые товары с одновременным снижением рисков этих процедур и ростом возможностей финансирования под обеспечение произведенными биржевыми товарами [11].

По нашей оценке, предлагаемые принципы, механизмы и мероприятия построения интегрированного биржевого товарного рынка ЕАЭС направлены на обеспечение сбалансированности спроса и предложения сельскохозяйственной продукции и продовольствия путем открытой купли-продажи, на упорядочение и унификацию товарных и сырьевых ресурсов, стимулирование взаимной торговли государств – членов интеграционного объединения и торговли с третьими странами [12].

Вместе с тем, при унификации законодательной и нормативной базы по товарной биржевой торговле нами предлагается предусмотреть выработку единых подходов к созданию и регулированию системы гарантий исполнения контрагентами обязательств по сделкам, развитию инфраструктуры и логистики доставки сельскохозяйственной продукции. Данное предложение обусловлено существующими различиями в регулировании систем гарантий стран-членов. К настоящему времени на Белорусской универсальной товарной бирже наиболее успешно развивается логистика поставок и биржевая инфраструктура, включая складское хозяйство, и представительства за рубежом. При этом в Республике Беларусь завершилась реализация Программы развития логистической системы на период до 2015 года, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 сентября 2008 г. №1249 (посл. ред. от 28.04.2014 г. №402) [13]. Внутренняя логистическая система республики представлена как действующими, так и проектируемыми предприятиями (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Основные показатели деятельности логистических центров Беларуси за 2011–2013 гг.

Показатель	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Количество логистических центров	11	11	11
Выручка от реализации продукции, товаров, работ, услуг, млрд руб.	522,0	2243,4	3731,8
Себестоимость реализованной продукции, товаров, работ, услуг, млрд руб.	299,6	1590,0	2778,3
Прибыль от реализации продукции, товаров, работ, услуг, млрд руб.	153,7	336,7	498,7
Чистая прибыль, млрд руб.	147,5	215,1	294,9
Рентабельность реализованной продукции, товаров, работ, услуг, %	51,3	21,2	18,0
Рентабельность продаж, %	29,4	15,0	13,4
Экспорт услуг, тыс. долл. США	51508,0	39824,6	43296,0
Импорт услуг, тыс. долл. США	32313,0	20378,0	26256,7
Инвестиции в основной капитал, млн руб.	527832,0	725747,0	1628850,0

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена автором по данным источника [14].

На 01.01.2015 г. работало 17 транспортно-логистических центров общей площадью 1138,5 тыс. м<sup>2</sup>, которые включают специализированные помещения для хранения и переработки грузов, магазины оптово-розничной торговли, а также размещенные на территории транспортно-экспедиционные организации, страховые компании, таможенные органы, службы государственного надзора.

В сложившихся условиях целесообразно вернуться к реализации Концепции формирования межгосударственной целевой программы ЕАЭС «Создание Евразийской товаропроводящей системы сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (АгропродЕТС-2020). Данная программа предполагает поддержку сельскохозяйственных товаропроизводителей, заготовительных и перерабатывающих предприятий, развитие и интеграцию инфраструктуры агропродовольственных рынков. В качестве механизма продвижения товаров и регулирования ценообразования предлагается проведение регулярных международных биржевых торгов с использованием возможностей и аппаратно-программных средств Евразийской товарной биржи, других форм электронной торговли, а также оказание информационных и консультационных услуг, способствующих заключению прямых контрактов. Это позволит товаропроизводителям и покупателям заключать сделки по оптимальным ценовым параметрам, в режиме удаленного доступа, оперативно получать достоверную информацию о необходимых объемах поставок основных видов аграрной продукции.

Экспертная оценка Института системных исследований в АПК НАН Беларуси показала, что для республики создание Евразийской товаропроводящей системы сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия имеет практическое значение, поскольку включает:

- расширение сети транспортно-логистических и сбытовых центров;
- оптимизацию объемов складских запасов и целенаправленное использование финансовых ресурсов;
- снижение стоимости продвижения товаров от центров производства к потребителям, сокращение числа посредников;
- доступность сельскохозяйственной продукции за счет снижения цен, повышения качества и уровня жизни населения;
- обеспечение уровня продовольственной безопасности [15].

Наряду с этим необходимо выработать и закрепить законодательно единый в рамках ЕАЭС порядок проведения расчетов по экспортно-импортным и расчетно-клиринговым биржевым сделкам с одновременной выработкой правил валютного регулирования при их осуществлении. В настоящее время в Республике Беларусь, в отличие от других стран ЕАЭС, где вопросы регулирования внешней торговли и валютного регулирования остаются вне связи с законодательством об организованных товарных рынках, предусмотрена возможность использования специальных счетов товарных бирж для участия в таких расчетах, при этом отечественное валютное регулирование содержит оговорки, учитывающие специфику таких расчетов.

Определенные трудности при формировании интегрированного биржевого рынка сельскохозяйственной продукции ЕАЭС могут возникнуть в связи с разными размерами ставок налога на добавленную стоимость в странах. В Республике Беларусь применяется самая высокая из всех трех стран ЕАЭС ставка налога на добавленную стоимость (20 %), в Российской Федерации – 18 %, в Республике Казахстан – 12 %. Различные ставки НДС объясняются, прежде всего, различиями в экономических системах (соотношением сырьевой и промышленной составляющей), а также ходом проводимых экономических реформ.

Поэтому в целях создания равного доступа к торговле юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (включая фермерские хозяйства) стран – членов ЕАЭС целесообразна разработка особого механизма изъятия налога на добавленную стоимость при реализации сельскохозяйственной продукции в условиях функционирования интегрированного биржевого товарного рынка Евразийского экономического союза. За основу данного механизма могут быть приняты подходы, применяемые в сельском хозяйстве Беларуси, а именно применение зачетного метода расчета НДС по ставке 10 %.

## Выводы

1. В ходе исследования установлено, что доля биржевой торговли в общем объеме оптового товарооборота в ЕАЭС пока невелика. Необходимость создания товарной биржи новой формации уже назрела. Для государств – членов ЕАЭС как обладателей значительного сырьевого, аграрного потенциала и стран-экспортеров актуально, чтобы ценообразование на экспортные

товары осуществлялось на отечественных товарных биржах. С развитием биржевой торговли закономерно встает вопрос об упорядочении и унификации правил данного рынка, формировании соответствующей инфраструктуры.

2. В качестве механизмов формирования интегрированного биржевого товарного рынка сельскохозяйственной продукции Евразийского экономического союза определены: расширение товарной биржевой торговли и торговли соответствующими финансовыми инструментами; обеспечение равного доступа юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (включая фермерские хозяйства) государств – членов ЕАЭС к торговле на товарных биржах любого из государств-членов; совершенствование законодательных и нормативных актов в области биржевой торговли и развития биржевых товарных рынков.

3. Формирование интегрированного биржевого товарного рынка сельскохозяйственной продукции Евразийского экономического союза предусматривает следующие направления: применение инфраструктуры и специализации товарных бирж стран ЕАЭС для развития интеграционных процессов на оптовом рынке сельхозпродукции, а также в смежных секторах экономики, влияющих на ценообразование (нефтепродукты, минеральные удобрения); создание централизованной расчетно-клиринговой системы, позволяющей организовывать расчеты между участниками товарных биржевых торгов государств-членов; создание в рамках ЕАЭС информационной системы, основной задачей которой будет сбор, обработка и распространение биржевой информации о рыночных ценах.

### Список использованных источников

1. Таможенный союз: рынки сырья продовольствия / З.М. Ильина [и др.]; под ред. З.М. Ильиной. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2013. – 199 с.
2. Концепция согласованной (скоординированной) агропромышленной политики государств-членов Таможенного союза и Единого экономического пространства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasian-commission.org/gu>. – Дата доступа: 07.06.2015.
3. Киреенко, Н.В. Регулирование биржевой торговли сельскохозяйственной продукцией в странах Евразийского экономического сообщества / Н.В. Киреенко // Вест. ИПД. – 2014. – № 1 (10). – С. 41–49.
4. Научные основы сбалансированной агропромышленной стратегии Беларуси в Евразийском экономическом союзе / В.Г. Гусаков [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК. – Минск: Беларус. наука, 2015. – 259 с.
5. Перспективы развития биржевой торговли на территории ЕЭП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eabr.org/general/upload/reports/SP\\_TR.pdf](http://www.eabr.org/general/upload/reports/SP_TR.pdf). – Дата доступа: 14.04.2015.
6. Сравнительный анализ законодательных норм регулирования биржевых товарных рынков в Беларуси, Казахстане, Молдове, России, Узбекистане и Украине (страны ЕЭП+): информ.-аналит. исслед. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aeaer.com.ua/en/sravnitel-ny-j-analiz-zakonodatel-ny/>. – Дата доступа: 14.04.2015.
7. ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа» [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.butb.by>. – Дата доступа: 20.05.2015.
8. Положение о товаропроводящей сети белорусских организаций за рубежом: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2012 г., № 183 (ред. постановления Совета Министров Респ. Беларусь от 22.06.2015 г. № 524) // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2012. – № 5/35331.
9. Внешняя торговля Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – 321 с.
10. Киреенко, Н.В. Товаропроводящая сеть Беларуси на зарубежных продовольственных рынках / Н.В. Киреенко // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 1. – С. 10–21.
11. Проект рекомендаций круглого стола на тему «Развитие биржевой торговли сельскохозяйственными товарами в Евразийском экономическом союзе» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/gu/>. – Дата доступа: 12.04.2015.
12. Стратегия развития АПК Республики Беларусь в условиях обострения конкуренции на мировом продовольственном рынке / А.П. Шпак [и др.] // Аграрная экономика. – 2015. – № 8. – С. 2–8.
13. Программа развития логистической системы Республики Беларусь на период до 2015 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 29 авг. 2008 г., № 1249 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2009. – № 5/28978.
14. Розничная и оптовая торговля, общественное питание в Республике Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2015. – 229 с.
15. Киреенко, Н.В. Логистические системы стран Таможенного союза в аграрной сфере: особенности формирования и тенденции развития / Н.В. Киреенко // Аграрная экономика. – 2013. – № 10. – С. 19–33.

Поступила в редакцию 23.07.2015

УДК 636.22/28.033:631.14(476)

*А. В. ГОРБАТОВСКИЙ, О. Н. ГОРБАТОВСКАЯ*

### **ЭФФЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ МЯСНОГО СКОТОВОДСТВА В ЗОНЕ ПРИПЯТСКОГО ПОЛЕСЬЯ: ФАКТОРЫ И УСЛОВИЯ**

*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск,  
Беларусь, e-mail: gorbby@tut.by*

Проведена сравнительная оценка эффективности развития отраслей мясного скотоводства в разрезе направлений продуктивности в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода и определены основные тенденции производительного использования ресурсов. Анализ окупаемости затрат при производстве говядины позволил выявить основные направления повышения эффективности отрасли. Определены уровни интенсивности и результативности скотоводства мясного направления и перспективы развития отрасли в зоне Припятского Полесья.

*Ключевые слова:* ресурсный потенциал, мясное скотоводство, эффективность, факторы, условия развития, окупаемость затрат, интенсификация, рентабельность, себестоимость, Припятское Полесье.

*A. V. GORBATOVSKI, A. N. HARBATOUSKAYA*

### **EFFICIENT DEVELOPMENT OF BEEF CATTLE BREEDING IN THE PRYPYAT POLESSEY AREA: FACTORS AND CONDITIONS**

*The Institute of System Research in Agro-Industrial Complex of the National Academy  
of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: gorbby@tut.by*

The paper presents the comparative evaluation of the efficiency of the development of beef cattle breeding industry in terms of productivity in agricultural organizations of the Ministry of Agriculture and Food and the main trends of the productive use of resources. The analysis of the return on investment at beef production allows identifying the basic directions of the efficiency increase of the industry. The levels of intensity and performance of the beef cattle breeding and its prospects for the development in the Pripjat Polessey area are determined.

*Keywords:* resource potential, beef cattle breeding, efficiency, factors, conditions of development, return on investment, intensification, profitability, cost price, Pripjat Polessey.

**Введение.** Ускоренное возрождение отрасли мясного скотоводства, развитие ее в самостоятельную, способную удовлетворять предпочтения как отечественного потребителя, так и внешнего рынка, должно быть подчинено сегодня важной цели – получению конкурентоспособной мясной продукции. Решение данного вопроса является актуальным как для аграриев Республики Беларусь, так и для товаропроизводителей России, поскольку сложившаяся экономическая ситуация в стране на фоне вступления России в ВТО обуславливает высокую конкуренцию с европейскими производителями говядины. В этой связи развитие специализированной отрасли мясного скотоводства является одним из основных решений вопроса увеличения производства говядины [1–3]. Указанное было отражено в Государственной программе социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы, однако и в настоящее время является значимым для хозяйств Брестской и Гомельской областей, осуществляющих хозяйственную деятельность в условиях пойменного земледелия [4].

Уровень адаптивности Белорусского Полесья, как отмечают ведущие ученые страны, к ведению сельского хозяйства определяется географическим положением и природными условиями региона, что создает, с одной стороны, благоприятные предпосылки дальнейшего развития производственного направления специализированного мясного скотоводства, а с другой, требует проведения ряда работ по минимизации существующих в регионе сложностей, которые проявляются

в неустойчивости водного режима, эрозии почв, минерализации торфяников, радиоактивном загрязнении земель и др. [5–7]. Следует отметить, что потенциал мелиорированных земель находится на высоком уровне, несмотря на рост числа экстремальных природных явлений, быструю динамику почвенного покрова и старение мелиоративных систем, которые требуют реконструкции и модернизации. Как показывает мировой опыт (например, в Нидерландах до 90 % земель мелиорированы) и опыт Брестской области, рост продуктивности земель и экономической эффективности земледелия возможен при постоянном совершенствовании агротехнологий [8].

Особенности климата, наличие разнокачественных сельскохозяйственных угодий, в структуре которых до 38 % составляют луговые (соответственно, в пашне сеянные травы и кукуруза на силос и зеленый корм – до 40 %), являются первоосновой, важнейшим фактором скотоводческой специализации большинства сельхозорганизаций. Так, в хозяйствах Брестской и Гомельской областей, входящих в южную (Полесскую) природную зону, на луговые угодья приходится до 50–70 % продуктивных земель, что усиливает хозяйственную и экономическую целесообразность развития скотоводства, углубления специализации на производстве говядины с созданием прочной кормовой базы.

Исследования показывают, что для повышения эффективности мясного скотоводства необходима также оптимизация структуры кормовых угодий – это позволит снизить расходы на удобрения, получить дополнительный эффект от повышения урожайности последующих возделываемых культур, повысить обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином и тем самым снизить себестоимость производства продукции выращивания и откорма КРС. Разработанные белорусскими учеными сочетания кормовых культур на деградированных торфяных почвах могут обеспечивать животноводство зеленым кормом массой 89,1–124,4 ц/га кормовых единиц при содержании 118–150 г переваримого протеина в кормовой единице, что превосходит продуктивность полей с кукурузой как по выходу кормовых единиц на 10–53 %, так и по обеспеченности переваримым протеином в к. ед. в 2,4–3,0 раза [9]. Таким образом, приоритеты аграрного сектора должны быть сориентированы на нужды животноводства с акцентом на производство продуктивных кормов, где энергия в 1 кг сухого вещества рациона достигает до 0,75–0,80 к.ед. [10, 11].

Развитию отрасли мясного скотоводства благоприятствуют следующие условия [6]:

1) создана племенная база по шаролеизской, лимузинской, герефордской и абердин-ангусской породам;

2) накоплен опыт создания стад мясного скота путем поглотительного и переменного скрещивания нетехнологического низкопродуктивного молочного поголовья с быками специализированных мясных пород;

3) низкий уровень энерго- и трудозатрат, а также простота в обслуживании коров мясного направления продуктивности. В пастбищный период животные круглосуточно находятся на пастбище с использованием лагерей, в зимний период кормление упрощается регулированием доступа самих животных к заготовленным рядом с фермой объемистым кормам;

4) более низкий расход концентрированных кормов в мясном скотоводстве (в 2 раза ниже относительно молочного скота), высокий – дешевых травянистых и объемистых (зимой);

5) технологичность отрасли, обуславливающая возможность разведения небольших стад в крестьянских (фермерских) хозяйствах, так как животные в зимний период могут содержаться даже под трехстенными навесами.

Мясной скот в силу своих биологических особенностей не является основным конкурентом для других видов животных, он способен более полно использовать природные кормовые ресурсы, эффективно преобразует в мясо грубые и сочные корма, рационально использует естественные кормовые угодья, требует меньших капитальных вложений и затрат труда, его можно успешно разводить в малонаселенных районах, где имеются большие площади естественных пастбищ и сенокосов [12, 13]. Мясное скотоводство целесообразно развивать на основе ресурсосберегающей интенсивно-пастбищной технологии, которая предусматривает пастбищное содержание всего поголовья; максимальное использование биологического потенциала животных при воспроизводстве и дорастивании и откорме; использование дешевых облегченных помещений и специфического технологического оборудования для мясного скотоводства; своевременную выбраковку и откорм коров с последующей реализацией на мясо. Соблюдение всех элементов технологии позволит интенсифицировать отрасль и повысить ее экономическую эффективность.

Вместе с тем, существует объективная необходимость государственного регулирования сельского хозяйства. В мировом сообществе государственное регулирование отрасли в той или иной степени существует давно. Например, уровень государственной поддержки сельского хозяйства по отношению к стоимости произведенной продукции в странах ЕЭС составляет 38 %, США – 40 %, Швеции – 47 %, Финляндии – 72 % и т. д.

Поддержка должна осуществляться по следующим направлениям: финансирование на приобретение новой техники и оборудования; компенсация части затрат на энергоносители; дотации на поддержку племенного животноводства; стимулирование научной деятельности и профессиональной подготовки кадров; льготные условия кредитования и налогообложения; защита интересов отечественных товаропроизводителей и др.

Определенно, перечисленные обстоятельства наряду с реализацией мероприятий Программы формируют производственно-экономический потенциал развития мясного скотоводства в хозяйствах зоны Припятского Полесья. Однако реализация возможностей развития скотоводства, увеличения объемов производства и повышения эффективности отрасли сдерживается в последние годы многими внутренними и внешними факторами. В целях уточнения их приоритета и значимости нами проанализирована динамика развития отрасли мясного скотоводства в сельскохозяйственных организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Скотоводство – одна из основных отраслей сельского хозяйства республики. В структуре товарной продукции отрасли на мясо приходится до 35–39 %. В товарной продукции животноводства доля говядины составляет 21–24 %; в ресурсах производимого мяса – 41–43 %.

Согласно статотчетности, 93 % сельхозорганизаций имеют большее или меньшее поголовье КРС. Для ведения отрасли затрачиваются значительные материально-денежные ресурсы: по сельхозорганизациям Минсельхозпрода в 2014 г. они составили 12,89 трлн руб., или 31,5 % затрат по животноводству.

Анализ данных табл. 1 показал, что наибольшими темпами прирастал среднесуточный прирост КРС молочного направления продуктивности в 2000–2005 и 2005–2010 гг. – на 51,8 и 21,2 % соответственно, в то время как продуктивность скота мясных пород за 2000–2010 гг. выросла на 7,4 %.

**Т а б л и ц а 1. Эффективность развития отраслей мясного скотоводства в разрезе направлений продуктивности в сельскохозяйственных организациях системы Минсельхозпрода, 2000–2014 гг.**

Показатель	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<i>Мясное направление продуктивности</i>							
КРС на выращивании и откорме, гол.	0,4	4,6	15,7	18,3	20,8	23,7	21,2
Среднесуточный прирост, г	581	612	624	628	643	633	614
Трудоемкость прироста, чел.-ч/т	607	855	336	315	278	277	283
Себестоимость 1 т прироста КРС, тыс. руб.	1067	4574	10142	13727	20806	30657	34523
<i>Молочное направление продуктивности</i>							
КРС на выращивании и откорме, тыс. гол.	2392,3	2072,2	2152,1	2169,2	2210,7	2186,4	2039,9
Среднесуточный прирост, г	330	501	607	605	618	616	596
Трудоемкость прироста, чел.-ч/т	505	291	198	185	172	168	174
Себестоимость 1 т прироста КРС, тыс. руб.	944	3564	7481	10861	18326	24105	27485
<i>Сравнение основных показателей</i>							
Доля поголовья КРС мясных пород в общей численности КРС на выращивании и откорме, %	0,02	0,22	0,72	0,84	0,93	1,07	1,03
Превышение продуктивности мясного скота относительно скота молочного направления продуктивности, разы	1,76	1,22	1,03	1,04	1,04	1,03	1,03
Превышение трудоемкости прироста мясного скота относительно соответствующего показателя по скоту молочного направления продуктивности, разы	1,20	2,94	1,70	1,70	1,62	1,65	1,63
Превышение себестоимости 1 т прироста мясного скота относительно соответствующего показателя по скоту молочного направления продуктивности, разы	1,13	1,28	1,36	1,26	1,14	1,27	1,26

**П р и м е ч а н и е.** Таблица составлена по данным сводных годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий.

За последние 5 лет привесы КРС молочного направления достигли примерно 600–620 г/сут, по мясному скоту – 610–640 г/сут, при этом отклонение в продуктивности сократилось до 3 %. Превышение себестоимости привеса КРС мясных пород в последние два года составило до 63–65 % относительно скота молочного направления продуктивности.

Следует отметить, что хотя технология производства в мясном скотоводстве и отличается более высокой трудоемкостью и себестоимостью, чем при получении продукции от скота молочной продуктивности, однако в последние годы проявляется тенденция сокращения соотношения данных показателей между скотом мясных и молочных пород, что свидетельствует о наращивании темпов более производительного использования ресурсов в мясном скотоводстве.

Результаты анализа данных 2010–2014 гг. показали, что для обеспечения 20%-ной рентабельности реализационная цена мяса КРС в 2014 г. должна была превышать фактически сложившуюся в 1,61 раза (табл. 2).

**Т а б л и ц а 2. Фактические и расчетные показатели окупаемости затрат при производстве говядины в сельхозорганизациях системы Минсельхозпрода, 2010–2014 гг.**

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Себестоимость реализованной продукции, тыс. руб/т	6075	8282	14 556	18 675	22 790
Цена реализации продукции, тыс. руб/т	4257	7872	16 816	16 953	17 015
Рентабельность производства, %	-29,9	-5,0	15,5	-9,2	-25,3
Отклонение цены реализации от себестоимости, тыс. руб/т	-1818	-410	2261	-1723	-5775
Соотношение уровня цен и себестоимости, %	70,1	95,0	115,5	90,8	74,7
Расчетная цена реализации продукции КРС для получения рентабельности 20 %, тыс. руб/т	7290	9938	17467	22 411	27 349
Увеличение расчетной реализационной цены по отношению к фактической для обеспечения нормативной рентабельности, разы	1,71	1,26	1,04	1,32	1,61

**П р и м е ч а н и е.** Таблица составлена по данным сводных годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий.

Следует также обратить внимание на соотношение таких стоимостных показателей, как себестоимость реализованной продукции (живым весом) и полученного привеса КРС, а также превышение себестоимости привеса КРС над средней ценой реализации. В первом случае пропорции для скота молочных пород сложились следующим образом – (0,6–0,7) : 1,0; для скота мясных пород – (0,76–0,83) : 1,0. Разница в величине анализируемых показателей складывается в силу того, что оценивается привес, полученный за год, а в стоимости реализованной продукции живым весом присутствуют прошлогодние затраты на выращивание КРС. При этом, чем более экстенсивно при прочих равных условиях выращивается и откармливается скот, тем больше разница между себестоимостью полученной в течение года продукции (привеса) и реализованной живым весом. Относительно превышения себестоимости привеса КРС мясных пород над средней ценой реализации мяса КРС, то в 2013–2014 гг. его значение составило 1,81–2,03 раза; убытки в цене оцениваются (рентабельность продаж отрицательная) в 34 %.

Таким образом, наряду с устранением перечисленных диспропорций в развитии отрасли мясного скотоводства как за счет внутрихозяйственных организационно-экономических, так и мер государственного уровня, дальнейшее увеличение производства говядины и повышение его эффективности следует предусматривать за счет интенсификации отрасли: обеспечения полной потребности в кормах высокого качества; совершенствования технологии производства; использования промышленного скрещивания.

Развитие отрасли мясного скотоводства до момента реализации мероприятий Программы и в последние годы можно видеть по укрупненным данным сельскохозяйственных организаций, находящихся в подчинении Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (табл. 3).

Следует отметить, что нарастающие объемы материально-денежных вложений в развитие отрасли в период 2010–2014 гг. оказали влияние на экономическую эффективность отрасли в разрезе областей (табл. 4).

**Т а б л и ц а 3. Уровни интенсивности и результативности скотоводства мясного направления в сельхозорганизациях системы Минсельхозпрода и областей (Брестской и Гомельской), 2000–2014 гг.**

Показатель	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<i>Республика Беларусь</i>							
Среднегодовое поголовье КРС – всего, гол.:	757	12995	29675	39220	44473	50006	42743
в т. ч.: выращивание и откорм КРС	420	4585	15694	18327	20783	23713	21239
Материально-денежные затраты на 1 голову КРС на выращивании и откорме, тыс. руб.:	301	1439	2730	3803	5917	8371	9351
в т. ч.: оплату труда	25	267	306	588	1056	1647	1768
корма	109	712	1559	2025	3140	4320	4831
Среднесуточный прирост КРС, г	579	612	624	628	643	633	614
Трудоемкость 1 т прироста КРС, чел.-ч	607	855	336	315	278	277	283
Себестоимость 1 т прироста КРС, тыс. руб.	1067	4574	10142	13727	20806	30657	34523
<i>Брестская область</i>							
Среднегодовое поголовье КРС – всего, гол.:	77	1905	10984	13643	16603	18856	16483
в т. ч.: выращивание и откорм КРС	77	1191	6126	7199	8853	10058	9271
Материально-денежные затраты на 1 голову КРС на выращивании и откорме, тыс. руб.:	103	893	2768	3718	5707	8150	9207
в т. ч.: оплату труда	8	146	376	586	1088	1698	1763
корма	64	540	1514	1930	2897	3961	4497
Среднесуточный прирост КРС, г	497	600	577	637	647	641	601
Трудоемкость 1 т прироста КРС, чел.-ч	429	379	367	328	296	268	367
Себестоимость 1 т прироста КРС, тыс. руб.	528	3632	10888	12906	20408	28827	34260
<i>Гомельская область</i>							
Среднегодовое поголовье КРС – всего, гол.:	–	2313	8007	11488	10592	10201	8343
в т. ч.: выращивание и откорм КРС	–	1502	5390	6059	5479	4924	4044
Материально-денежные затраты на 1 голову КРС на выращивании и откорме, тыс. руб.:	–	788	2484	3848	6119	8230	9339
в т. ч.: оплату труда	–	169	306	521	1011	1284	1552
корма	–	367	1553	2140	3229	4468	5249
Среднесуточный прирост КРС, г	–	595	685	643	689	668	684
Трудоемкость 1 т прироста КРС, чел.-ч	–	460	254	231	225	242	274
Себестоимость 1 т прироста КРС, тыс. руб.	–	3439	8795	14477	21017	29343	30708

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена по данным сводных годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий.

**Т а б л и ц а 4. Экономическая эффективность скотоводства мясного направления в сельхозорганизациях системы Минсельхозпрода, 2010–2014 гг.**

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<i>Республика Беларусь</i>					
Продано КРС живым весом на мясо, т	1826	3773	4817	3892	5364
Реализационный вес 1 головы, кг	367	393	406	386	409
Себестоимость проданной продукции, тыс. руб/т	8090	10762	15783	21632	25888
Цена реализации, тыс. руб/т	5677	10232	19421	20193	19849
Рентабельность продаж, %	–42,5	–5,2	18,7	–7,1	–30,4
<i>Брестская область</i>					
Продано КРС живым весом на мясо, т	701	1687	2191	1536	2269
Реализационный вес 1 головы, кг	349	413	408	431	427
Себестоимость проданной продукции, тыс. руб/т	8501	10858	15741	22363	26595
Цена реализации, тыс. руб/т	5768	11110	19981	20979	20589
Рентабельность продаж, %	–47,4	2,3	21,2	–6,6	–29,2

Показатель	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
<i>Гомельская область</i>					
Продано КРС живым весом на мясо, т	664	779	1008	1129	1722
Реализационный вес 1 головы, кг	466	454	458	442	468
Себестоимость проданной продукции, тыс. руб/т	6890	10353	15272	20845	23857
Цена реализации, тыс. руб/т	6267	10804	20144	19205	17732
Рентабельность продаж, %	-9,9	4,2	24,2	-8,5	-34,5

П р и м е ч а н и е. Таблица составлена по данным сводных годовых отчетов сельскохозяйственных предприятий.

Сравнение соотношения показателей «вес реализованной головы» и «себестоимость реализованного мяса в живом весе» показало превосходство Гомельской области: первый показатель был выше на 2,6–9,6 %, второй – ниже на 4,6–11,5 %. Если считать, что конечный показатель эффективности реализации мяса (рентабельность продаж) одного порядка для предприятий обеих областей, то при относительно более высоких ценах реализации мяса в Брестской области размер прибыли здесь выше (если убытка, то ниже) в расчете на 1 т реализации говядины, чем у предприятий Гомельской области.

**Заключение.** Таким образом, анализ динамики отрасли в сельскохозяйственных организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь показал, что в 2010–2014 гг. отклонение в продуктивности КРС мясного направления (относительно молочного направления продуктивности) сократилось до 3–4 %, превышение трудоемкости привеса КРС мясных пород также снижалось и составило в 2014 г. порядка 63 %. Указанное свидетельствует, что в мясном скотоводстве наращиваются темпы более производительного использования ресурсов.

Расчеты показали, что для обеспечения 20%-ной рентабельности цена реализации мяса КРС живым весом в 2014 г. должна была превышать фактически сложившуюся в 1,61 раза; сохраняющееся превышение себестоимости привеса КРС мясных пород над средней ценой реализации мяса КРС (1,81–2,03 раза) приводит к убыточности продаж в 34 %.

Вместе с тем, регион Припятского Полесья остается перспективным для развития отрасли мясного скотоводства, так как в общей численности поголовья мясного скота, содержащегося в сельхозорганизациях Минсельхозпрода, на долю Брестской и Гомельской областей приходится до 58 %, в том числе в численности откормочного поголовья – до 63 %.

### Список использованных источников

1. Горбатовский, А. В. Экономический анализ и оценка возможностей повышения эффективности выращивания и откорма крупного рогатого скота на мясо / А. В. Горбатовский, О. Н. Горбатовская // Экономические вопросы развития сельского хозяйства Беларуси: межвед. темат. сб. / Ин-т систем. исслед. в АПК Нац. акад. наук Беларуси. – Минск, 2011. – Вып. 39. – С. 73–84.
2. Рекомендации по ведению мясного скотоводства в Беларуси / Н. А. Попков [и др.]. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2009. – 80 с.
3. Смирнова, М. Ф. Развитие мясного скотоводства в Северо-Западном федеральном округе Российской Федерации: рекомендации / М. Ф. Смирнова, В. В. Смирнова, А. Г. Трафимов; под ред. А. И. Костяева. – СПб.: ГНУ СЗНИЭСХ Россельхозакадемии, 2009. – 50 с.
4. О Государственной программе социально-экономического развития и комплексного использования природных ресурсов Припятского Полесья на 2010–2015 годы: Указ Президента Респ. Беларусь, 29 марта 2010 г., № 161 // Консультант Плюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
5. Гусаков, В. Г. Экологические условия и экономическая эффективность сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье / В. Г. Гусаков, П. П. Казакевич // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: материалы междунар. науч.-практ. конф., Пинск 8–11 июня 2015 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Полес. гос. ун-т [и др.]; редкол.: В. С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Пинск, 2015. – Ч. 1. – С. 7–13.
6. Петрушко, И. С. Развитие мясного скотоводства в зоне Припятского Полесья – стратегическое направление рационального использования пойменных земель региона / И. С. Петрушко // Рациональное использование пойменных

земель: материалы науч.-практ. семинара, Нац. парк «Припятский», 19–21 июня 2013 г.; редкол.: В. С. Хомич [и др.]; рец.: Ю. М. Обуховский, Б. В. Курзо. – Минск, 2013. – С. 20–24.

7. *Попков, Н. А.* Развитие мясного скотоводства в зоне Припятского Полесья – стратегическое направление рационального использования пойменных земель региона / Н. А. Попков, И. П. Шейко, И. С. Петрушко // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: материалы международ. науч.-практ. конф., Пинск, 8–11 июня 2015 г.: в 2 ч. / редкол.: В. С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Пинск, 2015. – Ч. 1. – С. 33–40.

8. *Мееровский, А. С.* Мелиорированные почвы в сельском хозяйстве Полесья / А. С. Мееровский // Природные ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: материалы международ. науч.-практ. конф., Пинск, 8–11 июня 2015 г.: в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Полес. гос. ун-т [и др.]; редкол.: В. С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Пинск, 2015. – Ч. 1. – С. 27–28.

9. *Семененко, Н. Н.* Резервы повышения продуктивности кормового поля на сработанных торфяных почвах / Н. Н. Семененко, П. П. Крот, А. В. Семененко // Почва – удобрение – плодородие – урожай: материалы международ. науч.-практ. конф., Минск, 16–18 февр. 2009 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – С. 214–216.

10. *Шейко, И. П.* Животноводство – важная отрасль аграрного сектора Беларуси / И. П. Шейко // Научное обеспечение инновационного развития животноводств: материалы международ. науч.-практ. конф., Жодино, 24–25 окт. 2013 г. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству; редкол.: И. П. Шейко [и др.]. – Жодино, 2013. – С. 3–4.

11. *Шейко, И. П.* Концепция развития отраслей животноводства Беларуси / И. П. Шейко, И. В. Брило // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2014. – № 14. – С. 62–66.

12. *Болтов, Н. А.* Состояние и перспективы развития мясного скотоводства в Ставропольском крае / Н. А. Болтов // Животноводство и кормопроизводство: сб. науч. тр. / Рос. акад. с.-х. наук, Ставроп. науч.-исслед. ин-т животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь, 2011. – Вып. 4. – С. 70–73.

13. *Литовченко, В. Г.* Мясной комплекс России: состояние и направления повышения эффективности / В. Г. Литовченко // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2013. – № 3 (10). – С. 18–23.

*Поступила в редакцию 30.10.2015*

## **ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНаВОДСТВА**

УДК 633.1:36/37:631.527

*Ф. И. ПРИВАЛОВ, Э. П. УРБАН*

### **ДОСТИЖЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ СЕЛЕКЦИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь,  
e-mail: izis@tut.by*

В статье анализируется современное состояние, основные результаты, приоритетные направления и проблемы селекции зерновых, зернобобовых, кормовых культур в Республике Беларусь. Приводится характеристика новых сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, включенных в Государственный реестр, предложения по оптимизации сортового состава.

*Ключевые слова:* селекция, сортообразцы, сорта, линия, гибридизация, цитоплазматическая мужская стерильность.

*F. I. PRIVALOV, E. P. URBAN*

### **ACHIEVEMENTS AND PROBLEMS OF HIGH YIELD CROPS BREEDING IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

*The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Belarus,  
e-mail: izis@tut.by*

The article analyzes the modern state, main results, priorities and problems of breeding of cereal, legume and fodder crops in the Republic of Belarus. The characteristics of the new varieties and hybrids of crops included in the National List and proposals for varieties optimization are presented.

*Keywords:* breeding, variety composition, variety samples, variety, line, hybridization, cytoplasmic male sterility.

В мировой практике принято считать: если страна получает по 1 тыс. кг зерна в расчете на каждого своего жителя, то сельское хозяйство ее развивается успешно и стабильно. С полной уверенностью можно сказать, что в числе таковых и Республика Беларусь. В Беларуси из года в год уверенно наращивается производство растениеводческой и животноводческой продукции, обеспечивая тем самым продовольственную безопасность государства.

Последние 12 лет наблюдается устойчивая тенденция роста урожайности и валовых сборов зерна – на 1,4 ц/га и 362,5 тыс. т соответственно. Вклад в этот успех ученых Научно-практического центра НАН Беларуси нельзя преувеличить. Новые высокопродуктивные сорта, ресурсо- и энергосберегающие технологии, их научное сопровождение и внедрение, мониторинг состояния посевов, регулярные консультации и рекомендации по использованию инновационных разработок, по применению макро- и микроудобрений, средств защиты растений – далеко не полный перечень тесного сотрудничества науки и практики.

**Основные результаты селекционной работы.** Белорусские сорта зерновых культур в настоящее время занимают более 75 % пашни республики, а по таким культурам, как рапс и рожь – от 93 до 99 %.

За пределами Беларуси зарегистрировано 70 отечественных сортов: страны ЕС – 4, Россия – 28, Украина – 13, Латвия – 9, Литва – 8, Кыргызстан – 8, эти сорта занимают в указанных стра-

нах площадь более 3 млн га. В последние годы широкое распространение в Нечерноземной зоне и Центрально-черноземном районе Российской Федерации получили ценные по качеству сорта яровой пшеницы – Дарья и Сударыня, ячменя – Гонар, Атаман, Зазерский 85, ярового рапса – Неман, озимого рапса – Лидер, Зорны и др.

В 2014–2015 гг. в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 17 новых сортов растений селекции Научно-практического центра по земледелию (озимая рожь – Голубка, Вердена, озимая пшеница – Августина, Набат, озимое тритикале – Динамо, Благо, овес – Фристайл, Королёк, яровая пшеница – Славянка, яровой ячмень – Мустанг, гречиха – Купава, люпин узколистный – Талант, люпин жёлтый – Владко, озимый рапс – Витовт, Оникс, Зенит, рапс яровой – Герцог, получено 14 патентов на сорта растений и два положительных решения на выдачу патентов.

За прошедшее пятилетие в Государственное сортоиспытание было передано 134 сорта зерновых, зернобобовых, масличных и кормовых культур, созданных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», 95 сортов за этот период успешно прошли испытание и были включены в Государственный реестр сортов.

В настоящее время на полях Республики Беларусь возделывается 248 сортов селекции Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, 95 из которых (38,3 %) включены в Государственный реестр сортов в последние годы.

**Озимое тритикале.** В Государственный реестр сортов за последние 5 лет включено 12 сортов озимого тритикале, из них 6 сортов отечественной и 6 сортов зарубежной селекции. Стабильные урожаи на уровне 70 ц/га и выше показывают отечественные сорта Импульс, Прометей, Амулет, Динамо.

Сортами, созданными в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» занято 33 % посевных площадей озимого тритикале. Так, посевные площади новых сортов Антось, Импульс, Прометей, Руно, Амулет составили более 50 тыс. га.

Отдельные преимущества западноевропейских сортов озимого тритикале перед белорусскими заключаются, прежде всего, в их короткостебельности и устойчивости к полеганию при уровне урожайности 80–90 ц/га. Вместе с тем, короткостебельные сорта озимого тритикале из стран Западной Европы (Гренадо, Вольтарио, Бальтико, Динаро), обладая высокой устойчивостью к полеганию, уступают белорусским сортам по зимостойкости, засухоустойчивости и в целом по стабильности урожая, особенно в годы с экстремальными погодными условиями.

В 2014–2015 гг. в Государственный реестр сортов Беларуси включены новые высокоурожайные сорта озимого тритикале Динамо и Благо. Отличительной особенностью этих сортов является более высокая устойчивость к неблагоприятным условиям зимовки и полеганию.

**Озимая пшеница.** В Государственный реестр включено 53 сорта озимой пшеницы, из которых 19 сортов (35,8 %) – сорта белорусской селекции. Белорусскими сортами в последние годы занято более 60 % посевных площадей, отводимых под пшеницу в республике.

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ведется селекция озимой пшеницы по повышению зимостойкости, устойчивости к полеганию, выносливости к основным болезням, увеличению продуктивности, адаптивности, улучшению хлебопекарных и мукомольных качеств. В селекционных программах предусматривается создание сортов с различными сроками созревания с учетом агроклиматических особенностей регионов Республики Беларусь. Используется мировой генофонд пшеницы из Польши, Германии, Украины, России, США, Мексики и других стран. Проводятся совместные исследования с научными организациями НАН Беларуси (Институт генетики и цитологии, Институт биофизики и др.), а также ближнего и дальнего зарубежья (Украина, Россия, Германия, Болгария и др.).

Реализованный потенциал продуктивности белорусских сортов в производственных условиях превысил 100 ц/га. Так, например в СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района короткостебельные сорта Сюита и Узлёт сформировали урожайность 112 и 108 ц/га соответственно. У других сортов потенциал продуктивности тоже достаточно высокий – 113,1 ц/га (Ода), 111,3 ц/га (Уздым), 108,7 ц/га (Навина), 106,5 ц/га (Канвеер), 105,4 ц/га (Капылянка) и т. д.

По результатам экологического испытания белорусских сортов в Германии (селекционной фирмой Dieckmann Seeds) установлено, что белорусские сорта превосходят сорта немецкой селекции по урожайности, хлебопекарным качествам, зимостойкости и устойчивости к болезням.

Так, из всех изученных сортов бурой ржавчиной в меньшей степени поразились белорусские сорта Спектр и Узлёт, а *Septoria tritici* – Спектр и Сюита.

**Озимая рожь.** В Государственный реестр сортов Республики Беларусь на 2015 г. включено 30 сортов озимой ржи, из них 27 сортов селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»: тетраплоидные – Пуховчанка, Верасень, Игуменская, Сяброўка, Завея-2, Спадчына, Дубинская, Полновесная, Пламя; Пралеска, Зазерская-3, Белая Вежа; диплоидные – Ясельда, Зуброўка, Зарница, Талисман, Юбилейная, Нива, Бирюза, Алькора, Офелия, Лота, Павлінка, Голубка; гибриды  $F_1$  – Лобел-103, Галинка, Плиса. Из сортов иностранной селекции зарегистрированы гибриды  $F_1$  немецкой селекции Пикассо, Зу Драйв, КВС Боно, КВС Раво [2].

Новый сорт озимой тетраплоидной ржи Веснянка хорошо зарекомендовал себя в Государственном сортоиспытании Российской Федерации. По результатам госсортоиспытания этот сорт с 2016 г. включен в Государственный реестр сортов РФ по 2-му и 3-му регионам.

Сорта озимой ржи селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», районированные в Республике Беларусь, имеют достаточно высокий уровень потенциальной продуктивности. Среди диплоидных сортов урожайность, достигнутую в процессе сортоиспытания, на уровне 70–75 ц/га показывают отечественные сорта Офелия, Паўлінка, Голубка, Лота. К лучшим тетраплоидным сортам, которые могут формировать урожайность на уровне 65–70 ц/га и выше, следует отнести сорта Пламя, Пралеска, Зазерская 3, Белая Вежа. Высокой урожайностью на уровне 80–90 ц/га и выше отличается гибридная рожь белорусской селекции Лобел-103, Галинка, Плиса; иностранной селекции – Пикассо, Зу Драйв, КВС Боно, КВС Раво [3, 4]. Сорта озимой ржи белорусской селекции занимают 97,2 % площадей, отводимых под рожь в республике. При возделывании данных сортов и гибридов озимой ржи потребность в химических средствах защиты растений сведена к минимуму, что позволяет экономить на каждом гектаре 35–40 долларов.

**Яровая пшеница.** Продолжает расширяться доля сортов отечественной селекции в посевах яровой пшеницы. С созданием высокопродуктивных высококачественных сортов Дарья, Рассвет, Тома, Сабина, Василиса, Ласка, Любава их доля в сортовом составе составила 74,5 %, а среди сортов ценных по качеству доля сортов, созданных в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», составляет 82,6 %.

С 2013 г. включен в Государственный реестр Республики Беларусь новый сорт яровой пшеницы Сударыня, который по 11 пунктам испытания в среднем превысил стандарт на 3,1 ц/га. Этот сорт также хорошо зарекомендовал себя и в Государственном сортоиспытании России. В 2012 г. он включен в Государственный реестр РФ по 2-му, 3-му, 4-му регионам.

Под урожай 2016 г. в Государственный реестр сортов включен новый сорт яровой пшеницы Славянка, который отличается высоким хлебопекарным качеством зерна, обладает полевой устойчивостью к мучнистой росе.

**Ячмень.** В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» осуществляется селекционный процесс ячменя по двум направлениям: пивоваренного и кормового использования. Для обеспечения потребностей в пивоваренном сырье ежегодно в Республике Беларусь заготавливается около 150 тыс. т пивоваренного ячменя. В Государственный реестр сортов Республики Беларусь на 2015 г. включено 34 сорта пивоваренного предназначения, 8 из них созданы в разное время в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» – Зазерский-85, Гастинец, Сябра, Сталы, Талер, Атаман, Бровар и Радзіміч.

Сорт Бровар в настоящее время основной пивоваренный сорт в Беларуси. В последние годы посевная площадь под сортом Бровар достигла 123–151 тыс. га. Сорт обеспечивает высокую урожайность при достаточном пивоваренном качестве зерна. Максимальная урожайность в испытаниях достигает 110 ц/га. В производственных условиях, например, в СПК «Гигант» Бобруйского района, сорт Бровар в 2013 г. обеспечил урожайность 91,9 ц/га, СПК «Агрокомбинат «Снов» Несвижского района – 60,3 ц/га, экспериментальной базе «Погородно» Вороновского района – 66 ц/га.

С 2013 г. в Государственный реестр сортов включен новый сорт ярового пивоваренного ячменя Радзіміч. Сорт обладает повышенной пластичностью: за три года он показал во всех 16 пунктах испытания урожайность выше контроля. Сорт пивоваренного ячменя Мустанг включен в Государственный реестр с 2016 г.

Проходят Государственное сортоиспытание новые сорта ярового пивоваренного ячменя – Аванс, Шляхтич. Сорт Аванс характеризуется высокими пивоваренными качествами зерна: крупность – не менее 95 %, содержание белка – не выше 11,9 % (стандарт – Бровар 12,5 %), экстрактивность – 80,8 % (стандарт – Бровар 80,5 %). Отличительная особенность сорта – желтый цвет зерна. В 2015 г. белорусские пивоваренные сорта в производстве занимали 62,7 % площади, отведенной под пивоваренные сорта.

В Государственный реестр сортов включено 11 сортов ячменя белорусской селекции кормового направления использования – Гонар, Бурштын, Дивосны, Якуб, Зубр, Батька, Ладны, Водар, Магутны, Фэст, Добры. Под этими сортами занято 97,8 % посевных площадей кормовых посевов ячменя. Хорошо спланированная и организованная система оригинального семеноводства ячменя обуславливает рост площадей под новыми кормовыми сортами – от 38,9 % в 2011 г. до 55,6 % в 2015 г. В Государственное сортоиспытание переданы новый сорт кормового ячменя Рейдер и сорт голозёрного ячменя продовольственного назначения Адам.

