



ISSN 2307-2873 (Print)  
ISSN 2410-4140 (Online)

Научно-практический  
журнал

№2 (26) 2019

ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ  
**ВЕСТНИК**

Научно-практический журнал основан в декабре 2012 г.  
Выходит четыре раза в год.  
Зарегистрирован Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ № ФС77–72617 от 4 апреля 2018 г., г. Москва.

**Включен в Перечень ВАК  
и международную базу данных AGRIS**

**Учредитель и издатель:**  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова»,  
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23, Россия

**Главный редактор:**  
Ю.Н. Зубарев, д-р с.-х. наук, профессор

**Члены редакционного совета:**

Э.Д. Акманаев (зам. гл. ред.), канд. с.-х. наук  
(г. Пермь, Россия);  
Х. Батье-Салес, д-р биологии (г. Валенсия, Испания);  
К.М. Габдрахимов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
В.Д. Галкин, д-р техн. наук (г. Пермь, Россия);  
В.Н. Домацкий, д-р биол. наук (г. Тюмень, Россия);  
С.Л. Елисеев, (зам гл. ред) д-р с.-х. наук  
(г. Пермь, Россия);  
О.З. Еремченко, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
А.М. Есоян, д-р техн. наук (г. Ереван, Армения);  
Н.Н. Зезин, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);  
З. Йовович, д-р (г. Подгорица, Черногория);  
Р.Р. Исмагилов, д-р с.-х. наук (г. Уфа, Россия);  
Н.Л. Колясникова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.В. Костюченко, акад. АСХН РК, д-р техн. наук  
(г. Астана, Казахстан);  
Р. Кызылкая, д-р (г. Самсун, Турция);  
Л.В. Лящева, д-р с.-х. наук (г. Тюмень, Россия);  
Е.Н. Мартынова, д-р с.-х. наук (Ижевск, Россия);  
Л.А. Михайлова, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
С.Г. Мударисов, д-р техн. наук (г. Уфа, Россия);  
Ф.Ф. Мухамадьяров, д-р техн. наук (г. Киров, Россия);  
А.А. Овчинников, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);  
Л.Ю. Овчинникова, д-р с.-х. наук (г. Троицк, Россия);  
Ж.А. Перевойко, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
М.В. Рогозин, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
Т.Н. Сивкова, д-р биол. наук (г. Пермь, Россия);  
В. Спалевич, д-р (г. Подгорица, Черногория);  
Л.В. Сычёва, д-р с.-х. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.А. Татарникова, д-р ветеринар. наук (г. Пермь, Россия);  
Н.Н. Теринов, д-р с.-х. наук (г. Екатеринбург, Россия);  
В.И. Титова, д-р с.-х. наук (г. Н. Новгород, Россия);  
И.Ш. Фатыхов, д-р с.-х. наук (г. Ижевск, Россия);  
Т. Фишер, д-р естеств. наук (г. Бранденбург, Германия);  
И.К. Хабиров, д-р биол. наук (г. Уфа, Россия);  
В.Г. Черенок, акад. НАН ВШК, д-р с.-х. наук  
(г. Астана, Казахстан)

*Директор ИПЦ «Прокростъ» – О.К. Корепанова  
Редактор – Е.А. Граевская  
Ответственный секретарь – А.С. Богатырева  
Перевод – О.В. Фотина*

Дата выхода в свет – 21.06.2019. Формат 60x84%. Усл. печ. л. 18,88.  
Тираж 500. Заказ № 99. Индекс издания ПР922.  
Свободная цена.  
Отпечатано в издательско-полиграфическом центре «Прокростъ».  
Адрес ИПЦ «Прокростъ» и редакции:  
614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23.  
Тел.: +7 (342) 217-95-42. <http://agrovest.psa.ru>  
E-mail: [pgshavestnik@mail.ru](mailto:pgshavestnik@mail.ru)  
© ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2019

Scientific-practical journal founded in December 2012.  
The journal is published quarterly.  
Registered by the Federal Legislation Supervision Service  
in the sphere of communications, information technologies  
and mass communications (Roskomnadzor).  
MM Registration Certificate PI No. FS77-72617  
dated 4 April 2018, Moscow.

**Included into the Higher Attestation Commission list  
and indexed in the AGRIS international database**

**Establisher and publisher:**  
federal state budgetary educational institution  
of higher education  
Perm State Agro-Technological University Named after  
Academician D.N. Pryanishnikov,  
23 Petropavlovskaya, Perm 614990 Russia

**Editors-in-Chief:**  
Iu.N. Zubarev, Dr. Agr. Sci., Professor

**Editorial Board:**

E.D. Akmanayev, (Deputy Chief Editor), Cand. Agr. Sci.,  
(Perm, Russia);  
J. Batlle-Sales, Dr. (Valencia, Spain);  
K.M. Gabdrakhimov, Dr. Agr. Sci. (Ufa, Russia);  
V.D. Galkin, Dr. Tech. Sci. (Perm, Russia);  
V.N. Domatskii, Dr. Biol. Sci. (Tiumen, Russia);  
S.L. Eliseev, (Deputy Chief Editor), Dr. Agr. Sci. (Perm,  
Russia);  
O.Z. Eremchenko, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
A.M. Esoian, Dr. Tech. Sci. (Yerevan, Armenia);  
N.N. Zezin, Dr. Agr. Sci. (Yekateriburg, Russia);  
Z. Jovovic, PhD (Podgorica, Montenegro);  
R.R. Ismagilov, Dr. Agr. Sci. (Ufa, Russia);  
N.L. Kolyasnikova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
N.V. Kostyuchenkov, Academician of SKATU,  
Dr. Tech. Sci. (Astana, Kazakhstan);  
R. Kizilkaya, PhD (Samsun, Turkey);  
L.V. Lyashcheva, Dr. Agr. Sci. (Tyumen, Russia);  
E.N. Martynova, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);  
L.A. Mikhailova, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);  
S.G. Mudarisov, Dr. Tech. Sci. (Ufa, Russia);  
F.F. Mukhamadiarov, Dr. Tech. Sci. (Kirov, Russia);  
A.A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., (Troitsk, Russia);  
L.Iu. Ovchinnikova, Dr. Agr.Sci. (Troitsk, Russia);  
Zh.A. Perevoiko, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);  
M.V. Rogozin, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
T.N. Sivkova, Dr. Biol. Sci. (Perm, Russia);  
V. Spalevic, Dr. (Podgorica, Montenegro);  
L.V. Sycheva, Dr. Agr. Sci. (Perm, Russia);  
N.A. Tatarnikova, Dr. Vet. Sci. (Perm, Russia);  
N.N. Terinov, Dr. Agr. Sci. (Ekaterinburg, Russia);  
V.I. Titova, Dr. Agr. Sci. (Nizhny Novgorod, Russia);  
I.Sh. Fatykhov, Dr. Agr. Sci. (Izhevsk, Russia);  
T. Fischer, Dr. (Brandenburg, Germany);  
I. K. Khabirov, Dr. Biol. Sci. (Ufa, Russia);  
V.G. Chernenok, Academician of NAHEA SK,  
Dr. Agr. Sci. (Astana, Kazakhstan)

*Director of the PPC «Prokrost» – O.K. Korepanova  
Editor – E.A. Grayevskaya  
Senior secretary – A.S. Bogatyreva  
Translation – O.V. Fotina*

Signed to print – 21.06.2019. Format 60x84%.  
Printed sheets 18,88. Ex. 500, Order No. 99. Postcode  
ПР922. Unfixed price. Printed at the Publishing and Poly-  
graphic Center «Prokrost».  
The PPC «Prokrost» and Editorial Department address:  
23 Petropavlovskaya, Perm 614990 Russia  
Tel.: +7 (342) 217-95-42. <http://agrovest.psa.ru>  
E-mail: [pgshavestnik@mail.ru](mailto:pgshavestnik@mail.ru)  
© FSBEI HE Perm State Agro-Technological University, 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

<b>Галкин В. Д., Галкин А. Д., Басалгин С. Е., Хандриков В. А.</b> Параметры и режимы предварительного разделения зернового вороха на фракции в виброоживленном слое при воздушно- решетной очистке.....	4
<b>Кашфуллин А. М., Пепеляева Е. В., Гурьянов С. Г., Фаюршин А. Ф.</b> Формирование структуры и износостойкость направленных покрытий с боридным упрочнением .....	15
<b>Сенин П. В., Раков Н. В., Макейкин А. М.</b> Оценка технического состояния головок блока цилиндров двигателя ЗМЗ-406 и рекомендации по её восстановлению .....	24
<b>Столяров А. В., Ионов П. А., Земсков А. М.</b> Восстановление гидростатических трансмиссий импортного производства (на примере EATON 6423).....	33

### АГРОНОМИЯ

<b>Алёшин М. А., Михайлова Л. А., Субботина М. Г.</b> Влияние удобрений на биохимический состав зерна посевного гороха в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья .....	43
<b>Габбасов И. И., Низамов Р. М.</b> Структура урожайности ярового рапса при применении удобрений марки Изagri в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан.....	50
<b>Зезин Н. Н., Постников П. А., Намятов М. А.</b> Баланс гумуса в полевых севооборотах .....	57
<b>Киприянов Ф. А., Савиных П. А.</b> Территориально-климатическое районирование Вологодской области и перспективы его использования в земледелии .....	64
<b>Колотов А. П.</b> Изменение массы 1000 семян и её влияние на урожайность льна масличного в зависимости от погоды и сортовых особенностей .....	72
<b>Ленточкин А. М.</b> Состояние производства и потребления зерна... ..	78
<b>Мокрушина А. В., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д.</b> Влияние минеральных удобрений на семенную продуктивность и биохимический состав сортов ярового рапса в условиях Среднего Предуралья .....	87

## CONTENTS

### PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

<b>Galkin V. D., Galkin A. D., Basargin S. E., Khandrikov V. A.</b> Parameters and modes of grain heap preselection on the factions in vibro-liquefied layer at air-sieve cleaning .....	4
<b>Kashfullin A. M., Pepelyaeva E. V., Guryanov S. G., Fayurshin A. F.</b> Structure forming and wear resistance of surfaced coatings with boride reinforcement .....	15
<b>Senin P. V., Rakov N. V., Makeykin A. M.</b> Assessment of technical condition of the ZMZ-406 engine cylinder heads and recommendations for recovery .....	24
<b>Stolyarov A. V., Ionov P. A., Zemskov A. M.</b> Restoration of imported hydrostatic transmissions (on the EATON 6423 example).....	33

### AGRONOMY

<b>Aleshin M. A., Mikhailova L. A., Subbotina M. G.</b> Effect of fertilizers on biochemical composition of pea grain cultivated on sod-podzolic heavy loam soil of the Preduralie .....	43
<b>Gabbasov I. I., Nizamov R. M.</b> The yield structure of spring rape when applying Izagri fertilizer in pedo-climatic condition of Republic of Tatarstan .....	50
<b>Zezev N. N., Postnikov P. A., Namyatov M. A.</b> Balance of humus in field crop rotations .....	57
<b>Kipriyanov F. A., Savinyh P. A.</b> Territorial and climatic zonation of the Vologda oblast and its prospects in agriculture .....	64
<b>Kolotov A. P.</b> Change in thousand-seed weight and its effect on yield capacity of common flax depending on variety and weather conditions .....	72
<b>Lentochkin A. M.</b> State of production and grain consumption .....	78
<b>Mokrushina A. V., Bogatyreva A. S., Akmanaev E. D.</b> Effect of mineral fertilizers on seed productivity and biochemical composition of spring rape varieties in the conditions of the Middle Preduralie .....	87

<b>Созонова А. Н., Иваненко А. С.</b> Результаты сортоиспытания сои Краснообская в Северном Зауралье .....	94
<b>Хайруллин А. М., Багаутдинов Ф. Я., Гайфуллин Р. Р., Валитов А. В., Ахияров Б. Г.</b> Влияние форм азотных удобрений на урожайность и биохимический состав семян рапса ярового .....	101
<b>Яркова Н. Н.</b> Реакция овса Дэнс на приемы агротехники в Среднем Предуралье.....	109

#### ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

<b>Бобрикова Н. В.</b> Гистогенез нервно-мышечных элементов скелетных мышц зрелорождающихся животных на примере мышц плечевого сустава крупного рогатого скота .....	116
<b>Зименков В. А.</b> Опыт использования Габапентина, Золетила 100 и Ксилы для анальгезии и седации лабораторных мышей при проведении эксперимента .....	123
<b>Мартынова Е. Н., Якимова В. Ю.</b> Молочная продуктивность и долголетие высокопродуктивных коров в зависимости от кровности по голштинской породе .....	128
<b>Расторгуйева С. Л.; Ибишов Д. Ф., Осипов А. П.</b> Исследование комплексного влияния Витадаптина, Гувитана-С и Гермивита на абсолютное содержание лейкоцитов, лимфоцитов и нейтрофилов в периферической крови сухостойных коров .....	136
<b>Согрина А. В., Кулемеева И. О., Якушева Г. Д.</b> Гельминтозоознозы тихоокеанских лососей полуострова Камчатка .....	143

<b>Sozonova A. N., Ivanenko A. C.</b> The sort testing results of Krasnoobskaya soybean in the Northern Trans-Urals .....	94
<b>A. M. Khairullin, F. Y. Bagautdinov, R. R. Gaifullin, A. V. Valitov, B. G. Akhiyarov</b> Influence of the nitrogen fertilizers forms on yield and biochemical composition of the spring rape seeds .....	101
<b>Yarkova N. N.</b> The response of dens oats to agricultural techniques in Preduralie .....	109

#### VETERINARY AND ZOOTECHNY

<b>Bobrikova N. V.</b> Hystogenesis of the nerve-muscle elements in skeletal muscles of pecocial animals on example of the cattle humeral articulation muscles .....	116
<b>Zimenkov V. A.</b> Experience of using gabapentin, zoletil 100 and Xyla for analgesia and sedation of laboratory mice in the experiment .....	123
<b>Martynova E. N., Yakimova V. Yu.</b> Milk yield and longevity of high yielding cows with different levels of productivity depending on holstein breed blood share .....	128
<b>Rastorguyeva S. L., Ibishov D. F., Osipov A. P.</b> Integrated effect of the Vitadaptin, the Guvitan-C, and the Germiviti on the absolute level of leukocytes, lymphocytes, and neutrophils in the peripheral blood of dry cows .....	136
<b>A. V. Sogrina, I. O. Kulemееva, G. D. Yakusheva</b> Helminthiasis of pacific salmons on the Kamchatka peninsula .....	143

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.362

### **ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА НА ФРАКЦИИ В ВИБРООЖИЖЕННОМ СЛОЕ ПРИ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОЙ ОЧИСТКЕ**

**В. Д. Галкин**, д-р техн. наук, профессор;

**А. Д. Галкин**, д-р техн. наук;

**С. Е. Басалгин**, канд. техн. наук;

**В. А. Хандриков**, канд. техн. наук,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

Ул. Героев Хасана, 113, Пермь, Россия, 614025,

E-mail: [engineer@pgsha.ru](mailto:engineer@pgsha.ru)

*Аннотация.* Целью исследований является определение параметров и режимов разделения зерновой смеси с трудноотделимыми примесями в виброожиженном слое при воздушно-решетной очистке. В настоящее время для очистки и сортирования семян с трудноотделимыми примесями используют прямоточную технологию, согласно которой очищаемый материал последовательно проходит обработку в воздушно-решетных машинах первичной, вторичной очистки, далее направляется в триера, а затем – на окончательную очистку – на пневмосортировальный стол. Недостатком технологии являются повышенные потери семян в отходы и высокие затраты на очистку семенного материала. Для устранения этих недостатков исследователями разрабатываются фракционные технологии, которые предусматривают предварительное разделение зернового материала на фракции с разными видами примесей и их отдельную обработку на машинах меньшей производительности. В ряде случаев возможно при предварительном разделении выделить часть семян соответствующих требованиям стандарта на посевные качества семян. На кафедре сельскохозяйственных машин и оборудования ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ предложен вариант технологии очистки, согласно которому предварительное разделение проводят в виброожиженном слое. В результате теоретических и экспериментальных исследований определены параметры и режимы процесса предварительного разделения зернового вороха на фракции в виброожиженном слое: соотношение диаметра отверстий решета к длине семян  $d/l=0,79...0,81$ , частота и амплитуда колебаний решета, соответственно  $477...482 \text{ мин}^{-1}$ ;  $0,0073...0,0075 \text{ м}$ . При этом, вероятность попадания члеников редьки дикой во II-ю фракцию – 90 %, овсюга – до

75..80 % , степень отделения мелких примесей достигает 70...73 %, при расходной характеристике зернового потока I-й фракции – 65 %.

*Ключевые слова:* семена кондиционной влажности, трудноотделимые примеси, предварительное разделение в виброоживленном слое, режимы.

**Введение.** Для очистки и сортирования семян с трудноотделимыми примесями используют прямоточную технологию, согласно которой очищаемый материал последовательно проходит обработку в воздушно-решетных машинах первичной, вторичной очистки, далее направляется в триера, а затем – на окончательную очистку – на пневмосортировальный стол. Недостатком технологии являются повышенные потери семян в отходы и высокие затраты на очистку семенного материала. Для устранения этих недостатков отечественными исследователями [1-12] и учеными зарубежных стран разрабатываются фракционные технологии [13-15], которые предусматривают предварительное разделение зернового материала на фракции с разными видами примесей и их отдельную обработку на машинах меньшей производительности. В ряде случаев возможно при предварительном разделении выделить часть семян, соответствующих требованиям стандарта на посевные качества семян. На кафедре сельскохозяйственных машин и оборудования ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ предложен вариант технологии предусматривающий очистку зерновой смеси в воздушно-решетной машине с разделением зернового потока на две фракции, отдельную их обработку в триерах с последующей очисткой одной из фракций на пневмосортировальном столе. Согласно технологии, предварительное разделение проводят в виброоживленном слое при воздушно-решетной очистке. В этой связи целью исследований является определение параметров и режимов разделения зерновой смеси с трудноотделимыми примесями в вибро-

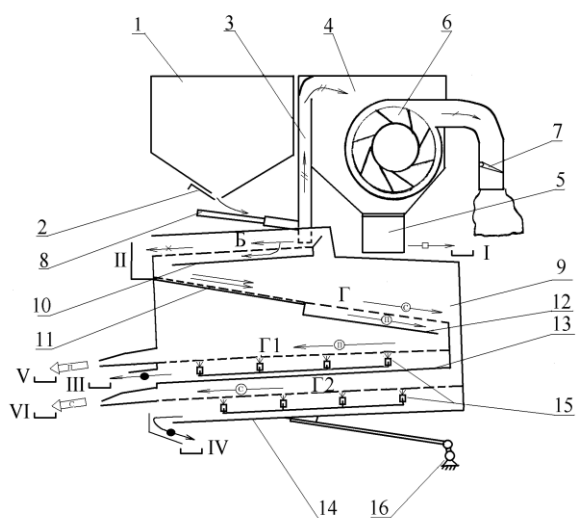
оживленном слое при воздушно-решетной очистке.

**Методика.** Аналитические исследования проведены методами классической механики, в частности, составлением и решением дифференциальных уравнений. Лабораторные опыты проведены методами теории много факторного эксперимента. Для проведения опытов использовали лабораторную установку для воздушно-решетной очистки семян кафедры сельскохозяйственных машин и оборудования (рис. 1). Особенностью ее является то, что решетчатая часть состоит из четырех ярусов, причем, на втором ярусе, с углом наклона  $6^\circ$ , последовательно установлены расщепительная поверхность и решето с отверстиями круглой формы.

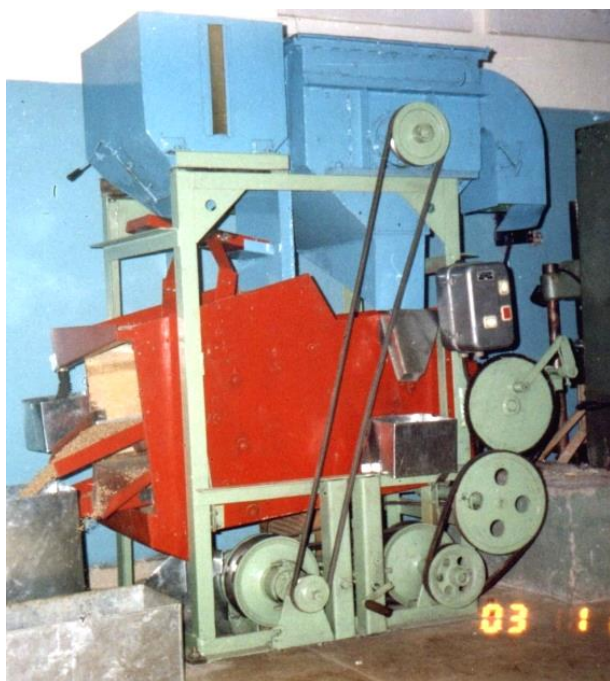
Дозатор бункера машины позволяет изменять удельную нагрузку до  $105 \text{ кг}/(\text{ч} \cdot \text{дм}^2)$ , частоту колебаний – в пределах  $150...700 \text{ мин}^{-1}$  с помощью клиноременного вариатора, амплитуду – от 5,0 до 10 мм при установке эксцентриков, использовать сменные решета.

Опыты проведены на зерновой смеси, состоящей из семян пшеницы сорта Иргина со средним значением влажности 14 % с объемной массой  $760 \text{ кг}/\text{м}^3$ , в качестве трудноотделимой примеси были взяты членики редьки дикой с объемной массой  $470 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а в качестве длинных – овсюг с объемной массой  $630 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Оценками предварительного разделения зернового материала приняты: степень выделения члеников редьки дикой и овсюга в первую фракцию; степень выделения мелкой тяжелой примеси из каждой фракции; массовые доли полученных фракций в %.



а



б

Рис. 1. Лабораторная установка кафедры сельскохозяйственных машин Пермского ГАТУ: а – схема технологического процесса; б – общий вид;

– поток очищаемого материала; – расслоенный материал; п – роходовая фракция; с – сходовая фракция; – воздушный поток с пылью; – воздушный поток с легкими примесями; – крупные примеси; – щуплое зерно и зерновая примесь; – легкие примеси; – очищенное зерно

1 – бункер; 2 – дозирующая заслонка; 3 – пневмоканал; 4 – осадочная камера; 5 – уплотнительный клапан; 6 – вентилятор; 7 – регулировочная заслонка; 8 – вибрлоток; 9 – решетный стан, 10, 12, 13, 14 – поддоны; 11 – расслоительная поверхность, 15 – механизм щеточной очистки решет; 16 – привод решетного стана; I...V – выходы

**Теоретические исследования.** Рассмотрим в движущемся со скоростью  $v_{cp}$  потоке зернового материала слоем  $h$  плотностью  $\rho_3$  зерна основной культуры частицу плотностью  $\rho_{нп}$  и объемом  $V_{нп}$ , находящейся на неперфорированной колеблющейся поверхности, расположенной под углом  $\alpha$  к горизонту.

Тогда, на частицу компонента будут действовать силы:  $P$  – сила тяжести,  $P_1$  – сила сопротивления,  $F$  – выталкивающая сила.

С учетом действующих сил дифференциальное уравнение относительного перемещения в слое частицы компонента запишется в виде:

$$m_{нп} \frac{d^2 y}{dt^2} = F - P - P_1, \quad (1)$$

Так как  $F > P + P_1$ , то  $P_1 < F - P$

Тогда можно записать:

$$P_1 = K(F - P),$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий сопротивление частиц и зависящий от их свойств, толщины слоя  $h$ , параметров  $\rho_{nn}$ ,  $\rho_3$  и зависящий от их колеблющуюся поверхность ( $0 < K < 1$ ). С учетом этого уравнение (1) примет вид:

$$\rho_{nn} V \frac{d^2 y}{dt^2} = (gV\rho_3 - gV\rho_{nn}) K_1, \quad (2)$$

где  $K_1 = 1 - K$ .

Решая уравнение (2), получим:

$$y = \frac{gK_1(\rho_3 - \rho_{nn}) t^2}{\rho_{nn}}. \quad (3)$$

При  $y = h$

$$t = \sqrt{\frac{\rho_{nn} h}{K_1 g (\rho_3 - \rho_{nn})}}. \quad (4)$$

Тогда путь, пройденный частицей до ее перемещения в верхний слой, определится по формуле:

$$l = \frac{v_{cp} t}{\cos \alpha} = \frac{v_{cp}}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{\rho_{nn} h}{K_1 g (\rho_3 - \rho_{nn})}}. \quad (5)$$

Выразив из (5)  $h$  получим формулу, описывающую траекторию движения частицы в зависимости от длины пути или времени:

$$h = \frac{K_1 g (\rho_3 - \rho_{nn}) \cos^2 \alpha}{\rho_{nn} v_{cp}^2} l^2. \quad (6)$$

Величина  $h$  зерна, определяется подачей зернового материала с конкретной объемной массой  $\rho_{cm}$ . Величина  $h$  зерна, определяется подачей зернового материала с конкретной объемной массой  $\rho_{cm}$ . Величина  $h$  зерна, определяется подачей зернового материала с конкретной объемной массой  $\rho_{cm}$ .

Так как, расходная характеристика материала и плотность трудноотделимых компонентов являются случайными величинами, то с учетом (5), получим зависимость для расчета расстояния, необходимого для подготовки зерновой смеси к разделению на фракции:

$$l = \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{\frac{(m_q m_{\rho_{nn}} + r_q \rho_{nn} \sigma_q \sigma_{\rho_{nn}}) v_{cp}}{K_1 g (m_{\rho_3} - m_{nn}) m_{\rho_{cm}} B_{\rho}}}, \quad (7)$$

где  $m_q$  – среднее значение подачи основной культуры и объемной массы зерновой смеси, поступающей на расслоительную поверхность, кг/с;  $r_q$ ,  $\sigma_q$ ,  $\sigma_{\rho_{nn}}$  – средние квадратические отклонения подачи и плотности низконатурных примесей, кг/м<sup>3</sup>;

$m_{\rho_3}$ ,  $m_{nn}$ ,  $m_{\rho_{cm}}$  – средние значения плотностей низконатурных примесей, зерна и основной культуры, кг/м<sup>3</sup>;

$B_{\rho}$  – ширина решета, м.



После подготовки к разделению, зерновая смесь, состоящая из нескольких компонентов, подается с расходной характеристикой  $q_0(t)$  с расщепительной поверхности на фракционное решето, причем:

$$q_0(t) = q_{k_1}(t) + q_{k_2}(t) + \dots + q_{k_i}(t), \quad (8)$$

где  $q_{k_1}(t) \dots q_{k_i}(t)$  – расходные характеристики 1, 2...i – компонентов.

Тогда задача анализа процесса фракционирования совокупности компонентов,

$$\begin{aligned} m_{q_{np, cx}} &= W_{q_0} [q_0(t)]; \\ m_{z_{in, cx}} &= W_{z_{in}} [z_{in}(t)], \end{aligned} \quad (9)$$

где  $m_{Q_{np, cx}}$  – средние значения расходных характеристик зерновых потоков, идущих проходом и сходом с решета, кг/с;

$m_{z_{np, cx}}$  – средние значения засоренности конкретным видом примесей зерновых потоков, идущих проходом и сходом с решета, дол. ед.;

$W_{q_0}$ ,  $W_{z_{in}}$  – операторы математических моделей разделения;

каждый из которых может попасть в проход, будет состоять в разработке математических моделей вида:

$q_0(t)$ ,  $z_{in}(t)$  – текущие значения расходной характеристики и засоренности зерновой смеси конкретным видом примесей.

Обозначим количество каждого компонента, поступающего в единицу времени  $q_{k_{in}}$ , а количество этого же компонента, выделяемого за это время в проход  $q_{k_{b}}$ .

Тогда за время  $t$  вероятность попадания в проход  $i$ -го компонента определится выражением:

$$\varepsilon_i(t) = q_{k_{ib}} / q_{k_{in}}, \quad (10)$$

где  $\varepsilon_i(t)$  – величина вероятности попадания в проход (степень выделения) компонента за время  $t$ .