В последние годы значительно возрос интерес производства к озимому ячменю. Это обстоятельство требует экономического обоснования площади посевных площадей под озимым ячменем с учетом его невысокой зимостойкости, а также целесообразности продолжения селекции отечественных сортов. В настоящее время в Государственный реестр сортов Республики Беларусь включено 7 сортов озимого ячменя иностранной селекции.

В 1995 г. были районированы два сорта озимого ячменя Густ и Купал, созданные в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Однако впоследствии, по причине часто повторяющегося вымерзания посевов, востребованность озимого ячменя резко упала. Вследствие этого работы по селекции и семеноводству были прекращены вплоть до 2009 г. В течение последних лет в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» создан новый сорт озимого кормового ячменя Олимп, который проходит Государственное сортоиспытание.

**Овёс.** Создано и включено в Государственный реестр 17 сортов овса с потенциальной урожайностью 70–80 ц/га зерна. В 2015 г. удельный вес сортов овса отечественной селекции достиг 90 % посевов овса в республике. Новые сорта овса превышают зарубежные аналоги по урожайности зерна на 3–5 ц/га, содержанию белка – на 0,5–0,7 %. Они характеризуются низкопенчатостью, хорошо адаптированы к почвенно-климатическим условиям Республики Беларусь. Сорта овса отечественной селекции в лучших сельхозпредприятиях формируют урожайность до 70–75 ц/га (СПК «Круглянский Рассвет» Круглянского района, СПК «Прогресс» Гродненского района) и др.

Одно из новых направлений селекции овса – создание голозерных сортов, формирующих высококачественное сырье для переработки на пищевые продукты и производства полноценных кормов для выращивания птицы и молодняка скота. Высокое содержание в зерне белка (до 18 %) и жира (до 7 %), отсутствие пленок делает его ценным и экономически выгодным продуктом. В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» созданы и включены в Государственный реестр три сорта голозерного овса: Вандроуник, Крепыш и Гоша. Новый сорт Королёк проходит Государственное сортоиспытание. Сорт голозерного овса Владыка включен в Государственный реестр Российской Федерации.

**Зернобобовые культуры.** В Республике Беларусь, в соответствии с проектом программы обеспечения животноводческой отрасли собственным растительным белком, посевные площади под зернобобовыми культурами в 2016 г. должны составить 350 тыс. га (170 % к убранному в прошлом году), в том числе: гороха – 200,0 тыс. га, люпина – 101,0 тыс. га, вики яровой – 28,0 тыс. га, сои – 21,0 тыс. га. В последние годы посевные площади люпина в республике на 100 % представлены отечественными сортами.

В РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» ведется селекционная работа по созданию толерантных к антракнозу сортов люпина узколистного и желтого, основанная на принципе совмещения в одном генотипе различных генов устойчивости к данной болезни. В Государственный реестр сортов включено 19 сортов люпина узколистного. По устойчивости к антракнозу все сорта подразделяются на толерантные к антракнозу – Першацвет, Миртан, Хвалько, Михал, Талант; среднетолерантные к антракнозу – Митан, Ян, Жодзінскі, Василек, Кармавы. С 2016 г. в Государственный реестр включен новый сорт желтого люпина Владко.

В Государственный реестр внесено 4 сорта гороха посевного отечественной селекции и 8 сортов гороха полевого (пелюшка). В структуре посевных площадей гороха на 63 % посевные площади представлены сортами отечественной селекции. Однако, несмотря на разнообразие в Государственном реестре сортов гороха, в производстве еще остается значительная доля таких сортов, как Устьянская, Гомельская и Вегетативный желтый. Данные сорта длительное время используются в производстве без обновления репродукционного состава, в результате чего они снизили свою потенциальную урожайность, потеряли такие качества, как выровненность, чистота, однородность.

**Рапс.** Успехи селекции по созданию высококачественных (безэруковых и низкоглюкозинолатных) сортов и гибридов резко повысили значимость рапса как на мировом уровне, так и в Беларуси: посевные площади превысили в 2014 г. 400 тыс. га, а валовые сборы возросли до 870 тыс. т. Сорта рапса белорусской селекции по урожайности, качеству, зимостойкости и засухоустойчивости превосходят занесенные в Государственный реестр самые современные иностранные сорта и гибриды.

В течение последних пяти лет в Государственный реестр сортов включено 6 сортов (гибридов) отечественной селекции. К высокопродуктивным сортам (гибридам), сочетающим в себе высокую урожайность и хорошие качественные показатели, следует отнести гибрид F<sub>1</sub> Днепр, сорта Витовт, Империял, Прометей, Александр, Август, Капитал и Мартын.

Динамичное расширение площадей и урожайности рапса до мирового уровня позволили в последние годы полностью исключить импорт маслосемян для маслоперерабатывающей промышленности и значительно уменьшить закупку дорогостоящих белковых концентратов.

**Многолетние травы.** За последние годы созданы и внесены в Государственный реестр Республики Беларусь 9 сортов многолетних бобовых трав, в том числе для автоморфных почв: клевер луговой – Працаўнік, клевер ползучий – Матвей, люцерна – Мария, галега – Садружнасць и Надежда; для оглеенных почв – лядвенец рогатый Изис, Изумруд и Раковский.

Для песчаных почв создан первый отечественный сорт эспарцета Каўпацкі, который способен лучше других многолетних бобовых трав противостоять неустойчивому водному режиму почв легкого гранулометрического состава. Согласно решению экспертного совета при Государственной инспекции по испытанию и охране сортов растений Республики Беларусь, с 2013 г. сорт внесен в Реестр и допущен к использованию на территории республики по всем областям.

Учёными РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» создана система одновременно созревающих сортов клевера лугового: раннеспелые – Устойливы, Янтарный, Працауник; среднеспелый – Витебчанин; позднеспелый – Яскравы, Мерея (БГСХА). Наличие разных по спелости сортов клевера лугового позволяет организовать зеленый конвейер и, как следствие, расширить оптимальные сроки уборки сортов клевера от 18–20 до 40–45 дней.

Также создана система сортов клевера ползучего: раннеспелый – Чародей, среднеспелый – Матвей, позднеспелые – Духмяны и Волат, которые позволяют создавать пастбищные травосмеси с продуктивностью на супесчаных почвах 55–60 ц/га к. ед., суглинистых – 85–97 ц/га к. ед.

Разработаны многокомпонентные пастбищные травосмеси из белорусских сортов многолетних трав, они обеспечивают равномерное поступление зеленого корма с урожайностью зеленой массы 300–320 ц/га на супесчаных и 550–640 ц/га на суглинистых почвах, а также характеризуются быстрым отрастанием после стравливания (формируют 7–8 циклов стравливания при недостатке влаги) и высоким содержанием сырого белка 22–24 %. При этом белорусская пастбищная травосмесь превышает на супесчаных почвах на 15–35 % датскую пастбищную травосмесь Версамакс, а на суглинистых почвах формирует урожайность на одном уровне.

Для сенокосных травостоев созданы сорта костреца безостого (Усходни), двукисточника тростникового (БелРос-76), райграса пастбищного (Пашавы и Перспективный). Кострец безостый формирует урожайность зеленой массы за два укоса до 700 ц/га на суглинистых и 320–400 ц/га на супесчаных почвах.

Созданы межродовые и межвидовые гибриды злаковых трав (фестулолиум). Фестулолиум характеризуется хорошей зимостойкостью (уровень овсяницы) и высоким качеством корма (уровень райграсов), быстрым отрастанием после стравливания. Содержание обменной энергии в зеленом корме в пастбищную спелость составляет 11,5–11,7 МДж/кг сухого вещества, при сенокосном использовании травостоя – 10,5 МДж/кг СВ.

**Организация, приоритетные направления и проблемы селекции.** По зерновым, зернобобовым культурам ведутся работы по созданию системы высокоурожайных сортов, адаптированных к почвенно-экологическим условиям республики и учитывающих направления их хозяйственного использования. Созданы первые гибридные сорта озимой ржи, кукурузы, сахарной и кормовой свеклы. Развернут селекционный процесс по 16 видам многолетних бобовых и злаковых трав.

Селекционный процесс в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» (головное учреждение) осуществляется в рамках ГНТП «Агрокомплекс – устойчивое развитие». Научным обеспечением этой программы являются ГПНИ «Инновационные технологии в АПК», подпрограмма «Селекция сельскохозяйственных культур», а также ГП «Инновационные биотехнологии».

Основными задачами данных подпрограмм является повышение результативности селекционных процессов посредством разработки новых и усовершенствования существующих генетических, физиолого-биохимических и иммунологических методов селекции растений с целью создания качественно нового генофонда по основным приоритетным направлениям селекции растений.

В результате реализации этих исследований создается новый исходный материал для создания высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур; разрабатываются новые методики создания исходного материала на основе использования белковых и ДНК маркеров, совершенствуются методы отбора селекционно ценных генотипов на ранних этапах селекции с заданными параметрами для ускорения и повышения эффективности селекционного процесса сельскохозяйственных растений.

По полной схеме селекционные процессы осуществляются по озимым зерновым культурам (озимая рожь, озимая пшеница, озимая тритикале), яровым (ячмень, овёс, яровая пшеница, яровая тритикале), зернобобовым (горох полевой, горох посевной, люпин узколистый, люпин жёлтый, вика яровая), крупяным (гречиха, просо), масличным (рапс яровой и озимый, горчица белая, сурепица озимая), по 8 видам бобовых и 11 видам злаковых трав. Селекционный процесс по любой сельскохозяйственной культуре включает цикл селекционных работ (от проведения гибридизации до конкурсного сортоиспытания) не менее 10–12 лет, а по многолетним культурам (многолетние бобовые и злаковые травы) – до 15–18 лет. По каждой селектируемой культуре закладывается ежегодно 15–20 селекционных питомников, в которых прорабатывается от 50 до 100 тыс. отдельных генотипов, потомств, сортообразцов.

Принципиальная схема организации селекции сельскохозяйственных растений в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» представлена на рисунке.

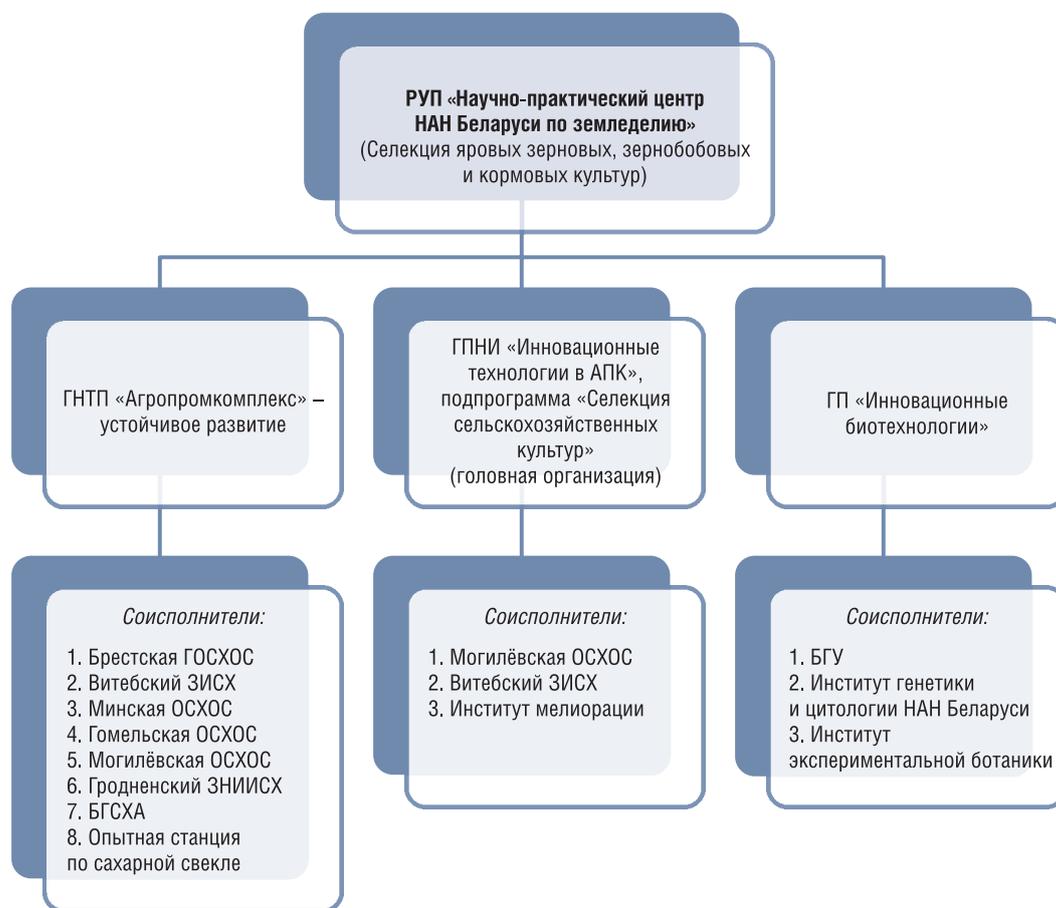
Республика Беларусь характеризуется достаточно разнообразными почвенно-климатическими условиями, а селекция большинства сельскохозяйственных растений сконцентрирована в одной агроэкологической точке. В этой связи весьма сложно эффективно вести селекцию одновременно для условий Гомельской и Витебской области, для почв более плодородных, например, Несвижского района, и для низкоплодородных песчаных почв Лоевского района.

Для оценки адаптивного потенциала селекционного материала проводится экологическое сортоиспытание его на областных опытных станциях и в зональных институтах. Однако ввиду ограниченного финансирования оно не всегда приносит желаемый результат как по объемам, так и по качеству проводимых исследований.

Например, в Германии селекцией основных культур (кукурузы, ячменя пивоваренных сортов, пшеницы, ржи, тритикале, сахарной свёклы, рапса) занимаются 3 крупные селекционные фирмы – KWS, Saaten union, Monsanto, которые имеют более 100 (в основном среднего размера) частных компаний в различных регионах Германии. Сравнительная обеспеченность селекционными учреждениями на 1 га посевов Германии выше в 2–3 раза по отношению к Беларуси. Аналогичная ситуация наблюдается в Польше и других странах ЕС.

Приоритетным направлением в селекции зерновых и зернобобовых культур в настоящее время является создание сортов, имеющих высокое качество продукции. Новые сорта должны обладать также устойчивостью к болезням и вредителям, а озимые культуры – высокой морозо- и зимостойкостью, а также сочетать высокую отзывчивость на плодородие почвы и устойчивость к лимитирующим факторам среды.

В селекции на адаптивный потенциал очень важно использовать исходный материал с широким генетическим разнообразием. Многие современные сорта имеют сравнительно узкую



Организация селекции сельскохозяйственных растений в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»

генетическую базу, чем их более ранние предшественники, созданные на основе местных популяций. Именно этим можно объяснить заметную потерю ими экологической пластичности и стабильности.

В практической селекции остро ощущается недостаток эффективных методов оценки исходного материала на толерантность к изменяющимся экологическим факторам. Известные методы оценки реакции сорта в полевых условиях весьма трудоемки и не позволяют выявить весь спектр этой реакции. Перспективной является оценка сортов в условиях искусственного климата, где можно моделировать основные стрессовые факторы, свойственные для данного региона.

В Беларуси необходимо усилить направления селекции зерновых культур на короткостебельность и повышение устойчивости к полеганию, привлекая новейший генофонд из стран Западной Европы.

Селекция зерновых культур ведется как на улучшение отдельных показателей (содержание белка, клейковины, незаменимых аминокислот, технологических свойств зерна, зимостойкость, короткостебельность, продуктивность и т. п.), так и на комплекс хозяйственно ценных признаков с учетом экологических условий, зоны возделывания сорта и направления его использования.

Актуальное значение представляет селекция на скороспелость. При создании короткостебельных сортов с высокопродуктивным колосом и крупным зерном произошло произвольное смещение длины вегетационного периода в сторону позднеспелости. Указанную проблему целесообразно решать в плане целенаправленной селекции на сокращение межфазных периодов с использованием в селекционном процессе генофонда мировой коллекции.

Одной из важнейших проблем является повышение генетического потенциала продуктивности у ржи и других зерновых культур. Опыт селекционеров Германии и других стран убедительно показал преимущества гетерозисной селекции гибридов  $F_1$  озимой ржи на основе цитоплазматической

мужской стерильности (ЦМС). Результаты изучения гибридов ржи в условиях Республики Беларусь показали, что они могут составить серьезную конкуренцию популяционным сортам, поэтому селекция гибридов ржи  $F_1$  на основе ЦМС для условий Беларуси является актуальной.

Существует проблема со своевременным привлечением в селекционный процесс нового селекционно-ценного материала. Крупные частные селекционные компании Западной Европы по ряду причин неохотно отзываются на наши просьбы об обмене селекционным материалом. В генетический фонд, как правило, поступают сорта, которые были созданы 5 и более лет ранее и не представляют коммерческой тайны.

Селекционеры РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» сотрудничают в области селекции с селекционно-семеноводческой фирмой KWS (Германия) по озимой ржи, селекционной фирмой Стшельце (Польша), ГНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», ГНУ «Курский научно-исследовательский институт агропромышленного производства», Стендским государственным институтом селекции зерновых культур (Латвия), Институтом селекции растений в Йыгеве (Эстония) по овсу, Владимирским НИИСХ (РФ) по яровой пшенице и др.

Следует отметить, что в последние годы значительно сократился срок (до 2–3 лет) от начала финансирования проекта по созданию сорта до сдачи сорта в Государственное сортоиспытание. Даже с учетом того, что создание исходного материала осуществляется при реализации других программ, этого времени не хватает для того, чтобы качественно проработать селекционный материал по принятым международным критериям ООС (однородность, отличимость, стабильность), особенно по озимым культурам и многолетним травам.

В компании KWS (Германия) работа по созданию каждого сорта продолжается в течение 10–12 лет, а вероятность успеха оценивается 10 %. Фирма KWS – лидер в селекции кукурузы – находится в тройке лидеров по селекции сахарной свеклы в мире. На научные селекционные разработки ежегодно выделяется 130–140 млн евро (15 % общего годового дохода).

В последние 5 лет наблюдается устойчивая тенденция снижения финансирования работ по созданию новых сортов растений. Реальное финансирование по отношению к 2009 г. сократилось на 71,5 %. При дальнейшем развитии ситуации с финансированием отечественной селекции в описанном направлении отечественная селекция потеряет наиболее квалифицированные научные кадры и будет уже не в состоянии вообще вести научные исследования на современном уровне.

Одним из дополнительных источников финансирования селекции могло бы быть семеноводство и лицензионные отчисления за пользование сортами, однако лицензионные платежи семеноводческими хозяйствами практически не осуществляются. В Беларуси сформирована законодательная база, обеспечивающая охрану авторских прав в Законах Республики Беларусь. Например, за рубежом отчисления за использование запатентованных сортов являются одним из основных источников финансирования научных исследований и материально-технического обеспечения в области селекции. В настоящее время зарегистрирован и поддерживается 121 патент на белорусские сорта зерновых, зернобобовых, крупяных культур, многолетних трав и рапса. Для всех организаций, занимающихся селекцией и семеноводством, при существующих объемах реализации элиты сумма роялти могла бы составить не менее 10 млрд руб. в год.

**Оптимизация сортового состава.** В последние годы идет активная интервенция зарубежных сортов в сельскохозяйственное производство Беларуси. Как показали научные исследования и производственный опыт, в почвенно-климатических условиях Беларуси большинство зарубежных сортов обеспечивает повышенный урожай только в первые 2–3 года их репродукции (до элиты), в последующие годы их урожайность значительно снижается и они уступают отечественным сортам. Многие зарубежные сорта имеют более низкую зимостойкость и при экстремальных условиях в период зимовки в большей степени гибнут от воздействия низких температур, чем сорта отечественной селекции. Так, например, в период зимовки 2010/2011 гг. гибель сортов озимой пшеницы иностранной селекции в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь составила 30,9–86,8 %, в то время как белорусской селекции – 1,7–34,7 %.

Из-за поражения сетчатой пятнистостью в 2014 г. в СПК «Гигант» Бобруйского района (образцовое хозяйство по соблюдению технологии возделывания) урожайность иностранного сорта

ячменя Кангу составила 70,7 ц/га, а урожайность нового белорусского сорта пивоваренного ячменя Радзіміч – 84,5 ц/га, сорта Батька – 89 ц/га.

Короткостебельные сорта озимого тритикале из стран Западной Европы (Гренадо, Вольгарио, Бальтико, Динаро), обладая высокой устойчивостью к полеганию, уступают белорусским сортам по зимостойкости, засухоустойчивости и в целом по стабильности урожая, особенно в годы с экстремальными погодными условиями. Тем не менее, сорта иностранной селекции используются нами в селекционном процессе при гибридизации как источники отдельных селекционно ценных признаков и свойств (короткостебельность, качество, продуктивность и др.).

Не только генетическое происхождение сорта, но и качественное ведение его семеноводства обеспечивают максимально возможную реализацию генетического потенциала продуктивности в производстве. В настоящее время потенциал всех возделываемых в Беларуси сортов в производственных условиях используется только на 30–40 %, в основном по причине некачественного семеноводства и отклонений от технологических регламентов выращивания культуры.

В ходе репродуцирования сортов объективно и неизбежно действуют факторы, приводящие к ухудшению сортов, снижению их урожайности. Основные из них: биологическое засорение (переопыление с другими сортами); механическое засорение (примесь других сортов и культур); мутации (преимущественно микромутации); потеря устойчивости к патогенам; изменение биотипического состава сортов.

Для снижения негативного воздействия накапливающихся в поколениях факторов ухудшения сортов необходимо систематически проводить сортообновление. Системы взаимодополняющих сортов, быстрая и своевременная сортосмена – преобладающие тенденции современной мировой сортовой политики.

Проведение в сельскохозяйственных организациях АПК своевременного сортообновления и сортосмены является одним из важнейших факторов увеличения валового производства зерна и может обеспечить прибавку урожая зерновых и зернобобовых растений до 10 ц/га.

С целью повышения результативности работ по селекции и семеноводству необходимо обеспечить финансирование мероприятий Государственной программы развития селекции и семеноводства зерновых, зернобобовых, технических и кормовых сельскохозяйственных растений на 2016–2020 годы в полном объеме, для создания соответствующей материально-технической базы научных учреждений, элитопроизводящих организаций и сельскохозяйственных организаций, занимающихся семеноводством сельскохозяйственных растений.

Таким образом, созданная в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» высокоэффективная система селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений обеспечивает товаропроизводителей АПК Беларуси необходимым сортовым составом с требуемыми хозяйственно биологическими показателями качества. Создание и быстрое внедрение сортов и гибридов с высоким потенциалом продуктивности и технологических свойств, устойчивых к воздействию абиотических и биотических факторов среды, а также разработка современных методов семеноводства обеспечивает эффективное использование материально-финансовых ресурсов, экологическую безопасность, энергосбережение и повышает рентабельность сельскохозяйственного производства.

#### **Список использованных источников**

1. Валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь / М-во стат. и анализа Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
2. Государственный реестр сортов / отв. за вып. В. А. Бейня. – Минск, 2015. – 274 с.
3. Результаты испытаний сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность Республики Беларусь за 2011–2013 гг. – Минск, 2014.
4. Результаты испытаний сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность Республики Беларусь за 2013–2015 гг. – Минск, 2015.

*Поступила в редакцию 15.03.2016*

УДК 633.112.9:[631.527:631.523]

О. И. ЗАЙЦЕВА<sup>1</sup>, В. И. САКОВИЧ<sup>1</sup>, В. Н. БУШТЕВИЧ<sup>2</sup>, С. И. ГРИБ<sup>2</sup>, В. А. ЛЕМЕШ<sup>1</sup>

**МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЛЛЕЛЬНОГО СОСТАВА  
СЕЛЕКЦИОННО ЦЕННЫХ ГЕНОВ ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ ТРИТИКАЛЕ**

<sup>1</sup>Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: o.zaitseva@igc.by

<sup>2</sup>Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Жодино, Беларусь,  
e-mail: triticale@tut.by

У 65 индивидуальных растений отдаленных гибридов ярового тритикале с пшеницей четырех комбинаций скрещиваний поколений F<sub>4</sub>–F<sub>5</sub> установлен аллельный состав генов запасных белков зерна (*Glu-1*), генов карликовости (*Rht*), а также генов, контролирующих реакцию на яровизацию (*Vrn*). Выявлено, что гены *Dx5* и *Dy10* локуса *Glu-D1* пшеницы совместно передаются отдаленным гибридам тритикале. Выделено 11 линий комбинации скрещивания Узор × Ростань, которые характеризуются оптимальным составом всех изученных селекционно ценных генов: *Glu-A1b Glu-B1b Glu-D1d* по локусу *Glu-1*, *Vrn-A1a Vrn-B1a* по локусу *Vrn-1* и *Rht-B1b* по локусу *Rht*.

**Ключевые слова:** тритикале, гибрид, линия, ген, локус, молекулярный маркер, запасные белки, карликовость, яровизация.

O. I. ZAITSEVA<sup>1</sup>, V. I. SAKOVICH<sup>1</sup>, V. N. BUSHTEVICH<sup>2</sup>, S. I. GRIB<sup>2</sup>, V. A. LEMESH<sup>1</sup>

**MOLECULAR AND GENETIC ANALYSIS OF ALLELIC COMPOSITION OF PLANT BREEDING VALUABLE  
GENES OF TRITICALE REMOTE HYBRIDS**

<sup>1</sup>The Institute of Genetics and Cytology, Minsk, Belarus, e-mail: o.zaitseva@igc.by

<sup>2</sup>The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Belarus  
e-mail: triticale@tut.by

It's established that 65 separate plants of remote hybrids of spring triticales with wheat of four crossings of generation F<sub>4</sub>–F<sub>5</sub> have allelic composition of genes of grain proteins (*Glu-1*), dwarfing genes (*Rht*) and genes controlling vernalization reaction. It's determined that genes *Dx5* and *Dy10* of locus *Glu-D1* of wheat are transferred to remote hybrids of triticales. Identified are 11 lines of crossing Uzor × Rostan which are characterized by the optimal composition of all the studied plant breeding valuable genes: *Glu-A1b Glu-B1b Glu-D1d* on locus *Glu-1*, *Vrn-A1a Vrn-B1a* on locus *Vrn-1* and *Rht-B1b* on locus *Rht*.

**Keywords:** triticales, hybrid, line, gene, locus, molecular marker, reserve protein, dwarfness, vernalization.

**Введение.** Тритикале за период 1990–2015 гг. стало одной из основных зернофуражных культур Республики Беларусь. Посевные площади достигли и стабилизировались в последние годы на уровне 450–500 тыс. га. По этому показателю Беларусь занимает второе место в мире, уступая Польше, где возделывается более 1 млн га [1]. Обладая высоким потенциалом урожайности в сочетании с хорошей питательной ценностью, повышенной устойчивостью к болезням, меньшей требовательностью к почвенному плодородию, тритикале обеспечивает в республике 18–20 % валового сбора зерна. Зерно тритикале представляет ценность в качестве фуража, а также технического сырья для крахмального и спиртового производства. Несмотря на достигнутые успехи, тритикале, как и другие сельскохозяйственные культуры, требует совершенствования. Дальнейший прогресс в селекции тритикале предполагает ускоренное создание сортов целевого назначения, характеризующихся высоким качеством зерна и устойчивостью к абиотическим и биотическим факторам [1].

Особенностью селекционного процесса тритикале является относительно узкий генофонд данной искусственно созданной культуры. В связи с этим большое значение имеет отдаленная гибридизация, в частности, интрогрессия генетического материала D-генома пшеницы, так как многие хозяйственно ценные признаки кодируются генами, расположенными в данном геноме.

Для ускорения отбора генотипов с целевыми, интересующими исследователя генами оптимальным является использование молекулярных маркеров, так как такой подход позволяет значительно сократить объем анализируемого селекционного материала, элиминировать влияние внешней среды, упростить процесс отбора селекционно ценных форм [2].

Цель настоящей работы – молекулярно-генетический анализ отдаленных гибридов ярового тритикале по селекционно ценным генам пшеницы, таким как гены высоких хлебопекарных качеств (*Glu-1*), гены карликовости (*Rht*), а также гены, контролирующие реакцию на яровизацию (*Vrn*) для отбора селекционно ценных форм.

**Материалы и методы исследования.** Материалом для исследований служили 65 линий отдаленных гибридов гексаплоидного ярового тритикале и мягкой пшеницы поколений F<sub>4</sub>–F<sub>5</sub>. В скрещивание вовлекались формы тритикале Лана, Лотас, Узор и пшеницы Рассвет, Ростань, Р-2, Р-19.

Выделение и очистку ДНК проводили из листьев по методике Дорохова и Клоке [3] с модификациями. Растительный материал растирали при помощи гомогенизатора TissueLyserII (Qiagen, Германия).

Для анализа полиморфизма использовали 17 пар праймеров к локусам *Glu-1*, *Vrn-1*, *Rht-B1*, *Rht-D1* [4–11].

Аmplификацию проводили в реакционной смеси объемом 25 мкл, содержащей 2,5 мкл ПЦР-буфера (75 мМ Трис-НСl, рН 8,3, 20 мМ (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0,1 % твин-20), 2 мМ MgCl<sub>2</sub>, 200 мкМ каждого dNTP, 6 пМ каждого праймера, 1 ед. Таq-полимеразы и 100 нг геномной ДНК. ПЦР осуществляли в термоциклере MJminiGradientThermalCycler (Bio-Rad, США).

Продукты полимеразных цепных реакций разделяли методом электрофореза в 2%-ном агарозном геле в 1X ТAE-буфере (40 мМ трис-НСl, рН 8,0, 10 мМ ЭДТА) и фотографировали в ультрафиолетовом свете с помощью системы для документирования гелей Quantum St4 (VilberLourmat, Франция). Для определения длины амплифицированных фрагментов использовали маркеры молекулярного веса 100 bp + 1.5 Kb (GeneRuler 100 bpPlus (ThermoScientific, Литва)).

**Результаты и их обсуждение.** Использование зерна тритикале на продукты питания по сравнению с другими зерновыми культурами остается ограниченным [1]. Хлебопекарные свойства зависят от характеристик белково-протеинозного и углеводно-амилазного комплексов муки [12]. Тесто из муки тритикале характеризуется высокой амилазной активностью и средней либо слабой клейковиной. Клейковинный полимер (глютен) образован в основном высокомолекулярными (НМВ – англ. *high molecular weight*) и низкомолекулярными (LMW – англ. *low molecular weight*) субъединицами глютеина, а также мономерными белками глиадином [7]. При этом показано, что НМВ-субъединицы глютеина на 47–60 % определяют качество клейковины пшеницы [12]. Данные субъединицы у пшеницы кодируются локусами *Glu-A1*, *Glu-B1* и *Glu-D1*, расположенными на длинных плечах хромосом первой гомеологичной группы [8]. Каждый локус включает два тесно сцепленных гена, кодирующих субъединицы различной молекулярной массы, которые относятся к *x*- и *y*-типам [8, 12].

Геном гексаплоидного тритикале включает только 4 гена НМВ глютеинов (по 2 гена в локусах *Glu-A1* и *Glu-B1*), поэтому синтезируется 1–3 субъединицы пшеничных глютеинов. В то же время известно, что чем больше НМВ субъединиц глютеинов синтезируется, тем лучше хлебопекарные качества [8]. В этой связи перспективным является создание замещенных линий тритикале, получаемых при гибридизации с пшеницей.

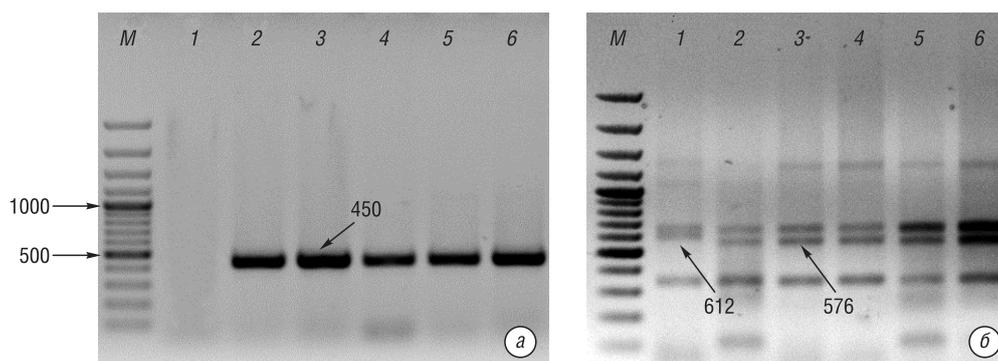
Для поиска ценных сочетаний генов запасных белков проведена оценка аллельного состава локусов *Glu-A1*, *Glu-B1* и *Glu-D1* у отдаленных гибридов тритикале (табл. 1).

Для идентификации генов *x*- и *y*-типа локуса *Glu-D1* использовали две пары праймеров (рисунк). Гены *x*- и *y*-типа локуса *Glu-D1* сцеплены (*Dx5* + *Dy10*; *Dx2* + *Dy12*), поэтому при исследовании генотипов пшеницы нет необходимости проводить анализ на присутствие аллелей *x*- и *y*-типа, достаточно использовать праймеры лишь к одному из них. Однако при изучении отдаленных гибридов тритикале и пшеницы для однозначного доказательства переноса генов с D-генома пшеницы нами анализировалось аллельное состояние обоих генов данного локуса.

Показано, что у 55 линий отдаленных гибридов из 65 изученных форм выявляется как ген *Dx5*, так и ген *Dy10*, следовательно, аллели локуса *Glu-D1* пшеницы совместно передаются отдаленным гибридам тритикале.

Т а б л и ц а 1. Аллельный состав генов запасных белков у отдаленных гибридов тритикале

Комбинация скрещивания	Количество линий	Поколение	Аллель локуса <i>Glu-A1</i>	Аллель локуса <i>Glu-B1</i>	Аллель локуса <i>Glu-D1</i>	Суммарная оценка качества кодируемого белка
Лотас × Р-2	1	F <sub>4</sub>	<i>Glu-A1c</i>	<i>Glu-B1c</i>	<i>Glu-D1d</i>	9
Лотас × Р-2	2	F <sub>4</sub>	<i>Glu-A1b/Glu-A1c</i>	<i>Glu-B1a/Glu-B1c</i>	<i>Glu-D1d</i>	10/7
Узор × Ростань	10	F <sub>4</sub>	<i>Glu-A1b</i>	<i>Glu-B1b</i>	<i>Glu-D1d</i>	10
Лана × Р-19	6	F <sub>5</sub>	<i>Glu-A1b</i>	<i>Glu-B1a</i>	<i>Glu-D1d</i>	8
Узор × Ростань	36	F <sub>5</sub>	<i>Glu-A1b</i>	<i>Glu-B1b</i>	<i>Glu-D1d</i>	10
Лотас × Рассвет	10	F <sub>5</sub>	<i>Glu-A1b</i>	<i>Glu-B1a</i>	–	4



Результаты амплификации ДНК растений гибридов с праймерами *Dx5* к гену *Dx5* (а), с праймерами *Dy10*: 12 к генам *Dy10* и *Dy12* (б): М – маркер молекулярного веса, 1 – сорт пшеницы Chinese Spring (контроль *Dx2* + *Dy12*), 2 – сорт пшеницы Ростань (контроль *Dx5* + *Dy10*), 3–6 – Узор × Ростань F<sub>4</sub> (*Dx5Dx5* + *Dy10*)

Также у отдаленных гибридов был проанализирован аллельный состав локусов *Glu-A1* и *Glu-B1*. При анализе частоты встречаемости аллелей локуса *Glu-A1* показано, что 62 линии содержали аллель *Glu-A1b*, одна – аллель *Glu-A1c*, аллель *Glu-A1a* не выявлен ни у одного из изученных генотипов. У двух линий гибридов комбинации Лотас × Р-2 наблюдалось одновременное присутствие аллелей *Glu-A1b* и *Glu-A1c*, что указывает на продолжающуюся стабилизацию геномов данных гибридов (см. табл. 1).

Р. I. Payne и G. J. Lawrence [13] на основании анализа глютеинов более 300 сортов пшеницы составили каталог и разработали классификацию для высокомолекулярных глютеинов, по которой отдельные субъединицы разделяются в соответствии с их влиянием на хлебопекарные качества. Каждой субъединице или совместно наследуемой комбинации субъединиц присваивается балл качества (от 1 до 4). Суммируя эти баллы, можно оценить вклад, вносимый НМВ-субъединицами глютеинов в качество хлеба. Так, субъединице 2\*, кодируемой аллелем *Glu-A1b*, присваиваются максимальные для данного локуса 3 балла. Таким образом, большинство гибридов (95,4 %) содержат аллель, связанный с хорошими хлебопекарными качествами.

Поскольку в локусе *Glu-B1* экспрессируют, как правило, два гена (x- и y-типа) [9, 12], требуется определение аллелей для каждого из них. У всех проанализированных гибридов выявлен ген *Bx7*. По аллельному составу гена y-типа для исследованных форм показан полиморфизм: у 46 линий гибридов был выявлен ген *By8*, у одной – ген *By9*. У двух гибридов комбинации Лотас × Р-2 наблюдалось одновременное присутствие генов *By9* и *Bynull*. В целом у изученных гибридов по локусу *Glu-B1* выявлены аллели *Glu-B1a*, *Glu-B1b*, *Glu-B1c* и *Glu-B1a/Glu-B1c*. Наиболее часто встречался аллель *Glu-B1b*, кодирующий субъединицы (7 + 8) – он обнаружен у 70,8 % изученных форм. Частота встречаемости аллеля *Glu-B1a* (субъединица 7) составила 24,6 %, аллеля *Glu-B1c* (субъединицы 7 + 9) – 1,5 %, комбинации аллелей *Glu-B1a/Glu-B1c* (субъединицы 7/7 + 9) – 3,1 %. Пары субъединиц белков, кодируемых аллелями *Glu-B1a*, *Glu-B1b* и *Glu-B1c*, оцениваются в 1,

3 и 2 балла соответственно [13]. Таким образом, 46 из 65 изученных линий характеризуются наличием благоприятных для качества клейковины аллелей по локусу *Glu-B1*.

По результатам анализа отобранны 46 линий поколений F<sub>4</sub> и F<sub>5</sub> комбинации Узор × Ростань, характеризующиеся благоприятным сочетанием аллелей *Glu-A1b*, *Glu-B1b* и *Glu-D1d* кодирующих субъединицы, суммарно дающие 10 баллов, что является высокой оценкой НМW-субъединиц у пшеницы. Данные линии рекомендуется использовать в селекционном процессе тритикале при отборе на хлебопекарное качество.

Одним из важных хозяйственно ценных признаков является способность растений адаптироваться к различным условиям внешней среды. Определенную роль в адаптационной способности играют гены, контролирующие потребность в яровизации (воздействии на растения пониженными температурами для стимулирования цветения). По признаку потребности в яровизации многие злаковые культуры делятся на яровые, озимые и двуручки.

Для пшеницы установлены четыре локуса, контролирующие потребность в яровизации, – *Vrn-1*, *Vrn-2*, *Vrn-3* и *Vrn-4* [4, 14, 15]. *Vrn-1* гены кодируют MADS-боксы содержащие транскрипционные факторы, отвечающие за переход апикальных меристем побегов от вегетативной к генеративной стадии, и сходны с семейством генов *APETALA1* (*API*) арабидопсиса [14]. В геноме гексаплоидной пшеницы локус *Vrn-1* представлен генами *Vrn-A1*, *Vrn-B1* и *Vrn-D1*, расположенными на длинных плечах хромосом 5 гомеологичной группы [4, 14]. Ранее данные локусы носили название *Vrn1*, *Vrn2* и *Vrn3* [15]. Множественный аллелизм данных локусов является главным определяющим фактором типа развития гексаплоидной пшеницы [4–6].

Генетический контроль реакции на яровизацию ржи изучен значительно меньше. При помощи RFLP-маркирования подтверждено, что на хромосоме 5RL расположен ген *Spl* (*Vrn-R1*), гомеологичный генам *Vrn-1* пшеницы [16].

Различные комбинации аллелей локусов, связанных с реакцией на яровизацию, по-разному влияют на сроки колошения, высоту растений и структуру урожая у пшеницы [17]. В связи с этим проведен ПЦР-анализ отдаленных гибридов тритикале по генам *Vrn-1* (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Аллельный состав генов, контролирующих реакцию на яровизацию, у отдаленных гибридов ярового тритикале

Комбинация скрещивания	Количество линий	Поколение	Аллель гена <i>Vrn-A1</i>	Аллель гена <i>Vrn-B1</i>
Лотас × P-2	1	F <sub>4</sub>	<i>vrn-A1</i>	<i>Vrn-B1c</i>
Лотас × P-2	1	F <sub>4</sub>	<i>vrn-A1</i>	<i>vrn-B1</i>
Лотас × P-2	1	F <sub>4</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1c</i>
Узор × Ростань	8	F <sub>4</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a</i>
Узор × Ростань	1	F <sub>4</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a/vrn-B1</i>
Узор × Ростань	1	F <sub>4</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>vrn-B1</i>
Лана × P-19	1	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a</i>
Лана × P-19	1	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a/vrn-B1</i>
Лана × P-19	2	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1c</i>
Лана × P-19	1	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>vrn-B1</i>
Лана × P-19	1	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1c/vrn-B1</i>
Узор × Ростань	13	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a</i>
Узор × Ростань	7	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>vrn-B1</i>
Узор × Ростань	4	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a/Vrn-B1b</i>
Узор × Ростань	7	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1a/vrn-B1</i>
Узор × Ростань	3	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a</i>	<i>Vrn-B1b/vrn-B1</i>
Узор × Ростань	2	F <sub>5</sub>	<i>Vrn-A1a/vrn-A1</i>	<i>Vrn-B1b/vrn-B1</i>
Лотас × Рассвет	10	F <sub>5</sub>	<i>vrn-A1</i>	<i>vrn-B1</i>

У изученных гибридов наблюдался более высокий уровень гетерозиготности по генам, контролирующим реакцию на яровизацию, по сравнению с генами запасных белков. По локусу *Vrn-A1* выявлено два аллеля: *Vrn-A1a* и *vrn-A1*. Аллель *Vrn-A1a* обнаружен у 51 линии, рецессивный аллель *vrn-A1* содержали 12 линий. Две линии комбинации Узор × Ростань были гетерозиготны по локусу *Vrn-A1* и одновременно содержали аллели *Vrn-A1a* и *vrn-A1*. По локусу *Vrn-B1* выявлены четыре аллеля (*Vrn-B1a*, *Vrn-B1b*, *Vrn-B1c* и *vrn-B1*). Аллель *vrn-B1* обнаружен у 20 линий отдаленных гибридов, аллель *Vrn-B1a* выявлен у 22 линий, аллель *Vrn-B1c* содержали четыре линии. Среди 65 изученных линий 19 были гетерозиготны по гену *Vrn-B1*: девять линий одновременно содержали аллели *Vrn-B1a* и *vrn-B1*; пять – аллели *Vrn-B1b* и *vrn-B1*; четыре – аллели *Vrn-B1a* и *Vrn-B1b*, одна линия гетерозиготна по аллелям *Vrn-B1c* и *vrn-B1*. Аллели локуса *Vrn-D1* у изученных гибридов выявлены не были.

Присутствие в генотипе гексаплоидной пшеницы доминантного аллеля в любом из локусов *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1* определяет яровой тип развития, в то время как гомозиготное рецессивное состояние по всем вышеперечисленным локусам приводит к озимому типу развития [17, 18]. Доминантные аллели *Vrn-A1* обеспечивают полную нечувствительность к яровизации, при этом они взаимодействуют по типу эпистаза с локусами *Vrn-B1* и *Vrn-D1*. Генотипы, несущие доминантные аллели *Vrn-B1* и *Vrn-D1*, обладают некоторой чувствительностью к яровизации [4, 14]. По мнению А. Ф. Стельмаха [17], двуручки имеют один доминантный ген *Vrn-B1* и характеризуются чувствительностью к фотопериоду.

В наших исследованиях среди изученных форм были выявлены 10 линий отдаленных гибридов комбинации скрещивания Лотас × Рассвет ярового трипа развития с рецессивными аллелями (*vrn-A1* и *vrn-B1*) по генам, контролирующим реакцию на яровизацию. Можно предположить, что яровой тип развития данных гибридов обусловлен как влиянием локусов *Vrn-2* и *Vrn-3*, так и R-геномом ржи на процессы роста и созревания тритикале.

Гены *Vrn* по-разному влияют на длину вегетационного периода у яровой пшеницы. Генотипы, несущие доминантные аллели гена *Vrn-A1*, являются самыми раннеспелыми, доминантные аллели *Vrn-D1*, *Vrn-D4* и *Vrn-B1* обеспечивают более длительный вегетационный период, при этом генотипы с доминантными аллелями *Vrn-B1* являются наиболее позднеспелыми.

Кроме того, различные комбинации доминантных аллелей *Vrn* влияют на высоту растений и урожайность у пшеницы [17]. Присутствие двух доминантных аллелей главных локусов яровизации обеспечивает ранее созревание и высокую урожайность. Комбинация трех доминантных аллелей *Vrn-1* обеспечивает наиболее короткие сроки созревания, однако снижает урожайность [17, 18].

Среди изученных гибридов выделено 25 линий, характеризующихся оптимальным сочетанием аллелей генов, связанных с реакцией на яровизацию. Три линии с комбинацией аллелей *Vrn-A1a Vrn-B1c*, 22 формы с аллелями *Vrn-A1a Vrn-B1a*. Данные сочетания аллелей ассоциированы как с ранним созреванием, так и с высоким потенциалом зерновой продуктивности.

Использование генов короткостебельности (карликовости) для снижения высоты растений, увеличения урожая зерна, повышения устойчивости к полеганию явилось одной из главных предпосылок резкого увеличения индекса урожайности мягкой пшеницы во время «Зеленой революции» [19].

В настоящее время для пшеницы описано около 20 генов короткостебельности [20]. Они подразделяются на две группы: чувствительные и нечувствительные к действию гибберелловой кислоты. Гиббереллин-нечувствительные гены *Rht-B1* и *Rht-D1* локализованы в околоцентромерной области на коротких плечах гомеологичных хромосом – 4В и 4D соответственно. Для данных локусов установлен множественный аллелизм. Наиболее распространенными являются аллели *Rht-B1b* (*Rht1*) и *Rht-D1b* (*Rht2*) сорта Norin 10, которые уменьшают высоту растения на 15 % и увеличивают урожайность на 24 % [21]. Более 70 % современных сортов мягкой пшеницы содержат хотя бы один из данных аллелей, которые являются главными факторами, обусловившими «Зеленую революцию» [19]. Данные гены связаны с редукцией растяжения клеток, что ведет к уменьшению длины coleoptile, площади листа проростков и длины соломины стебля.

Гены *Rht-B1* и *Rht-D1* картированы и установлены их последовательности. Для идентификации аллелей данных генов разработаны аллель-специфические ПЦР-маркеры [11]. Изучаемые отдаленные гибриды проанализированы с помощью этих маркеров (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Аллельный состав генов короткостебельности отдаленных гибридов ярового тритикале

Комбинация скрещивания	Количество линий	Поколение	Аллель гена <i>Rht-B1</i>
Лотас × Р-2	3	F <sub>4</sub>	<i>Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	4	F <sub>4</sub>	<i>Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	2	F <sub>4</sub>	<i>Rht-B1a/Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	4	F <sub>4</sub>	<i>Rht-B1a</i>
Лана × Р-19	1	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1b</i>
Лана × Р-19	5	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	21	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	6	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1a/Rht-B1b</i>
Узор × Ростань	9	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1a</i>
Лотас × Рассвет	10	F <sub>5</sub>	<i>Rht-B1b</i>

По результатам ПЦР-анализа аллельного состава гена *Rht-B1* показано, что 44 линии отдаленных гибридов содержали аллель *Rht-B1b*, для 13 линий установлено наличие аллеля *Rht-B1a*. Восемь линий характеризовались отсутствием гомозиготности и содержали одновременно аллели *Rht-B1b* и *Rht-B1a*. Аллель *Rht-D1b* не выявлен у изученных образцов. Таким образом, 44 линии отдаленных яровых гибридов характеризуются наличием ценного аллеля короткостебельности *Rht-B1b*, который связан с уменьшением высоты растений и увеличением урожайности, и могут быть использованы в селекционном процессе по данным признакам.

В целом при оценке по комплексу изученных генов отобрано 11 линий яровых гибридов комбинации скрещивания Узор × Ростань (три линии поколения F<sub>4</sub> и восемь линий поколения F<sub>5</sub>), которые характеризуются оптимальным составом всех изученных селекционно ценных генов. Необходимо изучение особенностей наследования данных генов в следующих поколениях.

**Заключение.** При помощи ПЦР-анализа показано, что у 55 линий отдаленных гибридов ярового тритикале с пшеницей из 65 изученных в поколениях F<sub>4</sub> – F<sub>5</sub> выявляется как ген *Dx5*, так и ген *Dy10*, следовательно, сцепленные гены локуса *Glu-D1* пшеницы совместно передаются отдаленным гибридам тритикале.

По результатам ПЦР-анализа аллельного состава локусов *Vrn-1*, *Glu-1*, *Rh* выделено 11 линий яровых гибридов комбинации скрещивания Узор × Ростань (три линии поколения F<sub>4</sub> и восемь линий поколения F<sub>5</sub>), которые характеризуются оптимальным составом всех изученных селекционно ценных генов: *Glu-A1b*, *Glu-B1b*, *Glu-D1d* по локусу *Glu-1*, *Vrn-A1a*, *Vrn-B1a* по локусу *Vrn-1* и *Rht-B1b* по локусу *Rht* и могут использоваться в селекции по комплексу исследованных признаков.

#### Список использованных источников

1. Гриб, С. И. Генофонд, методы и результаты селекции тритикале в Беларуси / С. И. Гриб // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2014. – № 3. – С. 40–45.
2. Marker-assisted selection: an approach for precision plant breeding in the twenty-first century / C. Bertrand [et al.] // Phil. Trans. R. Soc. B. – 2008. – Vol. 363. – P. 557–572.
3. Дорохов, Д. Б. Быстрая и экономичная технология RAPD анализа растительных геномов / Д. Б. Дорохов, Э. Клоке // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 4. – С. 443–450.
4. Allelic variation at the *VRN-1* promoter region in polyploid wheat / L. Yan [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2004. – Vol. 109, N 8. – P. 1677–1686.
5. Large deletions within the first intron in *VRN-1* are associated with spring growth habit in barley and wheat / D. L. Fu [et al.] // Mol. Genet. Genom. – 2005. – Vol. 273, N 1. – P. 54–65.

6. A new multiplex PCR test for the determination of *Vrn-B1* alleles in bread wheat / Z. Milec [et al.] // Mol. Breeding. – 2012. – Vol. 30, N 1. – P. 317–323.
7. Multiplex-PCR typing of high molecular weight glutenin alleles in wheat / W. Ma [et al.] // Euphytica. – 2003. – Vol. 134. – P. 51–60.
8. Molecular marker-assisted selection of HMW glutenin alleles related to wheat bread quality by PCR-generated DNA markers / M. Ahmad // Theor. Appl. Genet. – 2000. – Vol. 101. – P. 892–896.
9. PCR analysis of *x*- and *y*-type genes present at the complex *Glu-A1* locus in durum and bread wheat / D. Lafiandra [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1997. – Vol. 94. – P. 235–240.
10. Y-type gene specific markers for enhanced discrimination of high-molecular weight glutenin alleles at the *Glu-B1* locus in hexaploid wheat / Z.S. Lei [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2006. – Vol. 43. – P. 94–101.
11. “Perfect” markers for the *Rht-B1b* and *Rht-D1b* dwarfing genes in wheat / M. H. Ellis [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 2002. – Vol. 105. – P. 1038–1042.
12. *Payne, P. I.* The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties / P. I. Payne // J Sci. Food Agric. – 1987. – Vol. 40. – P. 51–65.
13. *Payne, P. I.* Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, and *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat / P. I. Payne, G. J. Lawrence // Cereal Res. Com. – 1983. – Vol. 11. – P. 29–35.
14. Positional cloning of the wheat vernalization gene *VRN1* / L. Yan [et al.] // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 2003. – Vol. 100, N 10. – P. 6263–6268.
15. *Pugsley, A. T.* A genetic analysis of spring-winter habit of growth in wheat / A. T. Pugsley // Aust. J. Agric. Res. – 1971. – Vol. 1, N 22. – P. 21–31.
16. RFLP mapping of genes affecting plant height and growth habit in rye / J. Plaschke [et al.] // Theor. Appl. Genet. – 1993. – Vol. 85, N 8. – P. 1049–1054.
17. *Stelmakh, A. F.* Growth habit in common wheat (*Triticumaestivum* L. em. Thell.) / A. F. Stelmakh // Euphytica. – 1987. – Vol. 36, N 2. – P. 513–519.
18. Adaptation and ecological differentiation in wheat with special reference to geographical variation of growth habit and *Vrn* genotype / K. Iwaki [et al.] // Plant Breeding. – 2001. – Vol. 120, N 2. – P. 107–114.
19. *Hedden, P.* The genes of the Green Revolution / P. Hedden // Trends Genet. – 2003. – Vol. 19. – P. 5–9.
20. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2013–2014 supplement. In KOMUGI-Integrated Wheat Database / R. A. McIntosh [et al.]. [Electronic recourse]. – Mode of access: // <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/macgene/supplement2013.pdf>. – Date of access: 22.02.2016.
21. Optimizing wheat grain yield: effects of *Rht* (gibberellin-insensitive) dwarfing genes / J. E. Flintham [et al.] // J. Agric Sc. – Vol. 128, N 1. – P. 11–25.

*Поступила в редакцию 28.04.2016*

УДК 631.423.3:631.445.24(476)

*В. В. ЛАПА, Н. А. МИХАЙЛОВСКАЯ, С. А. КАСЬЯНЧИК, Е. Г. МЕЗЕНЦЕВА, О. Г. КУЛЕШ,  
Т. В. ПОГИРНИЦКАЯ, Т. Б. БАРАШЕНКО*

### **АКТИВНОСТЬ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ ЦИКЛОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА В ВЫСОКО ОКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗНЫХ УРОВНЯХ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ**

*Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь, e-mail: bionfl@yandex.ru*

На основании определения активности ключевых гидролитических ферментов в циклах С и N (целлюлаза, инвертаза, протеаза и уреазы) получены биохимические показатели минерализации при разных уровнях минерального питания сельскохозяйственных культур на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Приведены биохимические показатели усиления минерализации при внесении 60 т/га солоमистого навоза, его сочетании с  $P_{20}K_{45}$  и  $P_{40}K_{90}$ , а также при внесении возрастающих доз азота ( $N_{60}$  и  $N_{60+30}$  под зерновые культуры,  $N_{90}$  и  $N_{90+30}$  под кукурузу) и их сочетании с микроэлементами ( $N_{60+30}Cu_{50}+Mn_{50}$  под зерновые культуры и  $N_{90+30}Zn_{100}$  под кукурузу) на фонах навоза и его сочетаний с РК-удобрениями. По критериям высокой и устойчивой продуктивности культур и сберегающего уровня минерализации в циклах С и N определены экологически целесообразные варианты нагрузок по удобрениям, обеспечивающие сохранение достигнутого уровня плодородия.

*Ключевые слова:* гидролитические ферменты С- и N-циклов, биохимические показатели минерализации, высоко окультуренная дерново-подзолистая легкосуглинистая почва.

*V. V. LAPA, N. A. MIKHAILOVSKAYA, S. A. KASYANCHIK, E. G. MEZENTSEVA, O. G. KULESH, T. V. POGIRNITSKAYA,  
T. B. BARASHENKO*

### **ACTIVITIES OF HYDROLYTIC ENZYMES IN CARBON AND NITROGEN CYCLES IN HIGHLY FERTILE LUVISOL SANDY LOAM SOIL UNDER DIFFERENT LEVELS OF MINERAL NUTRITION**

*The Institute for Soil Science and Agrochemistry, Minsk, Belarus, e-mail: bionfl@yandex.ru*

As a result of determination of activities of hydrolytic enzymes of C and N cycles (cellulase, invertase, protease and urease) biochemical parameters of mineralization have been calculated under different levels of crop fertilization on highly fertile Luvisol sandy loam soil. Biochemical parameters of mineralization increase due to the application of FYM (60 t ha<sup>-1</sup>), its combination with PK-fertilizer ( $P_{20}K_{45}$  and  $P_{40}K_{90}$ ) as well as due to increasing doses of nitrogen ( $N_{60}$  and  $N_{60+30}$  for cereals,  $N_{90}$  and  $N_{90+30}$  for maize) and its combination with microelements ( $N_{60+30}Cu_{50}+Mn_{50}$  for cereals,  $N_{90+30}Zn_{100}$  for maize) are presented. On the basis of the criteria of high and sustainable crop productivity as well as moderate level of mineralization in C and N cycles ecologically reasonable fertilizer treatments which ensure the maintenance of the reached level of fertility have been established.

*Keywords:* hydrolytic enzymes C and N cycles, biochemical parameters of mineralization, highly fertile Luvisol sandy loam soil.

**Введение.** В структуре пахотных земель республики значительно возросла доля высоко окультуренных дерново-подзолистых почв [1]. Это актуализирует исследования по изучению их биологического статуса. Биологическая диагностика дает количественную информацию о скорости и направленности трансформации органических веществ, необходимую для контроля и нормирования нагрузки по удобрениям, установления экологически обоснованных систем удобрения с целью поддержания плодородия высоко окультуренных дерново-подзолистых почв [2–5].

При выполнении биологической диагностики особый интерес представляет оценка влияния удобрений на интенсивность процессов минерализации в циклах основных биогенных элементов. Одна из ключевых экологических функций почвы – деградационная [2, 3, 5–9], имеющая основополагающее значение для высвобождения усвояемых элементов питания. Интенсивность минерализационных процессов существенно зависит от уровня антропогенной

нагрузки [3, 7, 8]. Во избежание ускоренной минерализации органического вещества и его непроизводительных потерь необходима оценка биохимических показателей минерализации при разных уровнях минерального питания сельскохозяйственных культур [3, 5, 7, 8].

Исходя из того, что процессы минерализации органических веществ в почве имеют биохимическую природу и катализируются гидролитическими ферментами [2, 3, 5, 9], наиболее целесообразно использовать их активность для характеристики скорости протекания процесса.

Цель исследований – провести количественную оценку активности ключевых деградационных процессов С и N-содержащих органических соединений в высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных уровнях минерального питания сельскохозяйственных культур.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проведены в полевом опыте на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (ОАО «Гастелловское», Минский р-н). Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы:  $pH_{KCl}$  6,2–6,8, содержание подвижных  $P_2O_5$  – 650–750,  $K_2O$  – 400–500 мг/кг почвы, гумуса – 2,03–2,57 %. Опыт развернут в пространстве в трех полях. Схема опыта содержит 16 вариантов в 4-кратной повторности (схема полевого опыта представлена в таблицах). Общий размер делянки – 36,0 м<sup>2</sup>. Биохимические исследования проведены в звене севооборота: кукуруза – яровая пшеница – яровой ячмень (поля 3 и 4).

В 2014–2015 гг. на поле 3 возделывали яровую пшеницу сорта Василиса и яровой ячмень сорта Стратус, на поле 4 – кукурузу сорта Дельфин и яровую пшеницу сорта Василиса. Дозы удобрений под зерновые культуры:  $P_1K_1 - P_{20}K_{45}$ ;  $P_2K_2 - P_{40}K_{90}$ ;  $N_1 - 60$ ;  $N_2 - 60 + 30$ ;  $N_3 - 90 + 30$ ; микроэлементы (МЭ) –  $Cu_{50} + Mn_{50}$ ; под кукурузу:  $P_1K_1 - P_{15}K_{40}$ ;  $P_2K_2 - P_{30}K_{80}$ ;  $N_1 - 90$ ;  $N_2 - 90 + 30$ ;  $N_3 - 120 + 30$ ; МЭ –  $Zn_{100}$ . Некорневую подкормку микроэлементами проводили в фазе одного узла на зерновых культурах и в фазе 6–7 листьев на кукурузе. Органические удобрения (60 т/га солоमистого навоза) вносили под осеннюю вспашку; фосфорные и калийные удобрения (аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) – весной под предпосевную культивацию; азотные – в форме карбамида под предпосевную культивацию и в подкормку. Агротехника возделывания зерновых культур и кукурузы – общепринятая для Республики Беларусь.

Подготовка почвы для биохимических анализов включала: высушивание, просеивание, отбор корешков. В образцах почвы определяли активность гидролитических ферментов: целлюлазы, инвертазы, протеазы и уреазы.

Для определения активности инвертазы использовали колориметрический метод Т. А. Щербаковой [4, 10], в котором ферментным субстратом является сахароза, для индикации редуцирующих сахаров используется 3,5-динитросалициловая кислота, активность фермента рассчитывается в мг глюкозы/кг почвы. Для установления активности почвенной уреазы применяли колориметрический метод Т. А. Щербаковой [4, 10], где в качестве ферментного субстрата используется мочеви́на, активность фермента рассчитывается в мг  $N-NH_4^+$ /кг почвы. Протеолитическую активность почвы определяли по методу А. Ш. Галстяна с применением желатина в качестве ферментного субстрата, активность рассчитывали по продукту ферментативной реакции – в мг глицина /кг почвы [10].

Целлюлозолитическую активность высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы определяли аппликационным методом по разложению целлюлозного материала (фильтровальной бумаги), помещенного в почву [10]. Для этого на вариантах полевого опыта был заложен модельный эксперимент, экспозиция целлюлозного материала в почве составила 43 сут. После извлечения образцов из почвы, последовательной их обработки растворами  $HCl$ ,  $Na_2CO_3$ , водой и доведения до постоянного веса проводили расчет активности минерализации по убыли массы целлюлозы (г или %).

**Результаты и их обсуждение.** Ферменты, биокатализаторы белковой природы, являются важнейшими клеточными метаболитами, характеризующимися высокой активностью и специфичным воздействием на субстрат. За счет действия ферментов реализуется генетическая информация, осуществляются клеточные метаболические процессы. В ходе биохимических ре-

акций ферменты не претерпевают химических изменений, не входят в состав их конечных продуктов, не смещают положение равновесия реакции, значительно ускоряя его достижение.

В зависимости от типа катализируемой реакции ферменты подразделяют на 6 классов: гидролазы, оксидоредуктазы, трансферазы, лиазы, изомеразы и лигазы. Каждый класс делится на подклассы в соответствии с природой функциональных групп ферментных субстратов. В почвах важнейшую роль играют гидролитические ферменты. Они выполняют ключевую экологическую функцию почвы – разложение, или минерализацию, сложных по химическому составу органических соединений до усвояемых форм. Важнейшие конститутивные ферменты микроорганизмов – гидролитические, так как это является основным условием их выживания. В настоящее время известно около 200 гидролаз, которые подразделяются на подклассы по типу гидролизуемой связи. Механизм действия гидролитических ферментов заключается в присоединении элементов воды. Под влиянием гидролаз сложные органические вещества, присоединяя воду, распадаются на более простые составные части, т. е. подвергаются гидролизу.

Как правило, гидролитические ферменты имеют внеклеточный компонент. Ферментативная активность почвы складывается из активности внеклеточных и внутриклеточных ферментов. Внутриклеточные ферменты связаны с живыми микробными клетками. Внеклеточные ферменты выделяются живыми микробными клетками или поступают в почву после их отмирания. В соответствии с исследованиями М. А. Tabatabai [9], А. D. MacLaren [11], J. Skujins [12], S. A. Boyd, [13], эти ферменты адсорбируются минеральными и органическими компонентами почвы, они стабилизируются, накапливаются в почве, создавая значительный ферментный запас. Эти стабилизированные внеклеточные ферменты устойчивы к протеолитическому воздействию, защищены от инактивации и длительное время сохраняют активность.

При оценке активности процессов минерализации в почве целесообразно учитывать самые масштабные деградационные процессы в циклах основных биогенных элементов. Прежде всего, следует оценить минерализацию в циклах углерода и азота, что и входило в задачи исследований.

Как известно, преобладающие формы нахождения органического углерода в почве – полисахариды и олигосахариды [14]. Наиболее масштабные и универсальные деструкционные процессы в цикле углерода почвы – это разложение целлюлозы и сахарозы. В связи с этим интенсивность процессов минерализации в цикле С наиболее объективно оценивать по целлюлозолитической и инвертазной активности.

Ферментативное разложение целлюлозы и родственных ей полисахаридов – сложный процесс, требующий участия комплекса ферментов. Наиболее удобно использование аппликационных методов, учитывающих убыль массы помещенных в почву целлюлозных материалов [10].

По данным модельного эксперимента с закладкой целлюлозного материала (фильтровальной бумаги) в почву установлены актуальные параметры минерализации целлюлозы при разных уровнях минерального питания яровой пшеницы сорта Василиса. В почве без удобрений скорость минерализации целлюлозы составила 0,18 г (100 %). На фоне 1 за счет последствия 60 т/га соломистого навоза отмечена существенная активизация разложения целлюлозы – до 0,33 г (183 %). Внесение азота  $N_{60}$  повысило активность до 0,37 г (205 %). При дробном внесении более высокой дозы азота  $N_{60+30}$  минерализация целлюлозы усилилась до 0,39 г (217 %). Внесение микроэлементов  $Cu_{50} + Mn_{50}$  в сочетании с  $N_{60+30}$  стимулировало минерализацию до 0,40 г (222 %), а в сочетании с  $N_{90+30}$  снижало активность гидролиза до 0,33 г (183 %) (табл. 1). На фонах 2 и 3 наблюдали аналогичные зависимости.

Наиболее значимую стимуляцию разложения целлюлозы в высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве обеспечивало внесение навоза и его сочетаний с  $P_{20}K_{45}$  и  $P_{40}K_{90}$ . По сравнению с действием навоза влияние азотных удобрений  $N_{60}$  и  $N_{60+30}$ , а также микроэлементов  $Cu_{50} + Mn_{50}$  менее существенно. Внесение  $N_{90+30} + Cu_{50} + Mn_{50}$  приводило к замедлению разложения целлюлозы в почве.

**Т а б л и ц а 1. Интенсивность разложения целлюлозы в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных уровнях минерального питания яровой пшеницы (поле 3), 2014 г.**

Вариант опыта	Масса фильтровальной бумаги, г		Убыль массы	
	начальная	конечная	г	%
<i>Кукуруза</i>				
Без удобрений	1,74	1,56	0,18	100
П/д навоза, 60 т/га – фон 1	1,73	1,40	0,33	183
Фон 1 + N <sub>60</sub>	1,76	1,39	0,37	205
Фон 1 + N <sub>60+30</sub>	1,73	1,34	0,39	217
Фон 1 + N <sub>60+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,75	1,35	0,40	222
Фон 1 + N <sub>90+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,74	1,41	0,33	183
<i>Яровая пшеница</i>				
П/д навоза, 60 т/га, P <sub>20</sub> K <sub>45</sub> – фон 2	1,71	1,37	0,34	189
Фон 2 + N <sub>60</sub>	1,72	1,34	0,38	211
Фон 2 + N <sub>60+30</sub>	1,70	1,30	0,40	222
Фон 2 + N <sub>60+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,72	1,32	0,40	222
Фон 2 + N <sub>90+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,74	1,43	0,31	172
<i>Яровой ячмень</i>				
П/д навоза, 60 т/га, P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – фон 3	1,78	1,36	0,42	233
Фон 3 + N <sub>60</sub>	1,65	1,21	0,44	244
Фон 3 + N <sub>60+30</sub>	1,74	1,29	0,45	250
Фон 3 + N <sub>60+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,75	1,28	0,47	261
Фон 3 + N <sub>90+30</sub> + Cu <sub>50</sub> + Mn <sub>50</sub>	1,72	1,34	0,38	211
НСР <sub>05</sub>			0,06	

Гидролитическая минерализация олигосахаридов, связанная с деятельностью инвертаз, также широко распространена в почве. Определена активность инвертаз, характеризующая скорость процессов гидролиза сахарозы при разных уровнях минерального питания сельскохозяйственных культур. На обоих полях опыта на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве отмечены близкие по величине показатели минерализации сахарозы. Внесение 60 т/га навоза стимулировало минерализацию, которая составила в среднем за 2 года исследований 2,6 и 2,62 г глюкозы/кг почвы (100 %), при внесении навоза в сочетании с P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – 2,84 (109 %) и 2,83 (108 %) г глюкозы/кг, в сочетании с P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – 3,01 (116 %) и 3,00 (115 %) г глюкозы/кг почвы по сравнению с контролем (табл. 2).

На фоне 1 внесение азота в дозе N<sub>1</sub> также стимулировало минерализацию сахарозы: 2,84 (109 %) г глюкозы/кг на третьем поле и 2,92 (112 %) г глюкозы/кг почвы – на четвертом; при внесении азота в дозе N<sub>2</sub> – 2,88 (111 %) и 2,96 (113 %) г глюкозы/кг соответственно. Аналогичные зависимости были установлены на фонах 2 и 3.

Применение микроэлементов в сочетании с дозой азота N<sub>2</sub> не снижало скорости минерализации олигосахаридов, а в сочетании с N<sub>3</sub> вызывало тенденцию снижения активности по сравнению с вариантом N<sub>2</sub> + МЭ на всех изученных фонах (см. табл. 2).

При возделывании яровой пшеницы, ярового ячменя и кукурузы на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве установлены сравнимые по величине показатели минерализации олигосахаридов и сходные зависимости активности инвертазы от уровня минерального питания. По мере увеличения нагрузки по удобрениям отмечено усиление минерализации в цикле углерода. Наибольшая активность минерализации олигосахаридов отмечена на вариантах фона 3 (навоз, 60 т/га + P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>).

В цикле азота почвы универсальным и наиболее значимым деградационным процессом является аммонификация, в результате которой органический азот переходит в доступные для растений минеральные формы. На разных ступенях аммонификации действуют специфические

Т а б л и ц а 2. Активность минерализации олигосахаридов в высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, 2014–2015 гг.

Вариант опыта	Минерализация олигосахаридов			
	г глюкозы / кг почвы		%	
	Поле 3	Поле 4	Поле 3	Поле 4
<i>Кукуруза</i>				
Контроль б/у	2,60	2,62	100	100
Навоз, 60 т/га – фон 1	2,77	2,83	106	108
Фон 1 + N <sub>1</sub>	2,84	2,92	109	112
Фон 1 + N <sub>2</sub>	2,88	2,96	111	113
Фон 1 + N <sub>2</sub> + МЭ	3,00	3,17	115	121
Фон 1 + N <sub>3</sub> + МЭ	2,83	3,00	109	115
<i>Яровая пшеница</i>				
Навоз, 60 т/га + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> – фон 2	2,84	2,83	109	108
Фон 2 + N <sub>1</sub>	3,03	3,09	116	118
Фон 2 + N <sub>2</sub>	3,07	3,08	118	117
Фон 2 + N <sub>2</sub> + МЭ	3,21	3,19	123	122
Фон 2 + N <sub>3</sub> + МЭ	3,05	3,05	117	116
<i>Яровой ячмень</i>				
Навоз, 60 т/га + P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> – фон 3	3,01	3,00	116	115
Фон 3 + N <sub>1</sub>	3,11	3,23	119	123
Фон 3 + N <sub>2</sub>	3,26	3,29	125	126
Фон 3 + N <sub>2</sub> + МЭ	3,40	3,38	130	129
Фон 3 + N <sub>3</sub> + МЭ	3,28	3,15	126	120
НСР <sub>05</sub>	0,20	0,12		

П р и м е ч а н и е. Под яровую пшеницу и яровой ячмень: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>20</sub>K<sub>45</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>1</sub> – 60; N<sub>2</sub> – 60 + 30; N<sub>3</sub> – 90 + 30; МЭ – Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub>; под кукурузу: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>15</sub>K<sub>40</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>; N<sub>1</sub> – 90; N<sub>2</sub> – 90 + 30; N<sub>3</sub> – 120 + 30; МЭ – Zn<sub>100</sub>.

группы гидролитических ферментов – протеазы, пептидазы, дезаминазы и амидогидролазы, определяющие динамику азота в почве [14]. На начальных стадиях аммонификации действуют протеолитические ферменты. Основной реакцией, катализируемой протеолитическими ферментами, является гидролиз пептидной связи в молекулах белков и пептидов. На завершающих стадиях, обеспечивающих образование аммония, действуют амидогидролазы, к которым относится уреазы. В связи с этим показатели минерализации азотсодержащих органических соединений почвы наиболее целесообразно оценивать по протеолитической и уреазной активности [5].

Установлены параметры минерализации белковых соединений до аминокислот. При возделывании зерновых культур (поле 3) под влиянием 60 т/га навоза активность минерализации составила 64 мг глицина/кг почвы, при сочетании навоза с P<sub>20</sub>K<sub>45</sub> – 67 мг глицина/кг почвы, с P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> – 74 мг глицина/кг. На фоне 1 внесение N<sub>60</sub> усиливало протеолиз до 76 мг глицина/кг, N<sub>60+30</sub> – до 83, на фоне 2 – до 87 и 93 мг глицина/кг почвы, на фоне 3 – до 90 и 106 мг глицина/кг почвы соответственно при активности протеолиза на контроле без удобрений 50 мг глицина/кг почвы. На вариантах N<sub>60+30</sub> с микроэлементами Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> отмечено дальнейшее усиление протеолитической активности: на фоне 1 – до 96 мг глицина/кг, на фоне 2 – до 101 мг глицина/кг, на фоне 3 – до 118 мг глицина/кг (табл. 3). На посевах кукурузы и яровой пшеницы (поле 4) отмечены сходные зависимости минерализации белковых соединений от уровня минерального питания.

Таким образом, минерализация в цикле азота последовательно усиливается с увеличением нагрузки по удобрениям – при внесении навоза и далее при его сочетании с минеральными удобрениями, при увеличении доз азота. Тенденция ингибирования протеолитической активности отмечена на последнем варианте фона 3 – N<sub>90+30</sub> + МЭ.

Т а б л и ц а 3. Протеолитическая активность высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, 2014–2015 гг.

Вариант опыта	Минерализация белков			
	мг глицина / кг почвы		%	
	Поле 3	Поле 4	Поле 3	Поле 4
<i>Кукуруза</i>				
Без удобрений	50	65	100	100
Навоз, 60 т/га – фон 1	64	79	128	121
Фон 1 + N <sub>60</sub>	76	83	152	128
Фон 1 + N <sub>60+30</sub>	83	79	166	121
Фон 1 + N <sub>60+30</sub> + МЭ	96	83	192	128
Фон 1 + N <sub>90+30</sub> + МЭ	90	75	180	115
<i>Яровая пшеница</i>				
Навоз, 60 т/га P <sub>20</sub> K <sub>45</sub> – фон 2	67	79	134	121
Фон 2 + N <sub>60</sub>	87	85	174	131
Фон 2 + N <sub>60+30</sub>	93	90	186	138
Фон 2 + N <sub>60+30</sub> + МЭ	101	98	202	151
Фон 2 + N <sub>60+30</sub> + МЭ	95	85	190	131
<i>Яровой ячмень</i>				
Навоз, 60 т/га P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> – фон 3	74	92	148	141
Фон 3 + N <sub>60</sub>	90	103	180	158
Фон 3 + N <sub>60+30</sub>	106	114	212	175
Фон 3 + N <sub>60+30</sub> + МЭ	118	122	236	188
Фон 3 + N <sub>90+30</sub> + МЭ	109	113	218	174
НСР <sub>05</sub>	8,6	9,1		

П р и м е ч а н и е. Под яровую пшеницу и яровой ячмень: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>20</sub>K<sub>45</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>1</sub> – 60; N<sub>2</sub> – 60 + 30; N<sub>3</sub> – 90 + 30; МЭ – Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub>; под кукурузу: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>15</sub>K<sub>40</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>; N<sub>1</sub> – 90; N<sub>2</sub> – 90 + 30; N<sub>3</sub> – 120 + 30; МЭ – Zn<sub>100</sub>.

Установлены параметры минерализации мочевины с выделением аммония. При внесении 60 т/га солоमистого навоза активность минерализации составила 194–199 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/кг почвы (109–113 %), при сочетании навоза с P<sub>20</sub>K<sub>45</sub> – 192–200 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/ кг почвы (109–112 %), с P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> – 216–224 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/ кг почвы (118–130 %). На фоне 1 внесение N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> + МЭ усиливало гидролиз до 201–222 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/ кг (113–129 %), на фоне 2 – до 209–238 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/ кг почвы (116–131 %), на фоне 3 – до 231–257 мг N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/ кг почвы (126–149 %) соответственно по сравнению с контролем. На вариантах N<sub>3</sub> с микроэлементами отмечена тенденция снижения активности минерализации мочевины (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Уреазная активность высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, 2014–2015 гг.

Вариант опыта	Минерализация мочевины			
	мг N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / кг почвы		%	
	Поле 3	Поле 4	Поле 3	Поле 4
<i>Кукуруза</i>				
Контроль б/у	172	183	100	100
Навоз, 60 т/га – фон 1	194	199	113	109
Фон 1 + N <sub>1</sub>	201	206	117	113
Фон 1 + N <sub>2</sub>	210	213	122	116
Фон 1 + N <sub>2</sub> + МЭ	222	221	129	121
Фон 1 + N <sub>3</sub> + МЭ	205	222	119	121

Вариант опыта	Минерализация мочевины			
	мг N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / кг почвы		%	
	Поле 3	Поле 4	Поле 3	Поле 4
<i>Яровая пшеница</i>				
Навоз, 60 т/га + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> – фон 2	192	200	112	109
Фон 2 + N <sub>1</sub>	209	213	122	116
Фон 2 + N <sub>2</sub>	225	219	131	120
Фон 2 + N <sub>2</sub> + МЭ	221	238	128	130
Фон 2 + N <sub>3</sub> + МЭ	209	223	122	122
<i>Яровой ячмень</i>				
Навоз, 60 т/га + P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> – фон 3	224	216	130	118
Фон 3 + N <sub>1</sub>	232	231	135	126
Фон 3 + N <sub>2</sub>	243	232	141	127
Фон 3 + N <sub>2</sub> + МЭ	257	231	149	126
Фон 3 + N <sub>3</sub> + МЭ	244	226	142	123
НСР <sub>05</sub>	16,7	19,1		

П р и м е ч а н и е. Под яровую пшеницу и яровой ячмень: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>20</sub>K<sub>45</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>1</sub> – 60; N<sub>2</sub> – 60 + 30; N<sub>3</sub> – 90 + 30; МЭ – Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub>; под кукурузу: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>15</sub>K<sub>40</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>; N<sub>1</sub> – 90; N<sub>2</sub> – 90 + 30; N<sub>3</sub> – 120 + 30; МЭ – Zn<sub>100</sub>.

По данным ферментативной диагностики получены усредненные биохимические показатели минерализации в циклах С и N по двум полям полевого опыта (табл. 5). Установлено, что внесение 60 т/га солоमистого навоза и его сочетание с фосфорно-калийными удобрениями были факторами усиления минерализации углерод- и азотсодержащих органических соединений в почве – 114, 115 и 128 % от фона 1 к фонам 2 и 3 соответственно по сравнению с контролем (100 %). Следует отметить, что при внесении навоза, а также при его сочетании с минимальной в опыте дозой P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> наблюдали умеренное повышение активности минерализации – на 14 и 15 %, а при сочетании навоза с удвоенной дозой фосфорно-калийных удобрений, (P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>), активность минерализации возросла на 28 %, т. е. практически в 2 раза по сравнению с контролем.

На фонах навоза и его сочетаний с P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> и P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> фактором усиления минерализационных процессов было внесение возрастающих доз азотных удобрений (N<sub>60</sub> и N<sub>60+30</sub> под зерновые культуры, N<sub>90</sub> и N<sub>90+30</sub> под кукурузу), а также сочетание азота с микроэлементами (N<sub>60+30</sub>Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые культуры и N<sub>90+30</sub>Zn<sub>100</sub> под кукурузу). По биохимическим показателям усиление минерализации под влиянием азотных удобрений составило: на фоне 1 – 22–34 %, фоне 2 – 29–42 %, фоне 3 – 40–60 %.

По данным двухлетних исследований сочетание N<sub>90+30</sub>Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые культуры и N<sub>120+30</sub>Zn<sub>100</sub> под кукурузу на фонах 1, 2, 3 вызывало тенденцию замедления процессов минерализации в циклах С и N на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Выяснение этого вопроса требует продолжения исследований и накопления экспериментальных данных по активности гидролитических ферментов.

Проведено сравнение показателей минерализации в циклах углерода и азота с продуктивностью сельскохозяйственных культур за 2013–2015 гг. По данным корреляционно-регрессионного анализа теснота связи активности гидролитических ферментов со среднегодовой продуктивностью культур характеризовалась коэффициентом детерминации R<sup>2</sup> = 0,69.

Сравнительный анализ показал, что дробное внесение N<sub>3</sub> + МЭ (N<sub>90+30</sub>Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые культуры и N<sub>120+30</sub>Zn<sub>100</sub> под кукурузу) на фоне внесения 60 т/га соломистого навоза позволило повысить среднегодовую продуктивность сельскохозяйственных культур до 114,6 ц/га к. ед. по сравнению с вариантами N<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> + МЭ и снизить активность минерализации со 134 до 126 %. Это позволяет рассматривать вариант N<sub>3</sub> + МЭ фона 1 как один из наиболее приемлемых с экологической точки зрения (см. табл. 5).

Т а б л и ц а 5. Активность гидролитических ферментов циклов С и N в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант опыта	Активность минерализации, %	Среднегодовая продуктивность, ц/га к. ед., 2013–2015 гг.
<i>Кукуруза</i>		
Контроль б/у	100	
Навоз, 60 т/га – фон 1	114	93,1
Фон 1 + N <sub>1</sub>	122	102,6
Фон 1 + N <sub>2</sub>	125	109,4
Фон 1 + N <sub>2</sub> + МЭ	134	109,3
Фон 1 + N <sub>3</sub> + МЭ	126	114,6
<i>Яровая пшеница</i>		
Навоз, 60 т/га + P <sub>1</sub> K <sub>1</sub> – фон 2	115	94,1
Фон 2 + N <sub>1</sub>	129	105,6
Фон 2 + N <sub>2</sub>	135	112,4
Фон 2 + N <sub>2</sub> + МЭ	142	112,3
Фон 2 + N <sub>3</sub> + МЭ	133	117,1
<i>Яровой ячмень</i>		
Навоз, 60 т/га + P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> – фон 3	128	95,4
Фон 3 + N <sub>1</sub>	140	106,6
Фон 3 + N <sub>2</sub>	151	112,2
Фон 3 + N <sub>2</sub> + МЭ	160	113,3
Фон 3 + N <sub>3</sub> + МЭ	150	116,4
		НСР <sub>05</sub> 5,0

П р и м е ч а н и е. Под яровую пшеницу и яровой ячмень: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>20</sub>K<sub>45</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>; N<sub>1</sub> – 60; N<sub>2</sub> – 60 + 30; N<sub>3</sub> – 90 + 30; МЭ – Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub>; под кукурузу: P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> – P<sub>15</sub>K<sub>40</sub>; P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> – P<sub>30</sub>K<sub>80</sub>; N<sub>1</sub> – 90; N<sub>2</sub> – 90 + 30; N<sub>3</sub> – 120 + 30; МЭ – Zn<sub>100</sub>.

Сочетание 60 т/га навоза с фосфорно-калийными удобрениями в дозах P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> (фон 2) повышало продуктивность сельскохозяйственных культур по сравнению с фоном 1, где фосфорно-калийные удобрения не вносили. При двукратном увеличении доз фосфора и калия до P<sub>2</sub>K<sub>2</sub> на фоне 60 т/га навоза (фон 3) существенного повышения продуктивности зерновых культур и кукурузы по сравнению с фоном 2 не отмечено, наблюдалось усиление активности минерализационных процессов в циклах С и N по сравнению с фоном 2 (см. табл. 5).

В качестве основных критериев оценки экологически обоснованного уровня нагрузки по удобрениям целесообразно использовать такие показатели, как высокая и устойчивая продуктивность сельскохозяйственных культур при сберегающем уровне минерализации органических веществ в циклах углерода и азота [5]. В полевом эксперименте на высоко окультуренной почве на фоне 1 этим условиям удовлетворяет вариант N<sub>3</sub> + МЭ (N<sub>90+30</sub> Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые культуры и N<sub>120+30</sub> Zn<sub>100</sub> под кукурузу), обеспечивающий среднегодовую продуктивность 114,6 и активность минерализации – 126 %. На фоне 2 экологически наиболее обоснованы варианты с дробным внесением N<sub>2</sub> и внесение азота в сочетании с микроэлементами – N<sub>2</sub> + МЭ (N<sub>60+30</sub> + Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые и N<sub>90+30</sub> + Zn<sub>100</sub> под кукурузу) и N<sub>3</sub> + МЭ (N<sub>90+30</sub> + Cu<sub>50</sub> + Mn<sub>50</sub> под зерновые и N<sub>120+30</sub> + Zn<sub>100</sub> под кукурузу), которые обеспечивают среднегодовую продуктивность 112,4, 112,3 и 117,1 ц/га к. ед. и активность минерализации – 135, 142 и 133 %. Следует отметить, что с точки зрения снижения затрат на азотные удобрения на фоне 2 более приемлемы варианты N<sub>2</sub> и N<sub>2</sub> + МЭ, однако при этом отмечены более высокие показатели минерализации – 135 и 142 %.

Принимая во внимание урожайные данные и биохимические показатели минерализации в циклах С и N, нагрузку по удобрениям, исследованную на фоне 3, можно рассматривать как избыточную для высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, вызывающую неблагоприятное усиление минерализации и не сопровождающуюся существенным

повышением продуктивности сельскохозяйственных культур. Такой уровень нагрузки может вызывать непроизводительные потери органического вещества и снижение достигнутого уровня плодородия почвы.

**Заключение.** На основании изучения активности ключевых гидролитических процессов в циклах углерода и азота получены биохимические параметры минерализации органических веществ при разных уровнях минерального питания яровой пшеницы, ярового ячменя и кукурузы на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Установлено, что внесение 60 т/га солоमистого навоза и его сочетание с фосфорно-калийными удобрениями ( $P_1K_1$  и  $P_2K_2$ ) усиливают минерализацию в почве – на 14, 15 и 28 % по сравнению с контролем (100 %). На фонах навоза и его сочетаний с РК-удобрениями значимым фактором усиления минерализации являются возрастающие дозы азотных удобрений ( $N_{60}$  и  $N_{60+30}$  под зерновые культуры,  $N_{90}$  и  $N_{90+30}$  под кукурузу), а также их сочетание с микроэлементами ( $N_{60+30}Cu_{50} + Mn_{50}$  под зерновые культуры и  $N_{90+30}Zn_{100}$  под кукурузу): на фоне 1 – на 22–34 %, на фоне 2 – на 29–42 % и на фоне 3 – на 40–60 %.

По критериям высокой и устойчивой продуктивности сельскохозяйственных культур и сберегающего уровня минерализации в циклах С и N в условиях высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы экологически наиболее целесообразно применение: на фоне 1 (60 т/га навоза) варианта с дробным внесением азота в сочетании с микроэлементами  $N_3 + MЭ (N_{90+30}Cu_{50} + Mn_{50}$  под зерновые культуры и  $N_{120+30}Zn_{100}$  под кукурузу), обеспечивающего среднегодовую продуктивность 114,6 ц/га к. ед. и активность минерализации – 126 %; на фоне 2 (60 т/га навоза +  $P_1K_1$ ) – вариантов  $N_2$  и  $N_2 + MЭ (N_{60+30} + N_{60+30} + Cu_{50} + Mn_{50}$  под зерновые и  $N_{90+30}$  и  $N_{90+30} + Zn_{100}$  под кукурузу) и  $N_3 + MЭ$ , обеспечивающих среднегодовую продуктивность 112,4, 112,3 и 117,1 ц/га к. ед. и активность минерализации – 135, 142 и 133 % соответственно.

#### Список использованных источников

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010) / под общ. ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
2. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.
3. Микроорганизмы и охрана почв / под ред. Д. Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 206 с.
4. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
5. Биохимические и микробиологические критерии оценки плодородия почв и нормирования антропогенной нагрузки: метод. рекомендации / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2015. – 40 с.
6. Schnitzer, M. Soil organic matter. The next 75 years / M. Schnitzer // Soil Sci. – 1991. – Vol. 151. – P. 41–58.
7. Bandick, A. K. Field management effects on soil enzyme activities / A. K. Bandick, R. P. Dick // Soil Biol. Biochem. – 1999. – Vol. 31, Is. 11. – P. 1471–1479.
8. Caldwell, B. A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review / B. A. Caldwell // Pedobiologia. – 2005. – Vol. 49. – P. 637–644.
9. Tabatabai, M. A. Soil enzymes / M. A. Tabatabai // Methods of soil analysis. Part 2: Microbiological and biochemical properties / eds. R. W. Weaver [et al.]. – Soil Science Society of America, Madison, 1994. – P. 775–833.
10. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
11. McLaren, A. D. Soil as a system of humus and clay immobilized enzymes / A. D. McLaren // Chemica Scripta. – 1975. – Vol. 8. – P. 97–99.
12. Skujins, J. History of abiotic soil enzyme research / J. Skujins // Soil Enzymes / ed. R. G. Burns. – Academic Press, New York, 1978. – P. 1–49.
13. Boyd, S. A. Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S. A. Boyd, M. M. Mortland // Soil Biochemistry. – New York: Marcel Dekker, 1990. – P. 1–28.
14. Knicker, H. Incorporation studies of  $NH_4^+$  during incubation of organic residues by  $^{15}N$ -CPMAS-NMR-spectroscopy / H. Knicker, H. D. Lüdemann, K. Haider // Eur. J. Soil Sci. – 1997. – Vol. 48. – P. 431–441.

Поступила в редакцию 28.03.2016

УДК 635.25:[631.527.56:577.21]

*И. В. ПАВЛОВА<sup>1</sup>, Н. П. КУПРЕЕНКО<sup>1</sup>, К. Б. ЗВЯГИНЦЕВА<sup>2</sup>, М. В. ИВАНОВСКАЯ<sup>1</sup>,  
А. В. ЛАГОДИЧ<sup>2</sup>, С. В. ГЛУШЕН<sup>2</sup>*

**ПОЛИМОРФИЗМ ЛОКУСОВ ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОЙ МУЖСКОЙ  
СТЕРИЛЬНОСТИ ЛУКА РЕПЧАТОГО (*ALLIUM CEPA* L.)  
БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

<sup>1</sup>*Институт овощеводства, аг. Самохваловичи, Беларусь, e-mail: hakuroshya@yahoo.com,  
belonion@tut.by, belnio@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: klava-zv@tut.by,  
lagodich@yahoo.com, sglush@mail.ru*

Изучены два ДНК-маркера митохондриального гена *cob*, характеризующие S- и N-типы цитоплазмы, маркер митохондриального региона *orfA501*, выделяющий S- и T-стерильные типы цитоплазмы и два маркера, косегрегирующие с *Ms* или *ms*, ядерными генами, контролирующими фертильность фенотипов с S-цитоплазмой, лука репчатого (*Allium cepa* L.) на примере сортов белорусской селекции.

*Ключевые слова:* мужская стерильность, поддерживающая линия, ДНК-маркер, лук репчатый.

*I. V. PAVLOVA<sup>1</sup>, N. P. KUPREENKO<sup>1</sup>, K. B. ZVYAGINTSEVA<sup>2</sup>, M. V. IVANOVSKAYA<sup>1</sup>, A. V. LAGODICH<sup>2</sup>, S. V. GLUSHEN<sup>2</sup>*

**POLYPHORMISM OF LOCI OF CYTOPLASMIC MALE STERILITY OF THE ONION (*ALLIUM CEPA* L.)  
VARIETIES OF BELARUSIAN BREEDING**

<sup>1</sup>*Institute of Vegetable Growing, Samokhvalovichi, Belarus, e-mail: hakuroshya@yahoo.com, belonion@tut.by,  
belnio@mail.ru,*

<sup>2</sup>*Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: klava-zv@tut.by, lagodich@yahoo.com, sglush@mail.ru*

Studied are two DNA-markers of mitochondrial gene *cob* characterizing S- and N-cytoplasm, marker of mitochondrial region *orfA501* with S- and T-cytoplasm, and two markers co-segregating with *Ms* or *ms*, nuclear genes which control the fertility of phenotypes with S-cytoplasm in the onion (*Allium cepa* L.) varieties developed in the Institute of Vegetable Growing.

*Keywords:* male sterility, maintainer line, DNA-marker, onion.

**Введение.** Первый гибридный сорт лука репчатого на основе сорта Italian Red вышел на рынок после Второй мировой войны. Современные гибриды F<sub>1</sub> лука репчатого получают с использованием цитоплазматической мужской стерильности. Коммерчески значимые цитоплазмы мужской стерильности гибридных сортов из Голландии, Японии, Индии являются независимо выделенными цитоплазмами сходного или одинакового типа – ЦМС-S и ЦМС-T [1]. ЦМС-S система стерильности, открытая у лука репчатого сорта Italian Red, наиболее широко распространена в сортах гибридного лука благодаря стабильности в различных условиях. Мужская фертильность этого типа восстанавливается доминантным аллелем ядерного локуса *Ms* [2, 3] или N-цитоплазмой. Размножение ЦМС-S линий проводят с помощью поддерживающей мужски фертильной линии, имеющей нормальную (N-) цитоплазму и гомозиготный рецессивный генотип ядерного восстанавливающего локуса *msms*. ЦМС-T тип открыт на сорте Jaune paille des Vertus [4, 5] и обусловлен тремя независимо сегрегирующими локусами в ядерном геноме. Фертильность восстанавливается доминантным аллелем в одном локусе *A/a* или в двух комплементарных локусах *B/b* и *C/c* [6]. Описано существование других типов цитоплазмы, которые не охарактеризованы [1, 4].