С другой стороны, согласно экспериментальным данным отечественных и зару-

бежных ученых, изменение степени выделения  $i$ -го компонента за период времени от 0 до  $t$  может быть описано экспоненциальным законом [2]:

$$\varepsilon_i(t) = 1 - e^{-\mu_i vt}, \quad (11)$$

где  $\mu_i$  – коэффициент сепарации, характеризующий интенсивность выделения  $i$ -го компонента и зависящий от его свойств и свойств среды, условий разделения, параметров и режимов работы сепаратора;

$v$  – средняя скорость движения  $i$ -го компонента по решету;

$t$  – время перемещения компонента в движущемся по решету слое.

Приравняем (10) и (11), тогда получим:

$$q_{k_{ib}} = q_{k_{in}} (1 - e^{-\mu_i vt}). \quad (12)$$

Имея в виду, что

$$q_{k;n} = z_{in} * q_0, \quad (13)$$

где  $z_{in}$  – относительное содержание в долях единицы  $i$ -го компонента в зерновой смеси;

$q_0$  – скорость подачи зерновой смеси, состоящей из  $m$  компонентов.

Подставив (13) в (12) получим:

$$q_{k;b} = z_{in} q_0 (1 - e^{-\mu_i v t}). \quad (14)$$

Тогда расходная характеристика проходной фракции, состоящей из  $m$  компонентов,

определится по формуле:

$$q_{np} = \sum_{i=1}^m [z_{in} q_0 (1 - e^{-\mu_i v t})]. \quad (15)$$

Расходную характеристику сходовой фракции можно вычислить:

Относительное содержание  $i$ -го компонента в сходовой фракции решета в долях единицы определится по выражению:

$$q_{cx} = q_0 - q_{np}. \quad (16)$$

$$z_{k;cx} = z_{in} q_0 e^{-\mu_i v t}. \quad (17)$$

Засоренность проходной фракции решета  $i$ -тым компонентом определится по

формуле:

$$z_{k;np} = \frac{q_{k;b}}{q_{np}} = \frac{z_{in} q_0 (1 - e^{-\mu_i v t})}{\sum_{i=1}^m [z_{in} q_0 (1 - e^{-\mu_i v t})]}. \quad (18)$$

В связи с тем, что расходная характеристика  $q_0$  и засоренность зернового потока  $z_{in}$  различными видами примесей являются величинами случайными в вероятностно-

статистическом смысле, то среднее значение произведения этих величин представим в виде:

$$m(q_0 z_{in}) = m_{q_0} z_{in} + r_{q_0} z_{in} \sigma_{q_0} \sigma_{z_{in}}, \quad (19)$$

где  $m_{q_0}$  – оценки средних значений подачи и относительного содержания  $i$ -го компонента в разделяемом зерновом потоке;

тым компонентом разделяемого зернового потока;

$r_{q_0 z_{in}}$  – коэффициент корреляции расходной характеристики и засоренности  $i$ -

$\sigma_{q_0}, \sigma_{z_{in}}$  – средние квадратические отклонения расходной характеристики и за-

соренности  $i$ -тым компонентом зернового потока.

С учетом выражения (19), математические модели рабочего органа, предназначенного для разделения сыпучего материала

на две фракции, будут иметь следующий вид:

- для расчета расходных характеристик проходовой и сходовой фракций, получаемых в результате разделения исходного материала:

$$m_{q1} = \sum_{i=1}^m \left[ (m_{q0} m_{3in} + r_{q03in} \sigma_{q0} \sigma_{3in}) (1 - e^{-\mu_i vt}) \right]; \quad (20)$$

$$m_{q11} = m_{q0} - \sum_{i=1}^m \left[ (m_{q0} m_{3in} + r_{q03in} \sigma_{q0} \sigma_{3in}) (1 - e^{-\mu_i vt}) \right]; \quad (21)$$

- для расчета засоренности фракций:

$$m_{31i} = \frac{(m_{q0} m_{3in} + r_{q03in} \sigma_{q0} \sigma_{3in}) (1 - e^{-\mu_i vt})}{m_{q0} \sum_{i=1}^m [m_{3in} (1 - e^{-\mu_i vt})]}; \quad (22)$$

$$m_{32i} = \frac{(m_{q0} m_{3in} + r_{q03in} \sigma_{q0} \sigma_{3in}) e^{-\mu_i vt}}{m_{q0} \left\{ 1 - \sum_{i=1}^m [m_{3in} (1 - e^{-\mu_i vt})] \right\}}. \quad (23)$$

Имея численные величины коэффициентов сепарации компонентов, в зависимости от вероятностных характеристик засоренности, удельной нагрузки на рабочий орган, параметров и режимов его работы, физико-механических свойств семян и примесей по моделям (20 – 23), можно проводить расчеты количественных и качественных характеристик фракций.

**Результаты.** В первой серии опытов, проведенных по ортогональному двухуровневому плану, ставили задачу изучения удельной нагрузки  $q$ , соотношения диаметра отверстий решета и длины семян  $d/l$ , частоты  $n$  и амплитуды  $A$  колебаний решета и определения уровней варьирования факторов. В качестве оценок процесса разделения приняты: степень выделения члеников редьки дикой и овсюга в I-ю фракцию  $E_{nn}$  и  $E_o$ , степень

выделения мелких примесей из I-й и II-й фракций  $E_{mI}$  и  $E_{mII}$ , массовая доля в % I-й фракции  $P_I$ .

Исходя из требований к процессу предварительного разделения зернового материала на фракции, установили диапазон численных значений факторов на основном уровне:  $q=65...72$  кг/ч·дм<sup>2</sup>;  $d/l=0,80...0,83$ ;  $n=470...480$  мин<sup>-1</sup> и  $A=6,0...6,5$  мм.

На втором этапе, путем реализации опытов по трехуровневому почти рототабельному плану Бокса-Бенкина, ставили задачу изучения влияния – соотношения диаметра отверстий решета и длины семян  $d/l$ , частоты  $n$  и амплитуды  $A$  колебаний.

После обработки результатов и проверки уравнений на адекватность получены выражения:

$$E_{HH} = 3125,98 - 7064,57d/l - 1,71246n + 39,19A + 4138,69d/l^2 +$$

$$+ 0,9557792d/l \cdot n - 10,0d/l \cdot A + 0,0013979n^2 - 0,048n \cdot A - 0,744A^2; \quad (24)$$

$$E_{\partial} = 4663,71 - 7960,41d/l - 6,16212n + 4,39952A +$$

$$+ 4508,87d/l^2 + 0,64935d/l \cdot n + 60,0d/l \cdot A + 0,00641156n^2 -$$

$$- 0,0611429n \cdot A - 1,82133A^2; \quad (25)$$

$$E_M = -366,136 + 67,9168d/l + 1,55533n + 8,88359A -$$

$$- 673,64d/l^2 + 1,23377d/l \cdot n + 74,5455d/l \cdot A - 0,002391n^2 -$$

$$- 0,0462857n \cdot A - 3,60267A^2; \quad (26)$$

$$P_I = -990,695 + 1064,35d/l + 2,08862n + 30,7026A -$$

$$- 1035,21d/l^2 + 1,46104d/l \cdot n + 36,3636d/l \cdot A - 0,00271769n^2 -$$

$$- 0,149143n \cdot A + 0,301333A^2; \quad (27)$$

Параметры и режимы определены на основе четырех критериев: степени выделения членков редьки дикой  $E_{HH}$ , овсюга  $E_{\partial}$ , в I-ю фракцию, степени выделения мелких примесей  $E_M$  и массовой доли I-й фракции  $P_I$  анализом двумерных

сечений (рис. 2) и использованием программы MathCAD.

Результат решения получен в виде матрицы – вектора D. Значения критериев рассчитали при фиксированных значениях факторов.

$$D = \begin{pmatrix} 0.798 \\ 480.974 \\ 7.328 \end{pmatrix} \begin{matrix} 1/\text{МИН} \\ \text{ММ} \end{matrix};$$

$$E1(D_0, D_1, D_2) = 10.908 \%$$

$$E2(D_0, D_1, D_2) = 21 \%$$

$$E3(D_0, D_1, D_2) = 72 \%$$

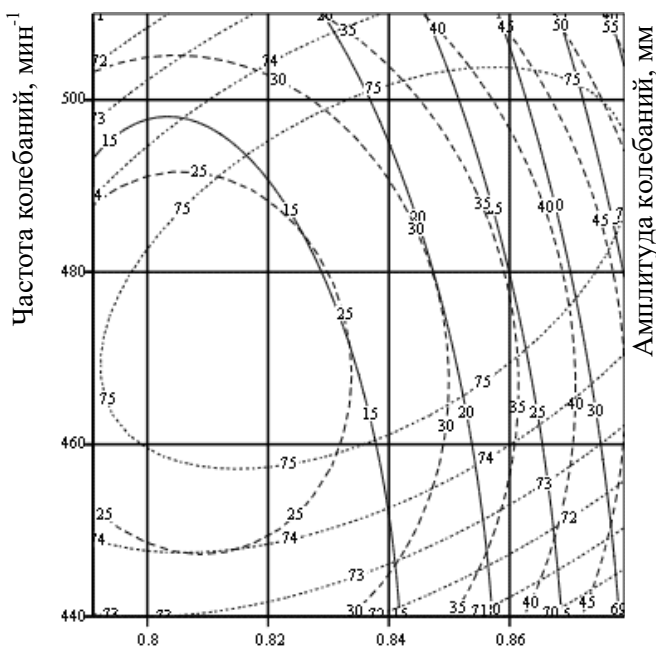
$$P(D_0, D_1, D_2) = 64.335 \%$$

Результатами опытов установлено, что рациональными параметрами и режимами процесса предварительного разделения зернового вороха на фракции в виброожиженном слое являются: соотношение диа-

метра отверстий решета к длине семян  $d/l=0,79...0,81$ , частота и амплитуда колебаний решета, соответственно,  $477...482 \text{ мин}^{-1}$ ;  $0,0073...0,0075 \text{ м}$ . При этом вероятность попадания низконатур-

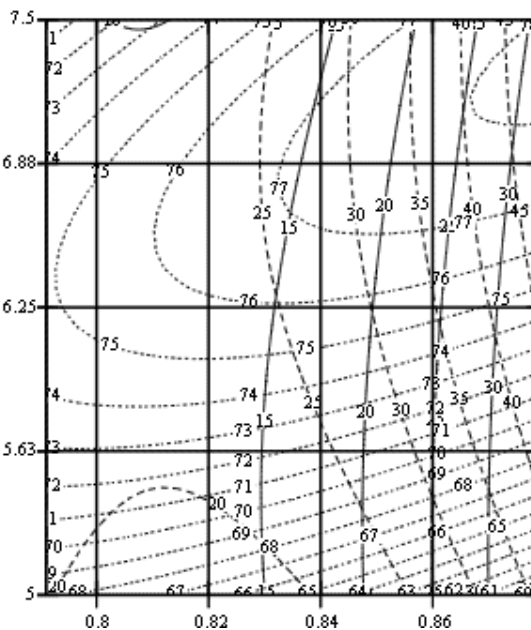
ных примесей (членики редьки дикой) во II-ю фракцию – 90 %, а длинных(овсюг) – до 75..80 % , степень отделения мелких

примесей достигает 70...73 %, при расходной характеристике зернового потока I-й фракции – 65 %.



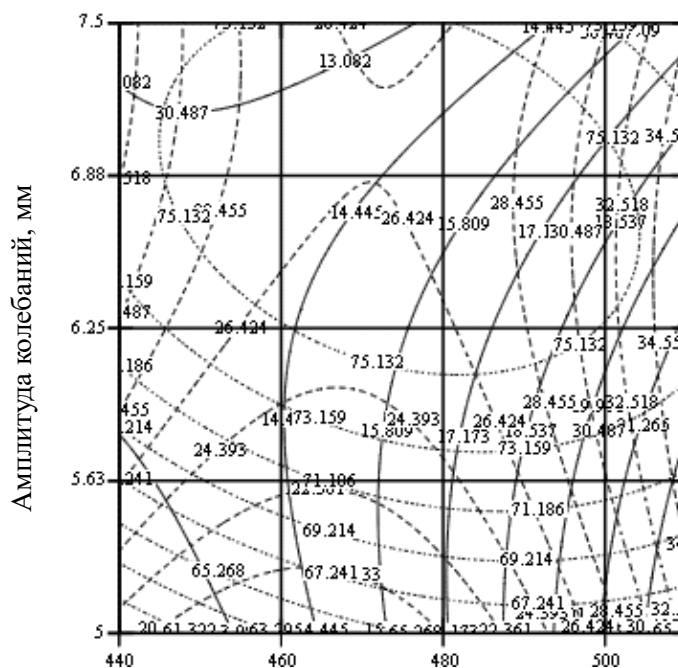
E1, E2, E3

Соотношение диаметра отверстий решета и длины семян



E1, E2, E3

Соотношение диаметра отверстий решета и длины семян



E1, E2, E3

Частота колебаний, мин<sup>-1</sup>

—— - степень выделения члеников редьки дикой; ----- - степень выделения овсюга;

..... - степень выделения мелких примесей

Рис. 2. Двумерные сечения для изучения влияния факторов  $d/l$ ,  $n$  и  $A$  на степень выделения члеников редьки дикой, овсюга и степень выделения мелких примесей

**Выводы.** Определены параметры и режимы процесса предварительного разделения зернового вороха на фракции в виброоживленном слое: отношение диаметра отверстий решета к длине семян  $d/l=0,79...0,81$ , частота и амплитуда колебаний решета, соответственно,  $477...482 \text{ мин}^{-1}$ ;  $0,0073...0,0075 \text{ м}$ . При

этом вероятность попадания низконатурных примесей (членики редьки дикой) во II-ю фракцию – 90 %, а длинных (овсюг) – до 75..80 %, степень отделения мелких примесей достигает 70...73 % при расходной характеристике зернового потока I-й фракции – 65 %.

#### Литература

1. Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А. Разработка зерноочистительных машин, функционирующих по фракционной технологии // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 12-18.
2. Гладков Н. Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация. М.: Машгиз, 1961. 246 с.
3. Дринча В. М., Борисенко И. Б. Применение и функциональные возможности пневмосортировальных столов // Научно-практический журнал НВ НИИСХ. 2008. № 2 (83). С. 33-35.
4. Дринча В. М. Исследование сепарации семян и разработка машинных технологий их подготовки. Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2006. 384 с.
5. Ермольев Ю. И. Интенсификация технологических операций в воздушно-решетных зерноочистительных машинах. Ростов на Дону: издательский центр ДГТУ, 1998. 496 с.
6. Pozdnyakov V., Zelenko S. The mathematical description of grain weight with gravity separator s constructive elements // Ukrainian Food Journal. 2013. No. 2(2). P. 221-229.
7. The technique and analy of the process of separation and cleaning grain materials / M. Panasiewicz [et al.] // Journal of Food Engineering. 2012. Vol. 109 (3). P. 603-608.
8. Оробинский В. И. Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян фракционированием и технических средств для ее реализации: дис. ... д-ра с.-х. наук. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2007. 334 с.
9. Ульрих Н. Н., Космовский Ю. А. К методике оценки разделения зернового материала при сравнительных испытаниях машин // Научно-технический бюллетень ВИМ. М., 1975. Вып. 25. С. 32-35.
10. Способ разделения зерновых смесей: патент РФ на изобретение № 2340410. Оpubл. 10.12.2008. Б.И. №34.
11. Повышение эффективности поточных линий очистки семян / В. Д. Галкин [и др.] // Агротехнологии XXI века: матер. Всерос. науч.-практ. конф., 8-10 ноября 2017 г. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2017. Ч. 1. С. 214-217.
12. Галкин В. Д., Галкин А. Д., Хандриков В. А. Создание машин и агрегатов для подготовки семян из влажного зернового вороха по энерго-ресурсосберегающим технологиям. // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сб. III Всерос. (национальной) науч. конференции. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. С. 566-569.
13. Westrup A.S Электрон. дан. Denmark: Slagelse. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.westrup.com/Products/>. (дата обращения: 15.05.2018).
14. Buhler Schmidt-Seeger. GmbH. Электрон. дан. Schweiz: Uzwil, 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.buhlergroup.com/europe/ru/>. (дата обращения: 15.05.2018).
15. PETKUS Wutha Technologie, GmbH. Электрон. дан. Германия: Wutha Farnroda, 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger>. (дата обращения: 15.05.2018).

## PARAMETERS AND MODES OF GRAIN HEAP PRESELECTION ON THE FACTIONS IN VIBRO-LIQUEFIED LAYER AT AIR-SIEVE CLEANING

**V. D. Galkin**, Dr. Tech. Sci., Professor; **D.A. Galkin**, Dr. Tech. Sci.;  
**S. E. Basargin**, Cand. Tech. Sci.; **V. A. Khandrikov**, Cand. Tech. Sci.,  
 Perm State Agro-Technological University,  
 113, Geroev Khasana St., Perm, 614025, Russia  
 E-mail: [engineer@pgsha.ru](mailto:engineer@pgsha.ru)

#### ABSTRACT

The aim of the research is to determine the parameters and modes of separation of the grain mixture with hardly separated impurities in the vibro-liquefied bed during air-sieve purification. At the present time for cleaning and sorting of seeds with non-separated impurities use ramjet technology, according to which the purified material is treated sequentially in an air-sieve machines primary, secondary

cleaning, then sent to Trier and then in final clearance on pneumocontrolled table. The disadvantage of the technology is the increased loss of seeds in waste and high costs for cleaning the seed material. To eliminate these shortcomings, researchers are developing fractional technology, which provide for the preliminary separation of grain material into fractions with different types of impurities and their separate processing on machines of lower productivity. In some cases, it is possible to allocate part of the seeds corresponding to the requirements of the standard for sowing qualities of seeds with preliminary separation. At the Agricultural Machinery and Equipment Department, a variant of cleaning technology is proposed, according to which the preliminary separation is carried out in a vibro-liquefied bed. As a result of theoretical and experimental studies, the parameters and modes of the process of preliminary separation of the grain heap into fractions in the vibro-liquefied layer were determined: the ratio of the sieve holes diameter to the seed length  $d/l=0.79...0.81$ , the frequency and amplitude of the sieve vibrations were 477...482 min<sup>-1</sup>; 0.0073...0.0075 m, respectively. Thus, the probability that segments of wild radish in the second fraction – 90 %, wild oat – 5..80 % , the degree of separation of fine impurities reaches 70...73 %, with the flow characteristics of the grain flow of the first fraction – 65 %.

*Key words: seeds of conditioned humidity, hardly separated impurities, preliminary separation in the vibro-liquefied layer, modes.*

#### References

1. Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazykin V. A. Razrabotka zernoochistitel'nykh mashin, funktsioniruyushchikh po fraktsionnoi tekhnologii (Development of grain-cleaning machines, operating on fractional technology), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 3 (23), pp. 12-18.
2. Gladkov N. G. Zernoochistitel'nye mashiny. Konstruktsiya, raschet, proektirovanie i ekspluatatsiya (Grain-cleaning machines. Design, calculation, and operation), M., Mashgiz, 1961, 246 p.
3. Drincha V. M., Borisenko I. B. Primenenie i funktsional'nye vozmozhnosti pnevmosortiroval'nykh stolov (The use and functionality pneumatic-hydraulic tables), Nauchno-prakticheskii zhurnal NV NIISKh, 2008, No. 2 (83), pp. 33-35.
4. Drincha V. M. Issledovanie separatsii semyan i razrabotka mashinnykh tekhnologii ikh podgotovki (Study of the separation of seeds and the development of machine technologies for their preparation), Voronezh, Izdatel'stvo NPO «MODEK», 2006, 384 p.
5. Ermol'ev Yu. I. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh operatsii v vozdušno-reshetnykh zernoochistitel'nykh mashinakh (Intensification of technological operations in air-sieve grain cleaning machines), Rostov na Donu, izdatel'skii tsentr DGTU, 1998, 496 p.
6. Pozdnyakov V., Zelenko S. The mathematical description of grain weight with gravity separator s constructive elements, Ukrainian Food Journal, 2013, No. 2(2), pp. 221-229.
7. The technique and analy of the process of separation and cleaning grain materials, M. Panasiewicz [et al.], Journal of Food Engineering, 2012, Vol. 109 (3), pp. 603-608.
8. Orobinskii V. I. Sovershenstvovanie tekhnologii posleuborochnoi obrabotki semyan fraktsionirovaniem i tekhnicheskikh sredstv dlya ee realizatsii (Improvement of technology of postharvest processing of seeds by fractionation and technical means for its realization), dis. ... d-ra s.-kh. nauk, Voronezh, Voronezhskii GAU, 2007, 334 p.
9. Ulrikh N. N., Kosmovskii Yu. A. K metodike otsenki razdeleniya zernovogo materiala pri sravnitel'nykh ispytaniyakh mashin (The methodology for the evaluation of separation of the grain material in the comparative testing machines), Nauchno-tekhnicheskii byulleten' VIM, M., 1975, Vyp. 25, pp. 32-35.
10. Sposob razdeleniya zernovykh smesei (Method of separation of grain mixtures), patent RF na izobrenenie № 2340410, Opubl. 10.12.2008, B.I., No. 34.
11. Povyshenie effektivnosti potochnykh liniy ochistki semyan (Improving the efficiency of seed cleaning production lines), V. D. Galkin [i dr.], Agrotekhnologii XXI veka, mater. Vseros. nauch.-prakt. konf., 8-10 noyabrya 2017 g., Perm', IPTs «Prokrost'», 2017, Ch. 1, pp. 214-217.
12. Galkin V. D., Galkin A. D., Khandrikov V. A. Sozdanie mashin i agregatov dlya podgotovki semyan iz vlazhnogo zernovogo vorokha po energo-resursosberegayushchim tekhnologiyam (Creation of machines and units for the preparation of seeds from wet grain heap on energy-resource-saving technologies), Rol' agrarnoi nauki v ustoichivom razvitii sel'skikh territorii, sb. III Vseros. (natsional'noi) nauch. konferentsii, Novosibirsk, ITs NGAU «Zolotoi kolos», 2018, pp. 566-569.

13. Westrup A.S Elektron. dan. Denmark: Slagelse. 2013 [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <http://www.westrup.com/Products/>. (data obrashcheniya: 15.05.2018).
14. Buhler Schmidt-Seeger. GmbH. Elektron. dan. Schweiz: Uzwil, 2014. [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <http://www.buhlergroup.com/europe/ru/> (data obrashcheniya: 15.05.2018).
15. PETKUS Wutha Technologie, GmbH. Elektron. dan. Germaniya: Wutha Farnroda, 2013 [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <http://russian.petkus.de/produkte/-/info/sortieren/reiniger> (data obrashcheniya: 15.05.2018).

УДК 621.791.92

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НАПЛАВЛЕННЫХ ПОКРЫТИЙ С БОРИДНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

**А. М. Кашфуллин**, канд. техн. наук,

E-mail: [a.kashfullin@mail.ru](mailto:a.kashfullin@mail.ru)

**Е. В. Пепеляева**, канд. техн. наук,

**С. Г. Гурьянов**, канд. техн. наук,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

д 23, ул. Петропавловская, Пермь, Россия, 614990

**А.Ф. Фаюршин**, канд. техн. наук, доцент,

E-mail: [azamatff@yandex.ru](mailto:azamatff@yandex.ru)

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ,

34, ул. 50 лет Октября, Уфа, Россия, 450001

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследований свойств покрытий, нанесенных методом дуговой наплавки в среде защитных газов порошковой проволокой системы легирования Fe-Cr-B-Al-Y. Для изучения микроструктуры, микрохимического и фазового состава, а также микротвердости покрытий были изготовлены поперечные шлифы. Оценивалась стойкость покрытий к изнашиванию незакрепленным абразивом. Установлено, что в нанесенном покрытии основой является  $\alpha$ -твердый раствор на основе железа, а упрочняющими фазами являются сложные карбобориды  $(Fe,Cr)_2(B,C)$ . В поверхностном слое при структурном анализе обнаружен слой хромовой шпинели  $Cr_2O_3 \cdot FeO$ . По толщине покрытия химические элементы распределены в хаотичном порядке, который свидетельствует о сложном фазовом составе. Результаты микротвердости покрытий находятся в широком диапазоне рассеяния – от 300 до 670 HV<sub>0,05</sub>, в среднем около 480 HV<sub>0,05</sub>. Значение износостойкости покрытий сопоставимо со значением для бронеплит и в 1,5...2,8 раза превышает износостойкость покрытий, полученных при ручной дуговой наплавке покрытыми электродами и газопорошковой наплавке соответственно.

*Ключевые слова:* система легирования, наплавка, структура, распределение элементов по толщине, микротвердость, износостойкость.



**Введение.** Рабочие органы почвообрабатывающих машин подвержены, как показывает практика, абразивному износу вследствие наличия в почве твердых частиц в виде кварца и полевого шпата, имеющих высокую твердость [1-3]. Износ рабочих органов (лемехов, лап культиваторов, фрез и т.д.), с их последующим затуплением приводит к снижению качества обработки почвы (уменьшение глубины обработки), увеличивается тяговое сопротивление и расход топлива, снижается производительность на 30...40 % [4].

Для поддержания качества обработки почвы к почвообрабатывающим машинам выпускаются сменные рабочие органы (лемеха, полевые доски, лапы культиваторов и др.). Рубцовский завод запасных частей, например, ежегодно расходует на эти цели более 16 тыс. тонн высококачественной марганцовистой стали 50Г [5-7]. Затраты металла на эти цели можно значительно сократить, если использовать технологии восстановления или поверхностного упрочнения рабочих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Одним из методов в качестве ремонта рабочих органов почвообрабатывающих машин является ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. Наплавочные электроды отечественного производства (ОЗН-400М) недостаточно обеспечивают износостойкость, а импортные (XND 6395N производства концерна Messer CastolinEutectic) [8-12] имеют высокую стоимость и увеличивают затраты на ремонт в 1,5...2 раза.

Для снижения ремонтных затрат предлагается применение высокопроизводительного метода дуговой наплавки в среде защитных газов, позволяющего при использовании экономнолегированных порошковых проволок (ПП) получить покрытие требуемой системы легирования, что необходимо при различных режимах абразивного износа.

Предлагаемый метод позволяет достигнуть повышения долговечности рабочих ор-

ганов почвообрабатывающих машин при снижении стоимости и сроков выполнения работ по нанесению на них защитных покрытий в сравнении с применяемой в качестве альтернативы заменой рабочих органов ручной дуговой наплавкой покрытий. В свою очередь, это позволит повысить агротехнические показатели предпосевной обработки почвы, а также уменьшить расход горючесмазочных материалов.

Структура, свойства и процентное соотношение фазовых и структурных составляющих, определяющие работоспособность в условиях абразивного износа для покрытий, нанесенных методом дуговой наплавки в среде защитных газов ПП Fe-Cr-B-Al-Y, изучены недостаточно.

С учетом вышесказанного, объектом исследования являются покрытия, нанесенные методом дуговой наплавки в среде защитных газов с использованием ПП системы легирования Fe-Cr-B-Al-Y.

*Цель работы* – исследование структуры, микрохимического и фазового состава, микротвердости, а также стойкости к износу незакрепленным абразивом наплавленных покрытий.

**Методика.** С целью исследования структуры, микротвердости и химического состава покрытий были изготовлены образцы с покрытиями, нанесенными дуговой наплавкой в среде защитных газов ПП диаметром 2 мм и примерным химическим составом 20X11P5Ю3И.

Покрытия на образцы наносились в струе углекислого газа с расходом 10...12 л/мин. Для нанесения покрытия использовался комплект оборудования в составе: горелка сварочная RU-600, выпрямитель ВДУ-600, механизм подачи проволоки ПДГО-601. Режимы: сила тока – 290...320 А, напряжение – 30...33 В, скорость перемещения горелки – 3...5 мм/с.