Выделение поддерживающих линий из популяции лука является трудоемким и продолжительным процессом [7, 8]. В связи с этим вспомогательный маркер-опосредованный отбор может стать немаловажным фактором. Типы цитоплазмы могут быть определены исходя из полиморфизма

митохондриальных генов *orfA501* и *cob* [9]. Маркер *orfA501* дает фрагмент молекулярной массой 473 п. о. у цитоплазм, индуцирующих стерильность, в отличие от N-цитоплазмы [10]. S-цитоплазма отличается от T-цитоплазмы с помощью маркера *cobS*, дающего фрагмент массой 414 п. о. у S-цитоплазмы [11]. N-цитоплазма отличается от стерильных по *cobN* маркеру наличием продукта амплификации 180 п. о. Исходные поддерживающие растения могут быть прямо отобраны с помощью двух маркеров, косегрегирующих с *Ms* или *ms* [12].

При выборе для гибридной селекции за основу мужски-стерильной линии с S-типом цитоплазмы молекулярная идентификация может существенно снизить число индивидуальных скрещиваний со стерильным тестером для идентификации поддерживающего генотипа за счет исключения растений с S-цитоплазмами и доминантными *Ms*-аллелями перед тесткроссами [11, 12].

Цель исследования – оценить с помощью ДНК-маркеров полиморфизм N-, S-, *Ms*, *ms* локусов у сортов лука репчатого белорусской селекции. Задачи – молекулярно-генетический анализ локусов S-, T- и N-цитоплазмы, *Ms/ms*-локуса ядра и наблюдение фенотипических характеристик фертильности установленных генотипов.

**Объекты и методы исследования.** Для исследования использовали два острых сорта лука репчатого белорусской селекции. Сорт Ветразь для двулетней культуры, выращивается через севок, сорт скороспелый, среднегнездный, образует 2–5 луковиц. Сорт Скарб литвинов для выращивания в однолетней культуре из семян, сорт среднеспелый, одногнездный, образует 1–2 луковицы. Использовали луковицы маточника селекционного материала, по 24 шт. для каждого сорта. ДНК выделяли из 1–2 высечек  $\varnothing$  0,5 см запасающей чешуи маточной луковицы, наборами ИБОХ НАН Беларуси, связыванием на мембране.

ПЦР-амплификация нуклеотидных последовательностей, специфических для стерильных цитоплазм. Праймеры для *orfA501* – 5'-ATGGCTCGCCTTGAAAGAGAGC-3' и 5'-ССАAGCATTTGGCGCTGAC-3', соответствующая температура отжига 60 °C [11]. Праймеры для региона митохондриального гена *cob* для S-цитоплазмы – 5'-GTCCAGTTCCTATAGAACCTATCACT-3'; для N-цитоплазмы – 5'TCTAGATGTCGCATCAGTGGAATCC-3'. Общий праймер – 5'-СТТТТСТАТGGTGACAАСТССТТТ-3', соответствующая температура отжига – 53 °C [12]. Олигонуклеотиды синтезированы ОДО «Праймтех». Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 ml содержала 50 ng матричной ДНК, 1 × «АМ» буфер для Tag-полимеразы «Праймтех, 0,2 mM каждого из dATP, dCTP, dGTP, dTTP, 1 ед. Tag полимеразы и 10 гM каждого праймера. После периода начальной денатурации 94 °C, 2 мин., выполняли 25 циклов: 94 °C – 30 с, 60 (53) °C – 1 мин., 72 °C – 2 мин. Терминальная элонгация 72 °C – 5 мин.

Праймеры для идентификации *Ms/ms* аллелей синтезированы согласно [9]. Для детекции доминантной ядерной фертильности: *MsF* – 5'-TACAGATTTGTTTATCTTCTTCTTCTTCT-3', *MsR* – 5'-TTCATTTGTTAGGATGTACTCTTACC-3', рецессивной ядерной стерильности *msF* – 5'-TCAGTATCAATAGAAGGAATCAC-3', *msR* – 5'-GTATACCATTTGGTACTTTGATGCA-3'. Реакционная смесь общим объемом 25 ml содержала 50 ng матричной ДНК, 1 × «АМ» буфер для Tag-полимеразы «Праймтех», 0,2 mM каждого из dATP, dCTP, dGTP, dTTP, 1 ед. Tag-полимеразы и 10 гM каждого праймера. Условия ПЦР следующие: начальная денатурация 95 °C – 6 мин., 35 циклов 95 °C – 30 с, 58 °C – 45 с, 72 °C – 45 с. Терминальная элонгация 72 °C – 5 мин. Амплифицированные продукты ПЦР анализировали в 1%-ном агарозном геле, визуализировали в UV-свете после окрашивания бромистым этидием.

В ходе селекционной работы [9] показано, что доминантный *Ms* аллель имеет ограниченное проявление в фенотипе, благодаря чему растения с различными генотипами могут иметь одинаковый фенотип, поэтому имеется возможность ложной классификации отдельных мужски-фертильных растений как мужски-стерильных. Однако оба фенотипа (мужски-фертильный и мужски-стерильный) в расщепляющейся популяции соответствуют ожидаемому соотношению 1 : 1 для модели одиночного гена в ВС1. В связи с этим визуально-тактильное определение стерильности растений лука проводили на основании наличия или отсутствия пыльцы в течение цветения всего растения. Цветки проверяли ежедневно на наличие пыльцы прикладыванием к зрелым пыльникам тыльной стороны ладони. Если пыльца обнаруживалась хоть однажды, стебель помечали биркой и не проверяли снова. Цветки непомеченных зонтиков повторно проверяли в течение всего периода цветения.

Многочисленные зонтики на индивидуальных растениях проверяли независимо. После цветения растения помечали как мужски-фертильные, если хоть один зонтик имел метку.

**Результаты и их обсуждение.** В ходе молекулярно-генетического анализа установлено, что маркер митохондриального гена *cobS* ожидаемого размера 414 п. о. [12] был выявлен в реакции амплификации при использовании в качестве матрицы препаратов тотальной ДНК отдельных луковиц Скарб литвинов. Фрагмент амплифицировался в количествах, позволяющих однозначно интерпретировать результаты (рис. 1). Для маркера *cobS* (S-цитоплазмы) выявлен межсортовой полиморфизм. У сорта Скарб литвинов выявлено 33,3 % растений с *cobS* маркером S-цитоплазмы. У сорта Ветразь *cobS* не детектирован (табл. 1). По результатам Y. Y. Yan et al. [12], у сорта Sapporoki, происходящего из сорта США Yellow Globe Danvers, интродуцированного в Японии в 1871 г., встречаемость S-цитоплазмы у производных сортопопуляций варьирует. У сортопопуляции Yamamoto 19 растений из 20 имели S-цитоплазму, одно растение – N-цитоплазму. В другой популяции Hayashi все растения имели N-цитоплазму, а S-тип отсутствовал. Автор указывает, что для создания поддерживающей линии нужно использовать такую сортопопуляцию, как Hayashi, а для создания мужски-стерильной, как Yamamoto.

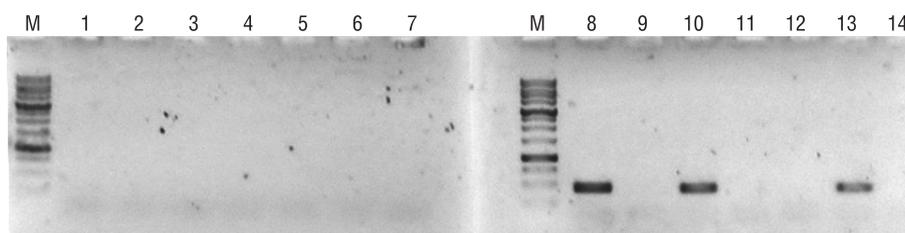


Рис. 1. Оценка *cobS* маркера у индивидуальных маточных луковиц лука репчатого: сорт Ветразь – дорожки 1–7; сорт Скарб литвинов – дорожки 8–14. Молекулярная масса ожидаемого продукта составляет 414 п. о. М – маркер молекулярного веса 1Kb, масса полосок снизу вверх 250, 500, 750, 1000 (более яркая полоса), 1500 п. о. и далее вверх

В наших исследованиях наблюдались количественные различия в амплифицированных продуктах маркеров *orfA501*, *Ms* и *ms*. Если продукт амплификации наблюдался в любом количестве, он учитывался. В результате применения маркеров *orfA501*, *Ms*, *ms* установлен внутрисортовой полиморфизм по соответствующим аллелям. Количество растений с T-цитоплазмой у сорта Ветразь составляет 33,3 %, у сорта Скарб литвинов – 25,0 %. Наличие фрагмента *orfA501* одновременно с фрагментом *cobS* у некоторых индивидуальных растений Скарб литвинов свидетельствует о возможности сосуществования S- и T-цитоплазм.

Маркер *cobN* обнаруживает фрагмент 180 п. о. мономорфно у всех изученных генотипов сходно с результатами [11] в отличие от [12]. Это значит, что на данном этапе исследований судить о наличии у растения N-цитоплазмы можно косвенно – по отсутствию аллелей для маркеров *cobS* и *orfA501*.

Частота выявления аллеля ядерной доминантной фертильности *Ms* у сорта Ветразь составляет 37,5 %, аллеля ядерной рецессивной стерильности *ms* – 33,3 %; у сорта Скарб литвинов *Ms* и *ms* – 37,5 и 54,1 % соответственно. В том числе среди исследованной выборки Скарб литвинов обнаружено 16,6 % гетерозигот *Msms*.

Самосовместимость индивидуальных семенных растений лука репчатого, у которых установлен генотип, определяли по количеству семян на соцветии при отсутствии свободного опыления (рис. 2). Изоляцию соцветий проводили под индивидуальным изолятором из полиэстера. У изученных растений сорта Ветразь самосовместимость проявилась завязыванием от 10 до 100 семян на соцветие в зависимости от растения, но независимо от комбинаций изучаемых аллелей. У 70 % изученных растений сорта Скарб литвинов самосовместимость слабо выражена, под изолятором завязывается от 2–3 до 100 семян. У растений Скарб литвинов № 17 и № 18 (Ск17 и Ск18), у которых детектирована S-цитоплазма и гетерозиготное состояние ядерного аллеля *Msms*, можно было наблюдать ограниченное проявление *Ms*, выразившееся в скудном количестве пыльцы и уровне самосовместимости – 2–3 семени на соцветие. У 30 % растений сорта Скарб литвинов наблюдался высокий уровень самосовместимости, при самоопылении на соцветии образовывалось

Т а б л и ц а 1. Распределение типов цитоплазмы и ядерных аллелей закрепителей-восстановителей стерильности у индивидуальных растений лука репчатого

№ растения	Фенотип	Детектированные маркеры					
		<i>Ms</i>	<i>ms</i>	<i>cobS</i>	<i>orfA501</i>	<i>CobN</i>	
<b>Сорт Ветразь</b>							
<i>Эксперимент с анализом фенотипа</i>							
1	Мужская фертильность	-	+	-	-	+	
6		+	-	-	-	+	
8		+	-	-	-	+	
9		-	+	-	-	+	
12		+	-	-	-	+	
15		-	+	-	±*	+	
16		+	-	-	-	+	
17		-	+	-	-	+	
21		+	-	-	-	+	
<i>Без наблюдения фенотипа</i>							
2		-	±	-	-	+	
3		-	-	-	±	+	
4		-	±	-	±	+	
5		-	-	-	±	+	
7		+	-	-	±	+	
10		+	-	-	±	+	
11		-	±	-	±	+	
13		-	-	-	-	+	
14		-	-	-	-	+	
18		-	-	-	-	+	
19		-	+	-	-	+	
20		-	-	-	-	+	
22		±	-	-	-	+	
23		-	-	-	-	+	
24		±	-	-	±	+	
<b>Сорт Скарб литвинов</b>							
<i>Эксперимент с анализом фенотипа</i>							
1	Мужская фертильность	+	-	+	+	+	
7		-	+	-	±	+	
8		+	-	+	±	+	
10		-	+	-	-	+	
14		-	+	-	-	+	
17		+	+	+	-	+	
18		+	+	+	-	+	
20		+	-	-	-	+	
21		±	+	+	±	+	
23		±	+	-	±	+	
24		-	+	-	-	+	
2		Мужская стерильность	-	+	-	±	+
16			-	+	+	±	+

№ растения	Фенотип	Детектированные маркеры				
		<i>Ms</i>	<i>ms</i>	<i>cobS</i>	<i>orfA501</i>	<i>CobN</i>
<i>Без наблюдения фенотипа</i>						
3		–	–	+	+	+
4		–	±	–	±	+
5		–	±	–	–	+
6		–	–	+	±	+
9		–	–	–	–	+
11		±	–	+	+	+
12		±	–	–	–	+
13		–	±	–	–	+
15		–	–	–	+	+
19		–	–	–	±	+
22		±	–	–	–	+

П р и м е ч а н и е. Более яркие фрагменты отмечены знаком «+», менее яркие – знаком «±», отсутствие фрагмента – знаком «–».

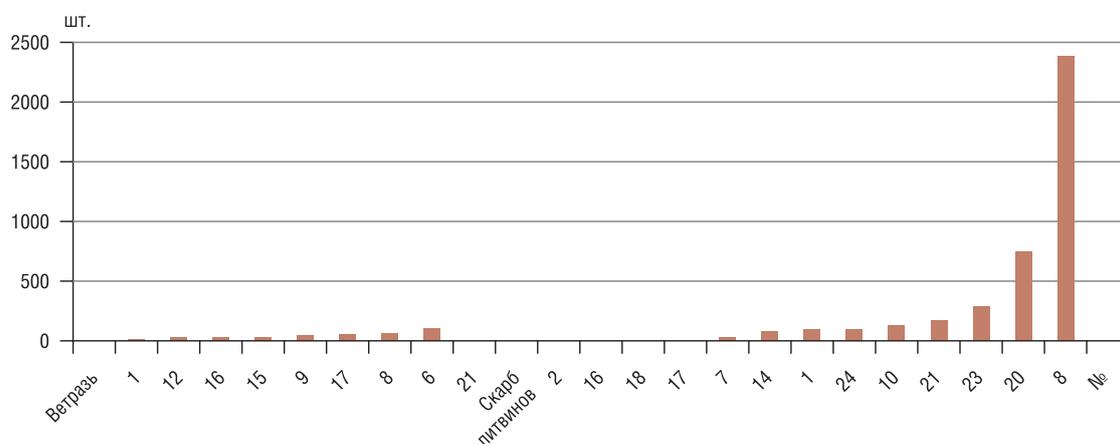


Рис. 2. Количество семян на соцветии при отсутствии свободного опыления ( $HCP_{05} = 8$ )

до 300 семян и более. У образца Скарб литвинов №8 (Ск8) при самоопылении получено 6,1 г семян, что составляет половину массы семян при свободном опылении на другом соцветии этого же растения. Образец имеет генотип *MsMs* и S-цитоплазму.

При анализе фенотипа среди ДНК-маркированных растений Скарб литвинов обнаружены растения с фенотипическими признаками мужской стерильности: отсутствие пыльцы на раскрывшихся цветках, дегенеративные пыльники (рис. 3, *b*). Одно растение из них Скарб литвинов №16 (Ск16) с генотипом *msms S-*, *orfA501* имело ожидаемый при таком генотипе фенотип мужской стерильности. У второго фенотипически стерильного растения Скарб литвинов №2 (Ск2) отсутствует маркер *cobS* и детектируется *orfA501*. В проанализированной выборке было еще одно растение с генотипом, как у Ск2, – Скарб литвинов №7 (Ск7), имевшее фертильный фенотип и образовавшее выполненные семена при скрещивании со Ск2 и Ск16.

Среди отобранных для фенотипического наблюдения растений сорта Ветразь не выявлено фенотипов мужской стерильности. Растение сорта Ветразь №15 (В15) с генотипом *msms*, *orfA501* было внешне фертильным, образовывало обильную пыльцу, однако отличалось от других растений зеленым цветом пыльников (рис. 3, *c*). Растение завязывало семена при самоопылении, в комбинации со стерильным растением Ск16 давало 3 шт. невыполненных семян (см. табл. 2).

Основываясь на данных молекулярно-генетического анализа, применяемого для производства линий лука репчатого с генетической мужской стерильностью на основе S-типа цитоплазмы, из проведенных нами 11 комбинаций скрещиваний с использованием мужски стерильных



Рис. 3. Полиморфизм пыльников в соцветиях маточных растений лука репчатого различных генотипов: *a* – сорт Скарб литвинов, S-цитоплазма, *MsMs*, мужски-фертильные цветки – пыльники развиты, желтого цвета, высыпание пыльцы обильное; *b* – сорт Скарб литвинов, S-цитоплазма, *msms*, мужски-стерильные цветки – пыльники недоразвиты, салатного цвета или дегенерировавшие, сморщенные, пыльца не высыпается; *c* – сорт Веразь, T-цитоплазма, *msms*, мужски-фертильные цветки – пыльники развиты, темно-зеленого цвета, высыпание пыльцы обильное

растений Скарб литвинов (см. табл. 2) только две (Ск16ЧВ9, Ск16ЧВ15) могут привести к получению желаемого генотипа. Поскольку только у материнского растения Ск16 детектирована S-цитоплазма и *msms* генотип ядра, а у Ветразь №9 (В9) и В15 – *msms* генотип ядерных аллелей закрепителей стерильности и N-цитоплазма. Однако остается выяснить будет ли помехой в этих комбинациях аллель *orfA501* (T-цитоплазмы) у материнского Ск16 и отцовского В15 растений и низкая выполненность гибридных семян обеих комбинаций.

Т а б л и ц а 2. Анализ фертильности гибридных комбинаций семенных растений

Вариант опыления	Количество семян, шт.	Масса семян, г	Особенности семян
<i>Ск2, количество соцветий – 5 шт.</i>			
×В8	0	0	Щуплые
×В1	7	0,01	
×В17	7 + 16	0,04 + 0,01	Выполненные + щуплые
×Ск7	20	0,051	Выполненные
×В9	32	0,082	
<i>Ск16, количество соцветий – 5 шт.</i>			
×Ск14	2	0	Щуплые
×В9	5	0,01	
×В15	3	0,008	
×Ск7	6	0,015	Выполненные
×В8	7	0,018	
×Ск10	20	0,051	

**Заключение.** Использованы ДНК-маркеры *Ms*, *ms* [9], *cobS*, *cobN* [12], *orfA501* [11], с помощью которых охарактеризован полиморфизм соответствующих аллелей сортов лука репчатого селекции Института овощеводства. На примере выборок из 24 маточных растений выявлены межсортовые отличия при выявлении маркера *cobS* (S-цитоплазмы). У сорта Ветразь аллель *cobS* S-цитоплазмы не обнаружен, у сорта Скарб литвинов выявлено 33,3 % таких растений. Количество растений с маркером *orfA501* T-цитоплазмы у сорта Ветразь составляет 33,3 %, у сорта Скарб литвинов – 25 %. У сорта Ветразь встречаемость маркера доминантного ядерного аллеля *Ms* составляет 37,5 %, рецессивного *ms* – 33,3 %, у сорта Скарб литвинов: *Ms* – 37,5 %, *ms* – 54,1 %. У сорта Скарб литвинов в выборке установлено 16,6 % гетерозигот *Msms*. Маркер *cobN* N-цитоплазмы обнаружен мономорфно у всех изученных генотипов.

Все семенные растения сорта Ветразь и 70 % растений сорта Скарб литвинов с аллелями *Ms* или *ms* слабо самосовместимы, однако некоторые дают достаточное количество семян для

размножения отцовских линий на их основе. Высокая самосовместимость у 30 % растений сорта Скарб литвинов с аллелями Ms и S- или T-цитоплазмой может отражать повышенную семенную продуктивность гибридных растений на основе стерильной цитоплазмы.

#### Список использованных источников

1. *Havey M.J.* Diversity among male-sterility-inducing and male-fertile cytoplasms of onion / M. J. Havey // *Theor. and Appl. Genet.* – 2000. – Vol. 101. – Is. 5–6. – P. 778–782.
2. *Jones, H.A.* A male sterile onion / H. A. Jones, S. L. Emsweller // *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* – 1936. – N 34. – P. 582–585.
3. *Jones, H.A.* Inheritance of male sterility in the onion and the production of hybrid seed / H. A. Jones, A. E. Clarke // *Hort. Sci.* – 1943. – N 43. – P. 189–194.
4. *Berninger, E.* Contribution a l'etude de la sterilite male de l'oignon (*Allium cepa* L.) / E. Berninger // *Ann. Amelior. Plant.* – 1965. – N 15. – P. 183–199.
5. *Pathak, C.* Breeding for the development of onion hybrids in India: problems and prospects / C. Pathak, R. Gowda // *Acta Hortic.* – 1993. – N 358. – P. 239–242.
6. *Schweisguth, B.* Etude d'un nouveau type de sterilite male chez l'oignon (*Allium cepa* L.) / B. Schweisguth // *Ann. Amelior. Plant.* – 1973. – N 23. – P. 221–233.
7. *Havey, M.J.* Molecular confirmation that sterile cytoplasm has been introduced into open pollinated cultivars of grano onions / M. J. Havey, O. J. Bark // *Am. Soc. Hortic. Sci.* – 1994. – N 119. – P. 90–93.
8. *Havey, M.J.* Combining abilities for yield and bulb quality among long- and intermediate-day open pollinated onion populations / M. J. Havey, W. M. Randle // *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* – 1996. – N 121. – P. 604–608.
9. Определение типа цитоплазматической мужской стерильности лука репчатого (*Allium cepa* L.) селекции ВНИИССОК с помощью молекулярных маркеров / Т. П. Супрунова [и др.] // *Овощи России.* – 2011. – N 4 (13). – С. 20–21.
10. *Enkle, T.* PCR-based marker system monitoring CMS-(S), CMS-(T) and (N)-cytoplasm in the onion (*Allium cepa* L.) / T. Enkle, D. Terefe, A. Tatlioglu // *Theor. Appl. Genet.* – 2003. – N 107. – P. 162–167.
11. *Sato, Y.* PCR amplification of CMS-specific mitochondrial nucleotide sequences to identify cytoplasmic genotypes in onion (*Allium cepa* L.) / Y. Sato // *Theor. Appl. Genet.* – 1998. – N 96. – P. 367–370.
12. Identification of two SCAR markers co-segregated with the dominant Ms and recessive ms alleles in onion (*Allium cepa* L.) / Y. Y. Yan [et al.] // *Euphytica.* – Apr. 2013. – Vol. 190. – Is. 2. – P. 267–277.

Поступила в редакцию 19.01.2016

## **ЖЫВЁЛАГАДОЎЛЯ І ВЕТЭРЫНАРНАЯ МЕДЫЦЫНА**

УДК 636.222.033.082.2(476)

*В. К. ПЕСТИС, Л. А. ТАНАНА, О. В. ВЕРТИНСКАЯ, С. А. КАТАЕВА*

### **ВЛИЯНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДАХ РАЗВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ГОВЯДИНЫ**

*Гродненский государственный аграрный университет, Гродно, Беларусь,  
e-mail: olga\_vertinskaya@mail.ru*

В статье приведены результаты исследований пищевой и биологической ценности говядины от бычков герефордской и черно-пестрой пород и герефорд×черно-пестрых помесей в возрасте 16 месяцев. Изучены химический состав, технологические свойства, аминок- и жирнокислотная сбалансированность мяса. В результате исследований установлено превосходство быков герефордской породы и герефорд×черно-пестрых помесей по качественным характеристикам мяса по сравнению с черно-пестрой породой.

*Ключевые слова:* герефордская порода, пищевая ценность, белково-качественный показатель, аминокислоты, жирнокислотная сбалансированность.

*V. K. PESTIS, L. A. TANANA, O. V. VERTINSKAYA, S. A. KATAEVA*

### **INFLUENCE OF THE HEREFORD GENETIC RESOURCES AT DIFFERENT METHODS OF BREEDING FOR RECEIVING HIGH-QUALITY BEEF**

*Grodno State Agrarian University, Grodno, Belarus, e-mail: olga\_vertinskaya@mail.ru*

The paper presents the results of the researches on nutrition and biological value of the beef from the bulls of Hereford and black and motley breeds and Hereford x black and motley hybrids at the age of 16 months. The chemical composition, technological properties, amino- and fat and acid balance of the meat are studied. As a result of the researches, established is superiority of the bulls of the hereford breed and hereford x black and motley hybrids according to qualitative characteristics of the meat in comparison with the black and motley breed.

*Keywords:* Hereford breed, nutrition value, proteinous and qualitative index, amino acids, fat and acid balance.

**Введение.** Увеличение производства высококачественной говядины является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса страны. В связи с этим в ряде регионов наблюдается тенденция ускоренного развития мясного скотоводства, прежде всего за счет создания специализированных ферм, укомплектованных животными мясных пород или их помесями. Все большее распространение приобретает известный прием осеменения спермой быков мясных пород низкопродуктивных коров молочного направления с целью получения помесного молодняка для выращивания и откорма на мясо. Кроме того, ведется поэтапное создание племенных хозяйств и формирование собственного поголовья высокоценных животных для последующего использования его в процессе интенсификации отрасли мясного скотоводства.

Столь пристальное внимание к скорейшему решению этого вопроса объясняется прежде всего экономическими факторами. Высокая конкурентоспособность отрасли мясного скотоводства обусловлена дифференцированными ценами на мясо различного качества. Кроме того, преимущество производства говядины по сравнению со свининой заключается в простых технологиях содержания животных, дешевых кормах и низких затратах труда. Поэтому для многих

зарубежных фермеров, в том числе американских, производство говядины не просто выгодный, а наиболее перспективный путь развития животноводства.

В настоящее время мясное скотоводство в развитых странах представляет собой высокотехнологичную отрасль, которая специализируется на производстве высококачественной говядины, а также тяжелого кожевенного сырья. К тому же многочисленными исследованиями [1–4] установлено, что в результате длительной селекции пород мясного скота на улучшение качественных показателей мяса получаемая в конечном итоге говядина имеет превосходство по сравнению с аналогичной продукцией от животных молочных пород по вкусовым, питательным и кулинарным свойствам. Таким образом, с учетом мировых тенденций и сложившейся ситуации на внешних и внутреннем рынках развитие отрасли мясного скотоводства у нас может быть весьма успешным.

Из используемых в Республике Беларусь мясных пород скота наибольшее распространение получила герефордская. Исследованиями отечественных и зарубежных ученых [5–7], а также мировой практикой установлено, что от животных этой породы можно получить мясо высокого качества с низкими затратами на его производство. Такого же качества продукцию можно получить и от помесей при скрещивании быков мясных пород с коровами молочного направления продуктивности.

Поскольку в большинстве хозяйств страны преобладает скот молочных пород, интерес к изучению наиболее эффективных способов получения качественной и конкурентоспособной продукции скотоводства с использованием животных специализированных мясных пород и скота молочного направления продуктивности возрастает.

Кроме того, необходимо учесть, что говядина играет существенную роль как экспортная продукция. Значительная доля такой продукции поступает в Россию, Казахстан, Узбекистан, Армению, Украину, Польшу, Германию и другие страны. Активная внешнеэкономическая стратегия последних лет сделала Беларусь крупным участником мирового продовольственного рынка. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, в январе–апреле 2016 г. организациями Минсельхозпрода увеличены поставки мяса и мясопродуктов на 9,4 % (или на 5 тыс. т), в том числе говядины – на 5,6 % (на 1,7 тыс. т) [8].

На сегодняшний день вопрос получения высококачественной и дешевой говядины у нас в стране приобретает особую актуальность, поскольку в России принят ряд конкретных мер для увеличения производства отечественной говядины и унификации ее оценки, в частности был разработан ГОСТ Р 554452013 «Мясо. Говядина высококачественная. Технические условия». В настоящее время Всероссийским научно-исследовательским институтом мясной промышленности им. В. М. Горбатова Россельхозакадемии разработан межгосударственный стандарт и подготовлена его окончательная редакция с учетом замечания стран – членов Таможенного союза. В связи с этим на внешних рынках конкурентоспособной будет только дешевая продукция высокого качества.

Вышеизложенное предопределяет необходимость углубленного изучения качественных показателей говядины, получаемой от бычков мясного направления продуктивности и их помесей с черно-пестрой породой скота. Это и обусловило выбор направления наших исследований.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводили в ЧУП «Новый Двор – Агро» Свислочского района Гродненской области. Согласно схеме научно-хозяйственного опыта по принципу аналогов были сформированы три группы бычков: первая представлена животными черно-пестрой породы (контроль); вторая – из помесей, полученных от животных герефордской и черно-пестрой пород; третья группа – молодняка герефордской породы. Черно-пестрых животных выращивали по традиционной технологии молочного скотоводства, бычков мясной породы и помесей – по технологии мясного скотоводства, до 7–8 мес. на подсосе под матерями. Кормление подопытных животных осуществлялось с учетом возраста и живой массы согласно нормам [9]. При достижении бычками возраста 16 месяцев (живой массы 450–490 кг) был произведен контрольный убой на ОАО «Гродненский мясокомбинат» по методикам ВИЖа, ВНИИМПа (1977), ВНИИМСа (1984). Показатели качества средних проб мяса подопытных бычков определяли в лаборатории изучения статуса питания населения при ГУ «Республиканский

научно-практический центр гигиены» и лаборатории качества продуктов животноводства при РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» в соответствии со стандартными методиками. В образцах мяса от бычков разных генотипов были определены: содержание полноценных белков – методом Грехема и Смита; неполноценных белков – методом Р.Е. Ноймана и М.А. Логана; влагоудерживающая способность – по методу Грау и Гамма; увариваемость – по методике ВНИИМС (1972); интенсивность окраски – фото-электрометрическим методом Фьюсона и Кирсаммера; концентрация водородных ионов (рН) – цифровым рН-метром; массовая доля влаги – по ГОСТ 9793–74 «Продукты мясные. Методы определения влаги»; массовая доля жира – ГОСТ 23042–86 «Мясо и мясные продукты. Методы определения жира»; массовая доля белка – ГОСТ 25011–81 «Мясо и мясные продукты. Методы определения белка»; содержание жирных кислот – по МВИ.МН 1364–2000 «Методика газохроматографического определения жирных кислот и холестерина в продуктах питания и крови»; аминокислотный состав – по МВИ МН 1363–2000 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии»; содержание токсичных элементов – ГОСТ 30178–96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов»; содержание пестицидов – «Методические указания по определению микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах, внешней среде», СБ.11.МУ.2142–80; антибиотики – «Экспресс-метод определения антибиотиков в пищевых продуктах (инструкция по применению) № 33-0102»; микробиологические показатели – ГОСТ 30518–97, ГОСТ 10444.2–94, ГОСТ 21237–75 «Мясо. Методы бактериологического анализа»; радиометрические исследования – МВИ. МН 1187–2007 на гамма-бетта-спектрометре типа МКС-АТ1315.

Основной цифровой материал был обработан методом биометрической статистики по П.Ф. Рокицкому [10] с использованием прикладной программы Microsoft Excel, достоверность разности принималась при пороге надежности  $V_1 = 0,95$  (уровень значимости  $P < 0,05$ ).

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что полученные в результате научно-хозяйственного опыта и контрольного убоя образцы продукции различались по своим качественным показателям. Вообще, понятие качества сельскохозяйственного сырья и продуктов включает в себя не только многие технико-экономические факторы производства, но и специфическую сущность – биологическую ценность, характеризующую оптимальную физиологическую полезность продукта, его соответствие нормальным потребностям организма человека с учетом органолептических и физико-химических показателей. Пищевая ценность мяса тем выше, чем полнее оно удовлетворяет потребности организма человека, а химический состав такого продукта приближается к формуле сбалансированного питания [11, 12].

Исследование химического состава образцов мяса подопытных животных (табл. 1) свидетельствует о существующих различиях по основным учитываемым компонентам, обусловленных тем, что процесс накопления питательных веществ в организме бычков разных генотипов происходил неодинаково.

Так, содержание воды было наибольшим в мясе бычков черно-пестрой породы. По сравнению с мясом животных герефордской и помесей герефордской и черно-пестрой пород содержание воды в мясе бычков черно-пестрой породы было больше на 2,63 и 1,2 п.п. соответственно.

Т а б л и ц а 1. Химический состав средней пробы мяса подопытных бычков ( $M \pm m$ )

Показатель	Черно-пестрая порода	Герефорд × черно-пестрые помеси	Герефордская порода
В средней пробе мяса содержалось, %:			
воды	63,72 ± 2,10	62,52 ± 1,22	61,09 ± 2,40
жира	17,98 ± 2,48	19,06 ± 1,29	19,48 ± 3,39
зола	0,63 ± 0,0013	0,61 ± 0,01	0,62 ± 0,06
протеина	17,66 ± 0,44	17,80 ± 0,30	17,47 ± 0,40
сухого вещества	36,28 ± 2,10	37,48 ± 1,22	38,91 ± 2,40
Отношение жир : влага, %	28,2	30,5	31,9
Отношение протеин : жир	0,98 : 1	0,93 : 1	0,9 : 1

Однако большое содержание воды в мясе понижает его питательность. Кроме того, в мясе бычков контрольной группы содержалось больше золы по сравнению с образцами мяса, полученного от бычков герефордской породы и их помесей – на 0,01 и 0,02 п.п. соответственно. Содержание протеина было наибольшим в мясе бычков, полученных от скрещивания животных герефордской и черно-пестрой пород. По данному показателю помесный молодой бычок превышал контроль на 0,14 п.п. Анализ также показал, что герефордские бычки уступали сверстникам черно-пестрой породы по содержанию протеина – на 0,19 п.п. В то же время содержание жира и сухого вещества было выше в мясе бычков мясной породы и их помесей с черно-пестрой – на 1,5, 1,08 п.п. и 2,63, 1,2 п.п. соответственно по сравнению со сверстниками контрольной группы ( $P > 0,05$ ).

Более высокое содержание жира в мясе герефордских бычков подтверждается и в исследованиях В.Г. Литовченко: «Способность скороспелых пород к нажировке, патологической по своей сущности, для этих животных имеет значение нормы. Вот почему мясо-мякоть герефордских бычков при убое в 18 месяцев отмечалась более высоким содержанием жира» [13, с. 38].

Известно, что соотношение жира и влаги в средней пробе мяса характеризует его «спелость». Умеренно мраморное мясо характеризуется показателем «спелости» на уровне 17–25 ед. В нашем исследовании подопытные бычки имели показатель «спелости» мяса на уровне 28,2–31,9 ед., что указывает на высокую жирность такого мяса, а также свидетельствует о законченности роста и готовности к убою.

Однако такие данные присущи не для каждой породы скота. Для сравнения: бычки позднеспелых пород, таких как шаролезская и лимузинская, характеризуются умеренным жиротложением. В работе Т.Н. Шукиной [14] показатель «спелости» мяса помесных бычков первого и второго поколения, полученных от скрещивания черно-пестрых коров с быками шаролезской и лимузинской пород, был на уровне 17,7–20,9 ед., что указывает на умеренную жирность мяса, более соответствующую современному спросу потребителя на говядину.

Полноценным с биологической точки зрения, по данным Института питания РАМН, является мясо с содержанием жира 10–12 %. Отношение жира и белка должно иметь пропорцию 1 (0,8): 1. В наших исследованиях по соотношению жира и белка все образцы мяса подопытных животных соответствуют оптимальному.

При комплексной оценке качества мясной продукции большое значение имеет химический состав длиннейшей мышцы спины. В связи с этим для характеристики химического состава мышечной ткани и выявления степени отложения внутримышечного жира нами для исследования был взят длиннейший мускул спины (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Химический состав длиннейшей мышцы спины подопытных бычков ( $M \pm m$ )

Показатель	Черно-пестрая порода	Герефорд × черно-пестрые помеси	Герефордская порода
В средней пробе мяса содержалось, %:			
воды	76,51 ± 0,50	75,94 ± 0,15	75,52 ± 0,40
жира	2,69 ± 0,73	3,22 ± 0,49	3,38 ± 0,29
золы	0,94 ± 0,019	0,93 ± 0,027	0,92 ± 0,005
протеина	19,85 ± 0,36	19,92 ± 0,44	20,19 ± 0,50
сухого вещества	23,49 ± 0,48	24,06 ± 0,30	24,48 ± 0,40

Анализ химического состава длиннейшей мышцы показал, что наибольшее содержание жира, протеина и сухого вещества наблюдалось в мясе герефордских бычков. Их преимущество по данным показателям по сравнению с черно-пестрыми бычками составило 0,69, 0,34 и 0,99 п.п. соответственно ( $P > 0,05$ ). Помеси, полученные от скрещивания животных герефордской и черно-пестрой пород, также превышали сверстников контрольной группы по содержанию жира, протеина и сухого вещества – на 0,53, 0,07 и 0,57 п.п. соответственно. В мясе бычков черно-пестрой породы содержалось больше воды и золы – на 0,99, 0,57 и 0,02 и 0,01 п.п. соответственно по сравнению с мясом животных герефордской породы и их помесями с черно-пестрой породой ( $P > 0,05$ ).

Изучение физико-химических показателей говядины показало, что концентрация ионов водорода через 24 ч после убоя у герефордских бычков составила 5,84, у помесей – 5,83 и у бычков черно-пестрой породы – 5,85 ед., что соответствует качественному NOR сырию. Известно, что от pH в зна-

чительной степени зависит цвет мяса. В наших исследованиях более интенсивно было окрашено мясо бычков черно-пестрой породы, показатель цветности мышечной ткани у них был на уровне 188,3 ед. экстинкции, что на 5,3 ед. экстинкции больше, чем у помесей, полученных от герефордской и черно-пестрой породы, и на 6,0 ед. экстинкции больше, чем у бычков герефордской породы.

Показатели влагоудерживающей способности всех исследуемых образцов мяса соответствовали средним значениям по говядине. Как известно, влагоемкость обуславливается наличием связанной воды в процентах к массе мяса. Мясо с высокой влагоудерживающей способностью меньше теряет влаги при термической обработке, что позволяет получать более сочное готовое блюдо и больший его выход. В нашем опыте процент влагоудержания в мясе бычков герефордской породы составил 52,8 %, у помесей герефордов с черно-пестрым скотом – 52,74 %, что на 0,49 и 0,41 п.п. больше по сравнению со сверстниками из контрольной группы.

Увариваемость мяса является не менее важным технологическим показателем мяса, который отрицательно коррелирует с влагоудерживающей способностью мяса ( $r = -0,66$ ). Нами было установлено, что увариваемость была ниже в образцах мяса герефордских и герефорд × черно-пестрых бычков на 0,53 и 0,33 п.п. соответственно по сравнению со сверстниками контрольной группы ( $P > 0,05$ ).

Исследование образцов мяса подопытных животных на содержание незаменимых аминокислот (табл. 3) показало, что в образце мяса герефордских бычков незаменимых аминокислот содержалось больше по сравнению с образцом мяса черно-пестрых сверстников: треонина – на 13,4 %, валина – 19,9 % ( $P < 0,01$ ), метионина + цистина – 20,7 % ( $P < 0,05$ ), лейцина – 8,4 %, изолейцина – 5,7 %, фенилаланина + тирозина – 3,6 %, лизина – 2,4 %, триптофана – на 7,2 % ( $P > 0,05$ ).

Т а б л и ц а 3. Содержание незаменимых аминокислот в мясе подопытных бычков ( $M \pm m$ ), мг/100 г мяса

Показатель	Черно-пестрая порода	Герефорд × черно-пестрые помеси	Герефордская порода
Треонин	804,2 ± 89,5	789,3 ± 83,8	912,3 ± 41,7
Валин	1001,2 ± 9,8	1180,8 ± 43,5**	1200,3 ± 52,8**
Метионин + цистин	547,0 ± 23,7	573,1 ± 22,7	660,5 ± 26,7*
Лейцин	1288,9 ± 57,4	1398,9 ± 56,7	1397,7 ± 35,3
Изолейцин	966,3 ± 26,2	980,6 ± 20,6	1021,5 ± 17,6
Фенилаланин + тирозин	1524,0 ± 12,0	1543,9 ± 51,6	1579,0 ± 31,9
Лизин	1809,6 ± 33,6	1949,8 ± 45,4*	1852,8 ± 82,1
Триптофан	241,4 ± 18,4	231,5 ± 17,5	258,9 ± 22,4
Сумма НАК	8182,6 ± 1049,3	8647,9 ± 1013,8	8883,0 ± 983,5

\*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ .

В мясе помесного молодняка содержалось больше валина, метиона + цистина, лейцина, изолейцина, фенилаланина + тирозина и лизина на 17,9 % ( $P < 0,01$ ), 4,8 %, 8,5 %, 1,5 %, 1,3 % и 7,7 % ( $P < 0,05$ ) соответственно по сравнению с бычками контрольной группы. По содержанию треонина и триптофана бычки черно-пестрой породы превышали помесей на 1,88 и 4,3 % соответственно ( $P > 0,05$ ).

Показателем, характеризующим биологическую ценность белка, является аминокислотный скор, выражаемый отношением фактического содержания аминокислоты к эталону – метод Х. Митчела и Р. Блока [15]. Лимитирующей биологическую ценность аминокислотой считается та, скор которой составляет менее 100 %.

Проведенные исследования показали (табл. 4), что аминокислотный скор незаменимых аминокислот белков мяса бычков черно-пестрой и помесей герефордской и черно-пестрой пород лимитирован по сумме серосодержащих аминокислот метионина и цистина (аминокислотный скор – 88,6 и 91,4 % соответственно).

В образце мяса герефордских бычков аминокислотный скор составляет в целом более 100 % по всем аминокислотам, что свидетельствует об отсутствии лимитирующих пищевую ценность незаменимых аминокислот.

**Т а б л и ц а 4. Аминокислотный скор незаменимых аминокислот белков мяса подопытных бычков (M±m)**

Незаменимая аминокислота	Эталон нутриентного состава	Содержание аминокислот, г/100 г белка					
		Черно-пестрая порода	Скор, %	Герефорд× черно-пестрые помеси	Скор, %	Герефордская порода	Скор, %
Треонин	2,7	4,53	167,8	4,40	163,0	5,20	192,6
Валин	4,2	5,67	135	6,63	157,9	6,87	163,6
Метионин + цистин	3,5	3,10	88,6	3,20	91,4	3,78	108,0
Лейцин	6,8	7,30	107,4	7,86	115,6	8,00	117,6
Изолейцин	4,1	5,47	133,4	5,50	134,1	5,80	141,5
Фенилаланин + тирозин	4,1	8,60	209,8	8,67	211,5	9,00	219,5
Лизин	4,8	10,20	212,5	10,90	227,1	10,60	220,8
Триптофан	1,0	1,37	137,0	1,30	130,0	1,48	148,0
Всего:		46,24		48,46		50,73	
Лимитирующая аминокислота, скор		Метионин + цистин, 88,6 %		Метионин + цистин, 91,4 %		Нет	

На основе содержания в мясе подопытных бычков триптофана и оксипролина нами был рассчитан белково-качественный показатель. Установлено, что лучшую биологическую ценность имеют образцы мяса, полученного от животных герефордской породы и ее помесей с черно-пестрой породой. Белково-качественный показатель у них составил 5,7 и 5,3 соответственно. У бычков черно-пестрой породы значение белково-качественного показателя составило 5,1.

Как известно, мясо – это основной источник не только белков, но и жиров, которые влияют на усвоение белков, витаминов, минеральных солей и покрывают часть энергетических затрат в организме человека. Животные жиры служат источником полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), играющих важную роль в обменных процессах. Подобно незаменимым аминокислотам, в организме они не синтезируются или синтезируются ограничено. Растительные жиры не содержат арахидоновой кислоты и поэтому по жирно-кислотной сбалансированности значительно уступают жирам животного происхождения.

Проведенный анализ жирнокислотной сбалансированности мяса (табл. 5) показал, что содержание насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот было выше в образце мяса помесных бычков герефордской и черно-пестрой породы по сравнению со сверстниками черно-пестрой породы – на 0,5 и 0,8 п.п. соответственно.

В образце мяса бычков герефордской породы по сравнению с животными черно-пестрой породы содержалось больше полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот – на 0,2 и 1,1 п.п. соответственно при более низком содержании насыщенных жирных кислот – на

**Т а б л и ц а 5. Жирнокислотная сбалансированность мяса подопытных бычков (M±m)**

Массовая доля жирных кислот, % от суммы жирных кислот	Эталон нутриентного состава	Черно-пестрая порода	Герефорд× черно-пестрые помеси	Герефордская порода
Насыщенные жирные кислоты (НЖК)	32,95	49,7±5,7	50,2±4,1	48,4±3,5
Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК)	55,76	45,8±2,5	44,5±2,7	46,9±3,2
Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК)	10,51	4,5±0,2	5,3±0,3	4,7±0,06
Линолевая (w6)	8,34	3,6±0,04	4,1±0,03	3,4±0,03
Линоленовая (w3)	0,81	0,8±0,02	1,0±0,02	1,2±0,01
Арахидоновая	1,36	0,1±0,02	0,2±0,001	0,1±0,03
Соотношение w6 /w3	10,3	4,5	4,1	2,8
ПНЖК: МНЖК: НЖК	1 : 5,31 : 3,14	1 : 10,2 : 11,0	1 : 8,4 : 9,5	1 : 9,98 : 10,3
(ПНЖК+МНЖК): НЖК	2	1,01	0,99	1,07

1,3 п.п. ( $P > 0,05$ ). Содержание линолевой и арахидоновой кислот также было выше в образце мяса помесей от герефордской и черно-пестрой породы – на 0,5 и 0,1 п.п. соответственно по сравнению с бычками черно-пестрой породы. По содержанию линоленовой кислоты преимущество было у бычков герефордской породы – на 0,4 п.п. по сравнению с контрольной группой. Содержание арахидоновой кислоты в образцах мяса герефордских и черно-пестрых быков было одинаковым.

Как известно, биологическая ценность жира оценивается не только содержанием полиненасыщенных жирных кислот, но и сбалансированностью жирнокислотного состава. Жирнокислотную сбалансированность мяса подопытных бычков оценивали в опыте по соотношению  $w_6 : w_3$  жирных кислот, а также по соотношению сумм полиненасыщенных (ПНЖК), мононенасыщенных (МНЖК), насыщенных жирных кислот (НЖК). Было установлено, что в мясе бычков черно-пестрой породы и помесных животных, полученных от скрещивания герефордской и черно-пестрой пород, соотношение  $w_6 : w_3$  жирных кислот было лучше (4,5 и 4,1), чем в мясе животных герефордской породы (2,8). По соотношению суммы полиненасыщенных (ПНЖК) и мононенасыщенных (МНЖК) к насыщенным жирным кислотам (НЖК) лучшая сбалансированность наблюдалась в образцах мяса герефордских бычков и их помесей с черно-пестрой породой (1,07 и 1,01).

В процессе проведения опыта, согласно методике, также были исследованы образцы мяса, полученные от бычков разных генотипов, на содержание токсичных элементов (свинец, мышьяк, кадмий, ртуть), пестицидов (ГХЦГ (сумма изомеров  $\lambda$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ), ДДТ и его метаболиты), антибиотиков (левомецитин, бацитрацин, тетрациклиновая группа), радионуклидов (цезий-137, стронций-90) и микробиологических показателей (КМАФАнМ, БГКП, сальмонеллы, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, сульфитредуцирующие клостридии). В результате проведенного анализа было установлено, что образцы мяса, полученные от животных контрольной и опытных групп, соответствуют требованиям безопасности Технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013) и СанПиН №63 от 9.06.2009 года.

### Выводы

1. Установлено положительное влияние генетических ресурсов скота герефордской породы при производстве говядины, выразившееся в превосходстве бычков этой породы и их помесей с черно-пестрым скотом по сравнению с животными черно-пестрой породы по ее биологической и пищевой ценности: сумме незаменимых аминокислот в мясе – на 5,7 и 8,6 % при более оптимальном их соотношении, белково-качественному показателю – на 3,9 и 11,8 %, полиненасыщенным жирным кислотам – на 0,8 и 0,2 п.п. соответственно.

2. Мясо, полученное от бычков герефордской породы и помесей от герефордских и черно-пестрых пород имеет высокие кулинарно-технологические свойства (влагоемкость – 52,8–52,7 %, увариваемость – 36,6–36,4 %, величина рН – 5,8 ед. кислотности), что позволяет более активно использовать данное мясное сырье при производстве кулинарных и деликатесных изделий как на внутреннем, так и на внешних рынках.

3. Показатели безопасности исследуемых образцов (микробиологические, содержание пестицидов, антибиотиков, токсичных элементов, радионуклидов) соответствуют требованиям СанПиН №63 от 9.06.2009 г. и Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 034/2013 «О безопасности мяса и мясной продукции», что позволяет использовать мясо, получаемое от животных мясных генотипов, как сырье для производства продуктов функционального назначения.

### Список использованных источников

1. Берг, Р.Т. Мясной скот: концепции роста / Р.Т. Берг, Р.М. Баттерфильд; пер. с англ. Д.В. Карликова. – М.: Колос, 1979. – 279 с.

2. Петрушко, И.С. Использование абердин-ангузской, шаролезской и черно-пестрой пород при производстве качественной телятины для детского питания: монография / И.С. Петрушко, Т.Л. Голубенко; Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины, Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству. – Витебск, 2010. – 148 с.

3. Сравнительная оценка мясной продуктивности молодняка черно-пестрой, шаролезской и лимузинской пород / С.А. Петрушко [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по животноводству; редкол.: И.П. Шейко [и др.]. – Минск, 2008. – Т. 43, ч. 1. – С. 107–113.

4. Гордынец, С.А. Перспективы использования мяса телятины в технологии производства продуктов детского питания / С.А. Гордынец, С.А. Петрушко // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья : сб. науч. тр. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по продовольствию, Ин-т мясо-молоч. пром-сти; редкол.: А.В. Мелешеня [и др.]. – Минск, 2007. – С. 99–105.
5. Петрушко, С. Мясоному скотоводству – быть! / С. Петрушко, И. Петрушко, В. Сидорович // Аграр. экономика. – 2009. – № 10. – С. 63–67.
6. Genetic and management factors affecting beef quality in grazing Hereford steers / L.M. Melucci [et al.] // Meat Science. – 2012. – Vol. 92, N4. – P. 768–774.
7. Goszczynski, J. Ocena umieszczenia i otulaczeni abuhajkow rasy Hereford charno-bialej w pasie polintensywnym / J. Goszczynski, W. Korzeniowski, T. Zmijewski // Przegl. Hodowlany. – 1993. – R. 61, N3. – S. 7–8.
8. Новости Беларуси // product.by [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://produkt.by/news/s-nachala-goda-organizacii-minselhozproda-eksportirovali-tovary-na-6514-mln-dollarov>. – Дата доступа: 26.05.2016.
9. Кормление животных: учебник / И.Ф. Драганов [и др.]. / Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Изд-во РГАУ – Москов. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева, 2011. Т.2. – С. 15.
10. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика: учеб. пособие для биол. фак. ун-тов / П.Ф. Рокицкий. – Изд. 3-е, испр. – Минск : Вышэйш. шк., 1973. – 320 с.
11. Небурчилова, Н.Ф. Проблемы ценообразования в мясной отрасли / Н.Ф. Небурчилова, И.В. Петрунина // Мясная индустрия. – 2016. – № 2. – С. 8–13.
12. Шляхтунов, В.И. Технология производства мяса и мясных продуктов / В.И. Шляхтунов. – Минск: Техноперспектива, 2010. – 471 с.
13. Литовченко, В.Г. Мясная продуктивность и качество мяса симментальских бычков разных генотипов в условиях Южного Урала / В.Г. Литовченко // Аграр. вест. Урала. – 2012. – № 11 (103). – С. 36–39.
14. Щукина, Т.Н. Мясная продуктивность и качество мяса бычков разных генотипов / Т.Н. Щукина // Мясная индустрия. – 2016. – № 3. – С. 49–52.
15. Mitchell, H.H. Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat / H.H. Mitchell, R.J. Block // J. Biol. Chem. – 1946. – Vol. 163. – P. 599–606.

Поступила в редакцию 05.01.2016

УДК 636.4.085.55

*В. М. ГОЛУШКО, А. В. ГОЛУШКО, В. Н. ПИЛЮК, А. В. СИТЬКО*

## **ПРОТЕИНОВАЯ И АМИНОКИСЛОТНАЯ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ КОРМОВ ДЛЯ СВИНЕЙ**

*Научно-практический центр НАН наук Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь,  
e-mail: sasha-gav@mail.ru*

Разработан алгоритм расчета наличия «идеального» протеина в кормах для свиней на основе данных по нормам содержания незаменимых аминокислот в полнорационных комбикормах и их содержания в основных кормах. Соотношение первой лимитирующей аминокислоты с нормой потребности составляет число комплектов «идеального» протеина в корме. Проведено ранжирование кормов по содержанию в них «идеального» протеина и его стоимости.

*Ключевые слова:* протеин, аминокислоты, корма, свиньи.

*V. M. GOLUSHKO, A. V. GOLUSHKO, V. N. PILJUK, A. V. SITKO*

## **PROTEIN AND AMINO-ACID NUTRITIONAL VALUE OF PIG FODDER**

*The Research and Practical Centre of National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino, Belarus,  
e-mail: sasha-gav@mail.ru*

In pig fodder the algorithm of calculation of the presence of an "ideal" protein is developed on the basis of the data on the norms of the essential amino acids content in complete fodder and their content in basic fodder. The interrelation of the first limiting amino acid with the required norm makes an amount of complete sets of an "ideal" protein in fodder. Fodder ranging with reference to the content of an "ideal" protein and its cost has been conducted.

*Keywords:* protein, amino acids, fodder, pigs.

**Введение.** Основная часть стоимости комбикормов, расходуемых на производство свинины, приходится на энергетические и белковые корма. Это ставит задачу максимально точно обеспечить потребность животных в энергии и протеине за счет полноценных доступных и дешевых ингредиентов. Необходимо производить достаточные объемы не только злакового зернофуража как главного поставщика обменной энергии и значительной части протеина, но и высокобелкового зерна бобовых культур и рапса – источника недостающего в злаковом зернофураже количества протеина и незаменимых аминокислот.

Благодаря исследованиям физиологов, биохимиков, зоотехников потребность животных с однокамерным типом пищеварения в протеине рассматривается не сама по себе, а как потребность в незаменимых аминокислотах [1–4]. Все белковые вещества корма могут усваиваться только после гидролиза в желудочно-кишечном тракте в основном до аминокислот, т. е. фактически не белок, а аминокислоты, входящие в его состав, являются необходимым элементом питания.

В образовании тканей и белков организма животных принимают участие более 22 аминокислот, среди них 10 аминокислот животное не может синтезировать самостоятельно, поэтому для нормального синтеза белков они должны поступать в необходимом количестве с кормами. Синтез белков детерминирован генетически и зависит от обеспеченности организма животного соответствующим количеством каждой аминокислоты [5]. Недостаток аминокислот может быть устранен за счет процессов их синтеза или переаминирования, дефицит незаменимых аминокислот приводит к нарушению синтеза белков, в том числе его отложения у растущих животных [5–7].

Кормовой протеин в организме животных используется наиболее эффективно, если наличие в рационе незаменимых аминокислот соответствует потребности без недостатка и избытка. Такой протеин стали называть «идеальным» [4, 8, 9]. Основное преимущество использования

«идеального» протеина заключается в том, что его легко можно адаптировать к множеству кормовых ситуаций, так как идеальное соотношение незаменимых аминокислот является достаточно стабильным и не зависит от изменений состава рациона для данной половозрастной группы животных. На практике «идеальному» протеину соответствуют нормы потребности в незаменимых аминокислотах и их нормативное содержание в полнорационных комбикормах. В «идеальном» протеине для свиней различных половозрастных групп содержание и соотношение незаменимых аминокислот различается в связи с различной метаболически детерминированной потребностью. Так как первой лимитирующей аминокислотой чаще всего является лизин и он наиболее полно используется для построения белков тела, то принято соотносить другие аминокислоты в «идеальном» протеине с ним [10].

Представляет большой интерес оценка кормов по содержанию в них количества белка с «идеальным» соотношением незаменимых аминокислот, т. е. комплекта аминокислот, отвечающего требованиям «идеального» протеина. Первые показатели («индексы») качественной оценки протеинов на этой основе были предложены Митчелом и Блоком [1]. В качестве стандарта был взят аминокислотный состав яичного белка, который сравнивается с содержанием аминокислот в изучаемых протеинах: чем больше дефицит какой-либо незаменимой аминокислоты, тем ниже показатель питательности, тем хуже протеин.

Академик В. Г. Рядчиков [11] объясняет перерасход протеина на производство животноводческой продукции потерями неутилизованных аминокислот по причине их избытка относительно уровня первой лимитирующей аминокислоты. Им проанализирована аминокислотная питательность зерна ячменя и установлено, что лизина в ячмене содержится только 44 % от нормы потребности поросят живой массой 20–50 кг из-за пониженного содержания лизина, который является первой лимитирующей аминокислотой.

Цель исследований – оценить степень соответствия аминокислотного состава основных кормов потребности свиней в незаменимых аминокислотах, определить ранговое место по уровню содержания укомплектованного в соответствии с «идеальным» протеином кормов для свиней и стоимость «идеального» протеина в расчете на 1 кг корма.

**Материалы и методы исследований.** Для определения содержания в кормах комплекта незаменимых аминокислот, отвечающего требованиям «идеального» протеина для свиней, произвели расчет по следующей формуле:

$$O = \frac{A_k}{A_n},$$

где  $O$  – обеспеченность корма незаменимой аминокислотой, %;  $A_k$  – содержание аминокислоты в изучаемом корме, г/кг;  $A_n$  – нормативное содержание аминокислоты в полнорационном комбикорме, г/кг.

Аминокислота с наименьшей ее обеспеченностью в корме и определяла содержание укомплектованного «идеального» протеина, остальные аминокислоты находились в избыточном количестве.

Для проведения расчетов использовали нормы содержания незаменимых аминокислот в полнорационных комбикормах для всех половозрастных групп свиней [12]; аминокислотный состав кормов [12]; структуру расхода комбикормов на свиноводческом комплексе с полным циклом [13].

Расчет стоимости «идеального» протеина производили по закупочным ценам на зерновое сырье и рыночным ценам отдельных ингредиентов, сложившихся на комбикормовых предприятиях республики.

**Результаты и их обсуждение.** Современные нормы аминокислотного питания свиней мясного направления продуктивности отвечают их более высоким требованиям в обеспечении потребностей во всех незаменимых аминокислотах. В табл. 1 приведены нормы содержания незаменимых аминокислот в стандартных комбикормах для свиней, а также в усредненном комбикорме. Сведения о нормах содержания аминокислот в усредненном комбикорме необходимы для рационального планирования производства кормов с наибольшей обеспеченностью комплектным «идеальным» протеином и наименьшей его стоимостью. Приведенные нормы для

молодняка усреднены для обоих полов, хотя потребность хрячков в лизине на 11 % выше [14]. В этих исследованиях было установлено, что для растущих хрячков (от 30 до 65 кг) крупной белой, эстонской беконной и черно-пестрой пород нормой лизина является 5 %, а для свинок – 4,5 % от сырого протеина при содержании последнего в комбикорме 17,5 %, породных различий по потребности в лизине ремонтного молодняка свиней не установлено.

Т а б л и ц а 1. Нормативное содержание протеина и незаменимых аминокислот в комбикормах для свиней, г/кг

Аминокислота	Комбикорма для:								Усредненный комбикорм
	поросят-сосунов СК-12	поросят-отъёмшей СК-17	поросят на доращивании СК-21	откорма I периода СК-26	откорма II периода СК-31	свиноматок холостых и супоросных СК-1	свиноматок подсосных СК-10	хряков-производителей СК-2	
Лизин	14,0	12,5	11,0	9,5	8,0	6,7	9,0	9,2	9,1
Треонин	8,7	8,1	7,3	6,3	5,3	4,7	6,0	7,6	6,0
Метионин + цистин	8,4	7,5	6,4	5,7	4,8	4,0	5,4	5,7	5,46
Триптофан	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	1,3	1,7	1,8	1,73
Изолейцин	7,8	7,0	6,2	5,3	4,6	4,0	5,0	5,3	5,13
Валин	9,5	8,5	7,5	6,5	5,4	4,6	6,1	6,2	6,19
Лейцин	14,0	12,5	11,0	9,5	8,0	6,7	9,0	9,2	9,1
Фенилаланин + тирозин	13,6	12,1	10,7	9,2	7,8	6,5	8,7	8,7	8,84
Аргинин	5,9	5,3	4,4	3,8	3,2	2,7	3,6	3,9	3,66
Гистидин	4,3	3,9	3,4	2,9	2,5	2,1	2,8	2,9	3,65
Протеин	220	180	180	165	155	140	160	180	163
Структура комбикорма, %	2,4	3,6	18,6	19,2	38,2	10,0	6,0	2,0	100
Сумма незаменимых аминокислот	88,9	79,8	70,0	60,5	51,1	43,3	57,3	60,5	58,87

Для расчета нормативного содержания незаменимых аминокислот в усредненном комбикорме была использована структура расходуемых комбикормов на крупных свиноводческих комплексах с законченным циклом производства. Так как нормы содержания аминокислот в комбикормах для откармливаемого и ремонтного молодняка существенно не различаются, то объемы их расхода в данном расчете объединены.

Приведенные в табл. 1 данные можно использовать для определения в кормах сбалансированного набора аминокислот, отвечающего требованиям каждой половозрастной группы и всего свиноголовья данного комплекса в незаменимых аминокислотах. По результатам этого определения можно планировать производство или закуп корма с наибольшим содержанием сбалансированного протеина.

В табл. 2 приведено стандартизированное содержание незаменимых аминокислот в основных кормах [12].

Среди злаковых культур наибольшим содержанием лизина отличаются ячмень, тритикале, рожь, бедно лизином зерно кукурузы, пшеницы, овса. Более высоким содержанием треонина на фоне злакового зернофуража выделяются тритикале, ячмень, рожь. Наиболее богатыми по содержанию серосодержащих аминокислот (метионин + цистин) являются тритикале, пшеница, ячмень, а рожь, овес, кукуруза содержат их наименьшее количество. Лучшим источником триптофана являются тритикале, овес, ячмень, пшеница, а рожь и особенно кукуруза в своем белке содержат триптофана явно недостаточно. Содержание других аминокислот в злаковом зернофураже, как правило, представляет меньше проблем при балансировании комбикормов по аминокислотному составу.

Среди бобовых культур наибольшее содержание лизина имеют соя, горох, люпин, несколько меньше лизина содержит вика. Не лучшим источником лизина является рапс, который, однако,

Т а б л и ц а 2. Содержание протеина и незаменимых аминокислот в кормах, г/кг

Вид корма	Сухое вещество	Сырой протеин	Аминокислота									
			лизин	треонин	метионин + цистин	триптофан	изолейцин	валин	лейцин	фенил-аланин + тирозин	аргинин	гистидин
Ячмень	870	110	4,0	3,7	4,1	1,4	3,9	5,4	7,3	8,2	5,4	5,3
Тритикале	860	115	4,1	3,9	4,5	1,5	3,4	4,5	6,4	6,6	5,4	2,3
Пшеница	860	120	3,4	3,5	4,5	1,4	3,9	5,4	7,3	8,0	5,8	2,5
Рожь	870	113	4,0	3,7	3,4	1,1	3,7	5,2	6,7	5,6	4,8	2,6
Овёс	870	103	3,8	3,3	3,4	1,5	3,9	5,1	7,4	7,8	6,6	2,4
Кукуруза	870	89	2,6	3,2	3,7	0,6	3,2	4,3	10,6	7,3	8,8	2,4
Люпин	870	320	14,8	9,0	7,4	2,4	14,5	13,2	22,8	23,7	30,3	8,1
Горох	870	218	15,3	8,1	8,1	1,9	8,9	9,8	14,8	15,9	15,3	5,3
Вика	860	241	13,1	7,6	4,9	2,4	9,5	11,6	15,9	22,2	15,6	10,8
Соя	870	358	22,7	14,9	11,0	4,4	17,9	18,4	28,3	33,1	28,1	9,8
Рапс	910	223	12,4	11,0	13,2	2,9	8,3	10,5	13,4	14,2	12,5	5,8
Шрот рапсовый	910	378	19,1	15,0	15,8	4,3	14,2	18,1	23,4	22,9	20,4	9,0
Шрот соевый	900	440	28,4	17,6	12,9	5,8	21,3	21,8	33,6	39,3	32,2	12,1
Шрот подсолнечный	900	380	14,3	14,4	16,2	4,8	14,1	16,7	20,3	22,4	20,4	8,5
Дрожжи кормовые	900	455	31,5	24,9	11,8	7,1	18,8	28,2	30,6	37,4	19,2	11,8
Мука рыбная	880	610	46,6	25,6	26,7	6,4	28,4	33,2	47,5	46,1	35,3	19,6
Мука мясо-костная	900	420	21,5	15,6	11,7	3,1	14,3	21,4	29,7	27,9	27,8	18,1
СОМ	950	333	28,1	14,5	12,1	4,3	19,3	23,0	33,5	34,5	12,2	9,5
Сыворотка сухая молочная	880	116	6,8	5,1	2,4	1,6	4,4	3,9	5,9	3,2	1,1	2,9

как и соя, богат треонином, серосодержащими аминокислотами. Содержание триптофана относительно больше в зерне сои и рапса, люпин и вика содержат его меньше, чем соя и рапс, а горох среди бобовых содержит наименьшее количество триптофана. Из растительных высокобелковых кормов наилучшим составом обладает белок соевого шрота, если не считать его недостаточную укомплектованность серосодержащими аминокислотами.

Подсолнечный шрот содержит меньше, чем горох и рапсовый шрот лизина. Включение подсолнечного шрота в комбикорма для свиней в сочетании с лизиндефицитным злаковым фуражом не может улучшить белковую полноценность такого комбикорма, и он без обогащения его кормовыми препаратами лизина будет использоваться неэффективно. Наилучшим источником лизина являются кормовые дрожжи и корма животного происхождения, особенно рыбная мука. В связи с максимальным использованием при производстве мясо-костной и рыбной муки соединительнотканых белков они относительно хуже укомплектованы триптофаном, чем другими аминокислотами.

Представляется очень важной оценка кормов по содержанию в них количества белка с «идеальным» соотношением, т. е. таким соотношением, при котором эти аминокислоты без остатка используются организмом на синтез своих белков и других азотсодержащих веществ.

В табл. 3 приведены результаты расчета обеспеченности незаменимыми аминокислотами основных кормов для свиней. Для этого были использованы стандартизированные данные по содержанию аминокислот в кормах (см. табл. 2) и нормы их содержания в комбикормах для свиней (см. табл. 1).

Следует отметить, что наименьшая степень соответствия аминокислот требованиям «идеального» протеина фактически соответствует его содержанию в анализируемом корме. Например, ячмень содержит первую лимитирующую аминокислоту лизин в количестве, равном только 44 % от необходимой нормы его содержания в полнорационном комбикорме, т. е. он содержит 0,44 комплекта «идеального» протеина. У люпина первой лимитирующей аминокислотой явля-

Т а б л и ц а 3. Степень соответствия аминокислотного состава кормов потребностям свиней в незаменимых аминокислотах, %

Вид корма	Аминокислота										Количество комплектов «идеального» протеина
	лизин	треонин	метионин + цистин	триптофан	изолейцин	валин	лейцин	фенилаланин + тирозин	аргинин	гистидин	
Ячмень	43,9	61,7	74,5	80,9	76,0	88,5	80,2	92,7	147,5	68,5	0,44
Тритикале	45,0	65,0	82,4	86,7	66,3	72,7	70,3	74,7	147,5	63,0	0,45
Пшеница	37,3	58,3	81,8	80,9	76,0	88,5	80,2	95,2	147,5	68,5	0,68
Рожь	37,3	61,6	62,3	63,5	72,1	84,0	73,6	63,3	131,0	71,2	0,37
Овёс	47,2	58,3	86,1	86,7	76,0	82,4	81,3	88,2	180,0	65,7	0,47
Кукуруза	28,5	53,3	67,8	34,7	62,4	69,5	116,4	82,6	103,8	65,7	0,25
Люпин	162,4	150,0	135,5	138,7	282,6	213,2	250,2	268,1	827,8	221,9	1,36
Горох	167,9	135,0	148,3	109,8	173,4	168,3	162,6	179,8	418,0	145,2	1,10
Вика	143,8	126,7	89,7	138,7	183,0	187,4	174,7	251,1	426,2	259,9	0,90
Соя	249,1	248,8	201,5	254,3	344,9	297,2	311,0	374,4	795,0	268,5	2,01
Рапс	136,1	183,3	241,7	167,6	161,8	169,6	147,2	160,6	341,5	158,9	1,36
Шрот рапсовый	209,6	250,0	289,4	248,5	273,6	292,4	257,1	259,0	557,3	246,6	2,10
Шрот соевый	311,7	293,3	236,3	335,2	410,4	352,7	369,2	444,6	879,7	331,5	2,36
Шрот подсолнечный	157,0	240,0	296,7	277,4	271,6	269,8	223,1	253,4	557,3	232,4	1,57
Дрожжи кормовые	345,8	415,0	216,0	410,4	306,5	455,5	336,3	423,0	524,6	323,3	2,16
Мука рыбная	511,5	426,7	489,0	369,9	547,2	536,3	522,0	521,9	964,4	536,9	3,70
Мука мясо-костная	236,0	260,0	214,3	179,2	275,5	345,7	326,4	315,4	719,5	495,9	1,79
СОМ	308,4	241,7	221,6	248,5	371,5	371,5	368,1	390,3	333,3	260,3	2,22
Сыворотка сухая молочная	74,6	85,0	48,9	92,5	84,8	63	64,8	36,2	30,0	76,7	0,30

ется метионин + цистин (135,5 %), второй – триптофан (138 %) и т. д., т. е. люпин содержит 1,36 комплекта «идеального» протеина для свиней.

Аминокислоты корма, степень соответствия которых «идеальному» протеину выше, чем первой лимитирующей аминокислоты, могут использоваться для балансирования комбикормов с включением ингредиентов, дефицитных по этим аминокислотам, в противном случае эффективность скармливания комбикорма будет ограничиваться первой лимитирующей аминокислотой, а остальные аминокислоты, не отвечающие требованиям «идеального» протеина, в организме животных будут дезаминированы и использованы как углеводы [1, 5, 9].

Все злаковые зерновые имеют низкую обеспеченность аминокислотами, в первую очередь лизином. Наименьшую имеют кукуруза и пшеница, кукуруза кроме этого бедна триптофаном. Кукуруза, овёс, пшеница обеспечены треонином немногим более 50 %. Из высокобелковых кормов наименьшую обеспеченность лизином имеют подсолнечный шрот, люпин. Люпин слабо укомплектован серосодержащими аминокислотами, треонином, горох беден триптофаном и по этой причине обеспеченная всеми аминокислотами часть его протеина («идеальный протеин») не достигает 100 %. В рапсовом жмыхе обеспеченность аминокислотами существенно выше, чем у люпина и гороха, но у него обеспеченность лизином ниже, чем другими аминокислотами, по этой причине он содержит 1,8 комплекта обеспеченного незаменимыми аминокислотами протеина. Рапсовый жмых содержит существенный избыток метионина с цистином, лейцина, изолейцина, аргинина, гистидина. Второй лимитирующей аминокислотой в нем является валин. Отсутствие его на рынке кормовых препаратов может затруднить балансирование аминокислотного состава комбикормов при максимальных нормах ввода в их состав рапсовых кормов. Необходимо подчеркнуть, что второй лимитирующей аминокислотой почти во всех кормах является треонин.

Лидером по обеспеченности «идеальным протеином» среди растительных кормов является соевый шрот, у которого первой лимитирующей аминокислотой являются серосодержащие метионин + цистин. Фактически соевый шрот содержит 2,5 комплекта «идеального протеина».

В подсолнечниковом шроте из-за пониженного содержания лизина находится только 1,5 комплекта «идеального протеина». Лучшим источником лизина является рыбная мука, содержание которого в ней может обеспечить более 5 комплектов «идеального протеина», но относительно более низкое содержание триптофана ограничивает число комплектов до 3, а треонина, фенилаланина + тирозина, гистидина – до 4.

При использовании мясо-костной муки следует обращать внимание на пониженную обеспеченность ее серосодержащими аминокислотами.

Ранжирование кормов по содержанию обеспеченной части незаменимыми аминокислотами в соответствии с «идеальным» протеином и его стоимость приведены в табл. 4.

Из местных растительных кормов по содержанию «идеального протеина» для свиней выделяется рапсовый жмых, приближающийся по этому показателю к сухому обезжиренному молоку и мясо-костной муке. Второе место занимает люпин, его широкое использование в комбикормах для свиней должно сопровождаться включением ингредиентов, богатых триптофаном. Такими кормами могут быть рапсовый жмых или другие рапсовые корма с дефицитом лизина. Обращает на себя внимание по причине дефицита триптофана невысокое содержание «идеального протеина» в зерне гороха (0,98) и люпина (1,21). Триптофан в протеине этих основных зернобобовых ингредиентов является первой лимитирующей аминокислотой.

Первой лимитирующей аминокислотой колосовых культур является лизин, а второй – треонин, в белке зерна кукурузы – лизин и триптофан соответственно.

Т а б л и ц а 4. Ранговая оценка кормов для свиней и стоимость «идеального протеина»

Вид корма	Цена 1 кг, у. е.	Содержание в 1 кг		Стоимость, у. е.		Ранговая оценка			
		сырого протеина	комплектов «идеального протеина»	1 кг протеина	1 комплекта «идеального протеина»	по содержанию сырого протеина	по содержанию «идеального протеина»	по стоимости сырого протеина	по стоимости 1 комплекта «идеального протеина»
Ячмень	0,105	110	0,44	0,955	0,239	17	15	13	13
Тритикале	0,09	115	0,45	0,783	0,200	15	14	6	9
Пшеница	0,11	105	0,37	0,917	0,297	13	16	12	15
Рожь	0,10	113	0,37	0,885	0,270	16	17	11	14
Овёс	0,09	103	0,47	0,874	0,191	18	13	9	8
Кукуруза	0,105	89	0,28	1,180	0,375	19	19	15	17
Люпин	0,25	320	1,36	0,781	0,184	9	9	5	6
Горох	0,255	218	1,10	1,170	0,232	12	11	14	12
Вика	0,17	241	0,90	0,705	0,189	10	12	4	7
Соя	0,465	358	2,01	1,299	0,231	7	6	16	11
Рапс	0,19	223	1,36	0,852	0,140	11	10	7	3
Шрот рапсовый	0,188	378	2,10	0,497	0,090	6	5	1	1
Шрот соевый	0,384	440	2,36	0,873	0,163	3	2	8	5
Шрот подсолнечный	0,241	380	1,57	0,634	0,154	5	8	2	4
Дрожжи кормовые	0,298	455	2,16	0,655	0,138	2	4	3	2
Мука рыбная	1,145	610	3,7	1,877	0,309	1	1	17	16
Мука мясо-костная	0,370	420	1,79	0,881	0,207	4	7	10	10
СОМ	2,005	333	2,22	6,04	0,903	8	3	18	18
Сыворотка сухая молочная	0,903	116	0,30	7,784	3,010	14	18	19	19

Относительный избыток лизина в горохе и люпине дает возможность при вводе в комбикорма со злаковыми культурами существенно повысить обеспеченность их лизином.

Так как второй лимитирующей аминокислотой в большинстве кормов для свиней выступает треонин, то обеспеченность комбикормов этой аминокислотой представляет серьезную проблему, и без использования его кормового препарата решить ее трудно при имеющемся в настоящее время наборе кормов.

Проведенные расчеты показали, что балансирование комбикормов для свиней по незаменимым аминокислотам в соответствии с их содержанием в «идеальном» протеине за счет местных ингредиентов потребует решить проблему дефицита первой лимитирующей аминокислоты – лизина, второй лимитирующей аминокислотой будет треонин, а третьей – триптофан. По-видимому, наиболее рационально будет использование кормовых препаратов этих аминокислот для укомплектования комбикормов «идеальным» протеином. Использование для этих целей рыбной муки и соевого шрота создает проблему дефицита серосодержащих аминокислот и треонина, несмотря на высокую ранговую оценку этих кормов.

Наименьшую стоимость как сырого, так и «идеального» протеина имеет рапсовый шрот. По стоимости сырого протеина подсолнечный шрот занимает 2-е место, но по стоимости «идеального» протеина – 4-е место.

Среди бобовых культур наряду с люпином выделяется сравнительно дешевый протеин (как сырой, так и «идеальный») у зерна вики. «Идеальный» протеин гороха из-за дефицита триптофана является самым дорогим среди бобовых культур.

Весьма привлекательны по стоимости как сырого, так и «идеального» протеина кормовые дрожжи, а также люпин. Соевый шрот, несмотря на высокое содержание сырого и «идеального» протеина, занимает 8-е и 5-е места соответственно. При существующей цене на соевое зерно стоимость его как сырого, так и «идеального» протеина довольно высокая. Также можно охарактеризовать и рыбную муку, несмотря на то, что она занимает первое место по содержанию как сырого, так и «идеального» протеина. Самая высокая стоимость протеина у молочных кормов, что дает основание минимизировать их использование в качестве источника незаменимых аминокислот для животных.

Стоимость как сырого, так и «идеального» протеина у зерна злаковых культур существенно различается в зависимости от вида. Например, тритикале и овес по стоимости сырого и «идеального» протеина занимают более высокое место, чем горох и соя. Самый дорогой протеин среди зерна злаковых культур у кукурузы, пшеницы, ржи, ячменя. Безусловно, ранговая оценка кормов по стоимости как сырого, так и «идеального» протеина зависит от уровня их содержания в кормах и рыночной стоимости кормов. Ранжирование кормов по содержанию «идеального» протеина и его стоимости позволяет выбирать и использовать при приготовлении рационов и комбикормов самые эффективные.

### **Выводы**

1. Определение уровня соответствия аминокислотного состава кормов нормам содержания незаменимых аминокислот в комбикормах для свиней позволяет дать ранговую оценку аминокислотной питательности кормов.

2. Первой лимитирующей аминокислотой в зерне злаковых культур, рапсовом и подсолнечном шротах является лизин, второй – треонин, за исключением кукурузы, у которой второй лимитирующей аминокислотой является триптофан, а у рапсового и подсолнечного шрота – лейцин.

3. Зернобобовые культуры дефицитны по триптофану, треонину, серосодержащим аминокислотам. Содержание лизина в них может хорошо восполнять его недостаток в зерне злаковых культур.

4. Самую высокую ранговую оценку по стоимости как сырого, так и «идеального» протеина среди высокобелковых кормов имеют рапсовый и подсолнечный шроты. Рыбная мука и СОМ из-за высокой цены этих кормов имеют низкую стоимостную ранговую оценку.

5. Протеин как сырой, так и «идеальный» злаковых культур по стоимости различается существенно в зависимости от их наличия в зерне. Низкой стоимостью отличается «идеальный» протеин зерна тритикале, что связано с невысокой стоимостью зерна и хорошим соотношением незаменимых аминокислот.

#### Список использованных источников

1. Попов, И. С. О белковой питательности кормов и методах ее измерения / И. С. Попов // Избр. тр. – М., 1967. – С. 167–181.
2. Шманенков, Н. А. Белково-аминокислотное питание свиней / Н. А. Шманенков, В. Ф. Каленюк, П. И. Карначев // Вест. с.-х. науки. – 1990. – №2 (401). – С. 22–26.
3. Питание свиней: теория и практика / Д. Дж. Коул; пер. с англ. Н. М. Темпера. – М., 1987. – С. 73–84.
4. Рядчиков, В. Г. Рациональное использование белка – концепция «идеального» протеина / В. Г. Рядчиков // Научные основы ведения животноводства: юб. сб. науч. тр. / Сев.-Кавказ. науч.-исслед. ин-т животноводства. – Краснодар, 1999. – С. 192–208.
5. Клеменс, М. Дж. Обеспеченность аминокислотами и их роль в синтезе белка в клетках организма животных / М. Дж. Клеменс, В. М. Пейн // Белковый обмен и питание / пер. с англ. Г. Н. Жидкобелиной [и др.]; под ред. В. Ф. Вракина, И. С. Ковальчук. – М., 1980. – С. 20–30.
6. Даниленко, И. А. Проблема аминокислотного питания сельскохозяйственных животных / И. А. Даниленко, Г. А. Богданов // Аминокислотное питание свиней и птицы / под ред. Н. Ф. Ростовцева. – М., 1968. – С. 5–42.
7. Chung, T. K. Ideal amino acid pattern for 10 kilogramm pigs / T. K. Chung, D. H. Baker // J. Anim. Sci. – 1992. – Vol. 70, N 10 – P. 3102–3111.
8. Baker, D. H. Ideal amino acid for maximal protein accretion and minimal nitrogen excretion in swine and poultry. Proceedings Cornell Nutrition. – P. 134–139.
9. Концепция идеального протеина для свиней / M. Pack [et al.] // Аминокислоты в кормлении животных: сб. обзор. и отчет. – Evonik Industries, 2008. – С. 123–128.
10. Рядчиков, В. Г. Производство и рациональное использование белка (от Т. Особрна до наших дней) / В. Г. Рядчиков // Аминокислотное питание животных и проблема белковых ресурсов. – Краснодар, 2005. – С. 17–70.
11. Нормированное кормление свиней: рекомендации / Науч.-практ. центр НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2011. – 47 с.
12. Технология промышленного свиноводства / А. И. Васильев [и др.]. – Ленинград: Колос, 1979. – 279 с.
13. Голушко, В. М. Потребность хрячков и свинок разных пород в лизине / В. М. Голушко, А. И. Фицев // Микробиологический синтез лизина / Ин-т микробиологии им. А. Кирхенштейна. – Рига, 1974. – С. 81–83.

Поступила в редакцию 17.02.2016

УДК 636.4.082.26(476)

*И. П. ШЕЙКО, Н. В. ПРИСТУПА, Р. И. ШЕЙКО, Е. А. ЯНОВИЧ, И. С. КОСКО*  
**ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА СВИНЕЙ НОВОГО ЗАВОДСКОГО ТИПА  
«ПОЛЕССКИЙ» В ПОРОДЕ ЛАНДРАС**

*Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству, Жодино, Беларусь,  
e-mail: kosko1989@km.ru*

Изучены продуктивные качества достаточно большой популяции животных породы ландрас, представлены методы создания нового заводского типа «Полесский» с высокими воспроизводительными качествами, повышенной энергией роста при низких затратах корма и хорошими мясными качествами туш.

*Ключевые слова:* свиньи, репродуктивные, откормочные и мясные качества, заводской тип, животные породы ландрас.

*I. P. SHEYKO, N. V. PRISTUPA, R. I. SHEYKO, E. A. YANOVICH, I. S. KOSKO*

**PERFORMANCE TRAITS OF PIGS OF THE NEW PLANT TYPE “POLESSKY” IN THE LANDRACE BREED**

*The Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry, Zhodino,  
Belarus, e-mail: kosko1989@km.ru*

Performance traits of quite a large population of the Landrace breed animals are studied, methods for creation of the new plant type “Polessky” with high reproductive performance and an increased growth of energy at a low feed cost and good meat traits of carcasses are presented.

*Keywords:* pigs, reproductive, fattening and meat traits, plant type, Landrace breed animals.

Для решения основной задачи отрасли свиноводства – увеличения валового производства свинины – назрела необходимость значительной корректировки существующей системы производства свинины и проведения структурных преобразований в отрасли. Опыт работы развитых свиноводческих стран и реалии положения дел в свиноводстве республики показывают, что для качественного повышения эффективности работы свиноводческих предприятий необходимо существенно преобразовать структуру ведения селекционно-племенной работы в свиноводстве, модернизировать отрасль кормопроизводства, изменить подходы в обеспечении ветеринарного благополучия хозяйств, широко внедрить прогрессивные технологии содержания животных [1, 2].

В связи с этим неотложной задачей является определение перспективных направлений развития, выработка стратегических задач по структурным преобразованиям в отрасли, решение которых позволит добиться резкого увеличения производства свинины и создать предпосылки для выхода отрасли на мировые показатели производства конкурентоспособной свинины.

Главной задачей селекционно-племенной работы в республике является обеспечение отрасли свиноводства высокопродуктивным племенным материалом, позволяющим конкурировать белорусским производителям свинины на внутреннем и внешнем рынках на основе совершенствования разводимых в республике пород свиней и создания новых высокопродуктивных и резистентных к заболеваниям пород, типов и линий свиней, способных при соответствующих условиях кормления, содержания и ветеринарной защиты при скрещивании между собой давать гарантированный эффект гетерозиса [3–5].

На основе генофонда животных зарубежной селекции, адаптированного к использованию в условиях характерного для республики крупнотоварного производства свинины, создан заводской тип в породе ландрас, который позволит расширить генеалогическую структуру данной породы и максимально использовать ее для решения задач по насыщению отечественного рынка

скоропелым, высокопродуктивным племенным молодняком, сократить импорт животных мясных пород, используемых для заключительного этапа скрещивания в республиканской системе гибридизации, а также обеспечить конкурентоспособность производимой продукции. Таким образом, комплексная оценка продуктивных качеств свиней является актуальной и представляет значительный научный и практический интерес.

Цель работы – создание новых заводских структур в породе ландрас, которые сочетали в себе высокие репродуктивные, откормочные и мясные качества.

**Объекты и методы исследований.** Работу по созданию новых прапрародительских (GGP) селекционных стад и заводского типа проводили в УП «Полесье-Агроинвест» Петриковского района, ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района, ОАО СГЦ «Заднепровский» Оршанского района на основании тематики научных исследований РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» в 2015–2016 гг. При создании нового заводского типа в породе ландрас использовали генофонд свиней породы ландрас немецкой, французской и канадской селекции.

Репродуктивные качества свиноматок оценивали по следующим показателям: многоплодие (гол.), молочность (кг), сохранность поросят (%), отъемная масса гнезда (кг).

Для изучения откормочных и мясных качеств молодняка проводили контрольный откорм животных до живой массы 95–100 кг на Заднепровской контрольно-испытательной станции по свиноводству согласно ОСТ 103–86 «Свиньи. Метод контрольного откорма». При этом учитывали следующие показатели: возраст достижения живой массы 100 кг (сут.), среднесуточный прирост за период откорма от 30 до 100 кг (г), затраты корма на 1 кг прироста за период откорма от 30 до 100 кг (к. ед.).

Кормление и содержание всех половозрастных групп свиней было нормированным и организовано в соответствии с технологией, принятой в племенных хозяйствах. Рационы сбалансированы по питательным веществам согласно рекомендациям РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству».

Материалы исследований обработаны статистически по стандартным методикам. Достоверность разницы определяли по критерию Стьюдента при трех уровнях значимости:  $P \leq 0,05$ ;  $P \leq 0,01$ ;  $P \leq 0,001$  (Е. К. Меркурьева, 1977).

**Результаты и их обсуждение.** В результате целенаправленной селекционно-племенной работы создан и апробирован в породе ландрас заводской тип «Полесский» численностью 45 гол. хряков-производителей и 300 свиноматок. Генеалогическая структура типа представлена 13 заводскими линиями: в СГЦ «Заднепровский» – Залива, Зефира, Зигзага, Замка, Звука; «Полесье-Агроинвест» – Нордиса, Франка, Эсколла, Флаушера и Лафрано; ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» – Фантома, Факира, Форбса, Фокуса.

Животные нового селекционного достижения имеют характерные конституциональные особенности, которые стойко наследуются, фенотипически консолидированы, мясного направления продуктивности, отличаются удлиненным облегченным туловищем, крепким костяком и хорошо выраженными мясными формами.

Репродуктивные качества свиноматок – основа любой технологии производства племенной и товарной продукции свиноводства. Известно, что степень наследуемости воспроизводительных качеств очень низкая ( $h^2 = 0,10$ ). По мнению многих авторов, селекция в направлении повышения многоплодия маток малоэффективна, а улучшить его можно, в первую очередь, за счет создания соответствующих условий кормления и содержания [6].

Оценка репродуктивных качеств свиноматок созданного заводского типа в породе ландрас в племенных предприятиях представлена в табл. 1. Полученные результаты свидетельствуют, что свиноматки базовых хозяйств отличались высокими показателями продуктивности: многоплодие в среднем составило 13,8 гол., молочность – 64 кг, количество голов при отъеме в 35 дней – 11,4 гол., масса гнезда при отъеме в 35 дней – 100,1 кг, что превышает требования целевого стандарта продуктивности.

Наибольший показатель многоплодия отмечался у маток ЧУП «Полесье-Агроинвест» – 14,6 гол. Несколько ниже этот показатель был у животных ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» и СГЦ «Заднепровский» – 12,6 и 12,9 гол. соответственно. Наибольшая живая масса гнезда при отъеме в 35 дней установлена у маток СГЦ «Заднепровский» – 113,4 кг. Животные этого хозяйства превышали средний показатель по другим стадам на 30,2 %.

Т а б л и ц а 1. Показатели продуктивности свиноматок заводского типа в племенных хозяйствах

Показатель	СГЦ «Заднепровский»	ГП «ЖодиноАгро ПлемяЭлита»	УП «Полесье-Агроинвест»
Количество свиноматок, гол.	50	75	175
Многоплодие, гол.	12,9±0,13	12,6±0,1	14,6±0,10
Молочность, кг	68,8±0,86	64,6±0,74	62,4±0,38
Отнято поросят, гол.	10,6±0,09	11,0±0,13	11,8±0,07
Масса гнезда в 30–35 дней, кг	113,4±1,5	90,3±1,2	100,6±0,64

Важным критерием, характеризующим хозяйственно биологические особенности животных различного происхождения, является оценка откормочных и мясных качеств молодняка. Откорм свиней представляет собой завершающую хозяйственную операцию, от успешного проведения которой зависят итоги всей работы в свиноводстве. Задача ее состоит в получении максимально-го количества свинины высокого качества наиболее экономичным путем [7].

Результаты контрольного откорма молодняка заводского типа в породе ландрас на линейном уровне (табл. 2) свидетельствуют о достаточно высоких показателях продуктивности животных всех линий. В среднем по 110 подсвинкам возраст достижения живой массы 100 кг составил 155,1 сут, среднесуточный прирост – 858 г, затраты корма на 1 кг прироста – 2,8 к. ед. По возрасту достижения живой массы 100 кг в зависимости от линейной принадлежности у животных существенных различий не выявлено. Однако наиболее скороспелыми оказались подсинки линий Залива 62751, Замок 63493 и Звук 63181, у которых возраст достижения живой массы 100 кг и среднесуточный прирост составили 150,8 сут. и 958 г, 152,3 сут. и 844 г и 152,5 сут. и 833 г соответственно.

Т а б л и ц а 2. Откормочные и мясные качества молодняка заводского типа в зависимости от линейной принадлежности в СГЦ «Заднепровский»

Линии хряков	Количество потомков	Возраст достижения живой массы 100 кг, дней	Среднесуточный прирост, г	Затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.
Залив 62445	5	155,5±2,01	943±18	2,82±0,03
Залив 62751	4	150,8±1,34	958±9	2,90±0,02
Залив 63125	7	153,7±1,74	893±6	2,84±0,01
Залив 63383	5	158,0±2,19	889±11	2,83±0,04
Залив 63769	13	159,5±0,61	894±6	2,80±0,02
<b>Залив в среднем</b>	<b>34</b>	<b>155,2±1,28</b>	<b>911±12</b>	<b>2,8±0,03</b>
Замок 63493	8	152,3±1,13	844±10	2,75±0,05
<b>Замок в среднем</b>	<b>8</b>	<b>152,3±1,13</b>	<b>844±10</b>	<b>2,75±0,05</b>
Звук 63181	6	152,5±0,81	833±3	2,79±0,04
Звук 63357	11	157,4±1,12	815±9	2,74±0,06
<b>Звук в среднем</b>	<b>17</b>	<b>154,1±1,32</b>	<b>824±5</b>	<b>2,77±0,05</b>
Зефир 63463	15	157,5±2,13	814±18	2,9±0,03
Зефир 63759	12	158,9±1,11	837±6	2,9±0,04
Зефир 63853	7	156,5±0,82	855±12	2,8±0,06
<b>Зефир в среднем</b>	<b>34</b>	<b>157,6±1,1</b>	<b>834±8</b>	<b>2,9±0,02</b>
Зигзаг 63491	11	158,4±1,17	870±7	2,8±0,03
Зигзаг 63615	6	158,2±1,23	882±11	2,8±0,01
<b>Зигзаг в среднем</b>	<b>17</b>	<b>158,3±1,12</b>	<b>875±8</b>	<b>2,8±0,01</b>
<b>В среднем по линиям</b>	<b>110</b>	<b>155,1±0,48</b>	<b>858±4</b>	<b>2,8±0,04</b>

В линии Зефира наилучшими показателями откормочной продуктивности отличались потомки Зефира 63853, возраст достижения живой массы 100 кг и среднесуточный прирост у которых составил 156,5 сут. и 855 г соответственно. В линии Зигзага достоверных отличий не выявлено. Возраст достижения живой массы 100 кг по всем потомкам этой линии составил 158,3 сут. при среднесуточном приросте 875 г. Наиболее экономичным расходом корма на 1 кг прироста отличались потомки линии Звук – 2,77 к. ед.

Мясные качества свиней являются определяющим показателем, характеризующим ценность туши опытных животных. Мясная продуктивность сельскохозяйственных животных формируется под влиянием морфофизиологических особенностей организма, наследственности и факторов внешней среды. Мясо-сальные качества, наследуемые по аддитивной схеме и имеющие высокие коэффициенты наследуемости, меньше подвержены влиянию паратипических факторов, что позволяет вести селекцию на повышение мясности у помесного молодняка рационально, используя генетические способности хряков мясных генотипов.