Исследование характеристик нанесенных покрытий осуществлялось на металлографических шлифах в поперечном сечении. Шлифы изготавливались методом последовательного шлифования шкурками с зерни-

стостью от М350 до М40, затем производилось поэтапное полирование алмазными пастами с окончательной зернистостью 1, 0,1 и 0,05 мкм. При шлифовании и полировании исследуемые образцы зажимались струбцинами для предотвращения закатывания поверхностного слоя.

Структура и микрохимический состав покрытий изучались с применением сканирующего электронного микроскопа VEGA II XMU, оборудованном волнодисперсионным (INCA Wave 700) и энергодисперсионным (INCA Energy 450XT) микроанализаторами. Погрешности при определении микрохимического состава составили ( $\pm$  мас. %): для Fe – 0,20-0,26, для С – 0,15-0,24, для Cr – 0,09-0,11, для Al – 0,03-0,08, для Si – 0,03-0,07, для Ti – 0,05, для N – 0,00-0,41. Структура покрытий выявлялась методом химического травления в десятипроцентном растворе азотной кислоты в этиловом спирте.

Фазовый состав определялся на поверхности образцов после наплавки с применением рентгеновского дифрактометра SHIMADZU XRD-7000 в Cr-K $\alpha$  излучении.

Микротвердость покрытий по толщине определялась с использованием индентора Виккерса на микротвердомере Shimadzu

HMV-G21DT согласно ГОСТ 2999-75 с режимами: скорость нагружения индентора 40 мкм/с, нагрузка 0,5Н (50гс), выдержка под нагрузкой 15 с.

Для определения износостойкости исследуемых покрытий было изготовлено по 5 образцов. Износостойкость определялась в соответствии со стандартом ASTM G65, режим В. Результаты испытаний на износ определялись в виде потери объема в кубических миллиметрах.

В качестве абразивного материала использовался гранулированный кварцевый песок, величина зерна которого варьировалась от 150 до 425 мкм. Для обеспечения нужного размера зерна песок перед испытанием просеивался. Содержание влаги в песке не превышало 0,5% от общей массы. При этом песок предварительно высушивался путем нагрева до 100°C и выдержке в течение 90 мин. Испытания проводились по следующим режимам: длительность испытаний – 10 минут; нагрузка – 130 Н; скорость вращения диска – 200 об/мин.

**Результаты.** На рисунках 1 и 2 изображена структура покрытия после наплавки ПП.

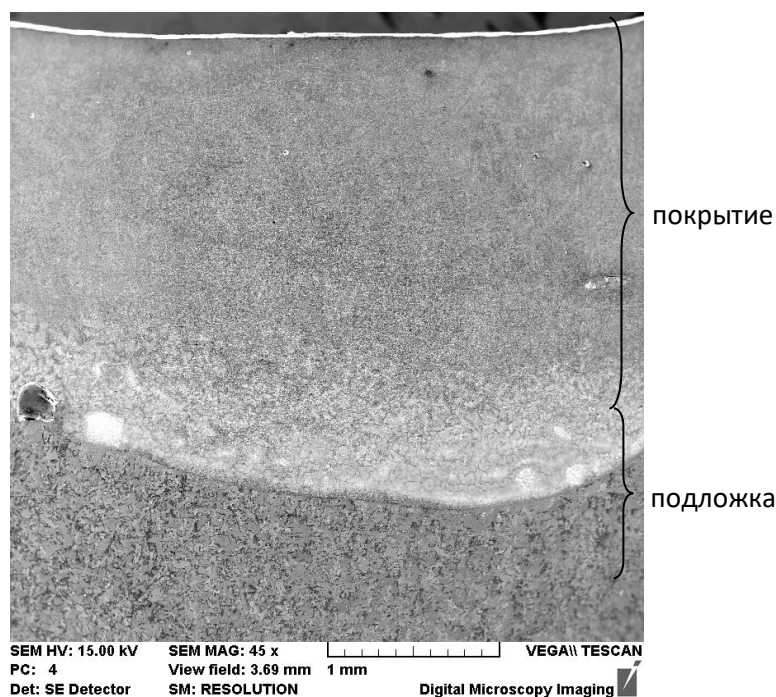


Рис. 1. Структура покрытия после наплавки

Покрытие имеет неоднородную структуру по толщине и состоит из дендритных зерен (толщина покрытия 2,26 – 2,72 мм). У поверхности они имеют ромбовидную и игольчатую формы. Первые, по нашему мнению, это не расплавившиеся частицы ПП, а вторые образовались после кристал-

лизации. Наличие крупных пор (см. рисунок 1) в покрытии объясняется разной скоростью кристаллизации. Линия сплавления подложки плотная, на границе с подложкой сформировались крупные зерна (см. рисунок 2 *е*).

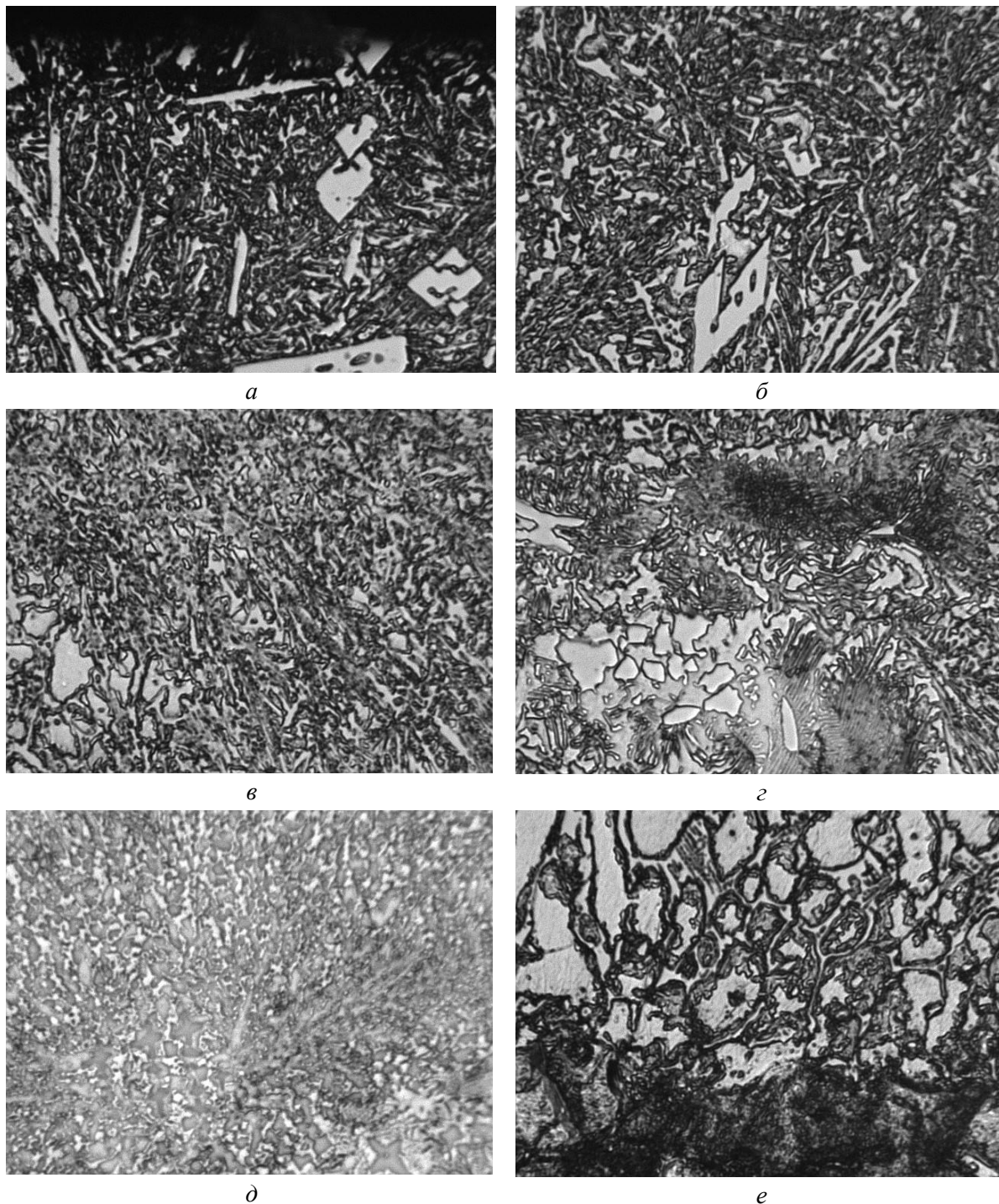


Рис. 2. Микроструктура покрытия после наплавки: *а* – поверхность; *б* – 0,5 мм от поверхности; *в* – 1,5 мм от поверхности; *г* – 2 мм от поверхности; *д* – 2,3 мм от поверхности; *е* – граница с подложкой, x700

Определение химического состава по толщине покрытия производилась по участкам методом микрорентгеноспектрального анализа. На рисунке 3 показаны эти участки. Участки с 1 по 6 относятся к покрытию, 7 и 8 участки – к подложке. В таблице 1 приведен химический анализ этих участков. Хром в покрытии распределен по толщине неравномерно. На участках 1 и 2 он достигает

максимального значения (9,3 – 10,12 мас.%), затем содержание снижается до 5,42 – 5,68 мас.% (участки 5, 6). В покрытии обнаружен бор (В), его больше на участках ближе к подложке 25,36 – 31,06 мас. % (участки 5, 6), чем у поверхности. В покрытии и на подложке обнаружено высокое содержание кислорода: в покрытии – 1,71 – 5,1 мас.%, в подложке – 3,3 – 4,4 мас. %.

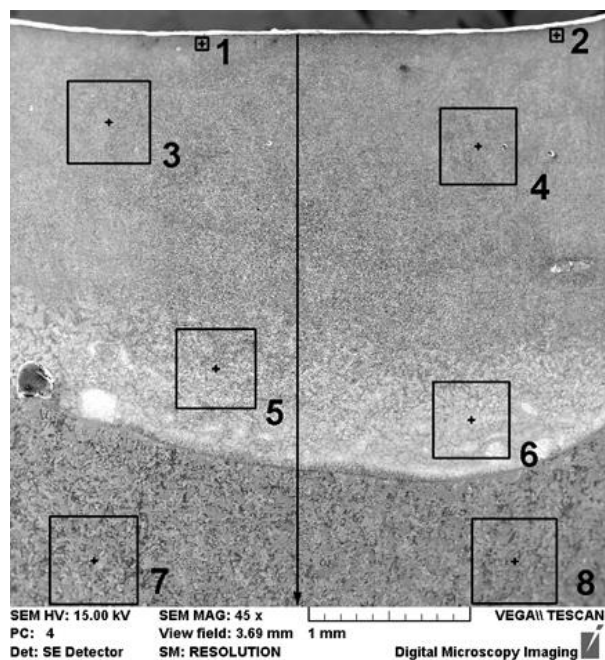


Рис. 3. Структура покрытия после наплавки с указанием участков для проведения микрорентгеноспектрального анализа

Полученные результаты позволяют предположить, что упрочняющими фазами в по-

крытии являются сложные дисперсные карбобориды (Fe,Cr)<sub>2</sub>(B,C).

Таблица 1

Химический состав покрытия после наплавки

Химический состав, атомные проценты										
Участок	C	N	O	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	B
1	35.9	0	10.93	4.2	0.84	0.1	6.68		41.17	0.19
2	30.25	0	8.39	4.8	0.73	0.11	6.76		48.67	0.3
3	29.48	0	10.15	4.88	0.59	0	5.95		48.75	0.21
4	24.02	0	8.83	5.36	0.73	0	6.76		53.81	0.49
5	20.93	0	7.35	4.01	0.35	0	5.6		54.67	7.08
6	12.24	0	6.34	4.38	0	0	6.17		60.85	10.01
7	41.83	0	9.22	0.64	0.37	0	0	0.22	47.73	
8	36.3	0	7.53	0.91	0.4	0	0.07		54.79	
Химический состав, весовые проценты										
Участок	C	N	O	Al	Si	Ti	Cr	Mn	Fe	B
1	12.58	0	5.1	3.31	0.69	0.14	10.12		67.06	1
2	9.62	0	3.55	3.43	0.54	0.14	9.3		71.95	1.46
3	9.48	0	4.35	3.52	0.44	0	8.28		72.91	1.02
4	7.14	0	3.49	3.58	0.51	0	8.7		74.34	2.25
5	4.9	0	2.29	2.11	0.19	0	5.68		59.48	25.36
6	2.48	0	1.71	2	0	0	5.42		57.34	31.06
7	14.97	0	4.4	0.51	0.31	0	0	0.35	79.46	
8	11.92	0	3.3	0.67	0.31	0	0.1		83.7	

На рисунке 4 приведены результаты покрытий образцов методом рентгеноструктурного анализа.

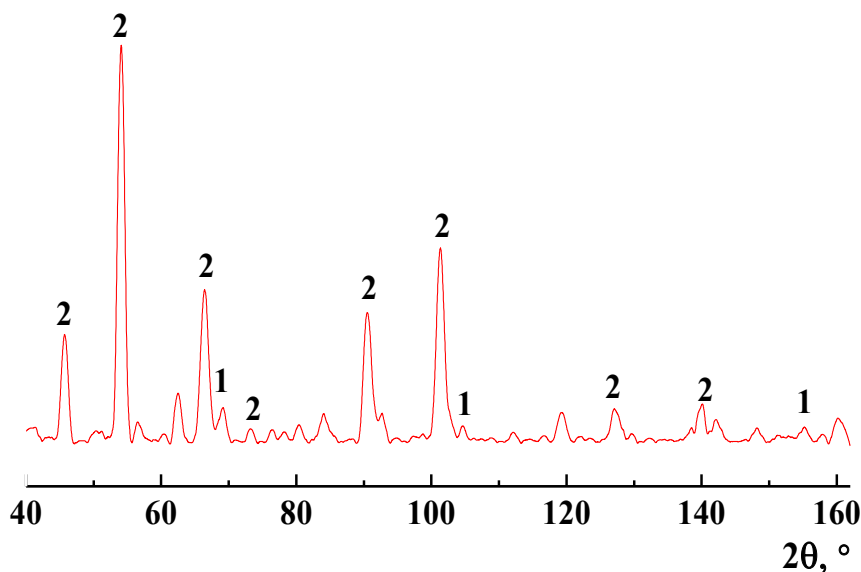


Рис. 4. Дифрактограмма поверхности наплавленного покрытия: фазы на поверхности образцов: 1 –  $\alpha$ -Fe; 2 –  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$

На рентгенограмме (рисунок 4) отчетливо выделяется окисная пленка малой толщины со сколами, состоящая из хромовой шпинели ( $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ ), присутствуют линии феррита ( $\alpha$ -Fe), который является основой наплавленного покрытия.

Результаты измерений микротвердости

(см. рисунок 5) варьируется в пределах 300-670 HV 0,5 (при среднем значении 480 HV0,05). Значительная вариация микротвердости по толщине объясняется неоднородностью структуры по толщине покрытия (см. рис. 2).

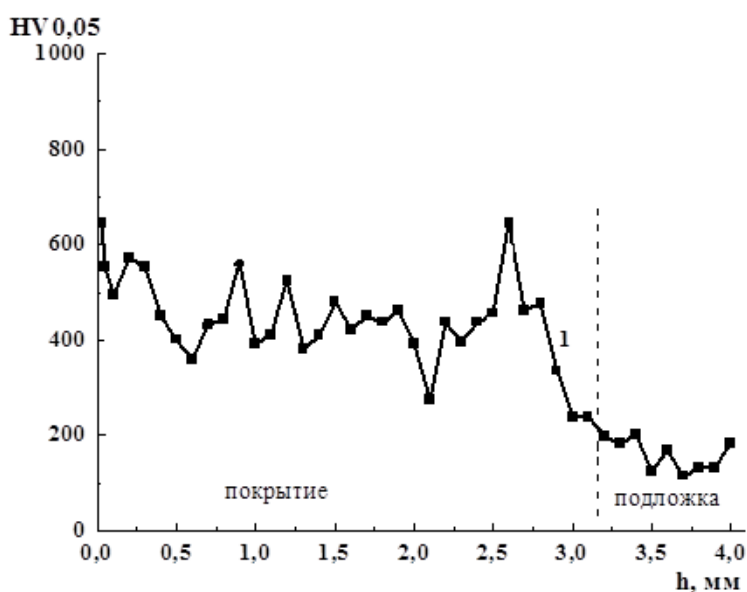


Рис. 5. Изменение микротвердости покрытия образца после наплавки

В таблице 2 приведены результаты определения стойкости к изнашиванию незакрепленным абразивом покрытий из ПП 20X11P5Ю3СИ в сравнении с таковой для бронеплит, а также покрытий, полученных при ручной дуговой наплавке покрытиями электродами, дуговой наплавке ПП в среде защитных газов и газопорошковой наплавке [8-12]. Дисперсность песчаной компоненты абразивной среды соответствует грануломет-

рическому составу почв и почвообразующих пород для песчаных типов почв. Принятая структура гранулометрического состава (СГС) позволила оценить стойкость испытуемых образцов, приближенных к реальным условиям эксплуатации, поскольку именно СГС имеет определяющее влияние на физические и гидрофизические свойства почв, а также на их удельное сопротивление при вспашке. Также дана твердость покрытий.

Таблица 2

Сравнение износостойкости покрытий, полученных различными методами

Марка ПП	Потеря массы, мм <sup>3</sup> *	Твердость, НРС**
ПП 20X11P5Ю3СИ	10,88	69
CDP-395	12	68-71
XHD 6395N	16	67-70
BoroTec-600	18	60-65
Eutalloy 10009	30	63

\* По данным производителей порошковых проволок.

\*\* Получено на основе таблиц перевода твердости.

Из приведенных данных видно, что при сопоставимой твердости покрытий, их износостойкость существенно различается. Износостойкость покрытий, наплавленных из ПП 20X11P5Ю3СИ, сопоставима со значением износостойкости для бронеплит и в 1,5...2,8 раза превышает износостойкость покрытий, полученных при ручной дуговой наплавке покрытиями электродами и газопорошковой наплавке соответственно. Следовательно, работоспособность в условиях абразивного износа для покрытий, полученных при дуговой наплавке ПП Fe-Cr-B-Al-Y, определяется наличием в их структуре упрочняющих фаз в виде сложных карбоборидов (Fe,Cr)<sub>2</sub>(B,C), благодаря чему становится возможным увеличение износостойкости покрытий, нанесенных на восстанавливаемые рабочие органы почвообрабатывающих машин.

Общеизвестно, что наибольшей износостойкостью обладают материалы с гетерофазными структурами, насыщенными твердыми и тугоплавкими фазами карбидов, боридов и т.п. [13].

Различия в износостойкости таких материалов обуславливаются типом включений, их количеством, размерами и формой. Кроме того, на износостойкость гетерофазных структур влияет тип металлической матрицы и ее свой-

ства, главным образом твердость и усталостная прочность. Так, сплавы с феррито-перлитной структурой отличает небольшая твердость, но довольно высокая ударная вязкость.

В рассматриваемом нами случае наплавленное покрытие насыщено частицами твердой фазы, а именно сложными карбоборидами (Fe,Cr)<sub>2</sub>(B,C), которые отделены друг от друга участками вязкой ферритной матрицы, что и обуславливает высокую износостойкость наплавов в абразивной среде.

**Выводы.** 1. Использование метода микрорентгеноструктурного анализа позволило установить, что основой наплавленного покрытия является  $\alpha$ -твердый раствор на основе железа со слоем хромовой шпинели (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·FeO) на поверхности.

2. Распределение химических элементов по всему объему наплавленного покрытия неравномерно, что подтверждает его сложный фазовый состав. В структуре покрытия преобладает легированный феррит. В ферритной матрице расположены упрочняющие фазы в виде сложных карбоборидов (Fe,Cr)<sub>2</sub>(B,C).

3. Микротвердость наплавленных покрытий в пределах 300 – 670 HV 0,5 (при среднем значении 480 HV0,05). При этом износостойкость покрытий, наплавленных из ПП 20X11P5Ю3СИ, сопоставима со значением из-

носостойкости для бронеплит и в 1,5...2,8 раза превышает износостойкость покрытий, полученных при ручной дуговой наплавке покрытыми электродами и газопорошковой наплавке соответственно.

*Статья выполнена в рамках НИОКР конкурса «УМНИК» (госконтракт № 5634 ГУ2/2014 от 13.05.2015 г.) Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям).*

#### Литература

1. Михальченко А. М. Износы культиваторных лап посевного комплекса «МОРРИС» // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 10. С. 55-58.
2. Титов Н. В. Восстановление и упрочнение стрельчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 1. С. 42-43
3. Зайцев С. А. Теоретическое обоснование повышения износостойкости покрытия упрочненных лап культиватора газопламенным напылением механической смесью порошков // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2009. № 2. С. 46-48.
4. Черноиванов В. М. Лялякин В. П., Голубев И. Г. Организация и технология восстановления деталей машин М.: ФГБНУ, Росинформагротех, 2016. 568 с.
5. Лялякин В. П. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // Труды ГОСНИТИ. М., 2014. Т. 115. С. 96-104.
6. Мониторинг состояния предприятий инженерно-технологической инфраструктуры АПК по техническому обслуживанию и ремонту отечественной и импортной сельхозтехники: научное издание. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 100 с.
7. Денисов А. П., Волкова З. Н. Зависимость затрат средств на ремонт техники от состояния ремонтно-обслуживающей базы сельхозпредприятия // Машинно-технологическая станция. 2011. № 4. С. 15-17.
8. Castolin Eutectic Global Coating Technology [Electronic resource]. URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/product/downloads/Global-Coating-Catalogue-2014.pdf> (date of treatment: 15.06.2019).
9. Casto Dur Diamond Plate 395 Nano Plate [Electronic resource]. URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/product/downloads//CDP-395-Nano.pdf> (date of treatment: 15.06.2019).
10. Eutec Trode® XHD 6395N. Get a Quote. NanoAlloy® Electrode for Manual Wearfacing Applications [Electronic resource]. URL: <https://www.castolin.com/en-US/product/eutectrode-xhd-6395n> (date of treatment: 15.06.2019).
11. BoroTec 600 Cr-Free [Electronic resource]. URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/ckfinder/files/BoroTec-600-Cr-Free.pdf> (date of treatment: 15.06.2019).
12. Specialist Welding Thermal Spray Surface Treatment Braizing and Wear Solution [Electronic resource]. URL: <http://www.smenco.com.au/wp-content/uploads/2014/09/Eutectic-Product-Book-9-2014.pdf> (date of treatment: 15.06.2019).
13. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Абразивное изнашивание. М.: Наука, 1986. 252 с.

## STRUCTURE FORMING AND WEAR RESISTANCE OF SURFACED COATINGS WITH BORIDE REINFORCEMENT

**A. M. Kashfullin**, Cand. Tech. Sci.

E-mail: [a.kashfullin@mail.ru](mailto:a.kashfullin@mail.ru)

**E. V. Pepelyaeva**, Cand. Tech. Sci.; **S. G. Guryanov**, Cand. Tech. Sci.,

Perm State Agro-Technological University,  
23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia

**A. F. Fayurshin**, Cand. Tech. Sci.

E-mail: [azamatff@yandex.ru](mailto:azamatff@yandex.ru)

Bashkir State Agrarian University,  
34, 50-Letiya Otyabrya St., Ufa, 450001, Russia

#### ABSTRACT

The article presents the results of study of properties of coatings by method of arc welding in protective gas environment cored wire Fe-Cr-Al-B-Y alloying system. In order to study the microstructure, microchemical and phase composition and the microhardness of the coatings cross cuts were made. The abrasive wear resistance of coatings was evaluated. It was established that the basis of deposited



coatings consists of an  $\alpha$ -solid solution and the complicated hardening phases like carboborides (Fe, Cr)<sub>2</sub>(B, C). The structural analysis revealed a layer of chromium spinel Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FeO in the surface layer. The chemical elements are distributed in a chaotic manner along the thickness of the coatings. That indicates a complex phase composition. The microhardness of coatings is in a wide range of distribution from 300 to 670 HV with an average of about 480 HV. The wear resistance value of coatings compares with the value for armor plates and it is 1.5-2.8 times higher than the wear resistance of coatings obtained with manual arc surfacing by coated electrodes and gas-powder surfacing, respectively.

*Key words: alloying system, surfacing, structure, distribution of elements by thickness, microhardness, wear resistance.*

### References

1. Mikhailchenkov A. M. Iznosy kul'tivatornykh lap posevnogo kompleksa «MORRIS» (Wear of cultivator claws sowing complex «MORRIS»), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2013, No. 10, pp. 55-58.
2. Titov N. V. Vosstanovlenie i uprochnenie strel'chatykh lap pochvoobrabatyvayushchikh mashin metallokeramicheskimi materialami (Renewal and strengthening of A-hoe blades for cultivating machines using ceramic-metal materials), Traktory i sel'khoz mashiny, 2014, No. 1, pp. 42-43.
3. Zaitsev S. A. Teoreticheskoe obosnovanie povysheniya iznosostoikosti pokrytiya uprochnennykh lap kul'tivatora gazoplammennym napyleniem mekhanicheskoi smes'yu poroshkov (Theoretical ground of wear resistance of coatings of hardened cultivator slice shares by flame spraying of mechanical powder mixture), Fundamental'nye i prikladnye problemy tekhniki i tekhnologii, 2009, No. 2, pp. 46-48.
4. Chernoi vanov V. M., Lyalyakin V. P., Golubev I. G. Organizatsiya i tekhnologiya vosstanovleniya detalei mashin (Organization and technology of machine parts restoration), M., FGBNU, Rosinformagrotekh, 2016, 568 p.
5. Lyalyakin, V. P. Sostoyanie i perspektiva uprochneniya i vosstanovleniya detalei pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarочно-naplavochnymi metodami (State and prospect of hardening and restoration of tillage machines parts by welding-surfacing methods), Trudy GOSNITI, M., 2014, T. 115, pp. 96-104.
6. Monitoring sostoyaniya predpriyatii inzhenerno-tekhnologicheskoi infrastruktury APK po tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu otechestvennoi i importnoi sel'khoztekhniki: nauchnoe izdanie (State monitoring of domestic and imported agricultural machinery maintenance and repair enterprises of engineering and technological infrastructure in the agricultural sector: scientific publication), M., FGNU «Rosinformagrotekh», 2009, 100 p.
7. Denisov A.P., Volkova Z.N. Zavisimost' zatrat sredstv na remont tekhniki ot sostoyaniya remontno-obsluzhivayushchei bazy sel'khozpredpriyatiya (Dependence of the equipment repair cost on the repair and maintenance base condition of the agricultural enterprise), Mashinno-tekhnologicheskaya stantsiya, 2011, No. 4, pp. 15-17.
8. Castolin Eutectic Global Coating Technology [Electronic resource], URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/product/downloads/Global-Coating-Catalogue-2014.pdf> (date of access: 15.06.2019).
9. Casto Dur Diamond Plate 395 Nano Plate [Electronic resource], URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/product/downloads//CDP-395-Nano.pdf> (date of access: 15.06.2019).
10. Eutec Trode® XHD 6395N. Get a Quote. NanoAlloy® Electrode for Manual Wearfacing Applications [Electronic resource], URL: <https://www.castolin.com/en-US/product/eutectrode-xhd-6395n> (date of access: 15.06.2019).
11. BoroTec 600 Cr-Free [Electronic resource], URL: <https://www.castolin.com/sites/default/files/ckfinder/files/BoroTec-600-Cr-Free.pdf> (date of access: 15.06.2019).
12. Specialist Welding Thermal Spray Surface Treatment Braizing and Wear Solution [Electronic resource], URL: <http://www.smenco.com.au/wp-content/uploads/2014/09/Eutectic-Product-Book-9-2014.pdf> (date of access: 15.06.2019).
13. Khrushchov M.M., Babichev M.A. Abrazivnoe iznashivanie (Abrasive wear), M., Nauka, 1986, 252 p.