У животных нового заводского типа выявлен высокий уровень мясной продуктивности (табл. 3).

Так, наиболее высокими показателями мясной продуктивности в зависимости от линейной принадлежности по всем изучаемым показателям характеризовались потомки линии Замок, у которых длина туши, толщина шпика, площадь мышечного глазка, убойный выход составили 101,7 см, 8,7 мм, 46 мм, 68,9 % соответственно.

Т а б л и ц а 3. Мясные качества животных заводского типа в зависимости от линейной принадлежности в СГЦ «Заднепровский»

Линия	Количество потомков, гол.	Длина туши, см	Толщина шпика, мм	Площадь мышечного глазка, см <sup>2</sup>	Убойный выход, %
Залив	28	100,8±0,2	9,1±0,3	45,5±0,3	68,0
Замок	6	101,7±0,3	8,7±0,2	46,0±0,4	68,9
Звук	12	101,6±0,2	9,2±0,2	45,9±0,3	67,6
Зефир	30	102,0±0,1	8,8±0,2	45,9±0,2	67,2
Зигзаг	15	101,4±0,2	9,0±0,3	45,7±0,4	68,8
<b>В среднем по линиям</b>	<b>91</b>	<b>101,5±0,2</b>	<b>9,0±0,2</b>	<b>45,8±0,3</b>	<b>68,1</b>

Длина туши – один из важных показателей, характеризующих мясность. Именно от значения данного признака зависит выход наиболее ценных отрубов: корейки, грудинки и поясничной части. Значение данного показателя в среднем по стаду находилось на уровне 101,5 см.

Особое значение при оценке мясной продуктивности свиней имеет показатель «толщина шпика», так как по его величине на мясокомбинатах устанавливают категории упитанности туш, к тому же наличие жировой ткани повышает калорийность мяса, делает его нежным, ароматным. Соотношение жирных кислот определяет вкус, цвет и другие органолептические свойства мяса, а главное – его питательную ценность. Однако чрезмерное количество жира в свинине, как и в любом другом мясе, ведет к относительному уменьшению содержания белка и в конечном счете к снижению ее потребительских свойств. Более тонким шпиком (8,7, 8,8 мм) отличались животные линий Замок и Зефир, у которых толщина шпика на 0,2–0,3 мм оказалась ниже средней по стаду. Площадь «мышечного глазка» – признак, положительно коррелирующий с общим содержанием мяса в туше ( $r = 0,45$ ), имеет достаточно высокую наследуемость, что делает его исключительно важным для оценки свиней по мясности. В наших исследованиях самым высоким показателем площади поперечного сечения длиннейшей мышцы спины (46 см<sup>2</sup>) обладали животные линии Замок. У потомков других линий данный показатель находился на уровне 45,5–45,9 см<sup>2</sup>. По результатам контрольного убоя животные породы ландрас импортной селекции показали высокий убойный выход – 68,1 %.

Мясные качества свиней определяются соотношением в тушах мясной, жировой и костной ткани, качеством мяса и сала. Такой обширный комплекс показателей обусловлен наследственностью свиней, их полом, возрастом и живой массой, типом откорма и качеством кормов, длительностью и способом транспортировки свиней на перерабатывающие предприятия, а также другими факторами [8, 9].

При анализе морфологического состава туш животных заводского типа с учетом линейной принадлежности установлено, что наиболее мясными они оказались у животных линии Зефира – 67,1 %, что на 1,2 % выше среднего показателя (табл. 4). Менее осаленными оказались туши Замка и Звука – 13,2–13,7 %. Процент содержания костей и шкуры в тушах животных составил в среднем 13,2 и 6,6 % соответственно.

Т а б л и ц а 4. Морфологический состав туш молодняка заводского типа различных линий, %

Линии	<i>n</i>	Мясо	Сало	Кости	Кожа
Залив	5	65,2±0,7	14,5±0,8	13,1±0,5	7,2±0,3
Замок	5	66,1±0,5	13,2±0,9	13,4±0,3	7,3±0,3
Звук	5	65,8±0,8	13,7±0,7	13,2±0,4	7,3±0,2
Зефир	5	67,1±0,4	12,1±0,6	13,5±0,3	7,3±0,2
Зигзаг	5	65,3±0,5	14,4±0,8	13,2±0,6	7,1±0,2
<b>В среднем по линиям</b>	<b>25</b>	<b>65,9±0,5</b>	<b>13,7±0,7</b>	<b>13,2±0,4</b>	<b>7,2±0,2</b>

### Выводы

1. Учитывая достаточно большую численность свиней нового генотипа, ареал их разведения и сформированную генеалогическую структуру племенных стад, высокие воспроизводительные, откормочные и мясные качества животных, которые стойко наследуются потомством, а также высокий уровень адаптационных возможностей, стрессоустойчивости создан новый заводской тип «Полесский» в породе ландрас.

2. Свиноматки заводского типа отличаются высокими показателями репродуктивных признаков: многоплодие в среднем по трем селекционным стадам составило 13,8 поросёнка на опорос, молочность – 64 кг, количество поросят к отъему – 11,4 гол., масса гнезда к отъему в 35-дневном возрасте – 100,2 кг. Превосходство над прогнозируемыми показателями составило 9–15 %.

3. Достигнуты прогнозируемые показатели откормочных и мясных признаков у животных заводского типа. Возраст достижения живой массы 100 кг в среднем по типу составил 155 сут., среднесуточный прирост – 858 г, затраты корма на 1 кг прироста – 2,8 к. ед., толщина шпика – 9,0 мм, убойный выход – 68,1 %.

### Список использованных источников

1. Никитченко, И. Н. Адаптация, стрессы и продуктивность сельскохозяйственных животных / И. Н. Никитченко, С. И. Плященко, А. С. Зеньков. – Минск, 1988. – С. 135–197.
2. Подскребкин, Н. В. Система селекционно-генетических приемов и методов совершенствования существующих и выведения новых пород и типов свиней в условиях интенсификации свиноводства: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.02.01 / Н. В. Подскребкин. – Жодино, 2008. – 40 с.
3. Воскобойник, И. Л. Племенная работа со стадом свиней породы ландрас / И. Л. Воскобойник // Научные основы и пути повышения производства свинины в Молдавии. – Город, 1984. – С. 45–48.
4. Попков, Н. А. О вопросе целесообразности завоза мясных генотипов свиней в Республику Беларусь / Н. А. Попков, И. П. Шейко // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. – Минск, 2011. – Т. 46, ч. 1. – С. 3–7.
5. Состояние племенной работы и направления использования свиней породы ландрас в Республике Беларусь / Т. И. Епишко [и др.]. // Современные проблемы развития свиноводства: материалы 7-й междунар. науч.-произв. конф., 23–24 авг. 2000 г. – Жодино, 2000. – С. 23–25.
6. Бекенев, В. А. Пути совершенствования адаптации свиней к промышленной технологии / В. А. Бекенев // Сибир. вест. с.-х. наук. – 2004. – С. 13–15.
7. Продуктивность чистопородных и помесных маток при скрещивании с хряками белорусской мясной породы / Л. А. Федоренкова [и др.]. // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Т. 36. – С. 88–90.
8. Зеньков, А. С. Качество мяса свиней в условиях интенсивного животноводства / А. С. Зеньков, С. И. Лосьмакова. – Минск: Ураджай, 1990. – 160 с.
9. Мясные качества молодняка свиней различных генотипов / Е. С. Сытько // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. тр. – Гродно, 2005. – Т.4, ч. 3. – С. 188–190.

Поступила в редакцию 21.03.2016

УДК 639.2.052.2:639.3(476.1)

*В. Г. КОСТОУСОВ<sup>1</sup>, Б. В. АДАМОВИЧ<sup>2</sup>, Т. В. ЖУКОВА<sup>2</sup>, И. Н. СЕЛИВОНЧИК<sup>1</sup>*

## **ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РЫБОВОДНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ЭКОСИСТЕМУ ОЗЕРА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЕДЕНИЯ РЫБОЛОВНОГО ХОЗЯЙСТВА**

*<sup>1</sup>Институт рыбного хозяйства, Минск, Беларусь, e-mail: belniirh@tut.by*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: belaqualab@gmail.com*

Изучен суммарный эффект от рыбоводных мероприятий на среду обитания и общее состояние ихтиофауны озера Б. Швакшты. Проведен анализ степени воздействия методов пастбищного рыбоводства на эффективность ведения рыболовного хозяйства. Изучены влияние зарыбления растительноядными и хищными видами рыб и структурная перестройка на всех продукционных уровнях экосистемы анализируемого водоема.

*Ключевые слова:* озеро, экосистема, ихтиофауна, пастбищное рыбоводство, экономическая эффективность.

*V. G. KOSTOUSOV<sup>1</sup>, B. V. ADAMOVICH<sup>2</sup>, T. V. ZHUKOVA<sup>2</sup>, I. N. SELIVONCHIK<sup>1</sup>*

## **ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF FISH ACTIVITIES ON THE LAKE ECOSYSTEM AND EFFICIENCY OF FISHERIES**

*<sup>1</sup>The Institute of Fishery, Minsk, Belarus, e-mail: belniirh@tut.by*

*<sup>2</sup>Belorussian State University, Minsk, Belarus, e-mail: belaqualab@gmail.com*

The cumulative effect of fish activities on the habitat and state of fish fauna of the lake B. Shvakshty is studied. Conducted is the analysis of the influence of the methods of culture-based fishery on the efficiency of fishery. The influence of stocking with herbivorous and carnivorous fishes and structural changes of the ecosystem at all production levels are studied.

*Keywords:* lake, ecosystem, fish fauna, culture-based fishery, economic efficiency.

Вселение нагуливающих видов рыб прудового комплекса является одним из действенных методов повышения эффективности ведения рыболовного хозяйства на естественных водоемах. В зависимости от целей, которые ставятся при выборе направлений, эффект достигается либо через коренную реконструкцию имеющейся ихтиофауны (что достаточно трудоемко), либо через ее обогащение хозяйственно значимыми видами за счет вовлечения имеющихся ресурсов кормовой базы. В условиях озер Беларуси аборигенной ихтиофауной, как правило, наиболее полно используются ресурсы зообентоса, в меньшей степени зоопланктона, а мало используемый резерв кормов представлен преимущественно сестоном и биомассой макрофитной растительности. По этой причине при ведении рыболовного хозяйства с применением элементов пастбищного рыбоводства без предварительного снижения численности аборигенных видов лучшие результаты достигаются при использовании растительноядных рыб, практически не конкурирующих с аборигенами за корма.

Цель работы – анализ степени воздействия методов пастбищного рыбоводства (через влияние на экосистему и рыбное население макрофитного озера) на эффективность ведения рыболовного хозяйства.

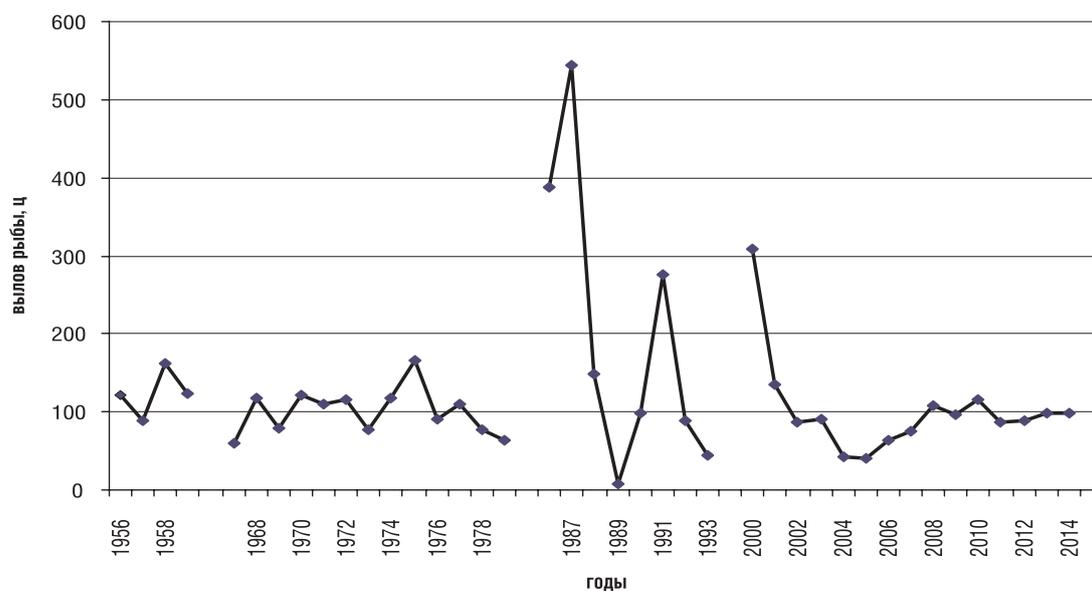
При характеристике экосистемы озера использованы данные натурных съемок 2014–2015 гг., а также материалы прежних лет наблюдений и литературные источники. Характеристики уловов и состояния рыбных ресурсов приведены на основании анализов промысловых и контрольных уловов, промысловой статистики и материалов прошлых лет наблюдений. Анализируемое озеро – Большие Швакшты, площадь водного зеркала – 956 га, расположено на территории национального парка «Нарочанский» и используется для организации промыслового и платного любительского лова. До начала проведения интенсивных рыбоводных мероприятий озеро характеризовалось как неглубокий, слабо эвтрофный, зарастающий водоем. До 80 % площади зарастания занимали по-

груженные формы макрофитов (хара, рдесты, элодея и т. п.) [1]. Рыбное население водоема представлено комплексом аборигенных видов, свойственных большинству водоемов Белорусского Поозерья, а также хозяйственно важными вселенцами. По составу ихтиофауны оз. Б. Швакшты ранее характеризовалось как плотвично-окуневое [2–4]. С 2003 по 2008 г. в целях роста рыбопродуктивности и повышения привлекательности для рыболовов-любителей в оз. Б. Швакшты произведены посадки щуки, угря, карпа, белого амура, пестрого толстолобика. Всего за указанный период в озеро посажено 130,55 тыс. годовиков и двухлеток/двухгодовиков нагуливающих рыб (без учета угря), что составило 137 экз/га, из них доля белого амура составила 58,5 %, щуки – 15,9 %.

Уже к концу 2008 г. выявлены кардинальные изменения экологической ситуации в озере под воздействием растительных рыб, которые проявились в изменении трофического статуса – озеро практически превратилось в гипертрофный водоем [5]. Зарастаемость озера погруженными макрофитами сократилась в 4 раза (практически до пояса жесткой надводной растительности). В соответствии с концепцией альтернативного устойчивого функционирования озерных экосистем [6–8], показатели качества воды, такие как прозрачность, при присутствии в озере макрофитов изменяются гораздо медленнее, чем при их отсутствии [9–12]. Прозрачность воды уменьшилась с 2,0 до 0,45 м. Содержание хлорофилла возросло на порядок и достигало 50 мкг/л. В озере наблюдается интенсивное «цветение» фитопланктона. В июне 2008 г. его биомасса достигла 28,9 мг/л, а плотность –  $2,7 \times 10^9$  кл/л. Преобладали сине-зеленые водоросли, на долю которых приходилось 98,9 % от общего числа клеток фитопланктона и 65,9 % от общей биомассы [5–13]. Средневегетационная биомасса фитопланктона в 2014 г. была высокой –  $19,3 \pm 11,2$  мг/л. На фоне развития микрофитных комплексов существенно увеличились показатели биомассы кормового зоопланктона (в среднем до 9,1 мг/л) с доминирующей ролью ветвистоусых ракообразных (55,6 и 61,5 % соответственно). Биомасса кормового зообентоса, наоборот, снизилась в 5,8 раза (до 3,4 г/м<sup>2</sup>), в основном за счет выпадения фитофильных форм. Значение пелофильных форм не претерпело существенного изменения.

Озеро всегда имело существенное рыбопромысловое значение, обеспечивая годовой вылов рыбы в пределах 8–18 т. Максимум вылова приходился на 1986–1991 гг. (54,5 т), когда интенсивность рыболовства достигла максимальной величины. В среднемноголетней динамике уловы с водоема составляли около 10 т (рисунок).

Основу промысловой ихтиомассы ранее составляли короткоциклические малоценные виды рыб: плотва (до 60 % от общего улова) и окунь (19,7 %). На долю хозяйственно ценных видов (лещ и щука) приходилось в сумме не более 14 % от общего вылова. По причине невысокой стоимости совокупного улова экономическая эффективность промыслового рыболовства была низкой.



Динамика промыслового вылова рыбы из озера Б. Швакшты

В последние годы структура получаемых уловов претерпела существенное изменение [14]. Доминантами стали два вида – лещ (в среднем 55,7 % вылова) и щука (16,2 %), а состав ихтиоценоза характеризоваться как лещево-щучье-плотвичный [15].

На этом фоне общая биомасса рыбного стада водоема уменьшилась (с 106 кг/га на конец 80-х гг. до 60 кг/га в настоящее время) преимущественно за счет перестройки ихтиоценоза в сторону более длиннопериодических видов и роста доли хищников в структуре сообщества [16, 17]. Однако соблюдение рекомендованного режима рыболовства на оз. Б. Швакшты позволяет поддерживать объем промыслового вылова на уровне среднемноголетнего (порядка 10 т в год), что позволяет рассматривать режим эксплуатации как устойчивый.

Как следствие проведенных рыболовных мероприятий, можно рассматривать изменение в структуре и качественной значимости ихтиоценоза, который фактически перешел в статус «лещевых». При этом резко сократилось количество погруженных макрофитов, ранее покрывавших площадь дна практически полностью и снижавших доступность водоема для применяемых орудий лова. Увеличение доступности дна и рост продукции зоопланктона также обеспечили новые условия жизни рыб-бентофагов, в первую очередь для леща. Рацион леща здесь до трехлетнего возраста представлен преимущественно кладоцерным зоопланктоном, тогда как в более старших возрастах – «мягким» бентосом. Таким образом, лещ занял в озере две экологические ниши – планкто- и бентофага, поскольку снижение проективного покрытия дна макрофитной растительностью увеличило доступность бентоса для этого вида. С другой стороны, рост щуки привел к увеличению ее совокупного рациона, обеспечиваемого младшими возрастными особями массовых видов, в первую очередь плотвы, что нашло отражение в некотором снижении общей рыбопродуктивности (на величину прироста рациона хищника) [16, 17].

Состояние ихтиофауны водоемов обычно оценивают по показателям рыбопродуктивности и качественного состава уловов. В этом плане воздействие рыбохозяйственной деятельности за последний период можно рассматривать с положительной и отрицательной сторон. На фоне снижения качества вод увеличилось биологическое разнообразие ихтиофауны водоемов за счет вселенцев и миграции нагуливающих видов. В структуре ихтиоценоза вместо прибрежно-зарослевых форм стали преобладать открыто-профундальные и пелагические формы, что улучшило промысловую обстановку и снизило удельные затраты на ведение рыбного промысла. Изменилась качественная значимость уловов в сторону резкого преобладания хозяйственно значимых видов. Если на конец 80-х гг. суммарная доля всех ценных промысловых видов по оз. Б. Швакшты составляла всего 16,3 %, а 83,7 % приходилось на малоценные (из них 79,7 % плотва и окунь), то в настоящее время 89,4 % уловов представлены хозяйственно значимыми «ценными» видами. Доля улова щуки, которая к 2005 г. уменьшилась до 0,9 %, за счет зарыбления увеличилась до 16–18 %, что стало одним из методов повышения рекреационной привлекательности водоема [15].

Оценка экономической эффективности может быть проведена на основании сопоставления доходов от рыболовной деятельности в периоды до и после проведения рыболовно-мелиоративных мероприятий в сопоставимых ценах. По оз. Б. Швакшты рыболовная деятельность заключается в ведении рыболовного хозяйства по двум направлениям: ведении промыслового лова в рекомендованном режиме и организации платного любительского рыболовства через реализацию различных путевок (разовых, годовых и т. п.). В табл. 1 приведены состав и величины промысловых уловов за периоды 2000–2004 гг. (до интенсивного зарыбления) и 2014–2015 гг. (после интенсивного зарыбления), а также суммарный сопоставимый доход, полученный от реализации выловленной рыбы (в расчете цен на 01.12.2015 г.). Поскольку промысловое рыболовство в настоящее время ведут в объеме годовой квоты вылова (100 ц), а до 2005 г. осуществляли без ограничения в объеме, рассчитать расходную часть (затраты на промысел) не представляется возможным. Но зная промысловую нагрузку по годам, зафиксированную в тонежных журналах (количество притонений невода и число участвующих рыболовецких бригад), можем рассчитать улов на промысловое усилие (улов на одно притонение невода), который может служить относительным показателем эффективности рыболовства. За анализируемые периоды последний уменьшился с 332 до 292 кг. Поскольку удельные затраты на одно притонение фактически изменяются мало, сопоставление данного показателя по сравниваемым периодам может служить дополнительным критерием оценки эффективности.

Т а б л и ц а 1. **Величины вылова и стоимости улова от ведения промыслового рыболовства**

Виды рыб	Средний улов, ц		Стоимость улова с НДС, тыс. руб.	
	2000–2004 гг.	2014–2015 гг.	2000–2004 гг.	2014–2015 гг.
Лещ	29,61	77,0	52409,7	136290
Щука	1,14	6,3	4480,2	24759
Окунь	5,94	3,2	11464,2	6176
Плотва	67,16	3,9	48355,2	5850
Густера	1,92	3,9	2592	5265
Карп	–	1,0	–	3330
Карась	0,06	1,0	102,6	1710
Белый амур	–	0,8	–	2720
Угорь	–	2,0	–	70000
Линь	27,0	0,03	67500	75
Сом	0,12	–	396	–
Всего	132,94	99,14	138944,7	256175

В любительском рыболовстве по отчетным данным парка за последний период имеются данные по реализации (количеству и стоимости) различных путевок. В сложившемся учете вылова подразумевается, что рыболовы изымают разрешенную суточную норму (5 кг на человека в день). Сопоставление количества реализации путевок в анализируемый (2014–2015 гг.) и в предшествующий период до проведения мероприятий по зарыблению (2000–2004 гг.) в сопоставимых ценах позволяет сделать вывод о росте привлекательности озера для любителей и увеличении доходности от данного вида деятельности. В частности, общее число реализуемых путевок снизилось на 59 %, но совокупный доход от их реализации увеличился на 95 % (табл. 2). Изучение структуры любительского вылова показало, что рост привлекательности был обеспечен, прежде всего, зарыблением карпом, амуром и щукой, что нашло отражение в увеличении реализации более дорогих, но и более выгодных долговременных путевок (годовых и трехдневных «выходного дня») по сравнению с разовыми однодневными.

Т а б л и ц а 2. **Показатели реализации путевок на любительское рыболовство**

Годы	Оценочный объем вылова, кг	Общее количество реализованных путевок, шт.	В том числе				Стоимость реализации в среднем за год, тыс. руб.
			годовые	разовые	выходного дня	льготные	
Среднее 2000–2004 гг.	12930	2580	–	1806	774	–	76110
2014 г.	4868	974	487	243	97	49	132930
2015 г.	5710	1142	571	286	228	57	160445
Среднее 2014–2015 гг.	5289	1058	530	265	210	53	148850

Таким образом, по результатам проведенных мероприятий, можно отметить следующее:

- 1) стоимость совокупного промыслового улова из-за роста доли «ценных» хозяйственно значимых видов увеличилась на 85 %;
- 2) рост доступности водоема для орудий лова сократил сроки облова, в результате чего затраты на добычу годового объема вылова рыбы снизились на 15 %;
- 3) на фоне снижения общего объема вылова отмечено некоторое снижение улова на промысловое усилие – на 12 %, но это компенсируется ростом стоимости рыбы;
- 4) реализация общего числа путевок на платное рыболовство хотя и уменьшилась более чем в 2 раза, но из-за роста привлекательности увеличилась доля реализации более дорогих годовых путевок, в результате чего доходность в сопоставимых ценах возросла практически в 2 раза.
- 5) реализация мероприятий, направленных на реконструкцию ихтиофауны, однозначно способствовала росту экономической эффективности ведения рыболовного хозяйства.

**Закключение.** Воздействие проведенных рыбоводно-мелиоративных мероприятий способствовало структурным перестройкам на всех продукционных уровнях экосистемы. Как следствие, изменилось состояние экосистемы в целом и ихтиоценоза в частности – рыбохозяйственный статус водоема изменился в сторону более экономически значимого. Интенсивное зарыбление нагуливающимися видами с использованием растительноядных рыб хотя и не привело к резкому росту промыслового вылова (вероятно за счет недостаточного учета вылова любителями), но способствовало перестройке аборигенного ихтиоценоза в пользу хозяйственно значимых видов с изменением рыбохозяйственного статуса водоема в целом. Снижение степени зарастаемости на фоне снижения прозрачности воды не привело к ухудшению условий нагула щуки, в результате данный вид занял нишу доминирующего хищника, оказывая влияние на снижение общей рыбопродуктивности. Изменение общей степени зарастаемости и направленности продукционных процессов сформировало условия для роста численности леща, который в настоящее время занял две экологические ниши, формируя основу ихтиомассы. Проведение рыбоводно-мелиоративных мероприятий способствовало структурной перестройке ихтиофауны в пользу роста стоимости получаемого улова. Количественное преобладание хозяйственно значимых видов рыб также способствовало росту рыболовного туризма в рассматриваемых рыболовных угодьях. Рост стоимости улова в сопоставимых ценах при сохранении показателей интенсивности рыболовства способен повысить рентабельность ведения рыболовного хозяйства без кардинального изменения структуры рыболовства.

### Список использованных источников

1. Озера Беларуси: справ. / Б.П. Власов [и др.]. – Минск: БГУ, 2004 – 284 с.
2. Система рационального рыбохозяйственного использования водоемов Беларуси, предусматривающая оптимальное промышленное и любительское рыболовство: справ. пособие / В.Г. Костоусов [и др.]. – Минск: Георг, 1997. – 122 с.
3. *Костоусов, В.Г.* Структура ихтиоценозов и направленность сукцессий в них на примере озер национальных парков Республики Беларусь / В.Г. Костоусов // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: материалы II междунар. науч. конф., Минск-Нарочь, 22–26 сент. 2003 г. – Минск, 2003. – С. 589–591.
4. *Костоусов, В.Г.* Состав и структура ихтиофауны водоемов национального парка «Нарочанский» / В.Г. Костоусов // Динамика биологического разнообразия фауны, проблемы и перспективы устойчивого использования и охраны животного мира Беларуси: тез. докл. IX зоол. науч. конф. – Минск, 2004. – С. 219.
5. *Остапеня, А.П.* Изменение экологической ситуации в озере Большие Швакшты и его причины / А.П. Остапеня, Т.В. Жукова // Докл. НАН Беларуси. – 2009. – Т. 53, №3. – С. 98–101.
6. Catastrophic shifts in ecosystems / M. Scheffer [et al.] // Nature. – 2001. – Vol. 413. – P. 591–596.
7. Alternative equilibria in shallow lakes / M. Scheffer [et al.] // Trends Ecol. Evol. – 1993. – Vol. 8. – P. 275–279.
8. *Scheffer, M.* Shallow lakes theory revisited: various alternative regimes driven by climate, nutrients, depth and lake size / M. Scheffer, E. H. Van Nes // Hydrobiologia. – 2007. – Vol. 584. – P.455–466.
9. *Scheffer, M.* Regime Shifts in Shallow Lakes / M. Scheffer, E. Jeppesen // Ecosystems. – 2007. – Vol. 10. – P. 1–3.
10. *Scheffer, M.* Floating plant dominance as a stable state / M. Scheffer [et al.] // Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. – 2003. – Vol. 100. – P. 4040–4045.
11. Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth / E. Jeppesen [et al.] // Hydrobiologia. – 1997. – Vol. 342/343. – P. 151–164.
12. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake / P. Schriver [et al.] // Freshwater Biology. – 1995. – Vol. 33. – P. 255–270.
13. *Адамович, Б.В.* Растительноядные рыбы как фактор изменений в экосистеме озер Малые и Большие Швакшты / Б.В. Адамович, В.Г. Костоусов, Т.В. Жукова // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века: материалы 15-й междунар. науч. конф., Минск, Беларусь, 21–22 мая 2015 г. / под ред. С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. – Минск, 2015. – С. 162.
14. *Костоусов, В.Г.* Оценка эффективности методов увеличения рыбных ресурсов / В.Г. Костоусов // Восстановление рыбных ресурсов и контроль их использования : материалы междунар. конф., Каунас, Литва, 17–18 сент. 2015 г. – Вильнюс, 2015. – С. 12–14.
15. *Костоусов, В.Г.* Оценка воздействия зарыбления на среду и ихтиофауну системы макрофитных озер / В.Г. Костоусов, Б.В. Адамович // Современные проблемы теоретической и практической ихтиологии: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Херсон, Украина, 17–19 сент. 2015 г. – Херсон, 2015. – С. 96–100.
16. *Кутаев, С.П.* Экологические основы биопроductивности озер разных природных зон / С.П. Китаев. – М.: Наука, 1984. – 207 с.
17. *Кутаев, С.П.* Ихтиомасса и рыбопродукция малых и средних озер и способы их определения / С.П. Китаев – СПб., 1994 – С. 165–169.

Поступила в редакцию 11.04.2016

## **МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА**

УДК [631.158:658.345]:[631.55:633.2/3]

*В. В. АЗАРЕНКО<sup>1</sup>, А. Л. МИСУН<sup>2</sup>, Л. В. МИСУН<sup>2</sup>, С. Н. КОРБУТ<sup>2</sup>*

### **ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА НА УБОРКЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР КАК ПОКАЗАТЕЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ**

*<sup>1</sup>Президиум НАН Беларуси, Минск, Беларусь, e-mail: azarenko@presidium.bas-net.by  
<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Беларусь,  
e-mail: LLM\_90@mail.ru*

В статье обоснован показатель безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники от профессиональной его подготовки, травмоопасности технического средства и условий труда. Предложена градация уровней безопасности труда операторов кормоуборочных комбайнов, что способствует рациональному распределению операторов за техникой и, как следствие, повышению эффективности мероприятий по охране труда.

*Ключевые слова:* условия труда, безопасность труда, профессиональная подготовка, травмоопасность технического средства.

*V. V. AZARENKO<sup>1</sup>, A. L. MISUN<sup>2</sup>, L. V. MISUN<sup>2</sup>, S. N. KORBUT<sup>2</sup>*

### **ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL SAFETY AT FODDER CROPS HARVEST AS AN INDICATOR OF THE REDUCTION OF PROFESSIONAL RISKS**

*<sup>1</sup>Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, e-mail: azarenko@presidium.bas-net.by  
<sup>2</sup>The Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus, e-mail: LLM\_90@mail.ru*

The article substantiates the indicator of occupational safety of an operator of mobile agricultural machinery depending on his professional training, injury risk of equipment, and working conditions. Proposed is the range of the levels of occupational safety of forage harvester operators, what contributes to the rational allocation of operators for equipment, and as a result, efficiency increase of the measures on labour protection.

*Keywords:* working conditions, occupational safety, vocational training, injury risk of equipment.

**Введение.** Обеспечение безопасных условий труда является приоритетной задачей в сельскохозяйственном производстве [1]. Однако в настоящее время, несмотря на принимаемые меры, некоторые технологические процессы в земледелии остаются травмоопасными. Так, согласно исследованиям [2], одним из самых травмоопасных технологических процессов производства продукции растениеводства, уровень опасности которого характеризуется как «значительный», является заготовка кормов – количество происшествий по сравнению с другими процессами составляет 25,4 %, тогда как при почвообработке, внесении удобрений и посеве – 11,9 %, уборке картофеля и корнеплодов – 8,4 %. При этом больше других подвержены травматизму операторы мобильной сельскохозяйственной техники (трактористы-машинисты; механизаторы; водители транспортных средств, задействованных на кормоуборке). Уровень опасности профессиональных рисков для этих работников является одним из самых высоких в АПК: их травматизм с тяжелым исходом составляет 55 % [2] по сравнению с другими профессиями в растениеводческой отрасли сельскохозяйственного производства.

В настоящее время используются различные методы [3–4] для оценки безопасности труда [5] операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ). В большинстве своем в них рассматривается статистическая оценка травмирования работника, позволяющая установить лишь

тенденции изменения состояния безопасности труда, что, на наш взгляд, является промежуточной задачей. Кроме того, применение таких методов довольно трудоемко и имеет свои особенности, связанные с определением безразмерных частных оценок условий труда. Наиболее приемлемым, на наш взгляд, для оценки безопасности труда должно быть определение количества возможных опасных ситуаций по вероятности нахождения работника в опасной зоне.

Цель работы – обоснование показателя безопасности труда операторов МСХТ в зависимости от профессиональной их подготовки, травмоопасности технического средства и условий труда.

**Материалы и методы исследования.** Наблюдения за работой кормоуборочных комбайнов (22 ед. техники) проводили в агропредприятиях Минского, Пуховичского, Миорского и Мядельского районов 2014–2015 гг. Фиксировали временные показатели работы комбайнов, их технологические и эксплуатационные отказы, а также простои по причинам «оператора» (комбайнера, водителя транспортных средств), «комбайна», «производственной среды», «транспорта».

Для проведения оценки важнейшего фактора безопасности труда – профессиональной подготовки оператора МСХТ ( $Y_{п.п}$ ) – анализировали наличие специального образования у оператора, стаж практической работы и его возраст [6]. Этот показатель корректировали с учетом результатов тестирования («тест механической понятливости Беннета»), определяли уровень развития общетехнических способностей (число правильных ответов): очень низкий – меньше 26; низкий – 27–32; средний – 33–38; высокий – 39–47; очень высокий – больше 48.

Условно было выделено три уровня профессиональной подготовки операторов МСХТ: «высокий» ( $Y_{п.п} = 1,0-0,7$ ); «средний» ( $Y_{п.п} = 0,69-0,35$ ) и «низкий» ( $Y_{п.п} < 0,35$ ). Балльная оценка уровней профессиональной подготовки операторов МСХТ представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Оценка профессиональной подготовки операторов МСХТ

Уровень профессиональной подготовки	Значения фактора «профессиональная подготовка оператора МСХТ» ( $Y_{п.п}$ )	Оценка, баллы
Высокий	0,70–1,00	4,25–5,00
Средний	0,35–0,69	3,40–4,24
Низкий	< 0,35	< 3,40

Безопасность труда оператора МСХТ зависит и от уровня травмоопасности используемого технического средства, его ремонтпригодности и безотказности, которые можно охарактеризовать таким параметром, как приведенная плотность потока отказов и восстановлений ( $P_T$ ). При этом к первому уровню по травмоопасности относили технические средства, у которых  $P_T$  был не более 0,150; второй уровень – при  $P_T = 0,151-0,200$ , третий – при  $P_T = 0,200-0,400$ . Оценочная шкала уровней травмоопасности технических средств приведена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Оценка травмоопасности технического средства

Уровень травмоопасности технического средства	Значения фактора «травмоопасность технического средства» ( $P_T$ )	Оценка, баллы
Высокий	0,150–0,100 и менее	4,67–5,00
Средний	0,199–0,151	4,34–4,66
Низкий	0,200–0,400 и более	4,33–3,00 и менее

Что же касается фактора «условия труда на рабочем месте», то следует отметить, что он оценивался соответствующими классами ( $K_{у.т}$ ) согласно результатам аттестации рабочих мест: первому классу соответствовали оптимальные условия труда; второму классу – допустимые условия труда. В целом первый и второй классы представляют собой безопасные условия труда. Третий класс – вредные условия труда. Он подразделяется на четыре степени и обычно обозначается «3.1»; «3.2»; «3.3» и «3.4»: чем выше степень третьего класса, тем хуже условия труда на рабочем месте из-за более значительных отклонений показателей опасных и вредных фак-

торов производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов. Такие отклонения отрицательно влияют на организм человека, в том числе ухудшают его внимание, способствуют быстрой утомляемости и т. д. В конечном итоге это приводит к снижению безопасности труда. Когда показатели опасных и вредных факторов производственной среды таковы, что создают угрозу для жизни работника, то условия труда считаются опасными (экстремальными) и относятся к четвертому классу ( $K_{y,t}$  «4»). Рабочие места с  $K_{y,t}$  «4», как правило, требуют ликвидации. При сопоставлении классов условий труда имеет смысл объединить условия труда с  $K_{y,t}$  «2» (допустимые уровни труда) и  $K_{y,t}$  «3.1», так как условия труда с  $K_{y,t}$  «3.1» отличаются от допустимых условий незначительным отклонением показателей опасных и вредных факторов производственной среды от нормативных значений. Аналогично поступили, объединив степени класса условий труда «3.2», «3.3» и «3.4» (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Оценка условий труда на рабочем месте оператора МСХТ

Уровень состояния условий труда	Классе условий труда	Оценка фактора «условий труда на рабочем месте оператора МСХТ» ( $K_{y,t}$ ), баллы
Высокий	«1», «2» и «3.1»	3,70–5,00
Средний (вредоносный)	«3.2», «3.3» и «3.4»	2,40–3,69
Низкий (опасный)	«4»	< 2,40

**Результаты и их обсуждение.** Безотказно работающих машин и механизмов практически не существует, и при возникновении отказа в работе любого технического средства необходимо немедленное вмешательство оператора мобильной сельскохозяйственной техники, выполнение им функций управления. Это требует от него большой ответственности, так как от правильности, своевременности, безошибочности и эффективности его действий зависит безопасность и эффективность функционирования управляемой им системы, сохранность оборудования и жизни людей. Залогом успешной работы оператора МСХТ служит доскональное знание технологического процесса, требований производственной эксплуатации технического средства и техники безопасности, т. е. все то, что называется высоким техническим интеллектом. Это позволяет оператору предупреждать возникновение аварийной ситуации, правильно выделить из множества различных отклонений наиболее существенное и выбирать оптимальный режим работы [7–8].

Количественное определение изучаемых факторов профессиональной подготовки операторов МСХТ, травмоопасности технического средства и условий труда на рабочем месте осуществляли по вышеприведенной методике.

При этом высокий уровень профессиональной подготовки оператора МСХТ ( $Y_{п.п}$ ), способствующий безопасно выполнять управленческие воздействия на изменения в технологическом процессе ( $\rho_v$ ) с наименьшими затратами времени ( $t$ ) на эти воздействия ( $t$  рассчитывается как отношение фактического времени к среднему его значению), записывается следующим образом [9]:

$$Y_{п.п}(\rho_v, t) = ae^{bt}\rho_v^c, \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – параметры зависимости.

Для расчета показателя  $\rho_v$  использовали зависимость, полученную по данным ГУО «Белорусский республиканский учебный центр» [6]:

$$\rho_v = 4,00 + 0,50X_1 + 0,25X_2, \quad (2)$$

где  $X_1$  – образование оператора МСХТ (среднее специальное; среднее; базовое);  $X_2$  – стаж практической работы оператора МСХТ (до 5 лет; 5 лет и более).

Обработка статистических данных показала незначимость фактора «возраст обучающего оператора МСХТ». Также установлено [6], что наилучший результат ожидается у операторов МСХТ со средним специальным и средним образованием и стажем работы 5 лет и более. Уточнение значения показателя  $\rho_v$  осуществляли на рабочих местах по результатам тестирования операторов (тест «механической понятливости Беннета») посредством введения поправочного

коэффициента ( $K_6$ ). Для операторов МСХТ с «высоким уровнем развития общетехнических способностей»  $K_6 = 0,2$ , со средним и низким – значение  $K_6$  принималось равным 0,16 и 0,13 соответственно. Для проведения дальнейших исследований были установлены следующие диапазоны варьирования  $\rho_v$  и  $t$ : показатель  $\rho_v$  изменялся от 0,42 (низкий уровень выполнения управленческих воздействий) до 1,0 (очень высокий уровень), показатель  $t$  – от 1,0 до 1,5.

Значения параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  (формула (1)) определяли с учетом принятых ограничений ( $P_{п.п} = 1,0$ ,  $\rho_v = 1,0$ ,  $t = 1,0$ ;  $P_{п.п} = 0,7$ ,  $\rho_v = 0,5$ ,  $t = 1,0$ ;  $P_{п.п} = 0,35$ ,  $\rho_v = 0,42$ ,  $t = 1,5$ ) из системы уравнений:

$$\begin{cases} 1,0 = ae^{b1,0}1,0^c; \\ 0,7 = ae^{b1,0}0,5^c; \\ 0,35 = ae^{b1,5}0,42^c. \end{cases} \quad (3)$$

Прделав соответствующие преобразования, система уравнений (3) приняла следующий вид:

$$\begin{cases} 1,0 = ae^b; \\ 0,7 = 0,5^c; \\ 0,35 = e^{b0,5}0,42^c. \end{cases} \quad (4)$$

Из второго уравнения системы (4) находили значение параметра  $c$ :

$$c = \frac{\ln 0,7}{\ln 0,5} = \frac{-0,357}{-0,693} = 0,515.$$

Подставив значение параметра  $c$  в третье уравнение системы (4), определили  $b$ :

$$0,35 = e^{0,5b}0,42^{0,515},$$

откуда

$$b = \frac{\ln 0,547}{0,5} = -\frac{0,603}{0,5} = -1,206.$$

Значение параметра  $a$  находили из первого уравнения системы (4):

$$a = \frac{1}{e^{-1,206}} = \frac{1}{0,299} = 3,344.$$

Подставив значения параметров  $a$ ,  $b$  и  $c$  в формулу (4), получили выражение для определения уровня профессиональной подготовки оператора МСХТ:

$$Y_{п.п} = 3,344e^{-1,206t}\rho_v^{0,515}. \quad (5)$$

Для исследования влияния перечисленных факторов –  $Y_{п.п}$ ,  $P_t$  и  $K_{y.t}$  на безопасность труда операторов МСХТ нами была предпринята рандомизация, которая выражалась в том, что выборка из 22 операторов МСХТ подбиралась случайным образом, чтобы их стаж и возраст находились в интервалах 3–30 и 19–50 лет соответственно. В качестве параметра оптимизации  $Y$  был выбран параметр, характеризующий безопасность труда оператора МСХТ, который определяли как среднее арифметическое экспертных оценок. При субъективной оценке эксперты учитывали и технический интеллект оператора, и производственные показатели, и дисциплину труда, и число нарушений разного вида за последние 2–3 года, т. е. все, что в конечном итоге определяет профессионализм, успешность, надежность и безопасность труда. В качестве экспертов выступали главный инженер, заведующий мастерскими и инженер по охране труда. В арсенале экспертов были 7 оценок: 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5, так как более подробная градация оценок затруднительна на практике. Результаты оценки безопасности труда оператора МСХТ в зависимости от профессиональной его подготовки, травмоопасности технического средства и условий труда на рабочем месте приведены в табл. 4, в этой же таблице приведены рассчитанные значения выборочных средних  $Y_j$  в каждом опыте ( $Y_j = 1-22$ ).

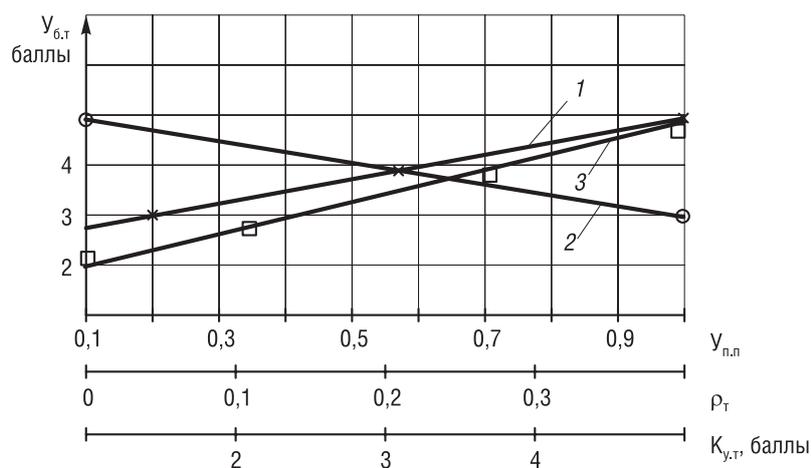
Т а б л и ц а 4. Оценка безопасности труда оператора МСХТ

Номер оператора	Фактор, баллы			Значение параметра безопасности труда ( $Y_{б.т.}$ )			
	профессиональная подготовка, $Y_{п.п.}$	травмоопасность технического средства, $P_T$	условия труда на рабочем месте, $K_{y.т.}$	$Y_{j_1}$	$Y_{j_2}$	$Y_{j_3}$	$\bar{Y}$
1	3,7	4,6	3,9	3,5	4,0	3,5	3,67
2	3,3	4,7	3,7	4,0	4,0	4,5	4,17
3	3,5	4,5	3,6	3,5	3,5	4,0	3,67
4	4,8	4,9	4,5	4,5	4,5	5,0	4,67
5	4,7	4,0	2,8	3,5	4,0	3,5	3,67
6	3,2	4,3	3,2	3,5	3,0	3,5	3,33
7	3,3	4,4	3,1	3,5	4,0	4,0	3,83
8	3,6	4,0	3,3	3,5	3,0	3,5	3,33
9	4,1	4,8	4,0	4,5	4,0	4,5	4,33
10	4,0	4,9	3,8	4,0	4,0	4,5	4,17
11	3,4	4,8	3,6	4,0	4,0	4,5	4,17
12	4,2	4,5	4,0	4,5	4,0	4,5	4,33
13	4,3	4,3	3,8	4,0	4,0	3,5	3,83
14	4,4	4,6	3,9	4,5	4,0	4,5	4,33
15	3,9	4,7	3,7	4,0	3,5	4,0	3,83
16	3,6	4,6	3,5	4,0	4,0	4,5	4,17
17	3,4	4,4	3,4	3,5	3,5	4,0	3,67
18	3,8	4,2	2,8	4,0	4,0	3,5	3,83
19	3,5	4,6	3,0	3,5	3,5	4,0	3,67
20	3,7	3,8	3,7	3,5	4,0	4,0	3,83
21	4,1	4,0	3,9	4,5	4,0	4,0	4,17
22	4,2	4,3	4,1	4,5	4,5	4,0	4,33

Предварительными исследованиями выявлены наиболее существенные факторы, влияющие на рассматриваемый процесс (рисунок), уровни и интервалы их варьирования (табл. 5).

Моделирование безопасности труда операторов МСХТ в зависимости от выбранных факторов целесообразно начинать с линейной модели (число факторов  $k = 3$ ):

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3. \quad (6)$$



Зависимость безопасности труда ( $Y_{б.т.}$ ) оператора МСХТ от: 1 – профессиональной подготовки  $Y_{п.п.}$ ; 2 – травмоопасности технического средства  $P_T$ ; 3 – условий труда на рабочем месте  $K_{y.т.}$

Т а б л и ц а 5. **Наименование факторов, уровни и интервалы их варьирования для изучения безопасности труда операторов МСХТ**

Показатель	Профессиональная подготовка, $Y_{п.п.}$	Травмоопасность технического средства, $P_T$	Условия труда на рабочем месте, $K_{y.t.}$
Основной уровень $x_{r0}, r = 1, 2, 3$	4,0	4,0	3,5
Интервал варьирования $\Delta x_r, r = 1, 2, 3$	1,0	1,0	1,5
Верхний уровень, $x_r = +1, r = 1, 2, 3$	5,0	5,0	5,0
Нижний уровень, $x_r = -1, r = 1, 2, 3$	3,0	3,0	3,0
Формула перевода натуральных значений факторов в нормированные и обратно	$X_1 = Y_{п.п.} - 4,0$ $Y_{п.п.} = 4,0 + X_1$	$X_2 = P_T - 4,0$ $P_T = 4,0 + X_2$	$X_3 = \frac{K_{y.t.} - 3,5}{1,5}$ $K_{y.t.} = 3,5 + 1,5X_3$

План эксперимента представлен в табл. 6 как неортогональный, так как  $\sum_{\substack{j=1 \\ r < s}}^{22} X_{rj} X_{sj} \neq 0$ ,  $r, s = 1, 2, 3$  [10]. Это означает, что варьируемые факторы в той или иной степени являются зависимыми. Математически это утверждение формулируется следующим образом: между тремя факторами существует корреляционная связь, которая лишает вектор-столбцы факторов ортогональности. Если множественная корреляция между факторами  $X_1, X_2, X_3$  с доверительной вероятностью 95 % будет статистически значимой, тогда построение уравнения регрессии (6) в таком виде станет невозможно. В этом случае один из факторов придется исключить. Поэтому прежде чем рассчитывать коэффициенты уравнения регрессии (6), были найдены коэффициенты парной корреляции  $R(X_r, X_s)$ , которые проверили на статистическую значимость. Коэффициенты парной корреляции рассчитывали по уравнению (7):

$$R(X_r, X_s) = \frac{\sum_{\substack{j=1 \\ r < s}}^{22} (X_{rj} - \bar{X}_r)(X_{sj} - \bar{X}_s)}{\sum_{j=1}^{22} (X_{rj} - \bar{X}_r)^2 \cdot \sum_{j=1}^{22} (X_{sj} - \bar{X}_s)^2}, \quad (7)$$

где  $\bar{X}_1 = \frac{\sum_{j=1}^{22} X_{1j}}{22} = -0,005$ ;  $\bar{X}_2 = \frac{\sum_{j=1}^{22} X_{2j}}{22} = 0,083$ ;  $\bar{X}_3 = \frac{\sum_{j=1}^{22} X_{3j}}{22} = 0,217$ ,  $\sum_{j=1}^{22} (X_{1j} - \bar{X}_1)^2 = 5,713$ ;  
 $\sum_{j=1}^{22} (X_{2j} - \bar{X}_2)^2 = 5,141$ ;  $\sum_{j=1}^{22} (X_{3j} - \bar{X}_3)^2 = 4,905$ .

Воспользовавшись рассчитанными средними значениями факторов и суммой их квадратов, определяли коэффициенты парной корреляции факторов:

$$R(X_1, X_2) = 0,179; R(X_1, X_3) = 0,317; R(X_2, X_3) = 0,273.$$

Наличие статистически значимой корреляционной зависимости рассматривали по критерию Стьюдента. Установлено, что парные коэффициенты корреляции факторов  $X_1, X_2, X_3$  статистически незначимы, поэтому зависимость выбранного параметра оптимизации  $Y$  от всех трех факторов корректна. Коэффициенты уравнения регрессии первого порядка (6) были найдены путем решения системы 4 линейных уравнений с 4 неизвестными, составленной методом наименьших квадратов. В результате получено следующее уравнение:

$$Y = 3,56 + 0,48X_1 + 0,57X_2 + 0,39X_3. \quad (8)$$

Статистическая обработка результатов эксперимента показала, что все 22 выборочные дисперсии  $S_j^2$  ( $j = 1, \dots, 22$ ) однородны по критерию Кохрена. Трехкратное дублирование каждого опыта ( $n = 3$ ) с учетом однородности всех выборочных дисперсий позволило рассчитать дисперсию воспроизводимости ( $S_{воспр}^2$ ) и число ее степеней свободы ( $f_{воспр}$ ), доверительные интервалы коэффициентов уравнения регрессии  $\Delta b_0, \Delta b_1, \Delta b_2, \Delta b_3$  по критерию Стьюдента. Обработка

экспериментальных данных позволила установить, что все рассчитанные коэффициенты уравнения регрессии значимы, так как для всех коэффициентов выполнялось неравенство:

$$\Delta b_r < |b_r|, r = 0, 1, 2, 3. \quad (9)$$

Полученное уравнение регрессии (8) проверяли на адекватность по критерию Фишера. Дисперсия адекватности ( $S_{ал.}^2$ ) и ее число степеней свободы ( $f_{ал.}$ ) равны

$$S_{ал.}^2 = \frac{n\varphi}{N-B} = \frac{3 \cdot 0,709}{22-4} = 0,134, f_{ал.} = N-B = 18, \quad (10)$$

где  $\varphi = \sum_{j=1}^{22} (\bar{Y}_j - Y_j^p)^2 = 0,803$  – остаточная сумма квадратов,  $B = 4$  – число значимых коэффициентов уравнения регрессии.

Линейное уравнение регрессии (8) с доверительной вероятностью 95 % адекватно по критерию Фишера, так как  $F_3 = 1,599 < 1,904 = F_{18;44;0,95}$  [10]:

$$F_3 = \frac{S_{ал.}^2}{S_{воспр.}^2} = \frac{0,134}{8,38 \cdot 10^{-2}} = 1,599, \text{ так как } S_{ал.}^2 > S_{воспр.}^2, \quad (11)$$

где  $F_{(N-B); N(n-1); p} = F_{18;44;0,95} = 2,371$  – табличное значение критерия Фишера при числе степеней свободы в числителе  $f_{числ} = N-B = 16$ , знаменателе  $f_{знам} = N(n-1) = 44$  и доверительной вероятности  $p = 0,95$ .

Отметим, что парные коэффициенты корреляции факторов статистически незначимы, поэтому уравнение регрессии (8) содержит все три фактора, но все-таки эти факторы неортогональны, следовательно:

$$S^2(b_1 X_1 + b_2 X_2) = X_1^2 S^2(b_1) + X_2^2 S^2(b_2) + 2X_1 X_2 R(X_1, X_2) S(b_1) S(b_2), \quad (12)$$

тогда как для ортогональных факторов  $X_1, X_2, X_3$  уравнение (12) имело бы следующий вид:

$$S^2(b_1 X_1 + b_2 X_2) = X_1^2 S^2(b_1) + X_2^2 S^2(b_2). \quad (13)$$

С учетом различия уравнений (12) и (13) уточненный расчет доверительных интервалов коэффициентов уравнения регрессии  $\Delta b_0, \Delta b_1, \Delta b_2, \Delta b_3$  дает несколько большие величины:

$$\Delta b_0 = 0,07; \Delta b_1 = 0,13; \Delta b_2 = 0,15; \Delta b_3 = 0,16. \quad (14)$$

Сравнительный анализ результатов вычислений позволяет утверждать, что все коэффициенты уравнения регрессии (8) значимы, даже после их незначительной неортогональности.

Уравнение регрессии для прогнозирования показателя безопасности труда операторов МСХТ ( $Y_{б.т.}$ ) в натуральных значениях факторов (см. табл. 5) имеет следующий вид:

$$Y_{б.т.} = 0,48 Y_{п.п.} + 0,57 \rho_{т.} + 0,26 K_{y.т.} - 1,55. \quad (15)$$

Ожидаемая оценка показателя безопасности труда оператора МСХТ приведена в табл. 6.

Т а б л и ц а 6. Ожидаемая оценка показателя безопасности труда операторов МСХТ, баллы

Уровень безопасности труда операторов МСХТ	Значение показателя безопасности труда	Профессиональная подготовка, $Y_{п.п.}$	Травмоопасность технического средства, $\rho_{т.}$	Условия труда на рабочем месте, $K_{y.т.}$
Высокий	$4,11 \leq Y_{б.т.} \leq 5,00$	$4,25 \leq Y_{п.п.} \leq 5,00$	$4,67 \leq \rho_{т.} \leq 5,00$	$3,70 \leq K_{y.т.} \leq 5,00$
Средний	$3,17 \leq Y_{б.т.} < 4,11$	$3,40 \leq Y_{п.п.} < 4,25$	$4,34 \leq \rho_{т.} < 4,67$	$2,40 \leq K_{y.т.} < 3,70$
Низкий	$2,12 \leq Y_{б.т.} < 3,17$	$3,00 \leq Y_{п.п.} < 3,40$	$3,00 \leq \rho_{т.} < 4,34$	$2,00 \leq K_{y.т.} < 2,40$

Для анализа каждой составляющей уравнения (15) на показатель безопасности труда ( $Y_{б.т.}$ ) рассмотрим возможные варианты, при этом условно весомость баллов принята одинаковой [11]. Найдем среднее значение ( $D_{cp}$ ), характеризующее общий уровень безопасности труда оператора МСХТ, и проанализируем полученное значение с учетом данных табл. 2–4:

$$D_{cp} = \frac{Y_{п.п.} + \rho_{т.} + K_{y.т.}}{3}. \quad (16)$$

Наилучший результат будет при  $D_{cp} = 5$  ( $Y_{п.п} = 5$ ;  $\rho_t = 5$  и  $K_{y.t} = 5$ ), т. е. при «высоком» уровне профессиональной подготовки оператора, допустимых (или почти допустимых) условиях труда и низкой травмоопасности технического средства. Поэтому такое состояние при  $D_{cp} = 5$  баллам можно обозначить как исключительное и назвать «наивысшим уровнем безопасности труда». «Недопустимый уровень безопасности труда» возможен, когда при любых значениях факторов  $Y_{п.п}$  и  $\rho_t K_{y.t}$  относится к 4-му классу условий труда. В таких ситуациях рабочие места подлежат ликвидации. «Высокий уровень безопасности труда» может наблюдаться при профессиональной подготовке оператора  $Y_{п.п} = 3,40-4,25$  балла и когда условия труда соответствуют классам «2» и «3.1». С другой стороны, «высокий уровень безопасности труда» оператора может быть и в том случае, если  $K_{y.t} - \langle 3.2 \rangle, \langle 3.3 \rangle$  и «3.4», уровень профессиональной подготовки оператора – «высокий», травмоопасность «низкая». Тогда, с учетом выражения (16), для этих двух вариантов значение  $D_{cp} = 4,67$ . «Средний уровень безопасности труда» имеет место, если даже низкий уровень профессиональной подготовки оператора МСХТ, но  $\rho_t = 5,0-3,4$  балла,  $K_{y.t} \langle 2 \rangle$  или «3.1». Также к «среднему уровню безопасности труда» оператора МСХТ можно отнести, когда «средний уровень профессиональной подготовки оператора», условия труда класса «3.2», «3.3» и «3.4» и  $\rho_t = 5,0-4,67$ . Значение  $D_{cp}$  для двух этих вариантов равно 4,0. «Низкий уровень безопасности труда» – это когда  $\rho_t = 3,0-4,34$ ,  $Y_{п.п} = 3,17-2,12$  и вредные условия труда ( $K_{y.t} \langle 3.2 \rangle, \langle 3.3 \rangle, \langle 3.4 \rangle$ ), при этом величина  $D_{cp} = 3,3$  балла.

**Заключение.** Результаты исследований позволили получить уравнение регрессии для прогнозирования показателя безопасности труда операторов МСХТ в зависимости от профессиональной их подготовки, травмоопасности технического средства и условий труда. Установлены варианты, при которых рассматриваемый показатель отвечает «высокому» уровню безопасности труда (расчетный показатель 5,0–4,11 балла), а также опасные условия производственной деятельности, свойственные 4-му классу согласно гигиенической классификации условий труда (расчетный показатель – 3,17–2,12 балла). Для устранения возможности проявления такой ситуации рекомендуется приостановить эксплуатацию техники до устранения травмоопасных причин, а оператора МСХТ, как «условно пригодного» [6] работника, рекомендуется на некоторое время перевести на выполнение менее сложной работы с соответствующими дополнительным обучением.

### Список использованных источников

1. Система управления охраной труда. Требования: СТБ 18001–2009. – Минск: Госстандарт, 2009. – 17 с.
2. Пиуновский, И. И. Травматизм работников сельхозпредприятий при производстве продукции растениеводства / И. И. Пиуновский, А. В. Молош // Охрана труда. Сельское хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 91–97.
3. Статистический анализ показателей травматизма в сельскохозяйственных подразделениях / Г. Н. Копылов [и др.] // Пути обеспечения безопасности и средства электромеханизации в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. ЛСХИ. – Л., 1999. – С. 28–41.
4. Ильященко, А. А. Способ оценки состояния охраны труда на предприятиях с применением ЭВМ / А. А. Ильященко, В. В. Бедарев // Пути обеспечения безопасности жизнедеятельности в АПК: сб. науч. тр. ЛГАУ. – Л., 1991. – С. 37–40.
5. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков: ГОСТ Р 12.0.010–2009. – М.: Госстандарт, 2009. – 28 с.
6. Мисун, Л. В. Профессиональная успешность и безопасность операторов мобильной сельскохозяйственной техники: психофизиологический отбор и прогнозирование / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина. – Минск: БГАТУ, 2013. – 184 с.
7. Мисун, А. Л. Прогнозируемая травмоопасность при восстановлении работоспособности кормоуборочных комбайнов / А. Л. Мисун // Вест. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – С. 179–185.
8. Азаренко, В. В. Исследование причин и условий возникновения опасной ситуации в процессе уборки комовых культур / В. В. Азаренко, А. Л. Мисун // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 4. – С. 105–113.
9. Аверьянов, Ю. И. Повышение безопасности человека-оператора при управлении мобильными сельскохозяйственными машинами / Ю. И. Аверьянов, К. В. Глемба, С. Ю. Попов // Вест. Челябин. гос. агр. ун-та. – 2002. – Т. 37. – С. 101–104.
10. Леонов, А. Н. Основы научных исследований и моделирования / А. Н. Леонов, М. М. Дечко, В. Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.
11. Богданов, А. В. Улучшение условий и охраны труда на основе использования оценочных показателей уровня безопасности работников / А. В. Богданов // Безопасность жизнедеятельности. – 2007. – № 12. – С. 2–3.

Поступила в редакцию 04.04.2016

УДК 637.116:[637.1:339.137]

*В. И. ПЕРЕДНЯ<sup>1</sup>, Ю. А. БАШКО<sup>1</sup>, А. Ю. БАШКО<sup>2</sup>*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОГО МОЛОКА**

<sup>1</sup>*Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, Минск, Беларусь,  
e-mail: belagromech@tut.by*

<sup>2</sup>*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, Минск, Беларусь,  
e-mail: bashkoay@mail.ru*

Рассмотрены способы содержания животных на молочных фермах, дана оценка каждому из них. Показана необходимость переоснащения существующих молочно-товарных ферм, поскольку традиционные системы машин и оборудования не могут обеспечить получение конкурентной продукции. Проанализированы варианты эффективно-го использования современного доильного оборудования. Результаты исследований позволяют определить направления по снижению себестоимости процесса доения коров и, следовательно, направления перспективных научно-технических работ по совершенствованию доильных установок.

*Ключевые слова:* доильное оборудование, технологический процесс, подготовительные операции, доение, молоко, стоимость, качество, конкурентоспособность.

*V. I. PEREDNYA<sup>1</sup>, Yu. A. BASHKO<sup>1</sup>, A. Yu. BASHKO<sup>2</sup>*

### **EFFECTIVE USE OF MILKING EQUIPMENT FOR PRODUCTION OF COMPETITIVE MILK**

<sup>1</sup>*The Research and Practical Centre of the National Academy of Sciences of Belarus for Agriculture Mechanization,  
Minsk, Belarus, e-mail:belagromech@tut.by*

<sup>2</sup>*The Institute of System Research in Agro-Industrial Complex of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk,  
Belarus, e-mail: bashkoay@mail.ru*

The paper deals with the ways of livestock maintenance at dairy farms and the assessment of these ways. It's shown that it's necessary to modernize the existing dairy farms as traditional systems of machines and equipment can't ensure the production of competitive products. Different variants of the efficient use of modern milking equipment are analyzed. The results of the research enable to determine the directions for reducing the cost price of milking operations, and consequently the directions of scientific and technological work on the improvement of milking machines.

*Keywords:* milking equipment, technological process, preparatory operations, milking operation, milk, cost, quality, competitiveness.

Среди отраслей продуктивного животноводства молочное скотоводство занимает первое место. В Республике Беларусь на эту отрасль приходится более 50 % всех затрат труда и основных фондов. Основное количество молока пока производится на действующих фермах, построенных по типовым и индивидуальным проектам. В условиях развивающихся рыночных отношений в экономике весьма важным является повышение продуктивности молочного скота и получение качественного, конкурентоспособного молока.

Главным экономически выгодным путем развития молочного скотоводства является максимальное использование как биологического потенциала животных, так и технических возможностей молочных ферм [1]. Обеспечение высоких темпов роста объемов продукции и подъем на качественно новый уровень экономики молочного скотоводства возможны лишь на основе повышенного перехода к интенсивным методам производства.

Для широкого внедрения средств механизации и автоматизации производственных процессов наряду со строительством новых современных ферм следует осуществлять реконструкцию

и техническое переоснащение существующих ферм, поскольку при этом сокращаются первоначальные капиталовложения – более чем в 2 раза [2].

Наши исследования показывают, что при строительстве новых и реконструкции существующих ферм в области технологического и технического оснащения ферм на современном этапе возможны два принципиально отличительных подхода: человек управляет кормлением и доением; корова управляет кормлением и доением. Снижение вмешательства человека в эти процессы, по мнению большинства специалистов, – главный признак прогресса.

Большое влияние на технологию производства молока оказывает способ содержания животных: привязное и беспривязное. К первому направлению можно полностью отнести привязное содержание, когда человек управляет процессом. Привязное содержание обеспечивает благоприятные условия для индивидуального кормления и обслуживания каждой коровы в соответствии с ее продуктивностью и физиологическими особенностями, что позволяет получить большую продуктивность. Наряду с положительными сторонами привязное содержание имеет и ряд недостатков, таких как низкая производительность труда, что приводит к большим затратам труда. В большинстве хозяйств нагрузка на одного работающего на ферме не превышает 12–14 гол. [3].

Ко второму направлению следует отнести беспривязное содержание животных, которое позволяет резко уменьшить общие годовые затраты труда за счет автоматизации и роботизации технологических процессов. Зарубежный опыт и практика многих хозяйств нашей страны свидетельствуют, что при создании необходимых условий для животных можно добиться высоких положительных результатов при беспривязном содержании.

В сложившихся хозяйственных условиях, когда подобрана порода коров, определен способ содержания, установлен рацион кормления и т.д., возрастает роль механизации и автоматизации технологических процессов в получении качественного и конкурентоспособного молока.

В условиях рыночной экономики основная цель производственной деятельности любого предприятия – получение высококачественной продукции с минимальной себестоимостью. Стоимость производимого на фермах молока и его качество зависят от многих факторов, что можно видеть из уравнения

$$C = ax_1 + bx_2 + cx_3 + dx_4 + px_5, \quad (1)$$

где  $C$  – стоимость 1 л или 1 ц молока;  $a, b, c, d, p$  – коэффициенты, учитывающие процентную оценку входящих факторов в стоимость молока;  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  – факторы, обслуживающие производственные операции и технологические процессы при получении молока:  $x_1$  – стоимость кормов;  $x_2$  – стоимость машин и оборудования, выполняющих все технологические процессы на молочно-товарной ферме;  $x_3$  – зарплата обслуживающего персонала;  $x_4$  – стоимость топлива и электроэнергии;  $x_5$  – прочие затраты, составляющие по многолетним наблюдениям не более 1–4 %.

Стоимость молока, получаемого на механизированных фермах без автоматизации технологических процессов и операций, можно определить по формуле

$$C = (0,45 \div 0,65)x_1 + (0,09 \div 0,13)x_2 + (0,11 \div 0,13)x_3 + (0,08 \div 0,12)x_4 + (0,01 \div 0,04)x_5. \quad (2)$$

Как следует из уравнения (2), основным фактором в себестоимости молока являются корма, которые порой составляют 65 % и более от общих затрат на молочно-товарных фермах. Стоимость машин и оборудования не превышает 13 % от общих затрат, а зарплата обслуживающего персонала составляет не более 13 %.

Острейшей экономической проблемой в молочном животноводстве в большинстве хозяйств продолжает оставаться низкая конкурентоспособность получаемой продукции, обусловленная высокими затратами ресурсов при невысоких показателях по качеству молока и при низких показателях продуктивности. Становится все более очевидным, что традиционные способы содержания животных с применяемой существующей системой машин и оборудования не могут обеспечить получения конкурентоспособной продукции. Это может быть достигнуто только при реконструкции и техническом переоснащении ферм или при строительстве новых ферм.

При этом надо иметь в виду, что и строительство новых ферм, и реконструкция старых приводит к увеличению капиталовложений и себестоимости продукции. Поэтому в обоих случаях это будет

оправдано только при условии, если будет происходить увеличение продуктивности животных и повышение качества молока с одновременным снижением затрат труда и топливно-энергетических затрат. Только в этом случае можно рассчитывать на получение конкурентоспособной продукции.

В новых технологиях получения молока на ферме ключевым звеном является доильное оборудование, так как:

- 1) доение диктует способ содержания животных;
- 2) именно на доильной установке проявляется интеграция системы «животное – машина – человек», поскольку она влияет на все факторы этой системы, начиная от эргономики работы персонала, здоровья животных и заканчивая качеством получаемого молока;
- 3) именно здесь собирается и обновляется информация о продуктивности, воспроизводстве, физиологическом состоянии животных, качественных показателях молока и т. д.

Таким образом, выбор типа систем доения – задачи первоочередной важности при реконструкции или строительстве молочной фермы.

В исследованиях многих авторов отмечается, что доение коров в доильных залах позволяет значительно сократить затраты труда на производство 1 ц молока. Так, при доении в молокопровод затраты труда составляют 39–47 чел.-ч на корову в год, при доении в доильных залах на установках типа «Елочка» или «Параллель» – 30–32 чел.-ч/гол. [3], а на автоматизированных доильных установках этого типа затраты труда можно снизить до 16–21 чел.-ч/гол.

В большинстве развитых стран мира, а в последние годы и в Беларуси, начинают использовать доильные установки «Робот», в которых выполнение всех операций по подготовке вымени к доению и санобработка вымени, учет качества молока от каждой доли вымени производится в автоматическом режиме. Робот обеспечивает четкое выполнение всего комплекса операций в строго определенной последовательности.

Однако робот имеет и недостатки, прежде всего это его высокая стоимость. В Европе цена доильных роботов, способных обслуживать 50–70 коров, колеблется от 80 до 170 тыс. евро [4]. Кроме того, он требует высококвалифицированных специалистов в обслуживании и более сложной системы охлаждения молока, поскольку в этом случае молоко может поступать на охлаждение в течение 21 ч/сут.

Как отмечалось выше, доильное оборудование на современных молочно-товарных фермах является наиболее дорогим и ключевым. Если в предыдущие годы средства механизации (2) составляли не более 13 %, то на полностью автоматизированных и роботизированных фермах – более 25 %. Стоимость получаемого молока на роботизированной ферме будет определяться уже из уравнения (3):

$$C = (0,45 \div 0,60)x_1 + (0,18 \div 0,27)x_2 + (0,07 \div 0,12)x_3 + (0,09 \div 0,12)x_4 + (0,01 \div 0,03)x_5. \quad (3)$$

Как видно из уравнения (3) на роботизированных фермах резко увеличивается стоимость доильного и холодильного оборудования, несколько снижается зарплата, также наблюдается снижение цен на корма (затраты на корма ниже, так как концентраты скармливаются строго по продуктивности). Снизить расход электроэнергии не представляется возможным, поскольку доильная роботизированная установка вместо 2–4 ч/сут при использовании установок типа «Елочка» должна работать в течение 19–20 ч. Поэтому выбор доильного оборудования крайне сложный, и требует учета всех положительных и отрицательных факторов.

В условиях развивающихся рыночных отношений в экономике весьма важным требованием является получение конкурентоспособного молока. Рынок производства молока является одним из главных источников поступления в страну валютных средств, поэтому решение задачи получения конкурентоспособной молочной продукции крайне важно. Анализ мировых тенденций развития молочного скотоводства показывает, что основными направлениями эффективного развития ферм и комплексов являются повышение продуктивности животных, качества получаемого молока и снижение его стоимости.

Исходя из уравнения (3), в котором заложены основные денежные составляющие, входящие в себестоимость молока, можно спрогнозировать выбор более эффективного доильного оборудования. Нами проведен расчет доильного оборудования для молочно-товарной фермы на 400 коров с использованием доильного оборудования типа «Елочка» и робота Fullwood (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Показатели производства молока на молочно-товарной ферме на 400 коров, долл/т

Показатель	Годовой удой, тыс. л					
	5	6	7	8	9	10
<i>Доильная установка «Елочка» (2×16)</i>						
Стоимость затрат на молоко от доильной установки	5,83	4,86	4,15	3,64	3,23	2,9
Стоимость всех затрат по ферме на молоко	108,0	90,0	77,0	67,5	54,0	48,6
<i>Доильная установка-робот Fullwood</i>						
Стоимость затрат на молоко от доильной установки	78,5	65,4	64,0	56,0	37,2	33,5
Стоимость всех затрат по ферме на молоко	484,6	403,7	395,8	346,3	229,8	206,8

Из табл. 1 видно, что молоко, получаемое на доильной установке «Елочка», по стоимостным показателям вполне конкурентоспособное при годовом удое 5 тыс. л в год и более. В то же время молоко, получаемое на роботе Fullwood, может быть конкурентоспособным по стоимости только при годовом удое более 9 тыс. л.

Проведенные исследования выбора наиболее значимых показателей для оценки качества молока показали, что основными показателями для характеристики качества молока могут быть следующие: содержание жира в молоке (при неполном выдаивании коровы оператором, высокой бактериальной обсемененности молока – снижается); кислотность (при высокой механической загрязненности – повышается); соматические клетки (при заболевании животных субклиническим и клиническим маститом уровень соматических клеток в молоке повышается). Изложенные показатели характеризуют качество молока, показывают, что они в определенной степени зависят от соблюдения технологического регламента по доению коров операторами машинного доения и состояния механизации.

Таким образом, чтобы получить молоко высокого качества на доильных установках типа «Елочка», «Параллель», необходимо строго выполнять все технологические операции при доении коров.

Поскольку при доении коров на роботизированных установках можно получать высококачественное молоко, что очень важно в рыночных условиях, были проведены исследования по эффективному использованию доильного оборудования.

На рис. 1 представлены зоны эффективного использования автоматизированных доильных установок типа «Елочка» и роботизированных доильных установках Astronaut и Fulwood в зависимости от себестоимости производимого молока и годового удоя. Как видно из графика, автоматизированные доильные установки типа «Елочка», «Параллель» эффективно можно использовать практически на любой ферме с годовым удоём на корову от 4 тыс. л в год, роботы эффективно можно применять только на фермах с годовым удоём более 9 тыс. л в год.

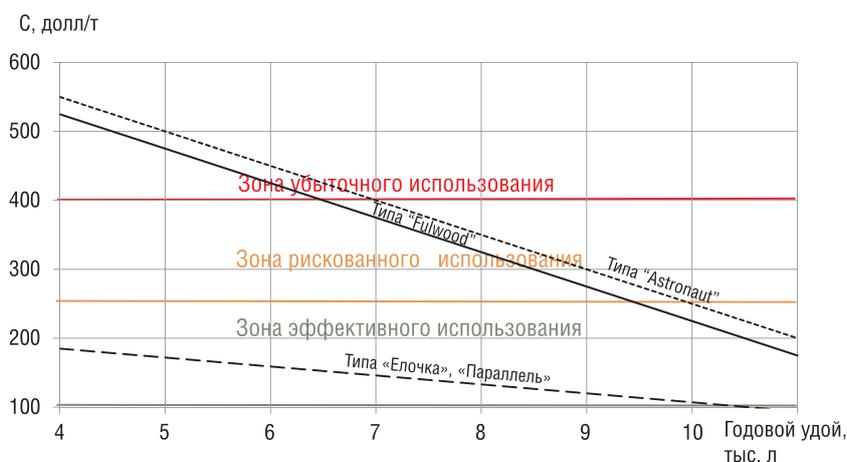


Рис. 1. Зависимости себестоимости производимого молока на молочно-товарных фермах от годового удоя при доении коров на различных доильных установках

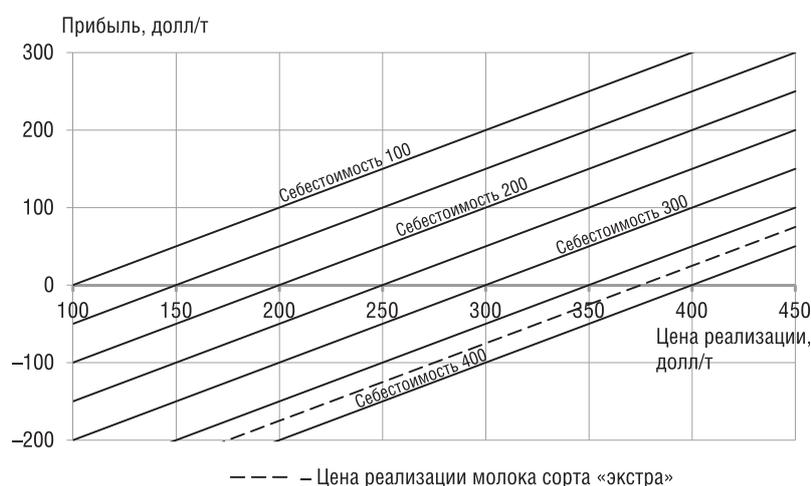


Рис. 2. Зависимость величины прибыли от цены реализации молока при различной себестоимости

Зависимость величины прибыли от цены реализации молока при различной себестоимости молока представлена на рис. 2. Как видно из графика, себестоимость получаемого молока на автоматизированных доильных установках типа «Елочка» и «Параллель» не превышает 150 долл/т. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, цена реализации молока сорта «экстра» не превышает 285 долл/т, т. е. получать молоко на таких установках всегда прибыльно. Себестоимость молока на роботизированных доильных установках находится в пределах 245–330 долл/т, и получать прибыль в этом случае крайне рискованно.

Проведенные исследования функционально-стоимостного анализа технологических операций доения, выполняемых на основе литературных данных [5, 6] (рис. 1, 2) и экспертной оценки стоимости, представлены в табл. 2. Для оценки эффективности технологических операций использован показатель «капиталоемкость роботизации», равный отношению стоимости узла робота, выполняющего ту или иную операцию, к затратам времени при ручном ее выполнении.

На основании анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Наиболее капиталоемким в роботизации доения коров являются подготовительно-заключительные операции (очистка сосков, надевание доильных стаканов, сдаивание первых струек молока, гигиеническая обработка вымени), выполняемые манипулятором и системой управления робота. Продолжительность ручного выполнения этих операций в доильных установках «Елочка» и «Параллель» составляет 0,74 мин., робот – 1,47–2,29 мин. Доля стоимости манипулятора и системы управления этими операциями одноместного доильного робота составляет 56–59 % от его общей стоимости.

2. Количество коров при доении в расчете на одного робота составила на исследуемых фермах от 53 до 61 гол/сут, коровы за это время доились от 2,41 до 2,74 раза. Работа робота продолжалась 15,6–19,6 ч/сут. Затраты труда при доении роботом с учетом подгона коров составили около

Т а б л и ц а 2. Продолжительность выполнения операций при доении коров за одно доение, мин

Технологическая операция	Однобуксовый станок Lely	Однобуксовый станок Fulwood	Мультибуксовый модуль GEA-3Boxen	«Тандем»	«Елочка»	Доля стоимости узла, %
Заход и позиционирование коровы (впуск)	0,18	0,15	0,12	0,17	0,09	7–8
Ожидание надевания доильных стаканов	–	–	1,42	0,21	0,16	–
Очищение сосков и сдаивание первых струек	0,84	1,11	0,78	0,38	0,38	56–59
Надевание доильных стаканов	0,53	1,08	1,05	0,15	0,15	
Время машинного доения	4,78	4,45	6,72	–	–	
Гигиеническая обработка сосков	0,10	0,10	–	0,17	0,09	
Контроль качества молока от долей вымени	а	а	а	н/д	н/д	23–25

6 ч/гол. в год. Вся информация о физиологических процессах, протекающих в каждой четверти вымени, определяется роботом и передается на компьютер. На основании этих данных можно принять обоснованное решение о состоянии здоровья каждой коровы, продуктивности, охоте и т.д.

3. Продолжительность выполнения подготовительно-заключительных операций при доении коров роботом в разы превышает аналогичные при выполнении их оператором, в связи с этим количество обслуживаемого поголовья составляет 60–70 гол. Это ограничение не позволяет повысить эффективность одноместного робота.

4. Доение коров с применением робота позволяет получить высококачественное молоко за счет выполнения подготовительно-заключительных операций, почетвертного доения с одновременным мониторингом качества молока. Капиталоемкость роботизации этой важной операции составляет около 25 % от стоимости всех машин и оборудования фермы.

5. Стремление повысить эффективность использования наиболее капиталоемкой части робота-манипулятора и системы управления привело к созданию многоместных роботов [6]. Предполагалось осуществить экономию в этом случае за счет использования одного манипулятора, единой вакуумной системы, единого резервуара для сбора, охлаждения и хранения молока. Однако, как следует из табл. 1, в многобоксовых роботах возникают простои в ожидании надевания доильных стаканов (например, в 1,43 мин. на 3-боксовой установке). Дальнейшее увеличение количества боксов будет приводить лишь к увеличению простоев животных в ожидании надевания доильных стаканов, а не к увеличению производительности.

### Выводы

1. В век рыночных отношений производимое молоко будет конкурентоспособным только тогда, когда оно будет хорошего качества и иметь небольшую стоимость.

2. Получать качественное молоко можно на существующих доильных установках типа «Робот», поскольку он строго выполняет все подготовительно-заключительные операции.

3. Наиболее капиталоемкими операциями в роботизированных доильных установках являются подготовительные операции, составляющие около 60 % от стоимости доильной установки.

4. Необходимо ускорить научно-технические работы по усовершенствованию или разработке принципиально нового способа проведения подготовительно-заключительных операций и операции одевания доильных стаканов.

5. В настоящее время в Беларуси получать конкурентоспособное молоко можно только на автоматизированных установках типа «Елочка» или «Параллель» с обязательным строгим выполнением подготовительных операций.

### Список использованных источников

1. Шейко, И.П. Перспективы развития молочного скотоводства в Республике Беларусь / И.П. Шейко // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве: материалы 13-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения животных. – Минск, 2006. – С. 5–10.

2. Передня, В.И. Малозатратная технология производства молока на реконструируемых фермах / В.И. Передня, Ю.А. Башко, Э.П. Сорокин // Материалы 16-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения животных. – Минск, 2012. – С. 60–65.

3. Кормановский, П.П. Опыт реконструкции и технологической модернизации молочных ферм / П.П. Кормановский. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 130 с.

4. Скоркин, В.К. Состояние и пути повышения эффективности производства молока в России / В.К. Скоркин // Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. – 2014. – № 4 (16). – С. 30–35.

5. Самосюк, В.Г. Особенности современного механизированного доения коров / В.Г. Самосюк, В.В. Азаренко, В. Бурдыко // Материалы 16-го Междунар. симп. по вопросам машинного доения животных. – Минск, 2012. – С. 40–45.

6. Машуров, Н.П. Современные роботы в сельском хозяйстве / Н.П. Машуров, Н. Соловьев, Ю. Цой // Техника и оборудование для села. – 2010. – № 5. – С. 3–8.

7. Кирсанов, В.В. Методы и модели создания новых типов автоматизированных и роботизированных доильных аппаратов / В.В. Кирсанов, В. Щукин, В. Лечеза // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: тр. 8-й междунар. науч.-практ. конф. / ГНУ ВИЭСХ. – М., 2012. – С. 101–104.

Поступила в редакцию 23.11.2015

## ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ВЫТВОРЧАСЦІ

УДК 663.5:663.1

З. В. ВАСИЛЕНКО, Е. А. ЦЕД, С. В. ВОЛКОВА

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДРОЖЖЕЙ В СПИРТОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Беларусь,  
e-mail: tsedelena@inbox.ru

В статье показана целесообразность и эффективность использования в спиртовом производстве новых видов и рас дрожжей, в частности, дрожжей, выделенных из биокультуры рисового гриба. Изучаемые дрожжи характеризуются высокими технологическими свойствами и повышенным спиртонакоплением в сочетании с низким образованием побочных примесей этанола, отвечающих за его качество.

*Ключевые слова:* спиртовое производство, рисовый гриб, дрожжи.

Z. V. VASILENKO, E. A. TSED, S. V. VOLKOVA

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING DIFFERENT TYPES OF YEAST IN ALCOHOL PRODUCTION

Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Belarus,  
e-mail: tsedelena@inbox.ru

The paper shows the feasibility and efficiency of using new species and races of yeast in alcohol production and the yeast isolated from bioculture of rice fungus in particular. The yeast under study is characterized by favorable technological properties and high alcohol accumulation as well as low formation of ethanol extraneous admixtures responsible for its quality.

*Keywords:* alcohol production, rice fungus, yeast.

**Введение.** Одним из важнейших направлений развития современной спиртовой отрасли является интенсификация процессов спиртового брожения в сусле, что позволяет без каких-либо дополнительных материальных затрат и модернизаций производственных линий существенно повысить эффективность спиртового производства. Это достигается за счет применения новых высокоактивных рас дрожжей, от жизнедеятельности и бродильной активности которых напрямую зависит как выход целевого продукта – этанола, так и формирование заданных показателей его качества [1].

В спиртовом производстве используют различные виды дрожжей – р. *Saccharomyces cerevisiae*, р. *Saccharomyces diastaticus*, р. *Schizosaccharomyces pombe-80*, из которых промышленное применение нашли дрожжи, относящиеся к р. *Saccharomyces cerevisiae*, в частности расы XII, М, К-81, 15, Г-660, У-717, Я, В, К-69, Г-112, Г-67, Г-105 и др. [1–4].

Наиболее распространенной в спиртовой промышленности расой дрожжей является XII. Эти дрожжи были отселекционированы из прессованных хлебопекарных дрожжей. Клетки дрожжей этой расы имеют округлую или овальную форму с размерами (5,0–6,2) × (5–8) мкм. Дрожжи являются факультативными анаэробами, размножаются почкованием. Это пылевидные дрожжи, хорошо распределяются в среде и выдерживают концентрацию спирта до 12–13 об%,

осмотически неустойчивые. Применение для сбраживания спиртового суслу данных дрожжей обеспечивает достаточную скорость брожения и устойчивый выход спирта.

Однако новые направления в развитии технологии производства пищевого этилового спирта требуют решения таких важных задач, как повышение концентрации перерабатываемого суслу, проведение брожения при повышенных температурах и повышенной крепости спирта в зрелой бражке, уменьшение количества летучих примесей, обеспечение дальнейшего сокращения себестоимости спирта за счет экономии сырья, топлива и электроэнергии. В связи с этим необходим поиск новых рас дрожжей, обладающих повышенной осмофильностью, термотолерантностью и бродильной активностью, использование которых обеспечит минимальное количество побочных метаболитов при сбраживании спиртового суслу, в особенности оказывающих существенное влияние на формирование вкуса и аромата спирта [2–4].

В настоящее время существуют разные методы получения новых рас микроорганизмов, например, межвидовая гибридизация, мутагенез, адаптация и др. Однако создаваемые с помощью таких способов новые расы дрожжей могут проявлять неустойчивость приобретенных признаков. В частности, это касается термотолерантных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* расы К-81, полученной из промышленной культуры *Saccharomyces cerevisiae* расы 12 путем многоступенчатой адаптации к повышенной температуре; дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* У-660, полученных методом межвидовой гибридизации *Saccharomyces cerevisiae* и *Saccharomyces pombe*, проявлявшей высокую декстринолитическую активность. Эти дрожжи быстро утрачивали свои положительные свойства, и потому в промышленности применялись недолго.

Кроме того, возникает много вопросов и по безопасности новых штаммов микроорганизмов, получаемых методом геномной инженерии, основанной на переносе участков ДНК от одних микроорганизмов в хромосомный аппарат других. Они касаются возможности получения патогенных микроорганизмов, риском заражения окружающей среды генетически модифицированными микроорганизмами, непредсказуемостью влияния продуктов, полученных с использованием генетически модифицированных микробов на организм человека и т. д. [5].

Наиболее безопасным и доступным методом получения новых рас микроорганизмов, которому в отечественной промышленности не уделялось должного внимания, является выделение активных популяций из природных источников, что позволяет изыскать продуктивные высокоэффективные источники брожения без применения дорогостоящих и трудоемких методов. В связи с этим научно-исследовательские работы по выделению из природных объектов перспективных рас спиртовых дрожжей и определение возможности их применения в спиртовом производстве являются весьма актуальными и значимыми.

Цель работы – сравнительный анализ технологических свойств традиционных и новых, выделенных из разных природных источников, видов и рас дрожжей, определение эффективности их применения при сбраживании спиртового суслу.

**Материалы и методы исследований.** Объектами исследований являлись выделенные и изученные в Могилевском государственном университете продовольствия и не применявшиеся ранее в спиртовом производстве два вида дрожжей – р. *Saccharomyces cerevisiae*, раса КМ-94 и р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi*, раса СД.

Дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы КМ-94 были выделены из ржаного солода. Клетки круглые, овальные, эллипсоидные (3,0–6,4) × (3,0–8,0) мкм, одиночные или в парах. Цвет колонии беловато-бежевый. Дрожжи являются факультативными анаэробами, размножаются почкованием. Сбраживают глюкозу, галактозу, мальтозу, сахарозу, раффинозу (1/3); не сбраживают лактозу; ассимилируют: глюкозу, галактозу, мальтозу, сахарозу, раффинозу, молочную кислоту [5, 6].

Дрожжи р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы СД были выделены из зооглейной биокультуры, известной под названием рисовый гриб [7, 8]. Клетки дрожжей р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы СД – круглые, слегка овальные, изредка цилиндрические (2,0–7,0) × (3,0–8,0) мкм; вегетативное размножение – мультиполярным почкованием; конъюгация клеток предшествует образованию асков, содержащих 1–4 круглых гладких аскоспоры. Штрих-культура дрожжей белая, образует псевдомицелий. Данный вид дрожжей сбраживает

глюкозу, сахарозу, мальтозу, раффинозу. Галактозу и лактозу не сбраживает. Ассимилирует глюкозу, галактозу, L-сорбозу, сахарозу, мальтозу, целлобиозу, трегалозу, раффинозу, меллицитозу, инулин, этанол, маннит, сорбит,  $\alpha$ -метил-D-глюкозид, салицин, молочную и янтарную кислоты.

В качестве контроля служили классические спиртовые дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы XII.

Материалом исследований являлось ржаное сусло с концентрацией сухих веществ от 16 до 22 %, которое получали по низкотемпературным режимам механико-ферментативной схемы [1, 2]. Микробиологические показатели в дрожжах определяли общепринятыми в пищевых производствах методами [9, 10]: общую концентрацию дрожжевых клеток – с помощью камеры Горяева; содержание мертвых клеток в дрожжах – по окраске метиленовой синью; жизнеспособность дрожжей – по разности между общим количеством клеток и содержанием количеством в них мертвых особей. Оценку физико-химических показателей зрелой бражки проводили согласно Инструкции по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства [10]; концентрацию этилового спирта и состав летучих компонентов зрелой бражки определяли хроматографическим методом с использованием газового хроматографа с пламенно-ионизационным детектором [11].

**Результаты исследований и их обсуждение.** На первом этапе работы были проведены исследования по определению термотолерантных свойств изучаемых рас дрожжей. Для этого в подготовленное по вышеуказанным режимам спиртовое сусло вносили чистые культуры исследуемых дрожжей и проводили их термостатирование в диапазоне температур 20–45 °С в течение суток, по истечении которых определяли общее количество дрожжевых клеток. На рис. 1 показана зависимость концентрации дрожжевых клеток изучаемых видов и рас дрожжей от температуры их культивирования.

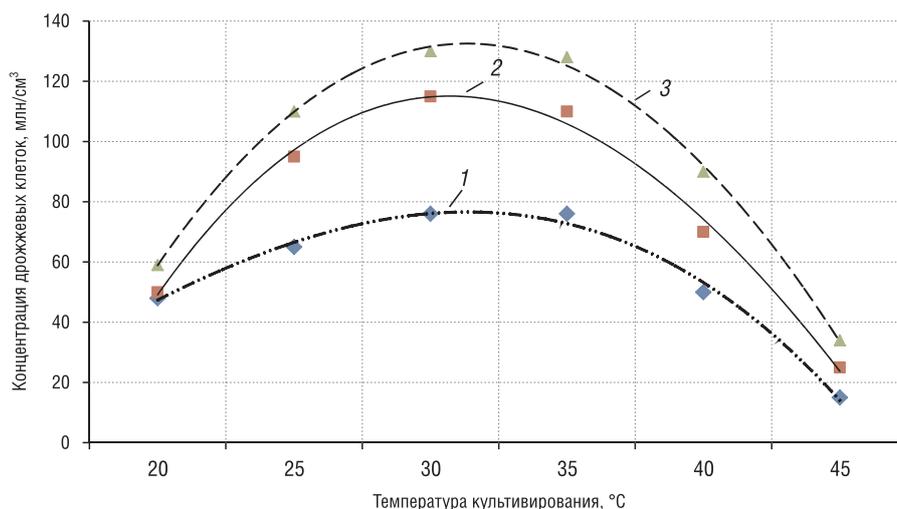


Рис. 1. Зависимость концентрации дрожжевых клеток от вида дрожжей и температуры культивирования: 1 – *Saccharomyces cerevisiae* расы XII; 2 – *Saccharomyces cerevisiae* расы КМ-94; 3 – *Zygosaccharomyces fermentati* Naganishi расы CD

Как следует из данных рис. 1, температура культивирования влияет на накопление дрожжевых клеток всех исследуемых рас дрожжей, причем наибольшая их концентрация (110–130 млн/см<sup>3</sup>) отмечалась в диапазоне температур 30–35 °С. Наиболее ярко выраженные термотолерантные свойства проявляли дрожжи, относящиеся к р. *Zygosaccharomyces* расы CD, концентрация клеток которых при повышенных температурах находилась на уровне 128–130 млн/см<sup>3</sup>. Несколько ниже количество клеток (на 12 %) было у дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae* расы КМ-94, однако уровень их также достаточно высок.

Известно, что оптимальные температуры роста и брожения у дрожжевых клеток не всегда совпадают [1, 2]. Учитывая это, необходимо было исследовать влияние температуры культивирования на процесс спиртонакопления у исследуемых рас дрожжей.