УДК 62-216

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВОК БЛОКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ЗМЗ-406 И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕЁ ВОССТАНОВЛЕНИЮ

**П. В. Сенин**, д-р техн. наук, профессор,

E-mail: [vice-rector-innov@adm.mrsu.ru](mailto:vice-rector-innov@adm.mrsu.ru);

**Н. В. Раков**, канд. техн. наук, доцент,

E-mail: [nikolaymgu@yandex.ru](mailto:nikolaymgu@yandex.ru);

**А. М. Макейкин**,

E-mail: [s.f.f@yandex.ru](mailto:s.f.f@yandex.ru),

Национальный исследовательский Мордовский государственный  
университет,

ул. Большевикская, 68, Саранск, Россия, 430005

*Аннотация.* Определены вероятности возникновения дефектов и проведена статистическая обработка данных микрометражных исследований. Обработка полученных данных показала, что основными причинами, приводящими к потере работоспособного состояния ГБЦ, являются дефекты с коэффициентами повторяемости: деформация привалочной плоскости 0,92; износ седел и направляющих втулок 0,71; износ постелей под распределительный вал 0,46; трещины в теле головки 0,38. Построены интегральные функции распределения износов и определены их вероятности превышения среднего значения. Значения деформации привалочной плоскости ГБЦ лежат в пределах 0,08...1,20 мм при среднем значении 0,37 мм и допустимом – 0,15 мм. Значения износов направляющих втулок впускного клапана лежат в пределах 2...80 мкм при допустимых 60 мкм, значения износов направляющих втулок выпускного клапана – в пределах 3...128 мкм при допустимых 103 мкм. Значения износов опор под переднюю шейку Ø 42 мм распределительного вала лежат в пределах 5...54 мкм при допустимых 25 мкм. Значения износов опор под шейки Ø 35 мм распределительного вала лежат в пределах 0...54 мкм при допустимых 25 мкм. Проведенные исследования показали, что вероятность появления износов и дефектов, превышающих допустимые значения в ресурсопределяющих узлах ГБЦ двигателя ЗМЗ-406, следующая: деформация привалочной плоскости – 86,1 %; износ направляющих втулок впускного клапана – 3,8%, выпускного клапана – 12,7%; износ постелей под распределительный вал – 32 %. Для восстановления работоспособности ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 предложена технология восстановления отверстий под распределительный вал комбинированным методом, включающим электроискровую обработку электродами из алюминиевого сплава АК9Ч с последующим газотермическим напылением порошком Б83-100-40. Предложены четыре способа восстановления работоспособности клапанных механизмов, выбор которых осуществляется в зависимости от суммарного значения просадки клапана. Работа выполнена в лаборатории по ПНР-1 «Технологии и средства создания покрытий с заданными служебными свойствами» Мордовского государственного университета.

*Ключевые слова:* головка блока цилиндров, клапанный механизм, дефектация, износ, коэффициент повторяемости, восстановление работоспособности.

**Введение.** На практике известно, что экономически целесообразно восстанавливать до 40 % деталей, 30 % деталей использовать повторно без ремонтных воздействий и 30 % деталей необходимо заменять новыми. Фактически в настоящее время восстанавливается от 12 до 15 % деталей, а используются повторно без ремонтных воздействий более 50% деталей [1-3].

В современных двигателях головка блока цилиндров (ГБЦ) выполняет сразу несколько важнейших функций: в ней находятся камеры сгорания (в большинстве случаев), в ней же расположены основные элементы газораспре-

делительного механизма, а также головка вместе с блоком образует водяную рубашку системы охлаждения. Поэтому тщательная оценка технического состояния ГБЦ в процессе ремонта очень важна [4, 5].

На основании предыдущих исследований [6, 7] было определено, что основными дефектами ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 являются: деформация и коррозионный износ привалочной плоскости головки блока (дефект 1 и 2), трещины (дефект 3), износ седел и направляющих втулок клапанов (дефект 4), срыв резьб (дефект 5), износ постелей под распределительный вал (дефект 6) (рис. 1).

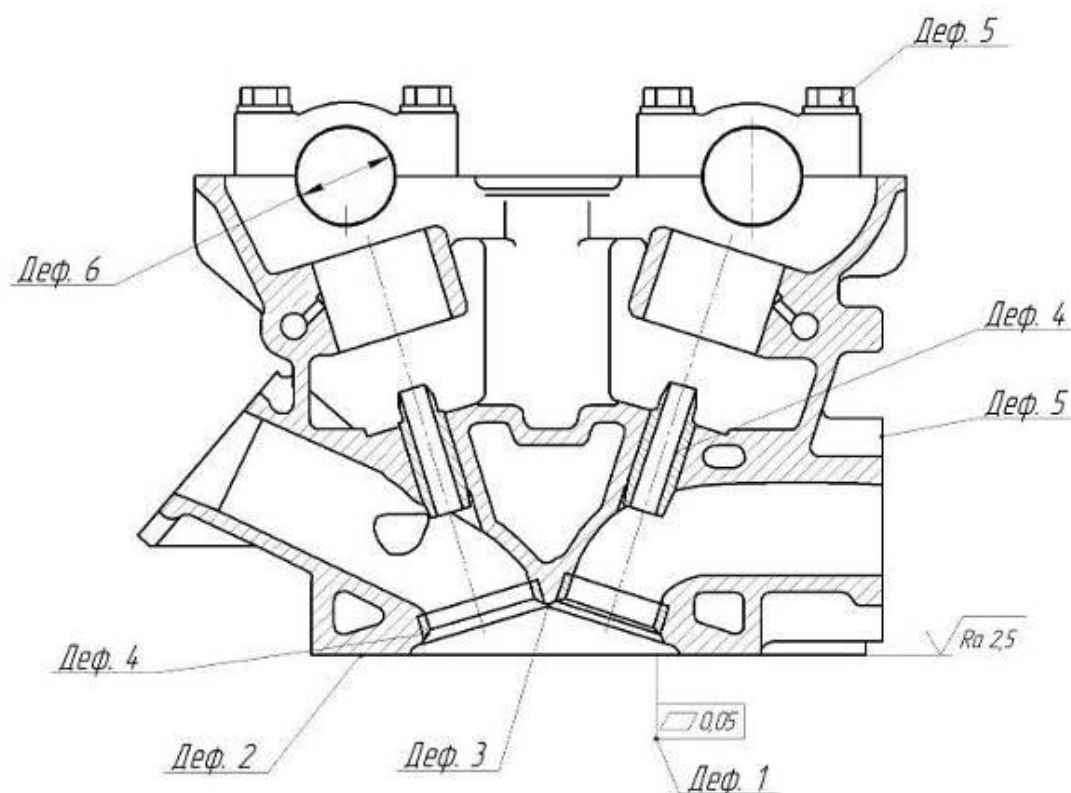


Рис. 1. Схема дефектов ГБЦ семейства ЗМЗ-406

Исходя из этого, целью данных исследований является, выявление закономерностей возникновения дефектов головок блоков цилиндров двигателя ЗМЗ-406 и разработка рекомендаций по её восстановлению.

**Методика.** По плану [NUN] в соответствии с РД 50-690-89 «Методы оценки показателей надежности по эксплуатационным данным» минимальное количество с относи-

тельной ошибкой не более 0,1 при доверительной вероятности 0,9 и коэффициентом вариации 0,5 исследуемых головок блоков цилиндров должно быть принято не менее 50 шт. Для анализа технического состояния было отобрано 64 ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 [8].

Головки блоков цилиндров, поступающие в ремонт, промывали в моечной машине MAGIDO моющим средством «MP-25» и про-

сушивали.

Исследования начинали с первичной дефектации, в которую входили внешний осмотр на наличие царапин, задиров, сколов, срывов резьб и проверка на герметичность на присутствие трещин в теле головки. Затем инструментальным методом осуществляли микрометричные исследования рабочих поверхностей ГБЦ.

Дефекты, представленные на рисунке 1 для ГБЦ ЗМЗ-406, определяли по следующим

методикам.

*Дефекты 1 и 2 – коробление привалочной плоскости и глубина коррозионного износа ГБЦ* определяли при помощи обкатки закрепленной головки индикатором типа ИЧ 0-10 с ценой деления 0,01 мм ГОСТ 577 на станке для обработки плоскостей фирмы AZ SP1600Y. Головку блока устанавливали на опоры станка, закрепляли прижимами в четырех точках, как показано на рисунке 2.

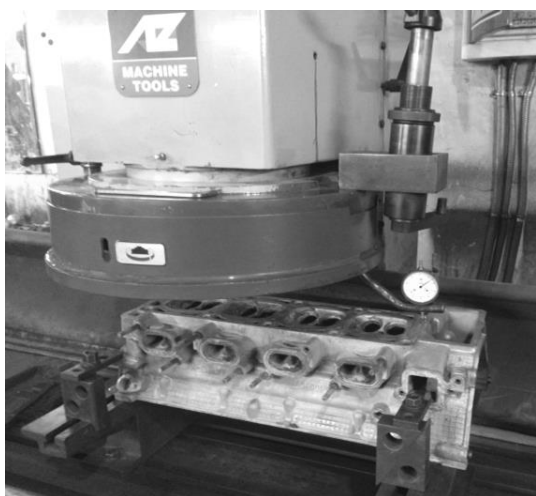


Рис. 2. Обкатка ГБЦ индикаторной головкой

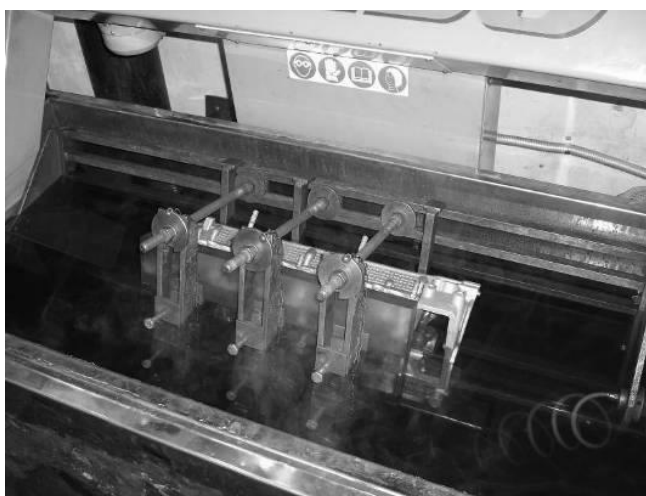


Рис. 3. Проверка герметичности системы охлаждения ГБЦ ЗМЗ-406

Допустимая величина коробления привалочной плоскости ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 (согласно техническим требованиям производителя) не должна превышать 0,15 мм [9, 10].

*Дефект 3 – трещины в теле головки блока* определяли внешним осмотром и при помощи пневматических испытаний на установке для проверки герметичности рубашки охлаждения головок блоков цилиндров СО-МЕС VPT 130.

Проверка заключается в следующем: у дефектуемой головки закрываются отверстия рубашки охлаждения, через боковую заглушку подается сжатый воздух (0,4 МПа), затем головка опускается в ванну с горячей водой (температура 85...90±5°C), выдерживается в течение 15...20 мин. Зона повреждения определяется по месту выхода воздуха визуально (рис. 3).

*Дефект 4 – износ направляющих втулок клапанов и седел клапанов.* Наличие коррозионного износа, нарушение геометрии седла клапана определяли визуально (рис. 4). Детали, имеющие данные износы, выбраковывались.

Внутренний диаметр направляющей втулки измерялся в трех сечениях и двух плоскостях индикаторным нутромером НИ 6-10 с ценой деления 0,002 мм ГОСТ 9244 (рис. 5).

Номинальный размер отверстий направляющих втулок впускного клапана составляет  $8^{+0,040}_{+0,022}$  мм, выпускного клапана –  $8^{+0,047}_{+0,029}$  мм.

Допустимый износ направляющей втулки для впускного клапана составляет 0,06 мм, для выпускного клапана – 0,103 мм [10, 11].

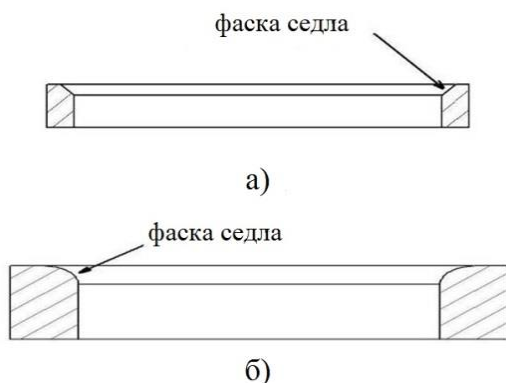


Рис. 4. Седла клапанов: а) с правильной геометрией; б) с нарушенной геометрией

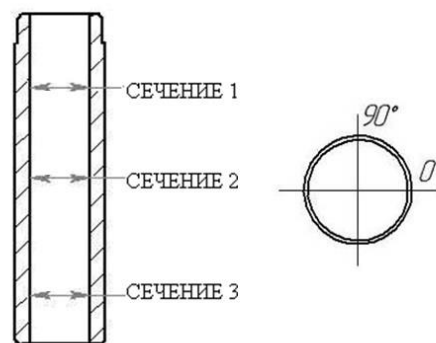


Рис. 5. Схема измерения направляющей втулки клапана

*Дефект 5 – износ или разрушение резьбы* в отверстиях головки блока для монтажа различных элементов, а также дефекты и задиры постелей под распределительный вал определяли визуально.

*Дефект 6 – износ постелей под распределительный вал* измеряли в двух плоскостях при помощи индикаторного нутромера НИ 18-50 с ценой деления 0,001 мм ГОСТ 868 (рис.6). Усилие затяжки болтов крепления

крышек опор распределительного вала 19-23 Н·м. Номинальный размер опоры головки под переднюю шейку распределительных валов составляет  $42^{+0,025}$  мм, под остальные шейки –  $35^{+0,025}$  мм. Предельно допустимый диаметр опоры головки под переднюю шейку распределительных валов составляет 42,05 мм, под остальные шейки – 35,05 мм. Допустимый износ опор под распределительный вал составляет 0,025 мм [12].

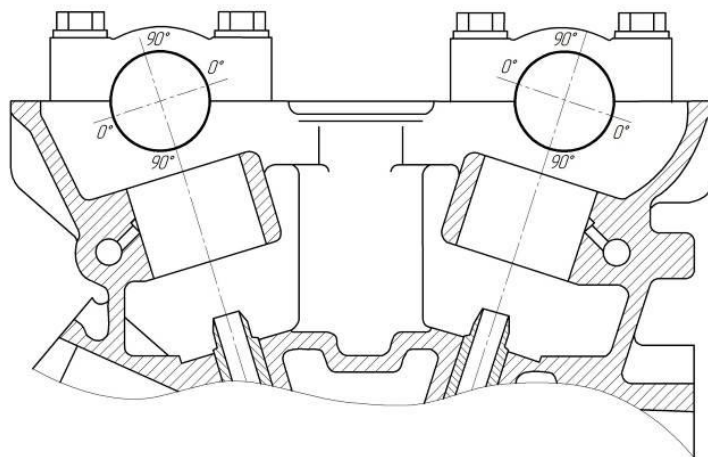


Рис. 6. Схема измерения опор распределительного вала ГБЦ ЗМЗ-406

Коэффициенты повторяемости дефектов определяли по формуле:

$$K = \frac{n_d}{n}$$

где  $n_d$  – количество деталей, имеющих данный дефект;  $n$  – общее количество обследованных деталей.

**Результаты.** Обработка полученных данных показала, что основными причинами,

приводящими к потере работоспособного состояния ГБЦ, являются следующие дефекты с коэффициентами повторяемости: деформация привалочной плоскости 0,92; износ седел и направляющих втулок 0,71; износ постелей под распределительный вал 0,46; трещины в теле головки 0,38.

Перечень дефектов и их коэффициенты повторяемости представлены в таблице 1.

Таблица 1

Повторяемость дефектов деталей ГБЦ двигателя семейства ЗМЗ-406

№ дефекта	Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости
1	Деформация привалочной плоскости	0,92
2	Коррозия и прогары привалочной плоскости	0,15
3	Трещины в теле головки	0,38
4	Износ седел и направляющих втулок	0,71
5	Износ резьб (под свечу в т.ч.)	0,28
6	Износ постелей под распределительный вал	0,46

Статистическая обработка данных микрометрических исследований включала: построение статистического ряда и определение основных характеристик (математического ожидания  $m_x$ , среднеквадратического откло-

нения  $\sigma_x$ , коэффициента вариации  $\nu$  и др.) эмпирического распределения размеров (износов) и пространственных отклонений поверхностей деталей (табл. 2).

Таблица 2

Основные статистические характеристики и параметры распределения износов деталей и зазоров в соединениях

№ п/п	Наименование параметра	Интервал значений	Математическое ожидание, $m_x$	Среднеквадратическое отклонение, $\sigma_x$	Коэффициент вариации, $\nu$	Параметры закона Вейбулла	
						$a$	$b$
1	Деформация привалочной плоскости, мм	0,08-1,20	0,37	0,22	0,58	0,42	1,8
2	Износ направляющей втулки впускного клапана, мкм	0-80	23,02	17,41	0,76	24,18	1,3
3	Износ направляющей втулки выпускного клапана, мкм	3-128	59,91	33,5	0,55	68,3	1,9
4	Износ опор распределительного вала Ø 42 мм, мкм	5-54	20,41	13,93	0,68	22,84	1,5
5	Износ опор распределительного вала Ø 35 мм, мкм	0-54	17,92	12,83	0,72	19,45	1,4

По результатам таблицы 2 строим интегральные функции распределения износов и определяем их вероятность превышения среднего значения.

Плотность распределения значений деформации привалочной плоскости ГБЦ двигателя семейства ЗМЗ-406 представлена на рисунке 7.

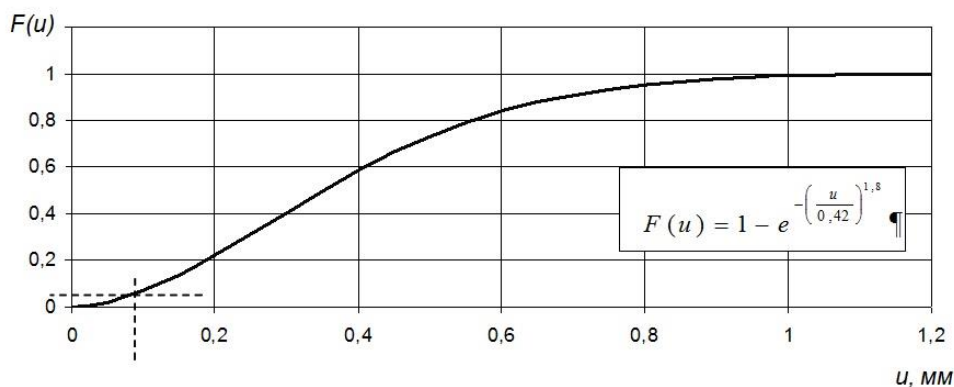


Рис. 7. Плотность распределения значений деформации привалочной плоскости ГБЦ ЗМЗ-406

Значения деформации привалочной плоскости ГБЦ лежат в пределах 0,08...1,20 мм при среднем значении 0,37 мм и допустимом – 0,15 мм.

На рисунке 8 представлены плотности распределения износов направляющих втулок клапанов.

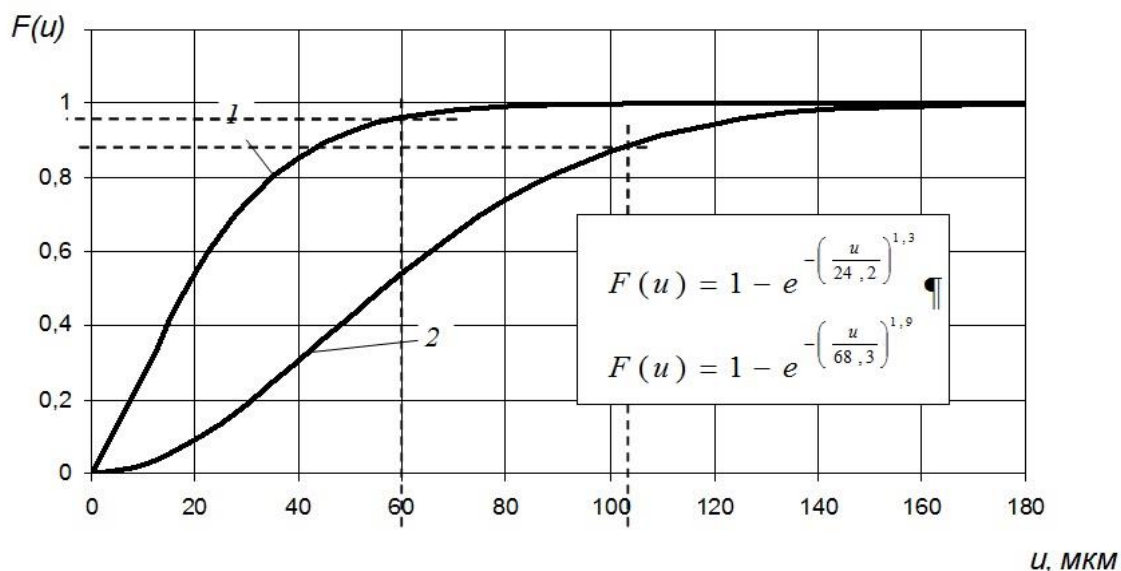


Рис. 8. Плотность распределения значений износов направляющих втулок ГБЦ ЗМЗ-406: 1 – впускных клапанов; 2 – выпускных клапанов.

Значения износов направляющих втулок впускного клапана лежат в пределах 2...80 мкм при допустимых 60 мкм, а значения износов направляющих втулок выпускного клапана - в пределах 3...128 мкм при допу-

стимых 103 мкм.

На рисунке 9 представлены плотности распределения износов опор распределительного вала под переднюю шейку вала  $\varnothing 42$  мм.

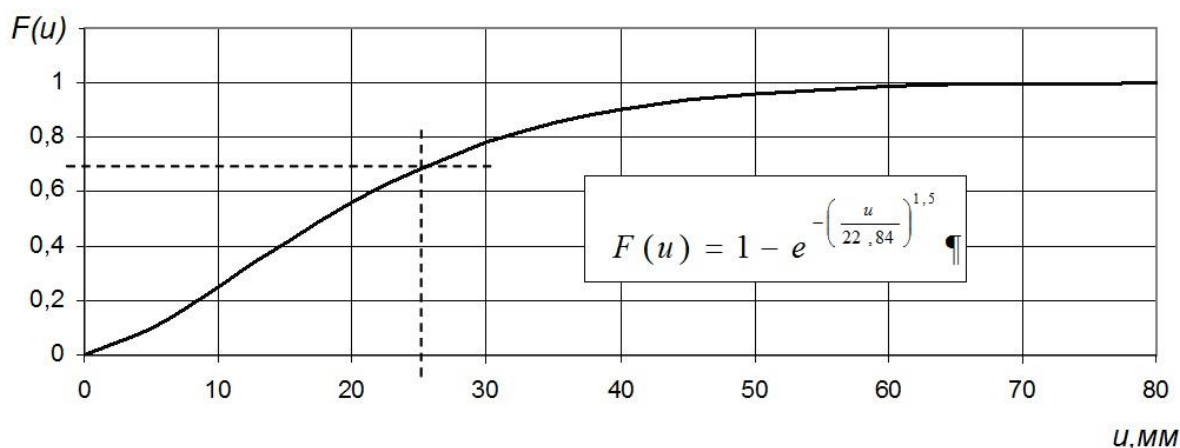


Рис. 9. Плотность распределения максимальных износов опор распределительного вала под переднюю шейку вала ( $\varnothing 42$  мм)

Значения износов опор под переднюю шейку распределительного вала лежат в пределах 5...54 мкм при допустимых 25 мкм.

На рисунке 10 представлены плотности распределения износов опор распределительного вала под шейки вала  $\varnothing 35$  мм.



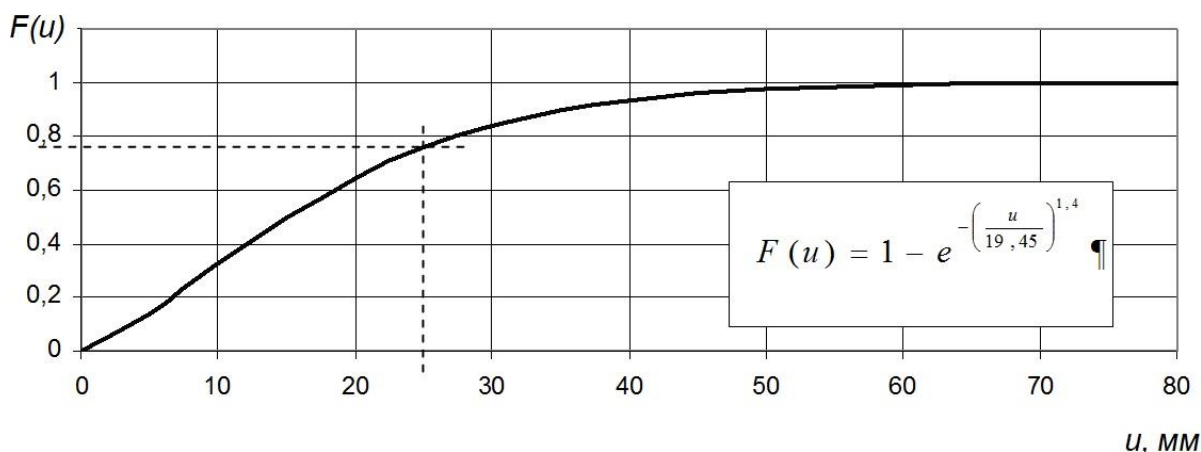


Рис. 10. Плотность распределения максимальных износов опор распределительного вала шейки вала ( $\varnothing 35$  мм)

Значения износов опор под шейки  $\varnothing 35$  мм распределительного вала лежат в пределах 0...54 мкм при допустимых 25 мкм.

Коррозионный износ привалочной плоскости, трещины, срыв резьб и другие дефекты имеют низкий коэффициент повторяемости, поэтому расчёты для них не представлены.

Для восстановления ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 предложена технология ремонта отверстий под распределительный вал комбинированным методом [12]. В качестве комбинации используется сочетание методов электроискровой обработки и холодного газодинамического напыления, где первый метод используется в качестве основы, для повышения прочности сцепления, а второй – для нанесения рабочего слоя [13, 14]. Электроды для электроискровой обработки изготавливали из алюминиевого сплава АК9ч. Материалом для формирования основного рабочего слоя при холодном газодинамическом напылении служил порошок Б83-100-40.

Разработана система комплексного ремонта клапанного механизма и элементов привода ГБЦ двигателя ЗМЗ-406, позволяющая наиболее рационально использовать остаточный ресурс элементов ГБЦ [15]. Для повышения работоспособности клапанных механизмов, предложены четыре способа их ремонта, критерием выбора которых является суммарное значение просадки клапана.

Если суммарное значение просадки клапана составляет от 0,5 до 1,0 мм, а на поясках

отверстий видны задиры и выровы металла глубиной до 0,5 мм, износы фаски тарелки клапана и рабочей поверхности седла правятся до выведения следов износа с припуском на 0,01...0,02 мм. При наличии задигов на поясках отверстия под распределительный вал производится осаживание бугелей с последующей расточкой и притиркой алмазными развертками (способ 1).

Если суммарное значение просадки клапана составляет от 1,0 до 1,8 мм, а на поясках отверстий видны задиры и выровы металла глубиной до 1 мм, изношенное седло клапана обрабатывается до выведения следов износа с припуском 0,01...0,02 мм. Клапан, бывший в эксплуатации, меняется на новый. Задиры и выровы металла на поясках отверстий под распределительные валы восстанавливаются комбинированным методом с последующей расточкой и притиркой алмазными развертками. Комбинированный метод восстановления изношенного объема металла на поясках заключается в применении электроискровой наплавки и холодного газодинамического напыления. В процессе механической обработки ось поясков отверстий смещается в сторону привалочной плоскости на величину 0,07...0,10 мм (способ 2).

Если суммарное значение просадки клапана составляет от 1,8 до 3,0 мм, а на поясках отверстий видны задиры и выровы металла глубиной свыше 1 мм, изношенное седло клапана и клапан меняются на новые. Пояски

отверстий под распределительные валы восстанавливаются комбинированным методом с последующей расточкой и притиркой алмазными развертками. В процессе механической обработки ось поясков отверстий смещается в сторону привалочной плоскости на величину 0,12...0,15 мм (способ 3).

Если суммарное значение просадки клапана составляет от 1,8 до 3,0 мм, на поясках отверстий отсутствуют дефекты, изношенное седло клапана и клапан меняются на новые. Бугеля осаживаются с последующей расточкой и притиркой алмазными развертками. В процессе механической обработки ось поясков отверстий смещается в сторону привалочной плоскости на величину 0,05...0,06 мм (способ 4).

#### **Выводы.**

1. Определены вероятности появления износ и дефектов, превышающих допустимые значения в ресурсопределяющих узлах ГБЦ двигателя ЗМЗ-4: деформация привалочной плоскости – 86,1%; износ направляющих вту-

лок впускного клапана – 3,8%, выпускного клапана – 12,7%; износ постелей под распределительный вал – 32%.

2. Для восстановления работоспособности ГБЦ двигателя ЗМЗ-406 предложена технология восстановления отверстий под распределительный вал комбинированным методом, включающим электроискровую обработку электродами из алюминиевого сплава АК9С с последующим газотермическим напылением порошком Б83-100-40. Предложены четыре способа восстановления работоспособности клапанных механизмов, выбор которых осуществляется в зависимости от суммарного значения просадки клапана.

*Публикация подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и правительства РМ в рамках научного проекта №18-43-130003\18 «Исследование интенсивности изнашивания рабочих поверхностей деталей пар трения, формированных электроискровыми покрытиями».*

#### **Литература**

- 1 Румянцев С. И. Критерии оценки и управления качеством автотранспортных средств на стадии проектирования, производства и эксплуатации. М.: МАДИ, 1981. 95 с.
2. Ионов П. А., Столяров А. В., Земсков А. М. Оценка технического состояния гидропривода ГСТ-112 // Сельский механизатор. 2013. № 12. С. 36-38.
3. Ремонт турбокомпрессоров двигателей сельскохозяйственной техники / П. П. Лезин [и др.] // Техника и оборудование для села. 2017. № 8. С. 40-45.
- 4 Новиков А. Н., Жуков В. В. Восстановление головки блока цилиндров двигателя // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2006. № 3. С. 7-8.
5. Трелин А. А. Исследование технологических факторов, влияющих на качество ремонта головок блока цилиндров // Труды ГОСНИТИ. 2006. Т. 98. С. 62-66.
6. Повышение надежности головок блока цилиндров комплексным ремонтом с применением прогрессивных методов восстановления деталей / Ф. Х. Бурумкулов [и др.] // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 111. № 2. С. 004-008.
7. Ivanov V. I., Burumkulov F. Kh. On electrodeposition of thick coatings of increased continuity // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2014. № 50 (5). P. 377-383.
8. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. Н. Таблица для анализа и контроля надежности. М.: Советское радио, 1968. 288 с.
9. Применение электроискрового и холодного газодинамического метода нанесением металлопокрытий при ремонте блоков цилиндров / В. И. Иванов [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2012. № 3. С. 11-15.
10. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. Двигатель ЗМЗ-40524.10. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.zmz.ru/files/PP40524-\(05\).pdf](http://www.zmz.ru/files/PP40524-(05).pdf) (дата обращения: 11.06.2019).
11. Ширяев В. М. Повышение долговечности выпускных клапанов форсированных двигателей: дис. ... канд. техн. наук. Коломна, 1983. 196 с.
12. Сенин П. В., Раков Н. В., Макейкин А. М. Технологические рекомендации по восстановлению опор распределительного вала головки блока цилиндров двигателя ЗМЗ-406 // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сб. науч. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. памяти д-ра техн. наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2016. С. 235-239.
13. Strength of Electric Spark and the Gas Dynamic Coatings / F. K. Burumkulov [et al.] // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. 2011. Т. 47. No. 2. P. 24-29.



14. Formation of the surface layer on a low-carbon steel in electrospark treatment / V. I. Ivanov [et al.] // *Welding International*. 2013. Т. 27. No. 11. P. 903-906.

15. Сенин П. В., Раков Н. В., Макейкин А. М. Теоретическое обоснование способов восстановления работоспособности привода клапанного механизма головки блока цилиндров // *Вестник Мордовского университета*. 2017. Т. 27. № 2. С. 154–168.

## ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF THE ZMZ-406 ENGINE CYLINDER HEADS AND RECOMMENDATIONS FOR RECOVERY

**P. V. Senin**, Dr. Tech. Sci., Professor,

E-mail: [vice-rector-innov@adm.mrsu.ru](mailto:vice-rector-innov@adm.mrsu.ru)

**N. V. Rakov**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor,

E-mail: [nikolaymgu@yandex.ru](mailto:nikolaymgu@yandex.ru)

**A. M. Makeykin**,

E-mail: [s.f.f@yandex.ru](mailto:s.f.f@yandex.ru)

Mordovia National Research State University

68, Bolshevistskaya St., Saransk, 430005, Russia

### ABSTRACT

The article is devoted to identifying patterns of cylinder head defects of the ZMZ-406 engine during operation. The research was conducted in the Laboratory of the Mordovia National Research State University. Probability of defects occurrence is determined and statistical data processing of micrometer studies is carried out. Processing of obtained data showed that the main reasons of loss in cylinder head operating condition are the following defects with repeatability factors: deformation of joint face 0.92; wear of seats and guide bars 0.71; wear of control-shaft saddles 0.46; cracks in the body of head 0.38. Integral functions of wear distribution are constructed and the probabilities of average value excursion are determined. The values of joint face deformation of cylinder head are in the range of 0.08 ... 1.20 mm when an average value is 0.37 mm and an acceptable value – 0.15 mm. The values of guide bar wear of inlet valve lie within 2 ... 80 microns with acceptable 60 microns, the values of guide bar wear of outlet valve are within 3 ... 128 microns with acceptable 103 microns. Wear of Ø 42 mm front-journal carriers of a control shaft are in the range of 5 ... 54 microns with acceptable 25 microns. Wear of Ø 35 mm front-journal carriers of a control shaft are in the range of 0 ... 54 microns with acceptable 25 microns. The research shown the following probability of wear and defect occurrence that exceed the accepted values in resource-distributing units of cylinder heads: joint face deformation – 86.1 %; guide bar wear of inlet valve – 3.8 %, guide bar wear of outlet valve – 12.7 %; wear of control-shaft saddles – 32 %. Recovery technology for control shaft holes by comprehensive methods is proposed. It includes electro-spark machining with the AK9ch aluminum electrodes and the following gas-thermal spraying with the B83-100-40 powder. Four methods of operating condition recovery for valves in dependence of total valve wear down are proposed.

*Key words: cylinder head, valve mechanism, detection of defects, wear, repeatability factor, recovery of operating condition.*

### References

1 Rumyantsev S.I. *Kriterii otsenki i upravleniya kachestvom avtotransportnykh sredstv na stadii proektirovaniya, proizvodstva i ekspluatatsii* (Criteria for assessment and quality management of vehicles at the stage of design, production and operation), M., MADI, 1981, 95 p.

2. Ionov P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. *Otsenka tekhnicheskogo sostoya-niya gidroprivoda GST-112* (Assessment of technical condition of the GST-112 hydraulic drive), *Sel'skii mekhanizator*, 2013, No. 12, pp. 36-38.

3. *Remont turbokompressorov dvigatelei sel'skokhozyaistvennoi tekhniki* (Repair of engine turbo-compressors in agricultural machinery), P.P. Lezin [i dr.], *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2017, No. 8, pp. 40-45.

- 4 Novikov A.N., Zhukov V.V. Vosstanovlenie golovki bloka tsilindrov dvigatelya (Recovery of cylinder engine heads), Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya, 2006, No. 3, pp. 7-8.
5. Trelin A.A. Issledovanie tekhnologicheskikh faktorov, vliyayushchikh na ka-chestvo remonta golovok bloka tsilindrov (Study of technological factors affecting the quality of cylinder head repair), Trudy GOSNITI, 2006, T. 98, pp. 62-66.
6. Povyshenie nadezhnosti golovok bloka tsilindrov kompleksnym remon-tom s primeneniem progressivnykh metodov vosstanovleniya detalei (Increase of reliability of cylinder heads by comprehensive repair with application of progressive methods detail recovery), F.Kh. Burumkulov [i dr.], Trudy GOSNITI, 2013, T. 111, No. 2, pp. 004-008.
7. Ivanov V.I., Burumkulov F.Kh. [On electrodeposition of thick coatings of increased continuity](#), *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2014, No. 50 (5), pp. 377-383.
8. Shor Ya.B., Kuz'min F.N. Tablitsa dlya analiza i kontrolya nadezhnosti (Table for analysis and reliability control), M., Sovetskoe radio, 1968, 288 p.
9. Primenenie elektroiskrovogo i kholodnogo gazodinamicheskogo metoda naneseniem metallopokrytii pri remonte blokov tsilindrov (Use of electro-spark and cold gas-dynamic method of applying the metal coatings in the repair of cylinder blocks), V.I. Ivanov [i dr.], Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya, 2012, No. 3, pp. 11-15.
10. Rukovodstvo po ekspluatatsii, tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu. Dvigatel' ZMZ-40524.10. OAO «Zavolzhskii motorny zavod» (Guidelines on operation, maintenance and repair. The engine ZMZ-40524.10) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: [http://www.zmz.ru/files/PP40524-\(05\).pdf](http://www.zmz.ru/files/PP40524-(05).pdf) (data obrashcheniya: 11.06.2019).
11. Shiryaev V.M. Povyshenie dolgovechnosti vypusknykh klapанov forsi-rovannykh dvigatelei (Improving the durability of outlet valves of high-speed engines), dis. ... kand. tekhn. nauk, Kolomna, 1983, 196 p.
12. Senin P.V., Rakov N.V., Makeikin A.M. Tekhnologicheskie rekomendatsii po vosstanovleniyu opor raspreditel'nogo vala golovki bloka tsilindrov dvigatelya ZMZ-406 (Technological recommendations on restoration of control-shaft carriers of the ZMZ-406 cylinder heads), Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy, sb. nauch. st. Mezhdunar. nauch. konf., posvyashch. pamyati d-ra tekhn. nauk, professora F. Kh. Burumkulova, Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2016, pp. 235-239.
13. Strength of Electric Spark and the Gas Dynamic Coatings, F. K. Burumkulov [et al.], *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 2011, T. 47, No. 2. pp. 24-29.
14. Formation of the surface layer on low-carbon steel in electro-spark treatment, V. I. Ivanov [et al.], *Welding International*, 2013, T. 27, No. 11, pp. 903-906.
15. Senin P.V., Rakov N.V., Makeikin A.M. Teoreticheskoe obosnovanie sposobov vosstanovleniya rabotosposobnosti privoda klapannogo mekhanizma golovki bloka tsilindrov (Theoretical substantiation of recovery methods for operating conditions of valve driving mechanism of cylinder head), *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 2017, T. 27, No. 2, pp. 154-168.

УДК 631.37

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ЕАТОН 6423)

**А. В. Столяров**, канд. техн. наук, доцент;

**П. А. Ионов**, канд. техн. наук, доцент;

**А. М. Земсков**, канд. техн. наук,

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский

государственный университет им. Н.П. Огарёва»,

ул. Российская, 5, г. Саранск, Россия, 430904

E-mail: [cabto@mail.ru](mailto:cabto@mail.ru)

*Аннотация.* В настоящее время парк сельскохозяйственной техники на территории Республики Мордовия оснащается современной энергонасыщенной техникой не только отечественного производства, но и зарубежного, в том числе и комбайнами компании «Джон Дир». Как показали исследования, проведенные на кафедре технического сервиса машин ФГБОУ ВО

«НИ МГУ им. Н.П. Огарёва», привод ходовой части зерноуборочных комбайнов W650 оснащается гидростатической трансмиссией EATON 6423. В период гарантийного срока эксплуатации отказов, по причине выхода из строя данных гидроагрегатов не наблюдается. В то же время установлено, что первые случаи отказов гидростатической трансмиссии начинают наблюдаться по истечении 8-9 лет эксплуатации. Вышедшие из строя гидроагрегаты снимались с эксплуатации и подвергались исследованиям причин появления отказа. В статье представлены результаты исследований по выявлению дефектов деталей гидронасоса и гидромотора, причинам их появления; установлены возможные причины потерь работоспособности гидростатических трансмиссий EATON; определены основные ресурсолимитирующие соединения, предложены возможные способы восстановления и разработаны технологические и конструктивные мероприятия по их ремонту и последующему контролю работоспособности. В результате стендовых испытаний определен объемный коэффициент полезного действия  $\eta_{об}^n$  (КПД) отремонтированного гидронасоса, который, по сравнению с новым, составил, не менее 0,95. Комплекс проведенных исследований и операций восстановления деталей гидростатической трансмиссии EATON 6423 позволил восстановить ее работоспособность до уровня новой.

*Ключевые слова:* объемный гидропривод, дефекты, износ, восстановление, проверка работоспособности.

**Введение.** Объемный гидропривод – это гидравлический привод предназначенный для передачи и преобразования механической энергии посредством жидкости. В настоящее время особый интерес вызывают гидростатические трансмиссии фирмы EATON, поскольку они получили широкое распространение. Так в Республике Мордовия на 25-и из 114 комбайнов зарубежного производства установлены именно такие гидростатические трансмиссии [1]. Данные агрегаты оптимизированы для самых сложных применений – от сельскохозяйственных машин до строительного оборудования, они обладают высокой функциональностью, которая необходима для ответственных мобильных и промышленных установок.

Гидростатические трансмиссии EATON 6423 состоят из аксиально-плунжерного гидронасоса с возможностью регулирования и реверсирования (он представлен на рис. 1 и предназначен для работы в гидравлических приводах с замкнутым контуром при давлении до 413 бар и часто-

те вращения до 4510 об/мин) и гидромотора.

Как известно, при восстановлении агрегатов импортного производства часто возникают следующие проблемы: высокая стоимость запчастей (для гидронасоса цена качающего узла составляет 50 тыс. руб.) и время поставки запасных частей (от 2 до 7 недель, в зависимости от поставщика и производителя). В конечном итоге это сказывается на сроках ремонта гидронасоса и ввода в строй самой техники, а ведь каждый день простоя приводит к потерям. В то же время покупка нового гидронасоса Eaton 6423 у официального дилера в г. Саранске Республики Мордовия обойдется в 245 тыс. рублей.

В связи с этим целью исследования является разработка технологии ремонта гидростатической трансмиссии EATON 6423, которая даст возможность выполнять ремонт деталей и узлов в минимальные сроки и с малыми затратами дорогостоящих ресурсов.

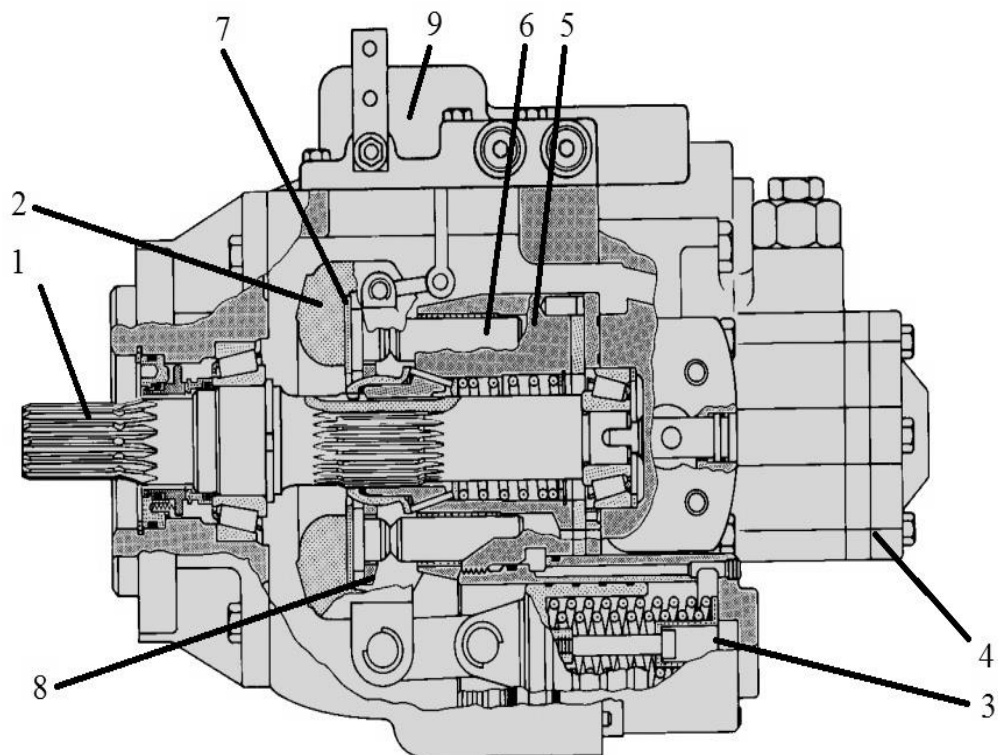


Рис. 1. Насос EATON 6423: 1 – приводной вал, 2 – наклонная люлька, 3 – сервоцилиндры привода, 4 – гидронасос подпитки, 5 – блок цилиндров, 6 – поршни (плунжеры), 7 – упорный диск, 8 – прижимная пластина, 9 – механизм управления поворотом люльки

**Методика.** Для выполнения поставленной задачи изучена конструкция качающего узла гидронасоса (рис. 2) с целью определения основных мест возможных отказов.

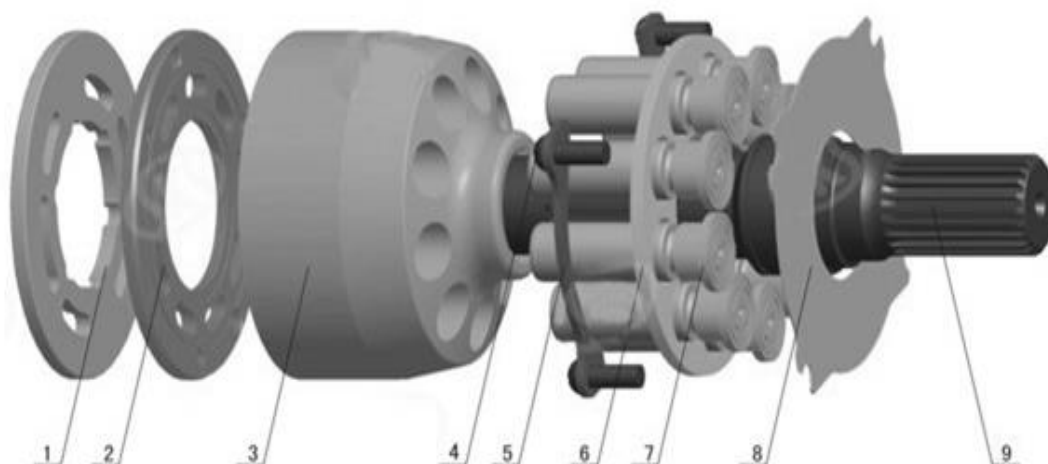


Рис. 2. Качающий узел насоса:  
1, 2 – распределители, 3 – блок цилиндров, 4 – болт крепления, 5 – прижимы, 6 – прижимная пластина, 7 – плунжер с гидростатической опорой, 8 – упор, 9 – вал

Качающий узел включает приводной вал 9, опирающийся на подшипники. Качающий узел насоса приводится во вращение через шлицевое соединение блока цилиндров 3

и основного вала. Гидростатические опоры плунжеров 7 поджаты к упору 8 прижимной пластиной 6 и скользят по нему во время работы. Сам упор крепится к люльке насоса болтами 4. Стальной распределитель 1 и распределитель из цветного металла 2 поджимаются к задней крышке блоком цилиндров 3. Следовательно, возникновение износов может происходить, во-первых, при вращении блока цилиндров вместе с распределителем из цветного металла, находящегося в контакте с закрепленным на задней крышке стальным распределителем; во-вторых, при вращении поршней происходит возвратно-поступательное движение их во втулках блока цилиндров, что приводит к возникновению

трения и абразивного износа; в-третьих, так как опоры поршней, вращаясь, скользят по упору, но за счет гидростатической разгрузки не касаются его, то здесь возможен абразивный износ при утечке рабочей жидкости в зазоры [2-4]. Для подтверждения представленных предположений проведена дефектация деталей гидронасоса, которая показала, что в условиях реальной эксплуатации причиной отказов являются: износ втулок блока цилиндров и распределителей; поломка клапана подпитки и износ упора поршней, что приводит к износу поршневых пят, упора, люльки и дальнейшей их поломке.

Характерные износы элементов представлены на рис. 3.

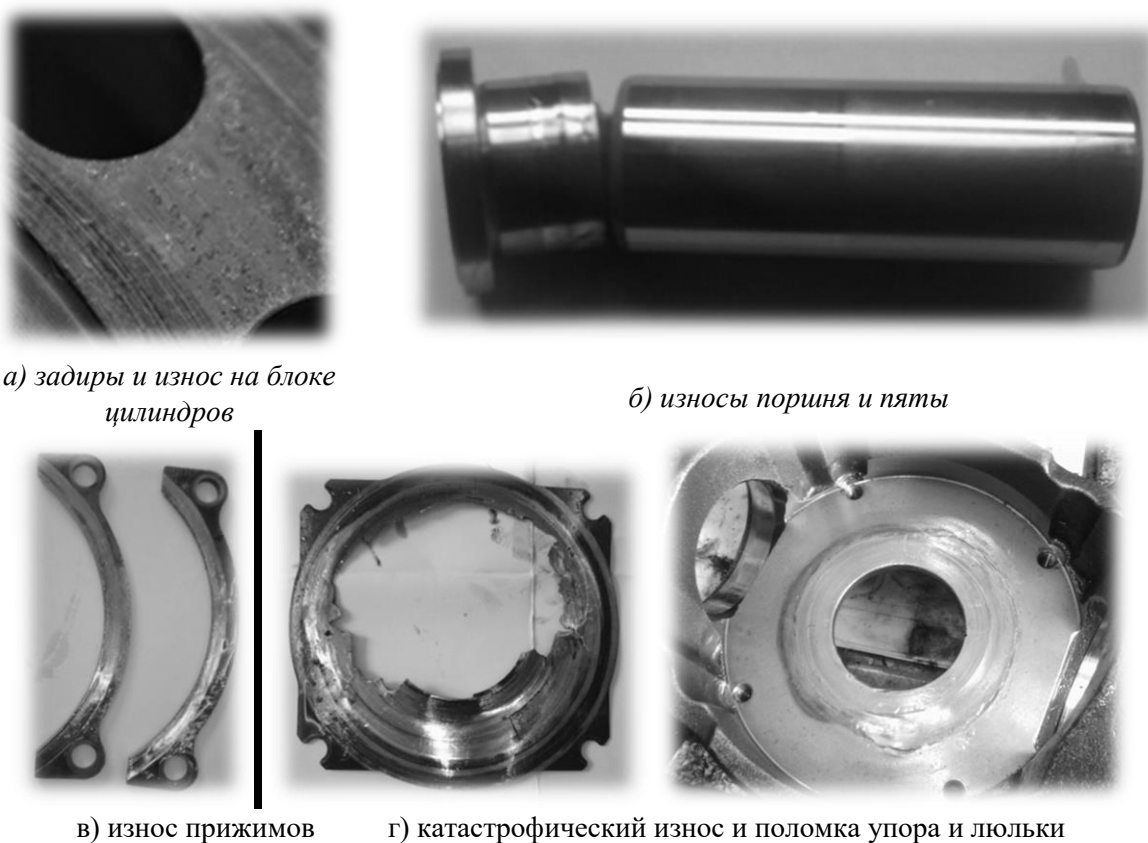


Рис. 3. Характерные износы и дефекты элементов

Для разработки технологии восстановления изнашивающихся поверхностей качающего узла гидронасоса необходимо: определить состав металлов; провести исследование метода нанесения покрытий на изношенные поверхности деталей и стендовые испытания.

Для определения материалов деталей проводили анализ химического состава при помощи спектрометра BRUKER Q4 TASMEN.

Данные по составу материалов деталей представлены в таблице 1.

Полученные результаты позволили выбрать метод нанесения покрытий на изношенные поверхности деталей.

Оценку качества восстановления гидронасоса проводили на стенде ИГС-01 динамическим способом [2, 3, 5] (патент № 135744) (рис. 4).

Основной особенностью проверки гидроагрегатов является оценка работоспособности гидротрансмиссии с помощью расходомеров *CT300R-SR-B-B-6 Webtec* (точность измерения подачи  $\pm 1/4$  % от полной шкалы с одним счетом на оборот, т.е. при подаче 300 л/мин

допускаемое отклонение составит 0,75 л/мин [15]), они устанавливаются в линиях высокого давления.

В процессе проверки получали следующие параметры: расход гидромотора при номинальных режимах, подачу гидронасоса, давление в линиях управления и нагнетания, температуру рабочей жидкости. Через портативное считывающее устройство полученные результаты записывали и обрабатывали в программе *HPM Comm*. Оценка технического состояния объемных гидроприводов проводилась по методике [6].

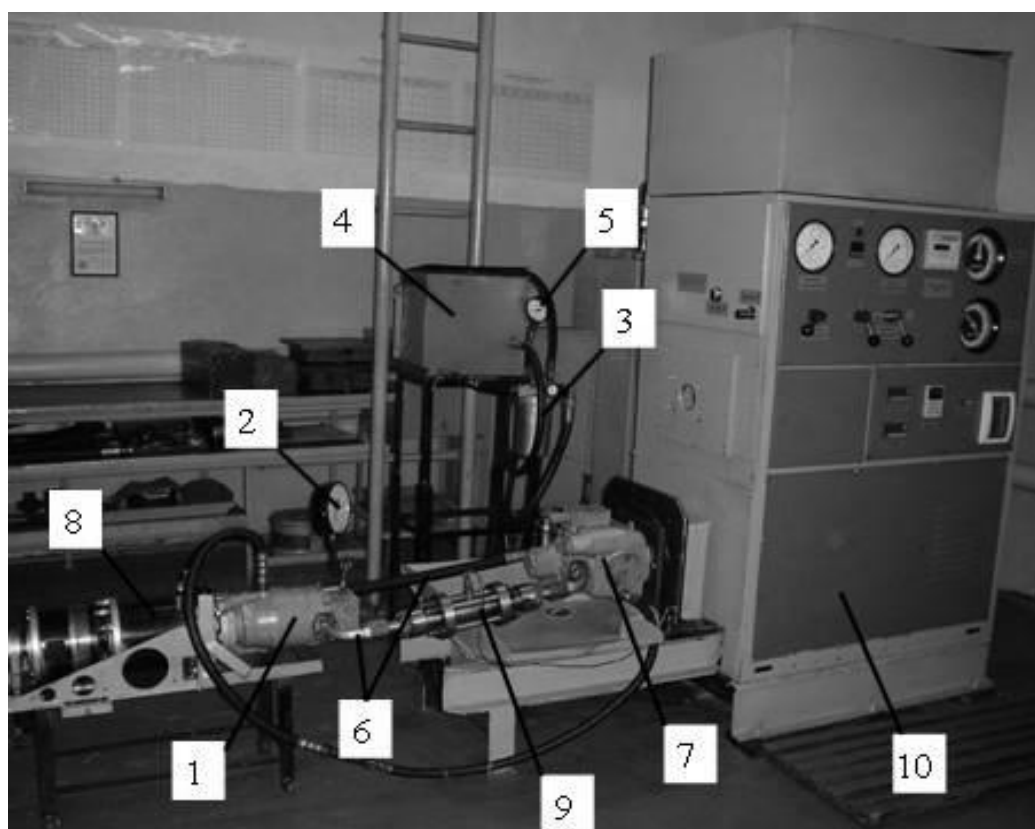


Рис. 4. Стенд ИГС-01: 1 – испытуемый гидромотор; 2 – манометр; 3 – фильтр; 4 – гидробак; 5 – манометр; 6 – рукава высокого давления; 7 – испытуемый гидронасос; 8 – тормозная муфта; 9 – дроссели-расходомеры; 10 – корпус.