Для этого разводки чистых культур дрожжей вносили в стерильное спиртовое сусло концентрацией 18 % в количестве 10 % от объема сусла и выдерживали в диапазоне температур от 20 до 40 °С в течение 3 сут, по истечении которых определяли концентрацию образовавшегося этилового спирта (рис. 2).

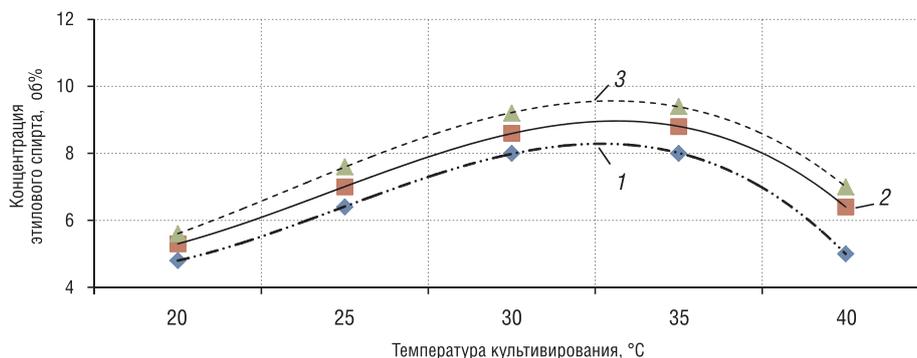


Рис. 2. Зависимость накопления этилового спирта в зрелой бражке от температуры при культивировании дрожжей изучаемых рас дрожжей KM-94, CD и XII: 1 – *Saccharomyces cerevisiae* расы XII; 2 – *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94; 3 – *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы CD

Как свидетельствуют полученные данные, бродильная активность исследуемых рас дрожжей существенно зависела от температуры культивирования дрожжевых клеток. Максимальное накопление этанола в концентрации 9,4 об% наблюдалось в образце зрелой бражки, ферментируемой дрожжами р. *Zygosaccharomyces* расы CD при температуре 35 °С, что подтверждает термотолерантные свойства изучаемых дрожжей. Дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94 также проявляли термотолерантные свойства, поскольку наибольшее накопление этилового спирта в зрелой бражке наблюдалось при температуре 35 °С и составляло 8,8 об%. Классические дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы XII выдерживают повышение температуры до 35 °С, однако увеличения содержания этанола при этом не наблюдалось, что, вероятно, связано с особенностями ферментативных систем у клеток данной расы.

Таким образом, оптимальной температурой роста дрожжей р. *Zygosaccharomyces* расы CD и р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94 на спиртовом сусле является температура 25–30 °С, оптимальной температурой брожения – 30–35 °С.

Известно, что физиологическая активность дрожжей зависит от осмотического давления той среды, в которой развиваются микроорганизмы, что обуславливает затем последующую степень сбраживания углеводов [12]. Поэтому одним из важных требований, предъявляемых к современным расам спиртовых дрожжей, является их способность переносить повышенные концентрации сухих веществ, от которых в значительной степени зависит крепость получаемой зрелой бражки. В связи с этим необходимо было исследовать влияние концентрации сухих веществ спиртового сусла на развитие изучаемых дрожжей и накопление ими этилового спирта. Для этого чистую культуру исследуемых дрожжей вносили в спиртовое сусло с концентрацией сухих веществ сусла в диапазоне 16–24 % и выдерживали при определенной нами оптимальной температуре брожения 35 °С в течение 3 сут. По истечении срока ферментации в образцах зрелых бражек определяли концентрацию образовавшегося этилового спирта. На рис. 3 показана зависимость накопления этилового спирта исследуемыми дрожжами от содержания сухих веществ в сусле.

Как следует из данных рис. 3, осмофильные свойства в наибольшей степени проявляют дрожжи р. *Zygosaccharomyces* расы CD, в несколько меньшей степени высокое осмотическое давление среды выдерживают дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94 и не выдерживают высокую концентрацию сухих веществ в сусле дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы XII. Причем концентрация этанола в зрелой бражке, ферментируемой дрожжами р. *Zygosaccharomyces* расы CD, возрастала с увеличением содержания сухих веществ в сусле до 22 % (10,6–11 об%); при дальнейшем увеличении концентрации сухих веществ до 24 % уже отмечалось некоторое снижение

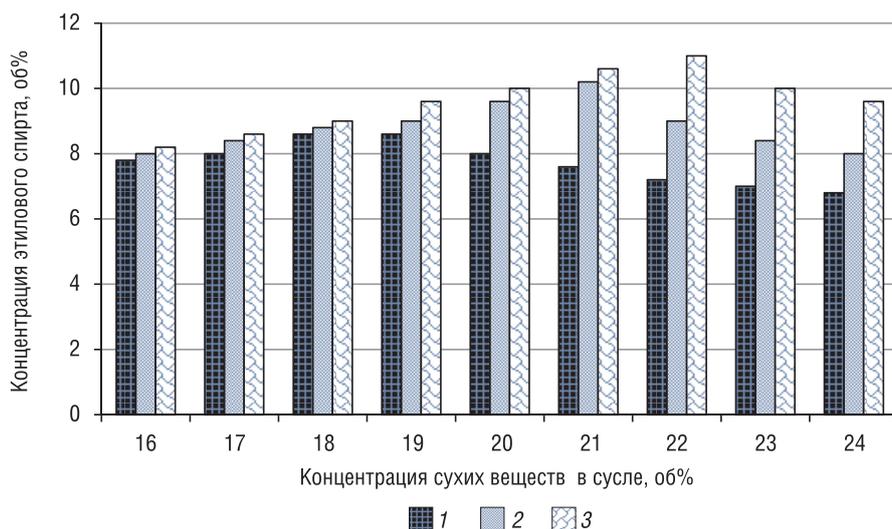


Рис. 3. Зависимость накопления этилового спирта исследуемыми дрожжами от концентрации сухих веществ спиртового сусла: 1 – *Saccharomyces cerevisiae* расы XII; 2 – *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94; 3 – *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы CD

количества этилового спирта (9,6–10 об%), однако эти значения превышали таковые при использовании сусла с концентрацией сухих веществ 16–18 %.

Дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94 выдерживают повышение концентрации сухих веществ до содержания 21 % (10,2 об%), после которой концентрация этанола в зрелой бражке начинает снижаться.

Пороговой концентрацией сухих веществ сусла у дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae* расы XII является 19 %, после которой уже наблюдается ингибирующее действие осмотического давления на метаболизм клетки.

Учитывая, что в спиртовом производстве важна не только концентрация этилового спирта в зрелой бражке, но и количественный и качественный состав его летучих примесей, обуславливающих органолептические характеристики получаемого продукта, был проведен анализ фракционного состава летучих примесей дистиллятов зрелых бражек, приготовленных с использованием разных видов дрожжей. Установлено, что фракционный состав летучих побочных примесей этанола зрелой бражки, приготовленной с использованием новых дрожжей р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы CD, выгодно отличался от фракционного состава летучих примесей других образцов зрелой бражки: более низкой (на 63 %) концентрацией высших спиртов, альдегидов (на 18 %), метанола (на 90 %), ухудшающих органолептические показатели пищевого этанола и более высокой концентрацией (на 31 %) эфиров, участвующих в образовании букета водочных изделий. Таким образом, установлено, что использование дрожжей расы CD в спиртовом производстве позволяет не только увеличить крепость бражки на 40 % и тем самым повысить выход этилового спирта, но и улучшить его качественный состав, что подтверждает целесообразность применения исследуемых дрожжей в спиртовом производстве.

**Заключение.** Получены новые данные о технологических свойствах дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94, дрожжей р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы CD по сравнению с традиционно применяемой в спиртовом производстве расой дрожжей р. *Saccharomyces cerevisiae* XII. Установлено, что исследуемые виды и расы дрожжей по сравнению с контрольной расой характеризуются термотолерантными и осмофильными свойствами, что является весьма перспективным с точки зрения использования их в спиртовом производстве. Показано, что наилучшими технологическими свойствами характеризуются дрожжи, выделенные из биокультуры рисового гриба и относящиеся к виду р. *Zygosaccharomyces fermentati Naganishi* расы CD.

Показано, что дрожжи р. *Saccharomyces cerevisiae* расы KM-94, выделенные из ржаного солода, также характеризуются высокими технологическими свойствами и являются перспективными с точки зрения применения их для сбраживания спиртового сусла.

Установлено, что дрожжи расы CD обладают способностью сбраживать высококонцентрированное спиртовое сусло (до 22 % сухих веществ), что отвечает требованиям, предъявляемым к современным расам спиртовых дрожжей. Показано, что при ферментации спиртового сусла дрожжами р. *Zygosaccharomycesfermentati Naganishi* расы CD отмечался пониженным образованием побочных летучих примесей этанола, обуславливающих качество получаемого этилового спирта. Проведенные исследования показывают целесообразность использования в производстве пищевого этилового спирта выделенных из биокультуры рисового гриба дрожжей *Zygosaccharomycesfermentati Naganishi* расы CD.

Дрожжи р. *Zygosaccharomycesfermentati Naganishi* расы CD внедрены на спиртовом заводе Мирский филиал ОАО «Гродненский ликеро-водочный завод».

#### Список использованных источников

1. Технология и оборудование для производства спирта и ликероводочных изделий: в 2 ч. Ч. 1. Производство спирта / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск: Мисанта, 2013. – 783 с.
2. Римарева, Л. В. Теоретические и практические основы биотехнологии дрожжей. / Л. В. Римарева. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 252 с.
3. Технология спирта / под ред. В. Л. Яровенко. – М.: Колос, 2002. – 464 с.
4. Лихтенберг, Л. А. Производство спирта из зерна / Л. А. Лихтенберг. – М.: Пищевая промышленность, 2006. – 324 с.
5. Бутова, С. Н. Теоретические основы биотехнологии / С. Н. Бутова, И. А. Типисеева, Г. И. Эль-Регистан; под общ. ред. И. М. Грачевой. – М.: Элевар, 2003. – 554 с.
6. Патент № 14872 Респ. Беларусь, МПК Заявка № а 20091340, МПК С 12Р 7/06 (2006.01) / Е. А. Цед, Миронцева А. А., Волкова С. В., Королева Л. М.; заявитель УО «Могилевский государственный университет продовольствия». – № а 20091340; заявл. 2009.09.17, опубл. 2010.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – С. 134
7. Цед, Е. А. Природные консорциумы микроорганизмов как потенциальные источники бродильных процессов / Е. А. Цед // Вест. МГУП. — 2012. – № 2 (13) – С. 93–100.
8. Цед, Е. А. Использование дрожжей-ассоциантов рисового гриба в спиртовом производстве/ Е. А. Цед // Вест. МГУП. – 2013. – № 2 (14) – С. 45–50.
9. Слюсаренко, Т. П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств / Т. П. Слюсаренко. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 208 с.
10. Рухлядева, А. П. Инструкция по теххимическому и микробиологическому контролю спиртового производства / А. П. Рухлядева [и др.]. – М.: Пищевая пром-сть, 1986. – 399 с.
11. Столяр, Б. В. Руководство к практическим работам по газовой хроматографии / Б. В. Столяр, И. М. Савинов. – Л.: Химия. – 1978. – 288 с.
12. Влияние углеводного состава высококонцентрированного ячменного сусла на бродильную активность спиртовых дрожжей / А. С. Устинова [и др.] // Производство спирта и ликероводочных изделий. – 2013. – № 3. – С. 39–41.

Поступила в редакцию 10.06.2016

## ВАСИЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ ГОЛУШКО

(К 80-летию со дня рождения)

15 мая 2016 г. исполнилось 80 лет со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, члена-корреспондента Национальной академии наук Беларуси Василия Михайловича Голушко.

Василий Михайлович родился в 1936 г. в деревне Домонтовичи Копыльского района Минской области. Детство было тяжелое, военное. В 1955–1960 гг. учился в Гродненском сельскохозяйственном институте на зоотехническом факультете, к учебе относился старательно, с энтузиазмом осваивал профессию животновода. В 1960 г. Василия Михайловича направили на работу зоотехником отделения совхоза «Петровичи» Смолевичского района, а затем (1961) главным зоотехником совхоза «Вишневка» Минского района. Глубокий, всесторонний подход к любому делу, желание заниматься



не только производством, но и наукой всегда отличали Василия Михайловича, и в 1963 г. он поступил в аспирантуру в отдел птицеводства Белорусского научно-исследовательского института животноводства. За время учебы в аспирантуре Василий Михайлович показал себя как вдумчивый, трудолюбивый, хорошо знающий свою специальность работник, он собрал большой материал по вопросам рационализации кормления уток. На основании проведенных исследований подготовил и защитил диссертацию на тему «Использование травяной муки при выращивании утят на мясо». В этот период Василий Михайлович вел большую работу по выведению мясных скороспелых уток на базе совхоза «Жлобин» Гомельской области, принимал активное участие в общественной жизни института, избирался председателем профсоюзного комитета института.

После окончания аспирантуры по настоящее время Василий Михайлович бессменно работает в институте: сначала старшим научным сотрудником, затем заведующим отделом птицеводства, заведующим отделом кормления сельскохозяйственных животных, заведующим отделом кормления свиней. С января 1994 г. является руководителем научных исследований по направлению «Кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов». С 2003 г. Василий Михайлович работает главным научным сотрудником РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству».

В 1968 г. В. М. Голушко защитил кандидатскую, в 1992 г. – докторскую диссертацию, в 1993 г. ему присвоено ученое звание профессора. В 1994 г. В. М. Голушко избран членом-корреспондентом Академии аграрных наук Республики Беларусь, а в 2003 г. – членом-корреспондентом НАН Беларуси.

В. М. Голушко – высококвалифицированный специалист в области кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов, опытный организатор и руководитель научных исследований, хорошо знает производство. Внес значительный вклад в разработку и усовершенствование детализированных норм кормления свиней и крупного рогатого скота, в оценку питательности как традиционных, так и новых кормовых средств с целью максимального использования питательных веществ рационов и повышения продуктивности животных.

По его инициативе и под непосредственным руководством выполнен ряд крупных научных проектов в области кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов, промышленного производства комбикормов, белково-витаминно-минеральных добавок и премиксов, реализация которых дает большой народно-хозяйственный эффект.

Многолетние исследования В. М. Голушко посвящены изучению важнейших вопросов развития животноводства Беларуси, разработке оптимальной структуры рационов и норм кормления высокопродуктивных животных при их использовании в племенных и товарных хозяйствах, рационализации кормления сельскохозяйственных животных, совершенствованию технологии производства свинины на фермах и промышленных комплексах, системы энерго-протеинового питания ремонтного и откармливаемого молодняка свиней, системы оценки питательности кормов.

В. М. Голушко является одним из авторов технологии производства продуктов животноводства в колхозах и совхозах, технологии производства продуктов животноводства на промышленной основе, норм обогащения витаминами, макро- и микроэлементами, ферментами, антибиотиками и аминокислотами комбикормов, вырабатываемых в Республике Беларусь, рекомендаций по увеличению производства и повышению эффективности использования белка в кормлении сельскохозяйственных животных, а также методических указаний по зоотехническому анализу кормов, рекомендаций по рациональному кормлению и содержанию скота в зимне-стойловый период, нормированному кормлению сельскохозяйственных животных, по эффективному использованию зернофуража в хозяйствах республики, по переработке и использованию кормов из рапса, по использованию галитовых отходов в качестве поваренной соли, а также фосфогипса в кормлении сельскохозяйственных животных, по технологии и рецептам приготовления комбисилосов, а также по витаминно-минеральному питанию высокопродуктивного молочного скота. Большой объем исследований проведен Василием Михайловичем по разработке новых и совершенствованию существующих рецептов конкурентоспособных комбикормов, БВМД, ВМД и премиксов для высокопродуктивных коров, хряков-производителей, холостых и супоросных свиноматок, ремонтного и откармливаемого на мясо молодняка свиней. Основные научные разработки В. М. Голушко одобрены научно-техническим советом Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь и внедрены в колхозах, совхозах, комбикормовых заводах. Ряд предложений использован в справочниках, нормативных документах и постановлениях директивных органов. Под его руководством разработан проект Технического регламента Республики Беларусь «Корма и кормовые добавки. Безопасность».

В настоящее время под руководством Василия Михайловича активно проводятся исследования, направленные на разработку новых рецептов комбикормов, БВМД и премиксов с использованием нано микроэлементного комплекса, местных источников высокобелкового сырья и разнообразных вторичных ресурсов, энергосберегающих технологий заготовки, приготовления и использования кормов.

Особое место занимают исследования по совершенствованию системы кормления высокопродуктивных коров с удоем 7–10 тыс. кг молока за лактацию, включающей разработку новых норм потребности в обменной и чистой энергии, расщепляемом и нерасщепляемом протеине, углеводах (сахаре, крахмале, клетчатке) и комплексу биологически активных веществ, новых норм энерго-аминокислотного и минерально-витаминного питания свиней мясных пород, линий и гибридов, новых методов оценки питательности кормов на основе обменной энергии, чистой энергии продукции, расщепляемого и нерасщепляемого протеина, различных фракций углеводов, доступных аминокислот для свиней, витаминов и микроэлементов, а также приемов конструирования рационов, рецептов комбикормов, БВМД и премиксов с использованием новейших компьютерных программ.

Василий Михайлович опубликовал более 450 научных работ, в том числе 6 книг и 2 монографии, 2 учебных пособия для высших учебных заведений, получил 25 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Подготовил 4 доктора и 31 кандидата наук.

Помимо научных исследований Василием Михайловичем осуществляется большая организационно-консультативная работа по рациональному кормлению сельскохозяйственных животных в хозяйствах республики, созданию в них прочной кормовой базы, производству полноценных комбикормов, высокоэффективных БВМД и премиксов на комбикормовых предприятиях республики. Он также осуществляет координационно-методическую работу в рамках выполнения научно-технических программ по кормлению сельскохозяйственных животных и технологии кормов научными учреждениями республики.

В. М. Голушко активно участвует в общественной работе. Является членом ученого совета и совета по защите докторских и кандидатских диссертаций РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» и Гродненского государственного аграрного университета, работает председателем методической комиссии по проведению научно-исследовательских работ в области кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов, член секции НТС МСХ и П, член Совета Всероссийской ассоциации по кормлению сельскохозяйственных животных и технологии кормов, член НТС по ГНТП «Промышленная биотехнологии». Более 11 лет работал ученым секретарем экспертного совета ВАК Беларуси по животноводству и ветеринарной медицине, а также по совместительству профессором кафедр кормления БГСХА и ГГАУ. Является почетным профессором Гродненского государственного аграрного университета.

В нашей стране и за ее пределами Василий Михайлович известен как видный ученый в области кормления сельскохозяйственных животных. Он награжден медалями «За освоение целинных земель» (1958), «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» (1970), «За трудовое отличие» (1984), Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2009), грамотами Министерства сельского хозяйства БССР и НАН Беларуси, бронзовой медалью ВДНХ СССР (1981).

Жизнь и плодотворная научная и общественная деятельность член-корреспондента Национальной академии наук Беларуси В. М. Голушко – пример высокого профессионализма, беззаветного служения науке, на благо человечества. Желаем Василию Михайловичу долголетия, творческих успехов и новых достижений на благо белорусской науки!

*Н. А. Попков, генеральный директор  
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»,  
Е. А. Жданович, помощник генерального директора  
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»,  
И. П. Шейко, академик НАН Беларуси,  
В. К. Пестис, член-корреспондент НАН Беларуси,  
Н. В. Пилюк, доктор с.-х. наук,  
С. А. Линкевич, кандидат с.-х. наук*

**ЗОЯ ВАСИЛЬЕВНА ВАСИЛЕНКО****(К юбилею)**

30 июня отметила свой юбилей Зоя Васильевна Василенко – один из ведущих ученых в области пищевой промышленности и общественного питания, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, заслуженный деятель науки Республики Беларусь.

Зоя Васильевна Василенко родилась в деревне Слободка Беловского района Курской области. В 1963 г. поступила в Московский институт народного хозяйства (МИНХ) им. Г.В. Плеханова (сегодня Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова) по специальности «технология и организация производства продуктов общественного питания». Будучи студенткой 3-го курса она проявила интерес к научно-исследовательской работе и стала заниматься экспериментальными исследованиями под руководством декана технологического факультета Владимира Сергеевича Баранова. С этого

момента Зоя Васильевна все свободное время проводила в научно-исследовательской лаборатории или библиотеке им. В.И. Ленина, г. Москва.

Такого любознательного и талантливого студента не могли не заметить на кафедре в МИНХе им. Г.В. Плеханова и после окончания института З.В. Василенко была рекомендована кафедрой технологии производства продукции общественного питания и ученым советом МИНХ им. Г.В. Плеханова в аспирантуру. Тема ее кандидатской диссертации была посвящена исследованию студнеобразующих свойств агароида и фуэрцелларана, чем она собственно и занималась в студенческие годы. В 1971 г. Зоя Василенко защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В 1971–1974 гг. Зоя Васильевна работала (по направлению Минвуза СССР) в Дальневосточном институте советской торговли (ДВИСТ) г. Владивосток, в должностях ассистента, старшего преподавателя, доцента кафедры «Технология и оборудование предприятий общественного питания».

В сентябре 1974 г. Зоя Васильевна была избрана заведующей кафедрой «Технология и организация общественного питания», вновь образованного Могилевского технологического института (МТИ) (ныне Могилёвский государственный университет продовольствия, «МГУП»), которую возглавляет и по настоящее время.

Вся трудовая и общественная деятельность профессора Зои Васильевны Василенко связана с Могилевом, с университетом продовольствия. Вся ее научная деятельность связана с решением важнейших задач, стоящих перед пищевыми отраслями промышленности Республики Беларусь. Предложенное З.В. Василенко научное направление по переработке растительного сырья в пектинсодержащую продукцию и разработке на ее основе новых продуктов питания функционального назначения нашло последователей не только в Республике Беларусь, но и в других странах. В результате проведенных научных исследований разработан широкий ассортимент изделий и продуктов с растительными добавками для питания различных групп населения нашей Республики.

Зоя Васильевна успешно руководит хозяйственными и госбюджетными научно-исследовательскими работами, выполняемыми по приоритетным направлениям.

Результатами научной деятельности Зои Васильевны Василенко является более 800 опубликованных работ, в том числе 2 монографии, 7 книг, 14 учебных пособий, более 49 патентов и авторских свидетельств на изобретения, из которых 8 внедрены в производство. З.В. Василенко выдан знак «Изобретатель СССР». Под ее руководством разработано и передано в производство более

60 технологий и рецептур изделий, в которых впервые пектиновые вещества используются в составе растительной ткани, заменяя более дефицитное и дорогостоящее сырье. Большой ассортимент новых кондитерских и других изделий внедрен в учебный процесс, связанный с подготовкой инженеров-технологов по специальностям «Производство продукции и организация общественного питания» и «Технология хранения и переработки животного сырья». Решением Государственного комитета СССР по народному образованию от 26 апреля 1990 года Василенко Зое Васильевне присвоено звание профессора по специальности «Технология и организация общественного питания».

Зоя Васильевна участвовала в разработке образовательных стандартов первого и второго поколений по специальностям «Производство продукции и организация общественного питания», «Технология хранения и переработки животного сырья». Она является разработчиком паспортов специальностей научных работников по технологии и товароведению пищевых продуктов, продуктов функционального и специализированного назначения и общественного питания, а также по технологии мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств, утвержденных ВАК Беларуси.

Зоя Васильевна много внимания уделяет подготовке кадров высшей квалификации для родного университета, для нашей Республики Беларусь и для стран СНГ. Под ее руководством защищены 20 кандидатских, 1 докторская, 15 магистерских диссертаций. В настоящее время она руководит научной работой 4 аспирантов. Зоя Васильевна постоянно руководит научными работами студентов, которые ежегодно занимают призовые места на конкурсах различного уровня.

Большое внимание профессор Василенко Зоя Васильевна уделяет подготовке специалистов для общественного питания и мясоперерабатывающей промышленности, выпуск которых ежегодно составляет около 300 человек. Постоянно работает над совершенствованием учебного процесса по данным направлениям подготовки специалистов для Республики Беларусь.

Василенко Зоя Васильевна является председателем Республиканского научно-методического Совета по пищевым технологиям, членом Совета университета. На протяжении ряда лет Зоя Васильевна является Председателем Совета Д 02.17.01 по защите докторских и кандидатских диссертаций в Могилевском государственном университете продовольствия.

В 1996 г. избрана членом-корреспондентом Академии аграрных наук Республики Беларусь, а в 2003 г. членом -корреспондентом Национальной академии наук Беларуси.

Научная и педагогическая деятельность Зои Васильевны отмечена благодарностями, Почетными грамотами, знаком «Отличник образования Республики Беларусь», в 1998 г. она награждена Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь. В 2001 году за многолетнюю научную и педагогическую деятельность, разработку и внедрение результатов научных исследований в производство Указом Президента Республики Беларусь №414 от 31.07.2001 г. Василенко Зое Васильевне присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки РБ». В 2007 г. она награждена медалью «За трудовые заслуги».

З.В. Василенко – выдающийся ученый в области пищевой промышленности, разносторонне развитый человек, любящий окружающих ее людей, она отличается своей принципиальностью, высокой ответственностью за порученное дело, скромностью, пользуется авторитетом у коллег и своих учеников.

От всей души поздравляем Зою Васильевну с юбилеем и желаем ей крепкого здоровья, долгих лет жизни, благополучия, новых творческих свершений на благо науки и в подготовке специалистов для народного хозяйства и научной молодой смены Республики Беларусь.

*В. А. Шаршунов, ректор Могилевского государственного университета продовольствия,  
член-корреспондент НАН Беларуси,*

*Т. И. Пискун, декан химико-технологического факультета,  
одна из многочисленных учеников Зои Васильевны.*

**ГРОДНЕНСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ  
АГРАРНОМУ УНИВЕРСИТЕТУ – 65 ЛЕТ**

Гродненский государственный аграрный университет сегодня – это авторитетный научно-исследовательский и образовательный центр по подготовке кадров для агропромышленного комплекса, университет занимает достойное место в рейтинге вузов страны.

Создание вуза было обусловлено острым дефицитом квалифицированных кадров для сельского хозяйства в первые послевоенные годы, когда осуществлялась массовая коллективизация единоличных крестьянских хозяйств на освобожденных от немецко-фашистских захватчиков территориях. Для их подготовки было принято решение открыть первое на территории Западной Беларуси высшее учебное заведение сельскохозяйственного профиля. Приказ Министерства высшего образования СССР об открытии Гродненского сельскохозяйственного института был издан 27 января 1951 года.

25 октября 1951 г. в институте начались занятия. Создание Гродненского сельскохозяйственного института имело огромное значение не только для западного региона страны, но и для экономики БССР и СССР в целом. В первое время институт располагал ограниченными возможностями. На агрономическом и зоотехническом факультетах обучались лишь 200 студентов, учебные занятия вели 24 преподавателя. С каждым годом рос авторитет вуза, укреплялась его материально-техническая база, вводились в строй новые учебные корпуса и общежития. В 1990 г. в ГСХИ уже насчитывалось пять факультетов: агрономический, зооинженерный, защиты растений, повышения квалификации руководящих кадров и специалистов сельского хозяйства, заочный. Большой вклад в становление и развитие института внесли его руководители – ректоры Иван Михайлович Качура (1951–1956), Петр Андреевич Ароцков (1956–1959), Валентин Дмитриевич Тимошин (1959–1965), Юрий Григорьевич Егоров (1965–1990), Емельян Романович Витун (1990–1995).

Если к своему 25-летию в 1976 г. вуз имел в своем штате 2 доктора и 78 кандидатов наук, то за последующие 15 лет количество докторов и кандидатов наук в ГСХИ значительно увеличилось за счет собственных выпускников. Так, в 1976–1990 гг. преподавателями института были успешно защищены 3 докторские и 41 кандидатская диссертации по различным специальностям. За период 1951–1990 гг. специалистами института были подготовлены десятки рекомендаций по развитию различных отраслей сельского хозяйства Беларуси. Из них 12 получили гриф научно-технического совета Министерства сельского хозяйства БССР, 34 были одобрены научно-техническим советом Гродненского областного управления сельского хозяйства. Всего до 1990 г. преподавателями ГСХИ было получено 36 авторских свидетельств.

В 1955 г. в ГСХИ состоялся первый выпуск специалистов сельского хозяйства: 12 агрономов и 10 зоотехников. Всего в 1951–1990 гг. Гродненским сельскохозяйственным институтом было подготовлено 14 041 высококвалифицированный специалист, из них 6632 ученых агронома, 6177 ученых зоотехников и зооинженеров, 1232 ученых агронома по защите растений. Выпускники вуза работали во всех уголках Советского Союза.

Политические и социально-экономические преобразования, которые проходили в 90-е годы XX века в нашей стране, оказали значительное влияние на развитие системы высшего образования Республики Беларусь. Одной из многочисленных задач, которую пришлось решать руководству ГСХИ в середине 90-х годов, была проблема сохранения за вузом статуса «кузницы кадров» для агропромышленного комплекса региона. В это время был взят курс на модернизацию института. Начиная с 1997 г. руководством вуза была начата целенаправленная работа по реализации целого комплекса мероприятий, направленных на достижение нового университетского статуса.

Основные изменения, которые затронули структуру университета во второй половине 1990-х – начале 2000-х годов, касались открытия новых факультетов и кафедр: 1997 г. – открыто экономическое отделение при зооинженерном факультете, организован экономический факультет; 2000 г. – началось обучение студентов по специальности «ветеринарная медицина», как самостоятельное структурное звено вуза факультет ветеринарной медицины был открыт 25 ноября 2002 г.; 2006 г. – открыт факультет бухгалтерского учета; 2005 г. – на базе университета начата подготовка специалистов по специальностям технологии хранения и переработки пищевого растительного и животного сырья.

В августе 1995 г. ГСХИ возглавил В. К. Пестис. В сложной экономической ситуации свидетельством высокой эффективности работы вуза (конец 90-х – начало 2000-х гг.) является факт сохранения и увеличе-

ния количества студентов, о чем свидетельствуют показатели приема учащихся на первый курс на традиционные для аграрного вуза специальности.

Одним из наиболее значимых направлений в процессе подготовки высококвалифицированных кадров для сельского хозяйства Беларуси стало внедрение в УО «ГГАУ» системы непрерывного интегрированного образования. Разработанная и апробированная в вузе система непрерывного аграрного образования позволяет в 1,4–1,9 раза сократить сроки обучения без ущерба для качества подготовки специалистов и, соответственно, уменьшить стоимость обучения на 40 %.

30 июня 2000 г. было принято постановление коллегии Министерства образования Республики Беларусь №92, а 19 июля 2000 г. подписан приказ Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь №208 о преобразовании Гродненского сельскохозяйственного института в учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет».

Гродненский государственный аграрный университет стал первым в стране вузом сельскохозяйственного профиля, который разработал, внедрил и сертифицировал в 2010 г. систему менеджмента качества, соответствующую требованиям ISO 9001 в национальной (СТБ ISO 9001-2009) и немецкой (DIN EN 9001-2008) системах. Внедрение системы менеджмента качества значительно подняло авторитет вуза и котировку его диплома, явилось необходимым элементом для международного сотрудничества с другими подобными заведениями.

Важным звеном подготовки специалистов в системе последиplomного образования является Высшая школа управления (ВШУ), которая готовит слушателей по специальностям «Экономика и управление на предприятии» (с 2003 г.) и «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» (с 2005 г.) на базе ранее полученного высшего образования или в форме параллельного обучения студентов старших курсов с выдачей диплома о втором высшем образовании. За 13 лет работы Высшая школа управления подготовила 826 выпускников, 30 из которых получили дипломы с отличием.

Для поддержания статуса ведущего аграрного научно-производственного образовательного центра западного региона Беларуси преподаватели университета имеют возможность повышать свой профессиональный уровень благодаря учебе и стажировке в ведущих сельскохозяйственных вузах стран ближнего и дальнего зарубежья.

За 65 лет существования вуза из его стен вышло 33 613 специалистов с высшим образованием, подготовленных по дневной и заочной форме обучения, при этом треть выпускников приходится на последние десять лет деятельности вуза.

Важным этапом на пути повышения качества подготовки квалифицированных кадров для АПК стало открытие магистратуры, аспирантуры и докторантуры. Так, за время существования аспирантуры (1991–2016 гг.) ее окончили 193 чел., в 2000 г. в УО «ГГАУ» был открыт совет по защите кандидатских диссертаций. В настоящее время он функционирует по трем специальностям: 06.02.07 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных; 06.02.08 – кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов; 06.02.10 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства. За время работы Совета (2000–2016 гг.) была защищена 41 диссертация.

Результатом данной политики, направленной на привлечение и подготовку высококлассных научно-преподавательских кадров, стало увеличение числа докторов и кандидатов наук, работающих в ГГАУ. С 2001 по 2015 г. число докторов наук увеличилось от 9 до 15 человек, а кандидатов – со 107 до 149. Только за последние 5 лет защищено 27 диссертаций, 32 преподавателя университета получили ученые звания.

Одной из определяющих тенденций развития НИР в Гродненском государственном аграрном университете в XXI в. является ее включенность в инновационную программу развития Республики Беларусь, ее направленность на получение целевых результатов, дающих требуемый практический эффект, ее «кластерность». На основе разработок наших ученых на разных предприятиях страны осуществляется производство новых видов кормовых добавок, пробиотиков, биологических консервантов, различных видов удобрений и пестицидов. Только за 2015 г. в университете выполнено 89 НИР на общую сумму более 7,8 млрд руб. За 2013–2015 гг. преподавателями университета создано 67 видов новой научной продукции, внедрено 70 научных разработок, получены 64 патента на изобретения и полезные модели, проведена 81 научная конференция, изданы 27 монографий и 18 учебников.

Одним из ключевых направлений деятельности Гродненского государственного аграрного университета является международное сотрудничество в сфере образования и науки. Прямое межвузовское сотрудничество осуществляется с более чем 50 учебными и научными организациями, учреждениями ближнего и дальнего зарубежья. Наиболее устойчивые связи университет поддерживает с ФГОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет», Российским государственным аграрным университетом имени Тимирязева (Россия), Российским химико-технологическим университетом им. Менделеева (Россия), ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств» (Россия), Национальным университетом пищевых производств (Украина), Научно-производственным предприятием «Дары природы» (Польша), Вармино-Мазурским университетом в Ольштыне (Польша), Университетом г. Лодзь

(Польша), Варшавским университетом естественных наук (Польша), Университетом имени Стульгинскаса (Литва), международной организацией BERAS International (Швеция).

В настоящее время УО «ГГАУ» в качестве партнера участвует в реализации международного проекта «Безопасность человека (окружающая среда, качество питания, здравоохранение и общество) на территориях, загрязненных радиологическими и ядерными веществами во время Чернобыльской катастрофы» по линии TEMPUS. Совместно с университетами Казахстана и Российской Федерации принял активное участие в международном проекте Межгосударственной целевой программы ЕвразЭС «Инновационные биотехнологии» на 2011–2015 гг. В рамках подписанных соглашений о сотрудничестве в научно-технической области между Гродненским государственным аграрным университетом и университетом г. Хонай (Китай) проводится активная совместная научно-исследовательская работа в области применения современных нанотехнологий.

Важнейшим фактором эффективной работы любого предприятия является своевременная и высококачественная подготовка, переподготовка и повышение квалификации персонала, что способствует формированию обширного диапазона теоретических знаний, практических умений и навыков работников. Учитывая это, руководством университета было принято решение о создании факультета повышения квалификации и переподготовки кадров АПК. Только за 2011–2015 гг. в стенах ГГАУ повысили квалификацию 11215 чел.

На сегодняшний день в структуре университета 10 факультетов (агрономический, биотехнологический, защиты растений, ветеринарной медицины, экономический, бухгалтерского учета, инженерно-технологический, заочного обучения, повышения квалификации и переподготовки кадров АПК, довузовской подготовки) и 32 кафедры. В настоящее время в университете обучается 141 иностранный гражданин из России, Украины, Литвы, Казахстана, Азербайджана, Туркменистана, Грузии, Турции, Ирана, Ирака, Израиля, Марокко, Эквадора, Нигерии, Камеруна и других стран.

В университете имеются подразделения, обеспечивающие информационное, учебно-методическое, научное, материально-техническое сопровождение учебного процесса, а также другие службы, необходимые для обеспечения успешной деятельности вуза. Огромное внимание уделяется укреплению материально-технической базы университета. Для ведения научно-исследовательской работы на базе университета создана сеть научно-исследовательских лабораторий: по зоотехническому анализу кормов и рационов; по диагностике болезней с.-х. животных; ДНК технологий; биотехнологический центр; центр научного пчеловодства. Для практического обучения будущих агрономов и специалистов по защите растений используется опытное поле площадью 100 га и коллекционный питомник площадью 0,15 га с необходимым количеством сельскохозяйственной техники. Практическое обучение студентов, предусматривающее освоение современных технологий в растениеводстве и животноводстве, ведется в учебно-опытных хозяйствах СПК «Путришки» и СПК «Прогрес-Вертелишки» Гродненского района. Для функционирования факультета ветеринарной медицины на Гродненском мясокомбинате созданы 4 учебных класса, лаборатория ветсанэкспертизы и 2 манежа для работы с животными. Студенты проживают в семи общежитиях, обеспеченность студентов общежитиями составляет 100 %. По этому показателю УО «ГГАУ» занимает первое место среди всех вузов Республики Беларусь.

Для проведения занятий по физическому воспитанию, спортивно-массовых и физкультурно-оздоровительных мероприятий университет также располагает необходимой базой, которая включает: стадион площадью 20 000 м<sup>2</sup>, волейбольную и баскетбольную спортивные площадки, 4 спортивных и 3 тренажерных зала, обеспеченных всем необходимым оборудованием.

Свидетельством высокого качества подготовки специалистов ГГАУ, его гордостью являются выпускники, добившиеся значительных достижений в профессиональной, научно-педагогической, общественной, спортивной и других сферах. Следует отметить, что среди 11 Героев Беларуси трое являются выпускниками Гродненского государственного аграрного университета – А. И. Дубко; В. И. Кремко; В. А. Ревяко. Выпускник ГСХИ Ф. П. Сенько стал министром сельского хозяйства Белорусской ССР (1979–1985), а впоследствии – первым заместителем председателя Совета Министров СССР (1990–1991 гг.). Министром сельского хозяйства и продовольствия был также Ф. В. Мирочицкий (1991–1994), заслуги которого отмечены двумя орденами Трудового Красного Знамени, премиями Совета Министров СССР и БССР. В разные годы выпускники ГГАУ В. Г. Гаркун и Р. И. Внучко занимали должность заместителя премьер-министра Республики Беларусь; В. В. Дворянинович – министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Выпускниками ГГАУ являются известные в стране ученые и производственники – академики НАН Беларуси И. М. Богдевич и Н. А. Ламан; члены-корреспонденты НАН Беларуси В. М. Голушко, В. В. Лапа и А. С. Скакун, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Беларусь В. Н. Густырь и многие другие.

В год своего юбилея УО «ГГАУ» может по праву гордиться достижениями в образовательной и научной деятельности. Можно с уверенностью сказать, что коллектив вуза, опираясь на традиции белорусского народа и инновации в области аграрной науки и высшего образования, и в дальнейшем будет приумножать лучшие традиции отечественного высшего образования и продолжит подготовку высококвалифицированных специалистов для инновационного развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

**РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА  
«ВЕСЦІ НАЦЫЯНАЛЬНАЙ АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ.  
СЕРЫЯ АГРАРНЫХ НАВУК»**

**ПРОСИТ АВТОРОВ РУКОВОДСТВОВАТЬСЯ ПРИВЕДЕННЫМИ НИЖЕ ПРАВИЛАМИ**

I. Статьи о результатах работ, проведенных в научных учреждениях, должны иметь разрешение на опубликование (сопроводительное письмо ректората или дирекции соответствующего института).

II. Статья предоставляется в редакцию в двух экземплярах на белорусском, русском или английском языках; шрифт – Times New Roman, кегль – 12; межстрочный интервал – 1,5. В тексте не допускаются рукописные вставки и вклейки. Статья должна быть подписана всеми авторами.

III. Статья должна иметь следующую структуру:

1. Индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); инициалы и фамилии авторов; название статьи; полное наименование учреждений, где работают авторы, с указанием города и страны, адрес электронной почты каждого автора.

2. Аннотация (авторское резюме) объемом 200–250 слов должна кратко представлять результаты работы и быть понятной, в том числе и в отрыве от основного текста статьи; должна быть информативной, хорошо структурированной (один из вариантов написания аннотации – краткое повторение структуры статьи, включающее введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение или выводы).

3. Ключевые слова – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования; рекомендуемое количество ключевых слов 5–10.

4. Метатекстовые данные (все то, что предшествует основному тексту статьи) приводятся *на английском языке*, причем аннотация должна быть оригинальной (т. е. не являться дословным переводом русскоязычной (белорусскоязычной) аннотации). Если статья англоязычная – вышеуказанные данные приводятся на русском (белорусском) языке.

5. Основной текст статьи должен составлять 10–16 страниц (т. е. 40 тыс. знаков); в этот объем также входят таблицы и рисунки, общее число которых не должно превышать 10. Изложенный материал должен быть четко структурированным: введение, цели и задачи, методы, результаты, заключение (выводы). В русско- и белорусскоязычных статьях рекомендуется делать подрисуночные подписи и надписи на самих иллюстрациях на двух языках – *русском (белорусском) и английском*.

6. Список использованной литературы (не менее 30 ссылок) оформляется в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (ГОСТ 7.1-2003). Цитируемая литература приводится общим списком по мере упоминания, ссылки в тексте даются порядковым номером в квадратных скобках (напр., [1]); ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Затем приводится список цитированных источников в романском алфавите («References») со следующей структурой: авторы (транслитерация), название статьи в транслитерированном варианте [перевод названия статьи на английский язык в квадратных скобках], название русскоязычного источника (транслитерация) [перевод названия источника на английский язык – парафраз (для журналов можно не делать)], выходные данные с обозначениями на английском языке.

Примеры подготовлены по материалам методических рекомендаций «Редакционная подготовка научных журналов для включения в зарубежные индексы цитирования» О.В. Кирилловой ([http://elsevierscience.ru/files/kirillova\\_editorial.pdf](http://elsevierscience.ru/files/kirillova_editorial.pdf)).

• **Статьи из журналов:**

Zagurenko A. G., Korotovskikh V. A., Kolesnikov A. A., Timonov A. V., Kardymon D. V. Tekhniko-ekonomicheskaya optimizatsiya dizaina gidrorazryva plasta [*Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing*]. Neftyanoe khozyaistvo = Oil Industry, 2008, no.11, pp. 54–57.

• **Описание статьи из электронного источника:**

Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B. P. *Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange*. Journal of Computer-Mediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

• **Описание статьи с DOI:**

Zhang Z., Zhu D. *Experimental research on the localized electrochemical micromachining*. Russian Journal of Electrochemistry, 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926–930. doi: 10.1134/S1023193508080077.

- **Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов):**  
Astakhov M. V., Tagantsev T. V. Eksperimental'noe issledovanie prochnosti soedinenii "stal'-kompozit" [*Experimental study of the strength of joints "steel-composite"*]. Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem» [*Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"*], 2006, no. 593, pp. 125–130.
- **Описание материалов конференций:**  
Usmanov T. S., Gusmanov A. A., Mullagalin I. Z., Muhametshina R. Ju., Chervyakova A. N., Sveshnikov A. V. Osobennosti proektirovaniya razrabotki mestorozhdeniy s primeneniem gidrorazryva plasta [*Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing*]. Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursos-beregayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi" [*Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"*]. Moscow, 2007, pp. 267–272.
- **Описание книги (монографии, сборники):**  
Izvekov V. I., Serikhin N. A., Abramov A. I. Proektirovanie turbogeneratorov [*Design of turbo-generators*]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p.
- **Описание Интернет-ресурса:**  
APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2011).  
Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (*Rules for the Citing of Sources*) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (accessed 7 February 2011)
- **Описание диссертации или автореферата диссертации:**  
Semenov V. I. Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [*Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.*]. Moscow, 2003. 272 p.
- **Описание ГОСТа:**  
GOST 8.586.5–2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie rashkoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [*State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices*]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p.
- **Описание патента:**  
Palkin M. V., e.a. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [*The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head*]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

7. Информацию о финансировании (поддержке грантами проектов и т. п.) следует давать на русском (белорусском) и английском языках под заголовками «Благодарности» («Падзяка»), «Acknowledgements».

IV. Для подготовки метаданных (информационный лист) на отдельной странице следует указать на русском и английском языках для каждого автора: фамилию, имя и отчество (полностью), звание, ученую степень, должность, место работы с указанием адреса, контактную информацию (e-mail, телефоны).

V. Электронный вариант статьи предоставляется на диске, флэшке или присылается по электронной почте в редакцию журнала: [agro-vesti@mail.ru](mailto:agro-vesti@mail.ru). Текст должен быть набран в Word под Windows, формулы – в редакторе MathType. Собственным редактором формул версий Microsoft Office 2007 и выше пользоваться нельзя, так как в редакционно-издательском процессе он не поддерживается. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ», выключку вверх и вниз ( $C^2$ ,  $C_4$ ) – через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы необходимо набирать курсивом, греческие – прямо (для набора греческих символов следует пользоваться гарнитурой Symbol). Обозначения математических функций (lim, sup, ln, sin, Re, Im и т. п.), символы химических элементов (N, K, Cl) также набираются прямым латинским шрифтом.

VI. Черно-белые и цветные рисунки вставляются в текст статьи (Word), а также даются в виде отдельных файлов в формате tif (600 точек на дюйм). Желательно также предоставлять их в формате оригинала (Corel, диаграммы в Excel, Origin Pro и т. д.), т. е. в той программе, в которой они выполнены. Текст на рисунках набирается основной гарнитурой, причем начертание символов (греческое, латинское) должно соответствовать их начертанию в тексте. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно 8 пунктов). Вверху рисунков (если они даются отдельно) указываются фамилии авторов, название статьи. Фотографии предоставляются в виде файлов (tif, jpg, png, eps) и в распечатанном виде.

VII. Поступившая в редакцию статья направляется на рецензию, затем визируется членом редколлегии. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. Если по рекомендации рецензента статья возвращается автору на доработку, то переработанная рукопись вновь рассматривается редколлегией. Статьи не по профилю журнала возвращаются авторам после заключения редколлегии.

Материалы для публикации следует направлять по адресу: редакция журнала «Весті НАН Беларусі. Серыя аграрных навук», ул. Академическая, 1, к. 119, 220072, г. Минск, Республика Беларусь, либо по электронной почте: [agro-vesti@mail.ru](mailto:agro-vesti@mail.ru), либо через онлайн-форму на сайте.

Тел. для справок: +375 17 284 19 19, + 375 44 554 10 46.