**Результаты.** Проведя анализ износов деталей насоса и мотора EATON 6423, было установлено, что основные дефекты совпадают с износами деталей отечественных гидростатических трансмиссий [7, 8]. Однако из-за специфической конструкции качающего узла гидронасоса вместо приставного дна устанавливается упор 8 (см. рис. 2 и рис. 3г). В про-

цессе эксплуатации при нарушении работоспособности насоса подпитки или его клапана возникает дефект, приводящий к выходу из строя не только самого упора, но и люльки насоса (см. рис. 3г). Для данных деталей предлагается производить замену упора на приставное дно гидронасоса НП-90, с расточкой люльки для соблюдения размерной цепи.

Для остальных деталей разрабатывались технологические рекомендации на основе материалов, полученных при анализе химсостава (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав материала

Деталь	Химические элементы, %										
	Цинк	Марганец	Железо	Алюминий	Медь	Углерод	Кремний	Хром	Никель	Свинец	Олово
Пяты	35-36	3-4	до 1	1-2	61-63	-	-	-	-	-	-
Упор	-	до 1	-	-	-	0,85	до 1	-	-	-	-
Стальной распределитель	-	до 1	-	-	-	0,55	-	до 1	до 1	-	-
Распределитель из цветного металла	-	-	-	-	76-77	-	-	-	до 1	9-10	8-9
Поршень	-	0,9-1,1	-	-	-	0,45	-	0,9-1,1	-	-	-

С помощью полученных данных были установлены марки материалов деталей качающего узла:

- для материала упора - сталь AISI G10860 (аналог сталь 85);
- для стального распределителя – сталь легированная AISI A3150 (аналог сталь 50XH);
- для распределителя из цветного материала – бронза ASTM B 584 (аналог БрО10С10);
- для поршня (плунжера) – сталь AISI 1045 (аналог сталь 45ГС);
- для пят поршней – латунь AISI C86400 (аналог CuZn35AlFeMn).

Для восстановления деталей использовали метод электроискровой обработки, который в настоящее время является одним из наиболее эффективных методов восстановления работоспособности деталей [9-13]. Данный метод апробирован при восстановлении деталей гидронасоса Sauer Danfoss 90L75 [14].

На основе проведенной работы, восстановление распределителей и поршневых пар рекомендуется проводить следующим образом.

Если на поверхностях стального, бронзового распределителя и блока цилиндров имеются следы износа и отклонения от технологических параметров, то необходимо притереть контактирующие поверхности до выведения следов износа. Если толщина деталей меньше допустимого технологического размера, их следует браковать и заменять на новые или годные к эксплуатации.

По окончании выведения следов износа контролировали прилегание распределителя и блока цилиндров согласно ТУ 22–1.020–546–2003, минимальное пятно контакта – 100 %.

Перед восстановлением поршневых пар *следует* провести проверку люфта между поршнем и пятой. При превышении допустимого значения – поршень браковать. При значении радиального зазора между втулкой блока цилиндров и поршнем более 65 мкм следует нанести на поршень слой металла методом электроискровой наплавки с последующей доводкой до технологического зазора 0,020-0,040 мм. Обработку втулок блока цилиндров проводить алмазными развертками, возвратно-поступательными движениями.

Электроискровую наплавку на поршень проводить согласно рациональным технологическим режимам: скорость подачи электрода  $V_s = 0,25$  мм/мин, энергия искрового разряда  $W = 4,25$  Дж, частота подачи искрового разряда  $\nu_i = 400$  Гц. При последующей шлифовке плунжеров использовать бесцентрошлифовальный станок. После шлифовки промыть детали в керосине.

Если иные узлы гидронасоса имеют отклонения от технологических параметров – производить их выбраковку, с последующей заменой на новые или годные к эксплуатации.

Перед сборкой все детали промыть в бензине или растворителе, кроме деталей из резины, и осушить. Сборку проводить в условиях, исключающих повреждение и загрязнение деталей. Сборка изделия должна произво-



даться с применением специальных оправок и выколоток.

После проведения операций технологического процесса восстановления и окончательной сборки изделия проводятся стендовые испытания (рис. 5).

Процесс проверки состоит из 5 этапов испытаний: 1 – повышение частоты вращения приводного вала до номинальной  $n_{ном} =$

$3720 \pm 50$  об/мин; 2 – установить максимальную подачу; 3 – тормозной муфтой создать нагрузку для гидромотора и повысить давление в линии нагнетания до номинального  $P_{ном} = 24$  МПа; 4 – замерить подачу гидронасоса при температуре рабочей жидкости  $t = 50 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ; 5 – завершить испытания, остановить насос и привод стенда.

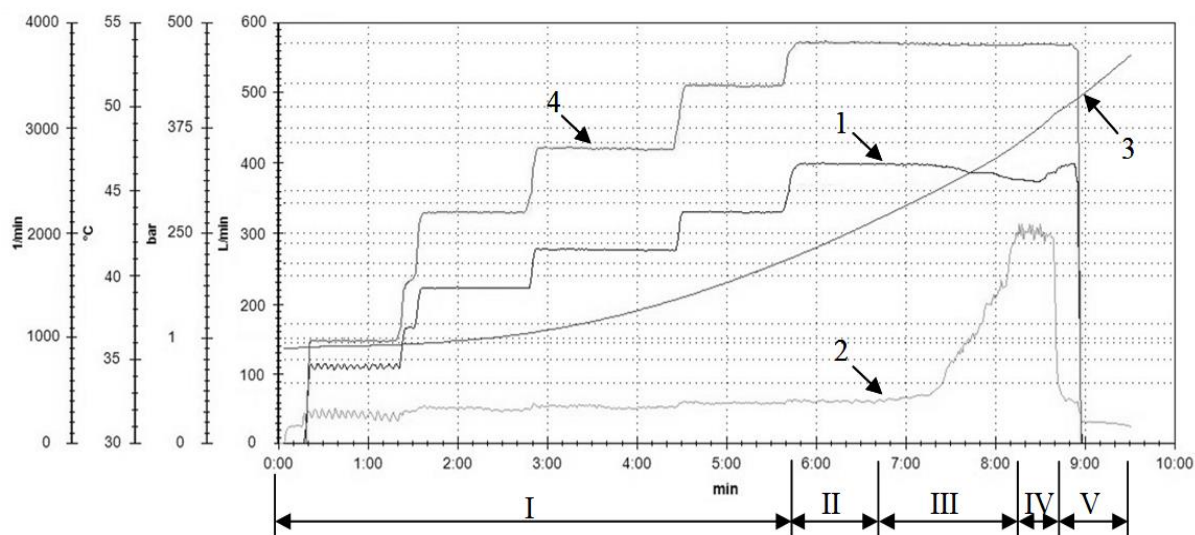


Рис. 5. Стендовая оценка технического состояния отремонтированного гидронасоса Eaton: 1 – кривая измерения подачи гидронасоса; 2 – кривая измерения давления в линии нагнетания; 3 – кривая измерения температуры рабочей жидкости в процессе испытания, 4 – частота вращения вала гидронасоса в процессе испытания.

После проведенной проверки определяли объемный КПД гидронасоса по формуле

$$\eta_{об}^H = Q^H / Q_m^H,$$

где  $Q^H$  – фактическая подача, л/мин;

$Q_m^H$  – теоретическая подача, которая определяется [3]:

$$Q_m^H = V_g \cdot n_{ном} / 1000 = 105,5 \cdot 3720 / 1000 = 392 \text{ л/мин},$$

где  $V_g$  – рабочий объем,  $\text{см}^3$ .

$$\eta_{об}^H = 373 / 392 = 0,951.$$

Себестоимость восстановления гидронасоса EATON 6423 по предлагаемой технологии на базе МИП ООО «Агросервис» г. Саранска составила 29 тысяч рублей, время, затрачиваемое на восстановление – 12 часов.

**Выводы.** Комплекс проведенных исследований и операций восстановления деталей гидростатической трансмиссии EATON 6423

позволил предложить рекомендации по технологии ремонта импортных гидронасосов, реализация которых позволила довести объемный КПД отремонтированного гидронасоса по сравнению с новым, до уровня не менее 0,95. Эксплуатационная проверка отремонтированных агрегатов показала, что отказов 3-й группы сложности восстановленных гидроагрегатов до настоящего времени не выявлено.



**Литература**

1. Пьянзов С. В., Рачков О. Д., Байчурин М. Н. Анализ парка зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов агропромышленного комплекса Республики Мордовия // XLV Огарёвские чтения: матер. науч. конф. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2017. Ч. 1. С. 484-489.
2. Галин Д. А. Оценка работоспособности и повышение долговечности объемного гидропривода ГСТ-90: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саранск, 2007. 17 с.
3. Ivantysynova M., Baker J. Power loss in the lubricating gap between cylinder block and valve plate of swash plate type axial piston machines // International Journal of Fluid Power. 2009. Vol. 10. Is. 2. P. 29–43. DOI: <https://doi.org/10.1080/14399776.2009.10780976>.
4. Deeken M. Simulation der Umsteuergeometrie von Schrägscheibeneinheiten mit Hilfe gangiger CAE-Tools // Öhlydraulik und Pneumatik. 2002. Vol. 46. № 6. С. 374-377. URL: <http://publications.rwthachen.de/record/158556>.
5. Performance investigation of hydrostatic transmission system as a function of pump speed and load torque / S. K. Mandal [et al.] // Journal of The Institution of Engineers (India). 2012. № 93 (2). P. 187-193.
6. Ионов П. А., Столяров А. В., Земсков А. М. Оценка технического состояния гидропривода ГСТ-112 // Сельский механизатор. 2013. № 12. С. 36-38.
7. Zhang J., Chao Q., Xu B. Analysis of the cylinder block tilting inertia moment and its effect on the performance of high-speed electro-hydrostatic actuator pumps of aircraft // Chinese Journal of Aeronautics. 2017. Vol. 31. Issue 1. P. 169–177. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.02.010>
8. Исследование механизма потери работоспособности объемного гидропривода ГСТ-112 / П. А. Ионов [и др.] // Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 116. С. 16-23.
9. Analysis of electric pulsed processes in electrospark treatment of metallic surfaces in a gas medium / V. I. Ivanov [et al.] // Welding International. 2017. № 4. P. 312–319. DOI: <https://doi.org/10.1080/09507116.2016.1257244>.
10. Восстановление и упрочнение рабочих поверхностей соединения деталей наноструктурированными покрытиями / Ф. Х. Бурумкулов [и др.] // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 3. С. 5-9.
11. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / Ф. Х. Бурумкулов [и др.]. Саранск: изд-во Красный Октябрь, 2003. 501 с.
12. Иванов В. И., Костюков А. Ю. Практика применения электроискровых покрытий при восстановлении деталей машин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 6. С. 10-17.
13. Кузнецов И. С., Коломейченко А. В., Малинин В. Г. Восстановление посадочных мест под подшипники электроискровой обработкой // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 8. С. 20-22.
14. Моделирование нагрузок в соединении «блок цилиндров - распределитель» гидронасоса Sauer danfoss серии 90 / А. В. Столяров [и др.] // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 125. С. 249-255.
15. Гидротестеры и приборы-регистраторы гидросистем Webtec (Великобритания) [Электронный ресурс]. URL: <http://hydro-test.ru/gidrotastery/gidrotastery-webtec/> (дата доступа: 22.04.2019).

**RESTORATION OF IMPORTED HYDROSTATIC TRANSMISSIONS  
(ON THE EATON 6423 EXAMPLE)**

**A.V. Stolyarov**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

**P. A. Ionov**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

**A.M. Zemskov**, Cand. Tech. Sci.,

FSBEI HE "National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev"

5 Rossiskaya St., Saransk, 430904, Russia

E-mail: [cabto@mail.ru](mailto:cabto@mail.ru)

**ABSTRACT**

The agricultural machinery fleet in the Republic of Mordovia is currently equipped with modern energy-rich equipment not only domestically produced, but also foreign, including combines of the John Deere company. Studies, conducted at the department of technical service of machines FSBEI of HE "NI MSU named after N.P. Ogarev", have shown, that the drive gear of the combine harvesters W650

is equipped with a hydrostatic transmission EATON 6423. There are no failures during the warranty period due to failure of these hydraulic units. At the same time, it is established that the first cases of hydrostatic transmission failures begin to occur after 8-9 years of exploitation. The failed hydraulic units were decommissioned and subjected to research of the failure causes. The results of studies on the identification of defects in parts of the hydraulic pump and hydraulic motor, the reasons for their occurrence are presented in the article; the possible causes of the efficiency loss of the EATON hydrostatic transmissions were established; the main resource-limiting compounds were identified, possible restoration methods were determined, and technological and structural measures were developed for their repair and subsequent performance monitoring. As a result of bench tests, the volumetric efficiency coefficient  $\eta_{об}^v$  (efficiency) of a repaired hydraulic pump was determined, which was not less than 0.95 compared to a new one. The complex of the conducted studies and restoration operations of the Eaton 6423 hydrostatic transmission parts made it possible to restore its performance to the level of a new one.

*Key words: volumetric hydraulic actuator, defects, wear, restoration, performance check.*

#### References

1. P'yanzov S.V., Rachkov O.D., Baichurin M.N. Analiz parka zernouborochnykh i kormouborochnykh kombainov agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Mordoviya (Analysis of the Park of grain harvesters and forage harvesters agro-industrial complex of the Republic of Mordovia), XLV Ogarevskie chteniya, mater. nauch. konf., Saransk, Izd-vo Mordovskogo un-ta, 2017, Ch. 1., pp. 484-489.
2. Galin D.A. Otsenka rabotosposobnosti i povyshenie dolgovechnosti ob"emnogo gidroprivoda GST-90 (Assessment of efficiency and increase of durability of the volume hydraulic drive GST-90), avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk., Saransk, 2007, 17 p.
3. Ivantysynova M., Baker J. Power loss in the lubricating gap between cylinder block and valve plate of swash plate type axial piston machines, International Journal of Fluid Power, 2009, Vol. 10, Is. 2, pp. 29-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/14399776.2009.10780976>.
4. Deeken M. Simulation der Umsteuergeometrie von Schrägscheibeneinheiten mit Hilfe gangiger CAE-Tools, Ölhydraulik und Pneumatik, 2002, Vol. 46, No. 6, pp. 374-377. URL: <http://publications.rwthachen.de/record/158556>.
5. Performance investigation of hydrostatic transmission system as a function of pump speed and load torque, S.K. Mandal [et al.], Journal of The Institution of Engineers (India), 2012, No. 93 (2), pp. 187-193.
6. Ionov P.A., Stolyarov A.V., Zemskov A.M. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya gidroprivoda GST-112 (Assessment of the technical condition of the hydraulic drive GST-112), Sel'skii mekhanizator, 2013, No. 12, pp. 36-38.
7. Zhang J., Chao Q., Xu B. Analysis of the cylinder block tilting inertia moment and its effect on the performance of high-speed electro-hydrostatic actuator pumps of aircraft, Chinese Journal of Aeronautics, 2017, Vol. 31, Issue 1, pp. 169-177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cja.2017.02.010>.
8. Issledovanie mekhanizma poteri rabotosposobnosti ob"emnogo gidroprivoda GST-112 (Study of the mechanism of loss of efficiency of the volume hydraulic drive GST-112), P.A. Ionov [i dr.], Trudy GOSNITI, 2014, T. 116, pp. 16-23.
9. Analysis of electric pulsed processes in electrospark treatment of metallic surfaces in a gas medium, V.I. Ivanov [et al.], Welding International, 2017, No. 4, pp. 312-319. DOI: <https://doi.org/10.1080/09507116.2016.1257244>.
10. Vosstanovlenie i upochnenie pabochikh povepkhnostei soedineniya detalei nanostpuktupipovannyimi pokrytiyami (Restoration and strengthening of working surfaces of connection of parts by nanostructured coatings), F.Kh. Burumkulov [i dr.], Remont, vosstanovlenie, modernizatsiya, 2008, No. 3, pp. 5-9.
11. Elektroiskrovyte tekhnologii vosstanovleniya i uprochneniya detalei mashin i instrumentov (teoriya i praktika) (Electrospark technologies of restoration and strengthening of machine parts and tools (theory and practice)), F. Kh. Burumkulov [i dr.], Saransk, izd-vo Krasnyi Oktyabr', 2003, 501 p.
12. Ivanov V.I., Kostyukov A.Yu. Praktika primeneniya elektroiskrovykh pokrytii pri vosstanovlenii detalei mashin (Practice of application of electric spark coatings in the restoration of machine parts), Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya, 2017, No. 6, pp. 10-17.

13. Kuznetsov I.S., Kolomeichenko A.V., Malinin V.G. Vosstanovlenie posadochnykh mest pod podshipniki elektroiskrovoi obrabotkoi (The restoration of the seats for the bearings of electric-spark treatment), Remont. Vosstanovlenie. Modernizatsiya, 2017, No. 8, pp. 20-22.

14. Modelirovanie nagruzok v soedinenii «blok tsilindrov - raspredelitel'» gidronasosa Sauer danfoss serii 90 (Modeling of the loads in the connection "block - allocator", the hydraulic pump Sauer danfoss 90 series), A.V. Stolyarov [i dr.], Trudy GOSNITI, 2016, T. 125, pp. 249-255.

15. Gidrotastery i pribory-registratory gidrosistem Webtec (Velikobritaniya) (Hydrotester and instruments-recorders, hydraulic Webtec (UK)) [Elektronnyi resurs], URL: <http://hydro-test.ru/gidrotastery/gidrotastery-webtec/> (data dostupa: 22.04.2019).

## АГРОНОМИЯ

УДК 631.84 : 631.847.2 : 581.557.2 : 635.656

## ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНА ПОСЕВНОГО ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ТЯЖЕЛОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ

**М. А. Алёшин**, канд. с.-х. наук, доцент;

**Л. А. Михайлова**, д-р с.-х. наук, профессор;

**М. Г. Субботина**, канд. с.-х. наук, доцент,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990

E-mail: [matvei0704@mail.ru](mailto:matvei0704@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрен вопрос изменения качества зерна гороха сорта Агроинтел под влиянием предпосевной обработки микробиальным препаратом Ризоторфин на фоне возрастающих доз азота, вносимого с аммонийной селитрой. Актуальность работы обусловлена тенденциями использования биологического потенциала растений в сельскохозяйственном производстве, а именно агротехнической ролью зернобобовых культур, позволяющих не только получать качественные корма, но и улучшать биологические свойства почв на фоне невысоких доз азота. Исследования проведены в 2014-2015 гг. в полевом двухфакторном опыте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве опытного поля ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. В результате эксперимента была подтверждена эффективность «стартовой дозы» азота 30 кг/га, которая способствовала увеличению в составе зерна гороха содержания сырого протеина на 3,5 % (НСР<sub>05</sub> = 0,09 %), сырой клетчатки – на 0,35 % (НСР<sub>05</sub> = 0,07 %) и сырого жира – на 0,11 % (НСР<sub>05</sub> = 0,01 %) по сравнению с контролем. Использование азота в дозах свыше 45 кг приводило к снижению содержания сырого протеина и золы, повышало содержание сырой клетчатки относительно контроля. От внесения азота в дозах 75 до 105 кг/га наблюдалось также снижение содержания сырого жира на 0,09% (НСР<sub>05</sub> 0,01 %). Обработка семян Ризоторфином улучшала биохимический состав зерна: повысилось содержание сырого протеина на 0,2 %, сырой клетчатки – на 0,1 % и зольность – на 0,04 %. Полученное на всех вариантах опыта зерно соответствовало требованиям стандарта на горох кормовой (ГОСТ Р 54630-2011). Содержание обменной энергии было на уровне 13,48...13,52 МДж/га, кормовых 1,47...1,48 и кормо-протеиновых единиц 1,81...1,97 и изменялось несущественно.

*Ключевые слова:* посевной горох, доза азота, бактериальный препарат, биохимический состав, энергетическая оценка.

**Введение.** Агротехническая роль зерно- бобовых культур повышается при внесении под них минеральных, в том числе и азотных удобрений. При этом изменяются количество и качество получаемого зерна, остающихся в почве пожнивных и корневых остатков, возрастает биогенность почвы и, как следствие, – скорость и степень минерализа-

ции свежего органического вещества, гумуса и растительных остатков прошлых лет [1].

Основными направлениями исследований с удобрениями на горохе является изучение влияния уровней азотного питания на показатели активности азотфиксации и продуктивности бобовых растений.

Н. И. Кластер и В. Б. Азаров утверждают, что азотные удобрения на горохе оказывают благоприятное влияние на увеличение не только вегетативной массы, но и урожайности зерна. Вместе с тем, отдача от данного приема во многом определяется сортовыми особенностями и складывающимися в период вегетации погодными условиями [2].

Наряду с повышением продуктивности гороха посевного, необходимо стремиться к дальнейшему улучшению его качества, так как данная культура играет важную роль в производстве растительного белка. По словам М.Т. Голопятова [3], биохимический состав зерна гороха отличается не только высоким содержанием высокомолекулярных белковых веществ, но и сбалансированным соотношением таких аминокислот, как лизин, метионин, триптофан.

В современных условиях, оптимизация минерального питания гороха, а, следовательно, и биохимического состава зерна, осуществляется путем сбалансированного применения как минеральных, так и бактериальных удобрений, которым в последнее время уделяется повышенное внимание [4-9].

В связи с этим, целью нашей работы является изучение эффективности доз азота на фоне обработки семян гороха сорта Агроинтел бактериальным препаратом Ризоторфин в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья.

**Методика.** В 2014-2015 гг. на опытном поле Пермской ГСХА был заложен двухфакторный полевой опыт методом расщепленных делянок. Вегетационные периоды характеризовались теплой погодой и избыточным увлажнением, что впоследствии отразилось на уровне продуктивности и биохимическом составе зерна. Исследования проводили по следующей схеме: Фактор А – инокулирование

семян перед посевом бактериальным препаратом Ризоторфин: А<sub>1</sub> – без обработки, А<sub>2</sub> – с обработкой; Фактор В – доза азотного удобрения, кг/га: В<sub>1</sub> – N<sub>0</sub>, В<sub>2</sub> – N<sub>30</sub>, В<sub>3</sub> – N<sub>45</sub>, В<sub>4</sub> – N<sub>60</sub>, В<sub>5</sub> – N<sub>75</sub>, В<sub>6</sub> – N<sub>90</sub>, В<sub>7</sub> – N<sub>105</sub>, В<sub>8</sub> – N<sub>120</sub>. Повторность 4-кратная, учётная площадь делянки – 90 м<sup>2</sup>. В качестве удобрения использовалась аммонийная селитра (34,4% д.в.), внесение которой проводилось под предпосевную культувацию.

Во время уборки были отобраны образцы зерна, в которых определили следующие показатели: сырая клетчатка (ГОСТ 13496-91), сырой жир (ГОСТ 13496.15-97), сырая зола (ГОСТ 26226-91). Содержание сырого протеина находили расчётным путём, умножая содержание азота в составе зерна на коэффициент 6,25, в соответствии с ГОСТ 10846-91. Определение элементного состава проводили по В.В. Пиневиц в модификации В.Т. Куркаева. Вычисление содержания БЭВ проводилось разностным методом, учитывая содержание сырого протеина, сырого жира, сырой клетчатки и сырой золы.

Содержание кормовых (к. ед.) и кормопротеиновых (КПЕ) единиц, расчет энергетической питательности зерна, определение количества обменной энергии проводилось согласно методике ВНИИ кормов [10].

Статистическая обработка полученных данных проведена по общепринятой методике [11].

**Результаты.** Основная ценность зерна гороха заключается в высоком содержании белковых веществ, которое составляет 20-25 % и более на сухое вещество. При контроле качества кормов на основе зерна, особое внимание уделяется содержанию сырой клетчатки, которая представляет собой комплекс сложных высокомолекулярных углеводов и инкрустирующих веществ, определяющих качество, усвояемость и питательность корма [12].

Результаты данного исследования, отражающие влияние изучаемых факторов на урожайность и крупяные свойства зерна гороха подробно представлены в предыдущем выпуске журнала «Пермский аграрный вестник» [13].

Влияние доз азотных удобрений в сочетании с инокулированием семян штаммом микроорганизмов на содержание сырого протеина

и сырой клетчатки в зерне гороха представлено в таблице 1.

Таблица 1

Влияние дозы азотного удобрения и инокулирования семян штаммом микроорганизмов на содержание сырого протеина и сырой клетчатки в зерне гороха посевного, % на а.с.в.

Дозы азота (В)	Сырой протеин		Среднее по В, НСР <sub>05</sub> гл. эфф. 0,23	Сырая клетчатка		Среднее по В, НСР <sub>05</sub> гл. эфф. 0,09
	А <sub>0</sub>	А <sub>1</sub>		А <sub>0</sub>	А <sub>1</sub>	
N <sub>0</sub>	17,8	19,2	18,5	6,62	7,19	6,90
N <sub>30</sub>	22,3	21,7	22,0	7,16	7,35	7,25
N <sub>45</sub>	17,7	18,8	18,3	7,03	7,23	7,13
N <sub>60</sub>	18,7	17,4	18,1	7,00	7,17	7,09
N <sub>75</sub>	16,6	17,1	16,8	7,14	7,13	7,13
N <sub>90</sub>	17,1	17,3	17,2	7,24	7,16	7,20
N <sub>105</sub>	17,4	17,5	17,4	7,37	7,19	7,28
N <sub>120</sub>	17,7	17,9	17,8	7,31	7,27	7,29
Среднее по А, НСР <sub>05</sub> для гл. эфф.	18,2	18,4	-	7,11	7,21	-
	0,09		-	0,07		-
НСР <sub>05</sub> для частных различий по фактору	А		0,26	А		0,20
	В		0,33	В		0,12

Содержание сырого протеина в зерне гороха посевного сорта Агроинтел в пределах опыта варьировало от 16,6 % – в варианте без обработки семян бактериальным препаратом и с внесением азота в дозе 75 кг на гектар до 22,3 % – в варианте с внесением азота в дозе 30 кг на гектар и без инокуляции семян. Достоверное увеличение содержания сырого протеина (при рассмотрении главных эффектов по фактору А) было получено при инокуляции посевного материала бактериальным препаратом Ризоторфин, прибавка составила 0,2 %, при НСР<sub>05</sub> равной 0,09 %. Согласно средним значениям и главным эффектам по фактору В, увеличению содержания сырого протеина в зерне гороха по сравнению с контрольным вариантом способствовала доза азота 30 кг на гектар, прибавка составила 3,5 %, при НСР<sub>05</sub> 0,23 %. Использование азота в дозах свыше 45 кг привело к снижению содержания сырого протеина в зерне гороха.

Рассматривая частные различия по фактору А, можно отметить, что инокуляция семян бактериальным препаратом Ризоторфин способствовала повышению содержания сырого протеина на всех вариантах с внесением азота, за исключением вариантов с внесением азота в дозах 30 и 60 кг на гектар.

Содержание сырой клетчатки в зерне варьировало в интервале от 6,62 до 7,37 %. При анализе главных эффектов по фактору А можно констатировать, что инокуляция посевного материала способствовала увеличению содержания сырой клетчатки на 0,10 %, при НСР<sub>05</sub> 0,07 %. Рассматривая главные эффекты по фактору В, можно отметить, что внесение азотного удобрения повышало содержание сырой клетчатки. В среднем по опыту, в зерне гороха содержится около 7 % сырой клетчатки, хотя данный показатель может варьировать в пределах от 2 до 8,5 %, в зависимости от применяемых приемов и технологии возделывания культуры.

Энергетическая ценность любого корма напрямую зависит от содержания сырого жира. Известно, что азотные удобрения, усиливая интенсивность синтеза белков, обуславливают снижение содержания жира.

При оценке качества кормов на основе зерна необходимо учитывать содержание в них сырой золы, так как она считается показателем обеспеченности корма элементами минерального питания. Данный показатель представлен в таблице 2.

Таблица 2

Влияние дозы азотного удобрения и инокулирования семян штаммом микроорганизмов на содержание сырого жира и сырой золы в зерне гороха посевного, % на а.с.в.

Дозы азота (В)	Сырой жир		Среднее по В, НСР <sub>05</sub> гл. эфф. 0,05	Сырая зола		Среднее по В, НСР <sub>05</sub> гл. эфф. 0,05
	А <sub>0</sub>	А <sub>1</sub>		А <sub>0</sub>	А <sub>1</sub>	
N <sub>0</sub>	2,31	2,42	2,36	2,50	2,52	2,51
N <sub>30</sub>	2,48	2,47	2,47	2,42	2,50	2,46
N <sub>45</sub>	2,50	2,40	2,45	2,40	2,41	2,41
N <sub>60</sub>	2,51	2,47	2,49	2,28	2,30	2,29
N <sub>75</sub>	2,29	2,23	2,26	2,29	2,39	2,34
N <sub>90</sub>	2,14	2,24	2,19	2,39	2,27	2,33
N <sub>105</sub>	2,19	2,16	2,17	2,23	2,25	2,24
N <sub>120</sub>	2,35	2,32	2,33	2,25	2,39	2,32
Среднее по А, НСР <sub>05</sub> для гл. эфф.	2,34	2,34	-	2,34	2,38	-
	0,01		-	0,03		-
НСР <sub>05</sub> для частных различий по фактору	А		0,02	А		0,08
	В		0,08	В		0,07

Содержание сырого жира в зерне гороха варьировало незначительно и составило от 2,14 до 2,51 %. При рассмотрении главных эффектов по фактору А не обнаружено существенного влияния обработки посевного материала бактериальным препаратом Ризоторфин на содержание сырого жира в зерне.

При рассмотрении главных эффектов по фактору В можно отметить увеличение содержания сырого жира, при внесении азота в дозах 30, 45 и 60 кг на гектар прибавки соответственно составили 0,11, 0,09 и 0,13 % при НСР<sub>05</sub> 0,08 %. В последующем, при внесении азота в дозах от 75 до 105 кг на гектар наблюдается снижение содержания сырого жира в зерне. Данные тенденции выявляются и при рассмотрении частных различий по фактору В.

Содержание сырой золы в зерне гороха находилось в диапазоне 2,23-2,52 %. Рассматривая средние значения и главные эффекты по фактору А, можно сделать вывод, что использование бактериального препарата Ризоторфин для инокуляции семян перед посевом, приводит к увеличению содержания сырой золы в зерне, прибавка составила 0,04 %, при НСР<sub>05</sub> 0,03 %. На основании главных эффектов по фактору В отмечается, что внесение азотных удобрений несколько снижало содержание сырой золы в зерне.

Белок зерновых бобовых, в отличие от белка зерновых культур, содержит повышенное количество (в 1,5 раза) семи незаменимых аминокислот (треонин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин, триптофан). Только зерно бобовых культур служит источником полноценных белковых добавок в комбикорма, так как ни одна зерновая культура не сбалансирована по протеину и, особенно, лизину. Если в зерне кукурузы, ячменя, овса на 1 к.ед. приходится соответственно 59, 70 и 83 г перевариваемого протеина (при норме 105-110 г), то в зерне гороха он может доходить до 143-170 г. Зернобобовые являются отличной альтернативой более дорогого животного белка, что делает их идеальными компонентами для улучшения рациона всех видов сельскохозяйственных животных [14].

За счет этого, при кормлении животных зерно гороха используют не в чистом виде, а как добавку к различным видам кормов, либо при приготовлении комбикормов.

Зернобобовые культуры являются основой для кормления свиней и птицы. В Пермском крае птицеводы для приготовления комбикормов закупают зерно гороха преимущественно в соседних регионах. Рецепт комбикорма для птицы включает в себя около 65 % зерна пшеницы, доля гороха в составе комбикорма может достигать 10-20 % [15].

Пригодность зерна гороха, по итогам наших исследований, оценивалась по основным показателям качества, таким как количество переваримых компонентов: протеин,

жир, клетчатка и БЭВ, сырая зола, обменная энергия, кормовые и кормо-протеиновые единицы (табл. 3).

Таблица 3

Влияние дозы азотного удобрения и инокулирования семян штаммом микроорганизмов на биохимический состав и питательную ценность зерна гороха посевного

Дозы азота (фактор В)	Содержится в 1 кг сухого вещества, г					ОЭ, МДж/кг	К. ед.	КПЕ
	переваримого компонента				зола			
	протеин	клетчатка	жир	БЭВ				
N <sub>0</sub>	<u>153,1*</u>	<u>30,5</u>	<u>14,3</u>	<u>672,9</u>	<u>25,0</u>	<u>13,47</u>	<u>1,47</u>	<u>1,84</u>
	165,1	33,1	15,0	657,3	25,2	13,51	1,48	1,98
N <sub>30</sub>	<u>191,8</u>	<u>32,9</u>	<u>15,4</u>	<u>631,4</u>	<u>24,2</u>	<u>13,60</u>	<u>1,50</u>	<u>2,30</u>
	186,6	33,8	15,3	635,0	25,0	13,57	1,49	2,24
N <sub>45</sub>	<u>152,2</u>	<u>32,3</u>	<u>15,5</u>	<u>671,6</u>	<u>24,0</u>	<u>13,50</u>	<u>1,48</u>	<u>1,83</u>
	161,7	33,3	14,9	661,8	24,1	13,51	1,48	1,94
N <sub>60</sub>	<u>160,8</u>	<u>32,2</u>	<u>15,6</u>	<u>664,3</u>	<u>22,8</u>	<u>13,54</u>	<u>1,48</u>	<u>1,93</u>
	149,6	33,0	15,3	674,8	23,0	13,50	1,48	1,80
N <sub>75</sub>	<u>142,8</u>	<u>32,8</u>	<u>14,2</u>	<u>683,0</u>	<u>22,9</u>	<u>13,47</u>	<u>1,47</u>	<u>1,71</u>
	147,1	32,8	13,8	678,1	23,9	13,46	1,47	1,77
N <sub>90</sub>	<u>147,1</u>	<u>33,3</u>	<u>13,3</u>	<u>678,2</u>	<u>23,9</u>	<u>13,45</u>	<u>1,46</u>	<u>1,77</u>
	148,8	32,9	13,9	677,4	22,7	13,48	1,47	1,79
N <sub>105</sub>	<u>149,6</u>	<u>33,9</u>	<u>13,6</u>	<u>676,3</u>	<u>22,3</u>	<u>13,48</u>	<u>1,47</u>	<u>1,80</u>
	150,5	33,1	13,4	676,2	22,5	13,48	1,47	1,81
N <sub>120</sub>	<u>152,2</u>	<u>33,6</u>	<u>14,6</u>	<u>672,8</u>	<u>22,5</u>	<u>13,50</u>	<u>1,48</u>	<u>1,83</u>
	153,9	33,4	14,4	670,0	23,9	13,48	1,47	1,85
Норма для зерна гороха на корм по ГОСТ Р 54630-2011						13,0	1,20	-

\* – вариант без обработки семян микробальным препаратом Ризоторфин / вариант с обработкой семян микробальным препаратом Ризоторфин.

Содержание переваримого протеина в зерне гороха было достаточным – от 142,8 до 191,8 г/кг, что можно объяснить оптимальным и избыточным увлажнением в течение вегетационного периода. Более высокие показатели были характерны для варианта с внесением азота в дозе 30 кг/га. От использования микробального препарата Ризоторфин, наибольшее изменение в уровне данного признака (9,6 г), зафиксировано в случае отсутствия внесения азота минеральных удобрений.

Содержание переваримой клетчатки, жира и золы в зерне гороха варьировало незначительно – зафиксированы изменения на уровне 0,2-2,5 %.

Содержание обменной энергии, кормовых и кормо-протеиновых единиц в зерне гороха при обработке семян бактериальным препаратом Ризоторфин и внесении минерального азота изменялось незначительно. Изменения наблюдались на

уровне 5-7 % от среднего, и во всех вариантах превышали норму для зерна гороха, идущего на корм скоту и птице.

#### Выводы.

1. Инокуляция бактериальным препаратом Ризоторфин при низком уровне азотного питания приводила к существенным изменениям биохимического состава и повышению содержания сырого протеина (0,2 %), сырой клетчатки (0,1 %), а также сырой золы (0,04 %) в составе зерна гороха.

2. Была подтверждена эффективность внесения «стартовой дозы» азота в 30 кг/га, за счёт которой обеспечивалось повышение содержания в зерне сырого протеина на 2,5-4,5 % при НСР<sub>05</sub> равной 0,33 %.

3. При обработке семян гороха посевного сорта Агроинтел бактериальным препаратом Ризоторфин и внесении минерального азота удобрений, содержание обменной энергии (13,48...13,52), кормовых (1,47...1,48) и кормо-протеиновых единиц (1,81...1,97) изменя-



лось не существенно и превышало норму для зерна гороха кормового (ГОСТ Р 54630-2011).

*Полевые и лабораторные исследования проведены при участии Л. С. Воронцовой и А. Б. Кривенчук.*

#### Литература

1. Полномочнов А. В., Бажанов Ю. С. Горох – проблемы и перспективы увеличения семенной и кормовой продуктивности в Иркутской области // Вестник КрасГАУ. 2006. № 10. С. 121-124.
2. Влияние агротехнологий на азотфиксирующую способность бобовых культур в юго-западной части ЦЧЗ / Н. И. Клостер [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 21-24.
3. Голопятов М. Т. Подходы к сортовым технологиям возделывания зернобобовых культур // Земледелие. 2012. № 5. С. 24-25.
4. Оценка эффективности действия азотного удобрения при использовании ризоагрина на яровой пшенице / А. А. Алферов [и др.] // Плодородие. 2016. № 6 (93). С. 4-6.
5. Кривенчук А. Б., Алёшин М. А. Влияние доз азота и препарата «Ризоторфин» на продуктивность посевного гороха в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья // Агробиохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: Пермская ГСХА, 2017. С. 45-49.
6. Хамоков Х. А. Показатели структуры урожая и урожайность зернобобовых культур в зависимости от вносимых доз азотных удобрений и проведения инокуляции семян // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 35-37.
7. Mfilinge A., Mtei K., Ndakidemi P. Effect of rhizobium inoculation and supplementation with phosphorus and potassium on growth and total leaf chlorophyll (chl) content of bush bean *Phaseolus vulgaris* L. // Agricultural Sciences. 2014. No. 14. P. 1413-1426. doi: 10.4236/as.2014.514152.
8. Effect of Rhizobia Inoculation, Farm Yard Manure and Nitrogen Fertilizer on Nodulation and Yield of Food Grain Legumes / P. E. Otieno [et al.] // Journal of Biological Sciences. 2009. No. 9. P. 326-332. doi:10.3923/jbs.2009.326.332
9. Studies on soil health and plant growth promoting potential of rhizobium isolates / Z. Baba [et al.] // Emirates Journal of Food and Agriculture. 2015. No. 5. P. 423-429. doi: https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.043
10. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ (для крупного рогатого скота, овец и свиней). Дубровицы: Изд-во ВНИИ животноводства Россельхозакадемии, 2008. 30 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
12. Корма и биологически активные кормовые добавки для животных / Н. В. Мухина [и др.]. М.: КолосС, 2008. 271 с.
13. Алёшин М. А. Влияние инокуляции и доз азотных удобрений на крупяные свойства и урожайность посевного гороха в условиях дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы Предуралья // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 48-53.
14. Зотиков В. Н., Боровлев А. А. Пути увеличения производства растительного белка в России // Повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в современных условиях: сб. науч. тр. Орел: ГНУ ВНИИ зернобобовых и крупяных культур, 2008. С. 36-49.
15. Тунгусков В. Я. Доклад исполнительного директора союза птицеводов Пермского края о состоянии отрасли птицеводства на начало 2017 года. Пермь: Пермская ГСХА, 2017. 32 с.

## EFFECT OF FERTILIZERS ON BIOCHEMICAL COMPOSITION OF PEA GRAIN CULTIVATED ON SOD-PODZOLIC HEAVY LOAM SOIL OF THE PREDURALIE

**M. A. Aleshin**, Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

**L. A. Mikhailova**, Dr. Agr. Sci., Professor; **M. G. Subbotina**, Cand. Agr. Sci., Associate Professor,  
Perm State Agro-Technological University

23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia

E-mail: [matvei0704@mail.ru](mailto:matvei0704@mail.ru)

#### ABSTRACT

The article deals with the issue of quality change of the Agrintel variety of pea grain under pre-sowing treatment by the Rizotorfin microbial agent on the ground of ascending doses of nitrogen applied with ammonium nitrate. The relevance of study arises from the tendencies to use biological potential of plants in agricultural production, especially leguminous crops that enable us to get not only safe fodder but im-

prove biological properties of soils with low doses of nitrogen. In 2014-2015, the research was carried out in a two-factor field experiment on sod-podzolic heavy loamy soil of the Perm SATU. As a result of research, the efficiency of start dose of nitrogen equal to 30 kg/ha was confirmed. It increased crude protein content by 3.5 % (HCP<sub>05</sub> = 0.09 %), crude fiber – by 0.35 % (HCP<sub>05</sub> = 0.07 %), and crude fat – by 0.11% (HCP<sub>05</sub> = 0.01 %) in the pea grains compared to the control group. Nitrogen fertilization in doses over 45 kg/ha led to decrease in crude protein and ash content, increase in crude fiber content compared to the control. Decrease in crude fat content by 0.09 % (HCP<sub>05</sub> 0.01 %) was observed in applying the nitrogen in doses of 75-105 kg/ha. Treatment of seeds with the Rizotorfin improved the biochemical composition of grain: crude protein content increased by 0.2 %, crude fiber – by 0.1 %, and ash content – by 0.04 %. The grain obtained in all variants of the experiment met the requirements of the standard for forage pea (GOST R 54630-2011). The content of metabolic energy was at the level of 13.48-13.52, fodder units – 1.47-1.48, and fodder-protein units – 1.81-1.97 and changed insufficiently.

*Key words: pea, doses of nitrogen, bacterial agent, biochemical composition, energy estimation.*

#### References

1. Polnomochnov A.V., Bazhanov I.U. S. Gorokh – problemy i perspektivy uvelicheniia semennoy i kormovoy produktsii v Irkutskoi oblasti (Pea – problems and prospects of increasing seed and fodder productivity in the Irkutsk Oblast), Vestnik KrasGAU, 2006, No. 10, pp. 121-124.
2. Vliianie agrotekhnologii na azotfiksiruushchuiu sposobnost bobovykh kultur v ugo-zapadnoi chaste CCHZ (Influence of agricultural technologies on nitrogen-fixing capacity of leguminous crops in the South-Western part of the CCHZ), Kloster N.I. [i dr.], Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskhoziaistvennoi akademii, 2012, No. 2, pp. 21-24.
3. Golopiatov M.T. Podkhody k sortovym tekhnologiam vozdeleyvaniya zernobobovykh kultur (Approaches to varietal technologies of cultivation of leguminous crops), Zemledelie, 2012, No. 5, pp. 24-25.
4. Ocenka effektivnosti deistviia azotnogo udobreniia pri ispolzovanii rizoagrina na iarovoi pshenice (Efficiency assessment of nitrogen fertilizer with rizoagrin applied on spring wheat), A.A. Alferov [i dr.], Plodorodie, 2016, No. 6 (93), pp. 4-6.
5. Krivenchuk A.B., Aleshin M.A. Vliianie doz azota i preparata Rizotorfin na produktivnost posevnogo gorokha v usloviakh dernovo-podzolisto-tiazelosuglinistoi pochvy Preduraliia (Influence of nitrogen doses and the Rizotorfin agent on the productivity of *Pisum sativum* in the conditions of sod-podzolic heavy loamy soil of the Preduralie), Agrokhimikaty v XXI veke: teoriia i praktika primeneniia, mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. conf., Perm, Permskaia GSHA, 2017, pp. 45-49.
6. Khamokov Kh.A. Pokazateli struktury urozhaiia i urozhainost zernobobovykh kultur v zavisimosti ot vnosimykh doz azotnykh udobrenii i provedeniia innokuliacii semian (Indicators of yield structure and yield capacity of leguminous crops depending on the doses of nitrogen fertilizers and seed inoculation), Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2017, No. 3 (65), pp. 35-37.
7. Mfilinge A., Mtei K., Ndakidemi P. Effect of rhizobium inoculation and supplementation with phosphorus and potassium on growth and total leaf chlorophyll (chl) content of bush bean *Phaseolus vulgaris* L., Agricultural Sciences, 2014, No. 14, pp. 1413-1426, doi: 10.4236/as.2014.514152.
8. Effect of Rhizobia Inoculation, Farm Yard Manure and Nitrogen Fertilizer on Nodulation and Yield of Food Grain Legumes, P.E. Otieno [et al.], Journal of Biological Sciences, 2009, No. 9, pp. 326-332, doi:10.3923/jbs.2009.326.332
9. Studies on soil health and plant growth promoting potential of rhizobium isolates, Z. Baba [et al.], Emirates Journal of Food and Agriculture, 2015, No. 5, pp. 423-429, doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015.04.043>
10. Metodika rascheta obmennoi energii v kormakh na osnove soderzhaniiia syrykh pitatelnykh veshechstv (dlia krupnogo rogatogo skota, ovec i svinei) (Calculation method of metabolic energy in fodders based on the content of raw nutrients (for cattle, sheep and pigs)), Dubrovitsy, Izdatelstvo VNII zhivotnovodstva Rosselkhozakademii, 2008, 30 p.
11. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezultatov issledovaniia) (Field trial method (with the basics of statistical processing of research results)), M., ID Aliians, 2011, 352 p.
12. Korma i biologicheski aktivnye kormovye dobavki dlia zhivotnykh (Animal fodders and biologically active feed supplements), N.V. Mukhina [i dr.], M., KolosS, 2008, 271 p.
13. Aleshin M.A. Vliianie innokuliacii i doz azotnykh udobrenii na krupianye svoistva i urozhainost posevnogo gorokha v usloviakh dernovo-podzolisto-tiazelosuglinistoi pochvy Preduraliia (Impact of inoculation and doses of nitrogen fertilizers on cereal properties and yield capacity of *Pisum sativum* in the conditions of sod-podzolic heavy loamy soil of the Preduralie), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 1 (21), pp. 48-53.
14. Zotikov V.N., Borovlev A.A. Puti uvelicheniia proizvodstva rastitelnogo belka v Rosii (Ways to increase vegetable protein production in Russia), Povyshenie ustoiчивosti proizvodstva selskhoziaistvennykh kultur v sovremennykh usloviakh, sb. nauch. tr., Orel, GNU VNII zernobobovykh zernobobovykh i krupiannykh kultur, 2008, pp. 36-49.
15. Tunguskov V.IA. Doklad ispolnitelnogo direktora soiuzu pticevodov Permskogo kraia o sostoianii otrasli pticevodstva na nachalo 2017 goda (Report of the Executive Director of the Union of Poultry Breeders of the Perm Krai on the state of poultry industry at the beginning of 2017), Perm, Permskaia GSHA, 2017, 32 p.

УДК 633.853.494

## СТРУКТУРА УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО РАПСА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ МАРКИ ИЗАГРИ В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

**И. И. Габбасов**, аспирант;

**Р. М. Низамов**, д-р с.-х. наук, доцент,

ФГБОУ ВО Казанский ГАУ,

ул. К. Маркса, 65, г. Казань, Республика Татарстан, 420015

E-mail: [nizamovr@mail.ru](mailto:nizamovr@mail.ru)

*Аннотация.* Изучение эффективности применения удобрений Изагри в посевах ярового рапса сорта Ратник проведены в Республике Татарстан на опытном поле агрономического факультета Казанского государственного аграрного университета в 2015-2017 гг. Серая лесная среднесуглинистая почва опытного участка характеризуется низким содержанием гумуса по Тюрину (3,5...3,7 %), повышенной обеспеченностью подвижным фосфором по Кирсанову (145...155 мг/кг), средней обеспеченностью обменным калием (108...120 мг/кг), рН<sub>сол.</sub> – 5,8. Цель исследований – оценка влияния предпосевной обработки семян, некорневой подкормки жидкими удобрениями марки Изагри на урожайность ярового рапса и его структуру в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан. По результатам исследований выявлена эффективность предпосевной обработки семян ярового рапса Изагри Форсом (2 л/га) и ее сочетания с обработкой растений исследуемыми удобрениями по вегетации. Так, в варианте без обработки семян количество продуктивных ветвей составило 3,0 шт., против 3,5 шт. в варианте с предпосевной обработкой семян. С наибольшим количеством продуктивных стручков выделялись варианты с опрыскиванием по вегетации удобрениями Изагри Вита (57 и 61 шт./растение) и Изагри Фосфор (57 и 58 шт./растение). При комплексном применении минеральных удобрений и удобрений Изагри формировались крупные стручки ярового рапса с массой 1000 семян 3,5-3,7 г (контроль 3,2 г). Максимальная урожайность маслосемян ярового рапса получена при обработке растений удобрениями Изагри Вита и Изагри Фосфор – соответственно 2,62 и 2,50 т/га, прибавка к контролю 0,62 и 0,50 т/га, или 31 и 25 % соответственно.

*Ключевые слова:* яровой рапс, биопрепараты, удобрения Изагри, урожайность, структура урожайности.

**Введение.** В России в настоящее время на душу населения потребляется всего лишь 8-9 кг растительного масла. Между тем, в США душевое потребление растительного масла выросло до 26 кг в год, в Германии – 22, Англии – 19, Канаде – 13 кг. Высокий уровень потребления жиров растительного происхождения позволяет этим и другим странам мира снизить количество сердечно-сосудистых заболеваний (основная причина смертности в

России), увеличивая продолжительность жизни населения [1, 2].

Отмеченная ситуация характерна и для Республики Татарстан, так как львиная доля растительного масла до сих пор в нашу республику завозится из дальнего и ближнего зарубежья, что приводит к росту цен на данную продукцию.

В связи с этим, в республике в последние годы проводится огромная работа для круп-

номасштабного производства рапсового масличного сырья (основная холодостойкая масличная культура), но из-за нарушения технологии возделывания урожайность этой культуры не превышает 0,8-1,0 т/га [3-5].

С другой стороны, существующая технология производства рапсового масличного сырья, основанная на применении расчетных норм минеральных удобрений, приводит резкому росту себестоимости растительного масла.

В связи с этим поиск новых путей повышения продуктивности объекта исследований и получения конкурентоспособного масличного сырья, включая широкое применение современных микроудобрений, биопрепаратов, способствующих эффективному использованию элементов питания из почвы и удобрений, является актуальной задачей агропромышленного комплекса не только Республики Татарстан, но и Российской Федерации в целом [6, 7].

Вопросам применения биопрепаратов, стимуляторов роста, микро- и макроудобрений посвящены исследования таких крупных зарубежных учёных, как Д. Шпаар (2007) [8], М. Frauen (2005), U. Steck (2011) [9].

Особенно большой вклад в теорию макро- и микроэлементного питания ярового рапса в Среднем Поволжье внесли ученые Р.Г. Гареев (1998) [10] Ф.Н. Сафиоллин (2008), Г.С. Миннуллин (2008) [11].

**Методика.** Исследования по влиянию удобрений Изагри на урожайность ярового рапса и ее структуру были проведены в 2015-2017 гг. на опытном поле агрономического факультета Казанского государственного аграрного университета.

Характеристика почв опытного участка: почва серая лесная, среднесуглинистая, рН солевой вытяжки – 5,8. Содержание гумуса по Тюрину – низкое (3,5...3,7 %), подвижного фосфора по Кирсанову – повышенное (145...155 мг/кг почвы), калия – среднее (108...120 мг/кг).

Схема опыта:

1. Предпосевная обработка семян (фактор А):

- без обработки;
- обработка Изагри Форс (2 л/т).

2. Обработка вегетирующих растений (фактор В):

- без обработки;
- Изагри Азот (2,0 л/га);
- Изагри Фосфор (2,0 л/га);
- Изагри Калий (2,0 л/га);
- Изагри Вита (1,4 л/га);
- Изагри Цинк (1,5 л/га);
- Изагри Бор (1,5 л/га);
- Изагри Медь (1,5 л/га).

Предшественником ярового рапса сорта Ратник по годам исследований была озимая пшеница. Минеральные удобрения вносили перед закладкой полевого опыта, общим фоном в расчете на получение 2,5 т маслосемян рапса с 1 гектара.

Посев ярового рапса по годам исследований проводили 10...11 мая, уборку – 15...16 августа. Опрыскивание растений удобрениями Изагри – в фазе бутонизации.

Повторность опыта – четырехкратная. Учетная площадь каждой делянки – 44 м<sup>2</sup> (2,2 × 20 м).

Первый год исследований (2015 г.) по влагообеспеченности был засушливым – в мае выпало 24,6 мм осадков (68 % от нормы), в июне – 28,3 мм (46 %), в сентябре – 24,3 мм (49 %). В июле и августе количество осадков приближалось к среднемуголетним данным и составило соответственно 68,0 и 76,3 мм (115 и 129 %).

Температура воздуха в мае, июне и сентябре 2015 г. превышала среднемуголетние значения. Так, в мае температура была выше от среднемуголетних показателей на 3,3 °С, в июне – на 4,1 °С, в сентябре – на 4,6 °С. Июль и август по температуре не отличались от среднемуголетних показателей.

В мае, июне, июле и августе 2016 г. количество осадков составило 45, 59, 32 и 73 % от среднегодовых значений, а в сентябре отмечена двойная норма осадков. Дефицит влаги в период вегетации усугублялся напряженным температурным режимом. Во все месяцы вегетационного периода температура была выше среднемуголетних показателей. Соответственно, данный год был самым неблагоприятным для возделывания ярового рапса из 3-х

лет исследований, что подтверждают низкие показатели урожайности.

Осадки в мае и июне 2017 г. были на уровне среднемноголетних значений (32,1 и 63,1 мм соответственно), а в критический период водопотребления культуры (бутонизация–цветение) выпало 93 мм, что превышало норму на 57 %. Температурные показатели

2017 г. были на уровне среднемноголетних значений. Данный год оказался наиболее благоприятным для возделывания ярового рапса.

**Результаты.** Эффективность применяемых агроприемов, в том числе и удобрений зависит от интенсивности ветвления, стручкообразования, количества семян в стручке и от массы 1000 семян.

Таблица 1

Влияние удобрений Изагри на интенсивность ветвления ярового рапса

Предпосевная обработка семян (фактор А)	Опрыскивание по вегетации (фактор В)	Количество ветвей на растении, шт./		
		продуктивных	непродуктивных	всего
Без обработки семян	Без опрыскивания (контроль)	3,0	2,0	5,0
	Изагри Азот (2,0 л/га)	4,0	2,8	6,8
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	4,6	2,8	7,4
	Изагри Калий (2,0 л/га)	4,2	2,6	6,8
	Изагри Вита (1,4 л/га)	4,6	2,9	7,5
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	3,6	2,4	6,0
	Изагри Бор (1,5 л/га)	3,8	2,7	6,5
	Изагри Медь (1,5 л/га)	3,2	2,1	5,3
Обработка ИзагриФорс (2 л/т)	Без опрыскивания (контроль)	3,5	1,8	5,3
	Изагри Азот (2,0 л/га)	4,5	1,3	5,8
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	4,9	1,0	5,9
	Изагри Калий (2,0 л/га)	4,8	1,2	6,0
	Изагри Вита (1,4 л/га)	5,1	1,0	6,1
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	3,9	1,6	5,4
	Изагри Бор (1,5 л/га)	4,2	1,4	5,6
	Изагри Медь (1,5 л/га)	3,7	1,8	5,5
НСР <sub>05</sub> А		0,05	0,04	0,03
НСР <sub>05</sub> В		0,12	0,06	0,18
НСР <sub>05</sub> АВ		0,15	0,93	0,96

Одно из преимуществ предпосевной обработки семян Изагри Форсом заключается в интенсивности образования продуктивных ветвей (в варианте без обработки семян 3,0 против 3,5 в варианте с предпосевной обработкой семян) и формировании наименьшего количества непродуктивных. Так, в лучших вариантах с опрыскиванием по вегетации удобрениями Изагри формируется 2,8-2,9 шт. на растение непродуктивных ветвей, что выше по сравнению с этими же показателями и в этих же вариантах при включении предпосевной обработки семян Изагри Форсом (1 шт./растение).

Как при обработке семян, так и без предпосевной обработки лучшими вариан-

тами опыта с наибольшим количеством продуктивных стручков выделялись варианты с опрыскиванием по вегетации удобрениями Изагри Вита (57 и 61 шт./растение) и Изагри Фосфор (57 и 58 шт./растение). Данное положительное влияние Изагри Виты объясняется полным комплексом в составе макро- и микроэлементов, а Изагри Фосфора – большим процентным содержанием макроэлемента фосфор, который положительно влияет на репродуктивные свойства растений. Кроме того, стоит отметить максимальные показатели по длине и диаметру стручков в данных же вариантах.

Таблица 2

Влияние удобрений Изагри на количество стручков и их параметры (2015-2017 гг.)

Предпосевная обработка семян (фактор А)	Опрыскивание по вегетации (фактор В)	Кол-во продуктивных стручков, шт./раст.	Длина стручка, см	Диаметр стручка, см
Без обработки семян	Без опрыскивания (контроль)	39	4,3	0,41
	Изагри Азот (2,0 л/га)	52	5,2	0,48
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	57	6,1	0,53
	Изагри Калий (2,0 л/га)	56	5,6	0,51
	Изагри Вита (1,4 л/га)	57	6,2	0,55
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	43	4,6	0,43
	Изагри Бор (1,5 л/га)	49	4,8	0,45
	Изагри Медь (1,5 л/га)	40	4,5	0,43
Обработка ИзагриФорс (2 л/т)	Без опрыскивания (контроль)	40	4,6	0,43
	Изагри Азот (2,0 л/га)	48	5,8	0,54
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	58	6,6	0,62
	Изагри Калий (2,0 л/га)	54	6,2	0,60
	Изагри Вита (1,4 л/га)	61	6,9	0,63
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	44	5,4	0,49
	Изагри Бор (1,5 л/га)	46	5,6	0,52
	Изагри Медь (1,5 л/га)	41	4,8	0,46
НСП <sub>05</sub> А		0,41	0,07	0,01
НСП <sub>05</sub> В		1,48	0,16	0,02
НСП <sub>05</sub> АВ		3,80	0,29	0,04

Известно, что решающим фактором формирования биологической урожайности является количество семян в стручке и масса 1000 семян (табл. 3).

Таблица 3

Количество семян в стручке, масса 1000 семян и биологическая урожайность ярового рапса (2015-2017 гг.)

Предпосевная обработка семян (фактор А)	Опрыскивание по вегетации (фактор В)	Кол-во семян в стручке, шт.	Масса 1000 семян, г	Биологическая урожайность, т/га	Прибавка, т/га
Без обработки семян	Без опрыскивания (контроль)	14	3,2	2,0	-
	Изагри Азот (2,0 л/га)	17	3,3	3,4	1,4
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	18	3,4	4,3	2,3
	Изагри Калий (2,0 л/га)	17	3,4	3,9	1,9
	Изагри Вита (1,4 л/га)	18	3,5	4,5	2,5
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	14	3,2	2,2	0,2
	Изагри Бор (1,5 л/га)	16	3,3	2,9	0,9
	Изагри Медь (1,5 л/га)	14	3,2	2,2	0,2
Обработка ИзагриФорс (2 л/т)	Без опрыскивания (контроль)	17	3,4	2,6	-
	Изагри Азот (2,0 л/га)	19	3,6	3,8	1,2
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	20	3,7	5,5	2,9
	Изагри Калий (2,0 л/га)	19	3,6	4,7	2,1
	Изагри Вита (1,4 л/га)	20	3,7	5,8	3,2
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	18	3,4	3,1	0,5
	Изагри Бор (1,5 л/га)	19	3,5	3,5	0,9
	Изагри Медь (1,5 л/га)	17	3,4	2,7	0,1
НСП <sub>05</sub> А		0,20	0,02	0,08	
НСП <sub>05</sub> В		0,51	0,10	0,12	
НСП <sub>05</sub> АВ		1,07	0,07	0,47	

Действие исследуемых удобрений Изагри было разнонаправленным. Так, количество семян в одном стручке увеличивается в варианте без обработки семян от 14 до 18 шт. в зависимости от опрыскиваемых удобрений, а в варианте с предпосевной обработкой семян Изагри Форсом – от 17 до 20 шт. в стручке.

Из вышеприведённых данных можно сделать вывод, что комплексное применение минеральных удобрений и удобрений Изагри является мощным фактором формирования крупных стручков ярового рапса, заполнен-

ных крупными семенами с массой 3,5-3,7 г/1000 штук.

Предпосевная обработка семян ярового рапса сорта Ратник удобрениями Изагри, оказала положительное влияние на такие показатели агрофитоценоза, как плотность стеблестоя, высоту растений и структуру урожая. Данное воздействие, в конечном счете, сказалось и на хозяйственной урожайности изучаемой культуры.

Наибольшее действие на урожайность оказала двукратная обработка удобрениями Изагри (табл. 4).

Таблица 4

Фактическая урожайность маслосемян ярового рапса в зависимости от применения удобрений Изагри (2015-2017 гг.)

Предпосевная обработка семян (фактор А)	Опрыскивание по вегетации (фактор В)	Урожайность маслосемян, т/га	Прибавка урожая	
			т/га	%
Без обработки	Без обработки	1,43	-	-
	Изагри Азот, 2,0 л/га	1,98	0,55	38
	Изагри Фосфор, 2,0 л/га	2,10	0,67	47
	Изагри Калий, 2,0 л/га	2,01	0,58	41
	Изагри Вита, 1,4 л/га	2,12	0,69	48
	Изагри Цинк, 1,5 л/га	1,68	0,25	17
	Изагри Бор, 1,5 л/га	1,80	0,37	26
	Изагри Медь, 1,5 л/га	1,60	0,17	12
	Среднее	1,84	0,47	33
Изагри Форс (2 л/т)	Без обработки	2,00	-	-
	Изагри Азот, 2,0 л/га	2,41	0,41	21
	Изагри Фосфор, 2,0 л/га	2,50	0,50	25
	Изагри Калий, 2,0 л/га	2,44	0,44	22
	Изагри Вита, 1,4 л/га	2,62	0,62	31
	Изагри Цинк, 1,5 л/га	2,18	0,18	9
	Изагри Бор, 1,5 л/га	2,32	0,32	16
	Изагри Медь, 1,5 л/га	2,10	0,1	5
	Среднее	2,32	0,37	18
Среднее	Без обработки	1,72	-	-
	Изагри Азот, 2,0 л/га	2,20	0,48	30
	Изагри Фосфор, 2,0 л/га	2,30	0,59	36
	Изагри Калий, 2,0 л/га	2,23	0,51	32
	Изагри Вита, 1,4 л/га	2,37	0,66	40
	Изагри Цинк, 1,5 л/га	1,93	0,22	13
	Изагри Бор, 1,5 л/га	2,06	0,35	21
	Изагри Медь, 1,5 л/га	1,85	0,14	9
	Среднее	2,08	0,42	26
НСР <sub>05</sub> А		0,02		
НСР <sub>05</sub> В		0,07		
НСР <sub>05</sub> АВ		0,10		

Максимальная фактическая урожайность маслосемян ярового рапса в опыте получена при обработке растений удобрениями Изагри Вита и Изагри Фосфор – соответственно, 2,62 и 2,50 т/га, то есть прибавка к контролю по вариантам составляла 0,62 и 0,50 т/га, или 31 и 25 % соответственно.

Основным показателем целесообразности совершенствования технологий возделывания ярового, в том числе за счет применения марки удобрений Изагри, является содержание жира в семенах и валовые сборы растительного масла с единицы площади (табл. 5).

Таблица 5

Содержание сырого жира и валовые сборы растительного масла по вариантам опыта (2015-2017 гг.)

Предпосевная обработка семян (фактор А)	Опрыскивание по вегетации (фактор В)	Содержание сырого жира, %	Вал. сбор раст. масла, кг/га	Прибавка	
				кг/га	%
Без обработки семян	Без опрыскивания (контроль)	39,5	564,9	-	-
	Изагри Азот (2,0 л/га)	40,6	803,9	239,0	42
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	41,0	861,0	296,1	52
	Изагри Калий (2,0 л/га)	40,9	822,1	257,2	46
	Изагри Вита (1,4 л/га)	41,3	875,6	310,7	55
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	40,2	675,4	110,5	20
	Изагри Бор (1,5 л/га)	40,7	732,6	167,7	30
	Изагри Медь (1,5 л/га)	40,1	641,6	76,7	14
Обработка ИзагриФорс (2 л/т)	Без опрыскивания (контроль)	40,5	810,0	-	-
	Изагри Азот (2,0 л/га)	41,2	992,9	182,9	23
	Изагри Фосфор (2,0 л/га)	42,1	1052,5	242,5	30
	Изагри Калий (2,0 л/га)	42,0	1024,8	214,8	27
	Изагри Вита (1,4 л/га)	42,8	1121,4	311,4	38
	Изагри Цинк (1,5 л/га)	40,7	887,3	77,3	10
	Изагри Бор (1,5 л/га)	41,9	972,1	162,1	20
	Изагри Медь (1,5 л/га)	40,6	852,6	42,6	5

При анализе данных таблицы 5 видно, что удобрения марки Изагри значительно повлияли на содержание жира в семенах ярового рапса и валовый сбор растительного масла. В то же время стоит отметить, что, несмотря на высокие показатели по урожайности при использовании Изагри Азота, в данном варианте происходит некоторое снижение масличности по сравнению с вариантами Изагри Фосфор и Изагри Калий.

В варианте опыта без обработки семян наблюдались весьма высокие показатели по прибавке растительного масла – от 14,0 до 55,0 %, в зависимости от видов удобрений Изагри, которыми опрыскивали растения ярового рапса. При двукратном применении удобрений Изагри прибавка от опрыскивания была не столь значительной и варьировала от 5,0 до 38,0 %.

**Вывод.** По итогам исследований была выявлена закономерность наиболее эффек-

тивного влияния на структуру и величину урожайности ярового рапса сочетания предпосевной обработки семян удобрением Изагри Форс (2 л/т семян) с опрыскиванием по вегетации удобрениями Изагри.

Наибольшее количество продуктивных стручков получено в варианте Изагри Форс (2 л/т семян) + Изагри Вита (1,4 л/га) – 61, на контроле их количество составило 39 шт./растение. Данная же тенденция наблюдалась и по влиянию на количество семян, массу 1000 семян, биологическую и фактическую урожайность изучаемой культуры.

В целях повышения продуктивности ярового рапса в почвенно-климатических условиях Республики Татарстан рекомендуется предпосевная обработка семян удобрением Изагри Форс (2 л/т семян) и опрыскивание растений по вегетации Изагри Вита (1,4 л/га).



## Литература

1. Булавин Л.А. Агрэкономическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимого и ярового рапса // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 4. С. 37–41.
2. Интенсификация технологии возделывания ярового рапса на маслосемена / С.В. Гольцмани [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (17). С. 12–14.
3. The influence of spring barley extracts on pseudomonas putida PCL1760 / R. I. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 91. P. 185–193.
4. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds / R. M. Nizamov [et al.] // International journal of advanced biotechnology and research. 2019. Т. 10. № 1. P. 341-347.
5. Файзрахманов Д. И., Сафиоллин Ф. Н., Низамов Р. М. 62 полезных совета по технологии возделывания масличных культур. Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2013. 68 с.
6. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism / A. K. Srivastava [et al.] // Advances in Agronomy. 2016. Т. 137. P. 237-278.
7. Organic farming, soil health, and food quality: considering possible links / J. R. Reeve [et al.] // Advances in Agronomy. 2016. Т. 137. P. 319-367.
8. Рапс и сурепица / Д. Шпаар [и др.]. М.: ИД ООО «DLV Агродело», 2007. 320 с.
9. Frauen M. Auch beim Raps sind die Hybriden im Kommen. Ernährungsdienst, 2005. pp. 8-13.
10. Гареев Р.Г. Избранные труды. Казань: Изд-во «ФЭН» Академии наук РТ, 2005. 360 с.
11. Сафиоллин Ф.Н. Рапс в лесостепи Поволжья. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. 406 с.

**THE YIELD STRUCTURE OF SPRING RAPE WHEN APPLYING IZAGRI FERTILIZER IN PEDO-CLIMATIC CONDITION OF REPUBLIC OF TATARSTAN**

**I. I. Gabbasov**, Postgraduate student

**R. M. Nizamov**, Dr. Agr. Sci., Associate Professor

Kazan State Agrarian University

65, K. Marx St., Kazan, 420015, Republic of Tatarstan

E-mail: nizamovr@mail.ru

**ABSTRACT**

The study on the effectiveness of the use of fertilizers and new strains of biological products in the crops of spring rape Ratnik variety was carried out in the Republic of Tatarstan in 2015-2017 on gray forest medium-loamy soil. The soil of the experimental site is characterized by low humus content by Tyurin (3.5...3.7 %), increased availability of mobile phosphorus by Kirsanov (145...155 mg/kg), average availability of exchangeable potassium (108...120 mg/kg), phsol. – 5.8. The aim of the research is to evaluate effects of pre-sowing seed treatment, foliar application, liquid fertilizers Isagri and pre-sowing treatment of new strains of biological preparations on structure and yield of spring rape to soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan. According to the results of studies, the effectiveness of pre-sowing treatment of spring rape seeds with Isagri Force (2 l/ha) and its combination with the treatment of plants with the studied fertilizers for vegetation was revealed. Thus, in the variant without seed treatment the number of productive branches amounted to 3.0 units, as against 3.5 pcs in the variant with pre-sowing seed treatment. The best variant of the experiment with the largest number of productive pods were variants with spraying on vegetation fertilizers Isagri Twisted (57 and 61 pcs/plant) and Isagri Phosphorus (57 and 58 pcs/plant). In the complex application of mineral fertilizers and fertilizers Isagri large pods of spring rape formed, filled with large seeds with a mass of 3.5-3.7 g at the control of only 3.2 g/1000 pieces. The maximum yield of oil seeds of spring rape was obtained by processing plants with fertilizers Isagri Vita and ISA-Gris Phosphorus –2.62 and 2.50 t/ha,

respectively, an increase to the control of 0.62 and 0.50 t/ha, or 31 and 25 %, respectively. Pre-sowing treatment of seeds with new strains of biopreparations had a positive effect on the yield structure of spring rape: the number of pods increases from 47 on the control to 5 pcs/plant on the variant RECB-50 B (2.0 l/t); the number of seeds will thaw from 11 to 15 pcs in the pod; the weight of 1000 seeds increases to 0.36 g. As a result, a high biological yield of 3.04 t/ha on the variant RECB-50 B (2.0 l/t). Also, the yield under the action of RECB-50 B (2 l/t of seeds) increases to 1.70 t/ha, which is higher than the control by 25 percent.

*Key words: spring rape, biological products, fertilizers, yield, yield structure.*

#### References

1. Bulavin L. A. Agroekonomicheskaya effektivnost' primeneniya mikroelementov na posevakh ozimogo i yarovogo raps (Agroeconomic efficiency of application of microelements on crops of winter and spring rape), Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2012, No. 4, pp. 37–41.
2. Intensifikatsiya tekhnologii vozdel'yvaniya yarovogo rapsa na maslosemena (Intensification of technology of cultivation of spring rape on oil seeds), S.V. Gol'tsmari [i dr.], Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2015, No. 1 (17), pp. 12–14.
3. The influence of spring barley extracts on pseudomonas putida PCL1760, R. I. Safin [et al.], E3S Web of Conferences, 2019, Vol. 91, pp. 185–193.
4. Modern Biological Products and Growth Stimulators in the Technology of Cultivation of Sunflower for Oilseeds, R. M. Nizamov [et al.], International journal of advanced biotechnology and research, 2019, T. 10, No. 1, pp. 341-347.
5. Faizrakhmanov D. I., Safiollin F. N., Nizamov R. M. 62 poleznykh soveta po tekhnologii vozdel'yva-niya maslichnykh kul'tur (62 useful tips on the technology of cultivation of oilseeds), Kazan', Izd-vo Kazanskogo GAU, 2013, 68 p.
6. Plant bioregulators for sustainable agriculture: integrating redox signaling as a possible unifying mechanism, A. K. Srivastava [et al.], Advances in Agronomy, 2016, T. 137, pp. 237-278.
7. Organic farming, soil health, and food quality: considering possible links, J. R. Reeve [et al.], Advances in Agronomy, 2016, T. 137, pp. 319-367.
8. Raps i surepitsa (Rape and rape), D. Shpaar [i dr.], M., ID OOO «DLV Agrodelo», 2007, 320 p.
9. Frauen M. Auch beim Raps sind die Hybriden im Kommen, Ernährungsdienst, 2005, pp. 8-13.
10. Gareev R.G. Izbrannye trudy (Selected works), Kazan', Izd-vo «Fen» Akademii nauk RT, 2005, 360 p.
11. Safiollin F.N. Raps v lesostepi Povolzh'ya (Rapeseed in the forest-steppe of the Volga region), Kazan', Izd-vo Kazanskogo gos. un-ta, 2008, 406 p.

УДК 631.582: 631.452

## БАЛАНС ГУМУСА В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ

**Н. Н. Зезин**, д-р с.-х. наук; **П. А. Постников**, канд. с.-х. наук;

**М. А. Намятов**, канд. с.-х. наук,

Уральский НИИСХ – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН,

ул. Белинского, д.112-а, Екатеринбург, Россия, а/я 269, 620142

E-mail: [nikitazezin@yandex.ru](mailto:nikitazezin@yandex.ru)

*Аннотация.* В Уральском НИИСХ в 2007-2015 гг. на тёмно-серой почве в двух ротациях полевых севооборотов изучена эффективность воздействия приёмов биологизации на баланс гумуса. Исследования проведены в пятипольных севооборотах на трёх фонах питания: естественный (без удобрений), минеральный и органоминеральный. Обобщение данных по Сверд-

ловской области показало, что при небольшом объёме внесения навоза и компостов сложился отрицательный баланс гумуса в пределах от 0,4 до 0,43 т/га. Среднегодовое поступление сухой массы пожнивно-корневых остатков в почву в пределах 3,4-5,2 т/га обеспечило компенсацию дефицита гумуса на 60-95 %, наибольший достигнут в зернотравяных севооборотах, минимальный – в зернопаротравяном севообороте с чистым паром. Суммарное поступление сухой растительной массы с остатками и запашкой сидератов, соломы на органоминеральном фоне варьировало от 5,75 до 6,18 т/га, максимум – в зернопаросидеральном и в зернотравяном севооборотах. В зернопаротравяном севообороте с чистым паром полное возмещение разложения гумусовых веществ возможно при внесении навоза из расчёта 10 т/га севооборотной площади. Сочетание сидератов с соломой один или два раза за ротацию севооборота обеспечило бездефицитный баланс гумуса. Наличие в севообороте двух полей клевера позволяет полностью компенсировать потери гумуса от его минерализации. В условиях Среднего Урала для устойчивого повышения содержания органического вещества в структуре биологизированных севооборотов многолетние бобовые травы должны занимать не менее 20-40 %. В севооборотах без многолетних трав для достижения бездефицитного баланса гумуса необходимо наличие сидерального пара (запашка рапса) и применение соломы в качестве удобрения не менее двух раз за ротацию.

*Ключевые слова:* севооборот, фон питания, навоз, удобрения, сидерат, солома, бобовые травы, гумус.

**Введение.** В условиях недостаточного применения минеральных и органических удобрений большая часть урожая сельскохозяйственных культур формируется за счёт мобилизации естественного плодородия, что ведет к отрицательному балансу питательных веществ и гумуса. Гумус в почве является не только источником элементов питания, но и поставляет энергию для полезной почвенной микрофлоры, которая во многом определяет процессы минерализации, поступающей свежей органической массы в почву [1-3].

Ввиду ограниченности применения традиционных органических удобрений ежегодный дефицит гумуса на пахотных землях по Свердловской области в среднем составляет около 0,42 т/га [4], по отдельным регионам России – от 0,25 до 1,5 т/га [1]. Очевидно, что проблема поддержания баланса гумуса на пашне в современной земледелии остаётся одной из самых актуальных. Баланс гумуса можно целенаправленно регулировать структурой посевных площадей, в первую очередь, увеличением доли многолетних бобовых трав, внесением растительной массы в виде сидератов, сокращением доли чистых паров и включением в схемы севооборотов промежуточных культур [5-8].

Все агротехнические и биологические мероприятия должны осуществляться через освоение плодосменных севооборотов [2]. Рациональное использование биоресурсов в севообо-

ротах позволяет поддерживать достаточно высокий уровень продуктивности пашни и обеспечивать сохранение плодородия пахотных земель, в т.ч. достижение положительного баланса гумуса [9, 10].

В последние годы из-за резкого снижения поголовья скота в Свердловской области применение органических удобрений не превышает 1,5-1,7 т/га [4], что не даёт возможности компенсировать потери гумусовых веществ при минерализации органического вещества. Поэтому в хозяйствах основным источником пополнения органического вещества являются корневые и пожнивные остатки, количество которых зависит от почвенно-климатических условий, вида культур и уровня агротехники. За счёт растительных остатков должно компенсироваться не менее 55-60 % минерализованного гумуса. При этом существенно возрастает роль многолетних трав, которые оставляют в почве наибольшее количество растительной массы.

Расчёты баланса органического вещества показали, что в почвах Свердловской области резко увеличился дефицит гумуса. Если в 1990 году потери органической массы составили около 210 кг/га, то в последние годы, в связи с недостаточным внесением местных органических удобрений (в среднем не более 1,5 т на гектар посева), они варьировали на уровне 402-432 кг/га (табл. 1).

Таблица 1

Динамика баланса гумуса в почве пахотных угодий Свердловской области, кг/га

Показатель	Годы				
	1990	2001-2005	2006-2010	2011-2013	2014-2017
Минерализация	953	720	682	737	840
Поступление, всего	743	288	280	323	410
в т.ч. за счёт орган. удобрений	300	75	66	87	40
за счёт раст. остатков	443	213	214	236	370
Баланс, ± кг/га	-210	-432	-402	-414	-430

С увеличением роста продуктивности культур в Свердловской области возросла минерализация органического вещества, при этом из-за невысокого объема применения минеральных удобрений (22-25 кг/га посева), большая часть урожая формируется за счет мобилизации почвенных запасов без адекватной компенсации потерь гумусовых веществ за счет применения органических удобрений.

В сложившихся экономических условиях, когда использование подстилочного навоза и компостов в хозяйствах заметно ограничено, солома – это наиболее доступный и дешёвый источник гумусовых веществ, так как по поступлению органического вещества 1 т соломы приравнивается 3,5 тоннам перепревшего навоза (компоста). В 2010-2017 гг. на 50-70 % уборочной площади зерновых культур в области солома заделывалась на удобрение.

К сожалению, сидераты (зелёное удобрение) пока не нашли широкого распространения в хозяйствах области, хотя полевые опыты Уральского НИИСХ убедительно доказывают их эффективность. Сидеральные удобрения очень эффективны и экономически выгодны, прежде всего, на удалённых полях сельхозпредприятий [5].

Для прогноза баланса гумуса в длительных опытах, наряду с данными агрохимического обследования перед закладкой и окончанием ротации севооборота, часто применяют расчетные методы [11], что позволяет судить о сопоставимости полученных расчетов.

В современной земледелии основными регулируемыми низкочастотными факторами поддержания бездефицитного баланса гумуса являются структура посевных площадей, уровень продуктивности основных полевых культур, применение сидератов и соломы в качестве удобрения.

В условиях разомкнутости системы поступления органического вещества в почву (поле-ферма-поле) основной приходной частью баланса гумуса являются пожнивные и корневые остатки, оставляемые при возделывании сельскохозяйственных культур [1, 2, 12-14].

*Цель наших исследований – выявить воздействие биологических факторов в севооборотах на баланс гумуса тёмно-серой лесной почвы.*

**Методика.** Исследования выполнены в Уральском научно-исследовательском институте сельского хозяйства – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 142 Программы ФНИ государственных академий наук по теме № 0772-2018-0004 «Совершенствование систем земледелия и севооборотов в направлении биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия».

Двухфакторный стационарный опыт проводится на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве: усредненное содержание гумуса – 4,62-4,76 %, Нл.г. – 150-166 мг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 220-238, K<sub>2</sub>O – 83-108 мг/кг почвы.

#### Фактор А. Севооборот.

##### Зернопаротравяной:

1. Пар чистый
2. Озимая рожь
3. Ячмень + клевер
4. Клевер 1 г. п.
5. Пшеница

##### Зернопаросидеральный:

1. Сидеральный пар (рапс)
2. Пшеница
3. Овес
4. Горох
5. Ячмень

Зернотравяные с насыщением мн. травами 20-40 %:

- |                                    |                    |
|------------------------------------|--------------------|
| 1. Однолетние травы, поукосно рапс | 1. Ячмень + клевер |
| 2. Ячмень + клевер                 | 2. Клевер 1 г. п.  |
| 3. Клевер 1 г. п.                  | 3. Клевер 2 г. п.  |
| 4. Пшеница                         | 4. Пшеница         |
| 5. Овес                            | 5. Овес            |

Севообороты на местности развернуты в пространстве и во времени.

Фактор Б. Фон питания:

1. Контроль (без удобрений);
2. Минеральный – с применением умеренных доз минеральных удобрений из расчета на 1 га севооборотной площади  $N_{30}P_{30}K_{36}$ . В качестве удобрения использовали азотно-фосфорно-калийное – с содержанием основных элементов по 15 %;

3. Органоминеральный – на фоне минеральных удобрений  $N_{24}P_{24}K_{30}$  вносился подстилочный навоз в дозе 50 т/га (зернопаротравяной); заплата зеленой массы рапса осуществлялась в паровом поле (в среднем около 22,3 т/га), а также после уборки зерновых культур запахивались солома ячменя, пшеницы и гороха (в среднем около 1,2-2,0 т на 1 га пашни). В зернотравяных севооборотах на зелёное удобрение использовался второй укос многолетних трав.

**Результаты.** Многолетние исследования показали, что наименьшее поступление сухой

биомассы с растительными остатками в почву отмечено в севообороте с чистым паром на всех фонах питания (табл. 2). В зернопаросидеральном севообороте, несмотря на отсутствие многолетних трав, за счет запашки рапса на фоне применения одних минеральных туков поступление органической массы в среднем увеличивалось на 15,2 % по отношению к последнему. Аналогичная тенденция выявлена на органоминеральном фоне питания, где применялись сидераты и солома.

Из всех выращиваемых культур в севооборотах максимальная масса пожнивных и корневых остатков остаётся после клевера, в среднем за годы исследований накапливалось, в зависимости от фона питания, от 6,0 до 7,5 т сухой массы. Благодаря многолетним травам в зернотравяных севооборотах накопление растительных остатков превышало зернопаросидеральный на 5-31 %. Наибольшая разница между севооборотами выявлена в контрольном варианте.

Таблица 2

Среднегодовое поступление сухой растительной массы в почву с пожнивно-корневыми остатками и органическими удобрениями, 2007-2015 гг.

Севооборот	Фон питания	Поступление органической массы, т/га		
		с пожнивно-корневыми остатками	с органическими удобрениями	всего
Зернопаротравяной	1	3,41	–	3,41
	2	4,00	–	4,00
	3	4,01	2,0	6,01
Зернопаросидеральный (без многолетних трав)	1	3,41	0,52	3,93
	2	4,60	0,80	5,40
	3	4,53	1,65	6,18
Зернотравяной (многолетние бобовые травы 20 %)	1	4,14	–	4,14
	2	4,86	–	4,86
	3	4,96	1,20	6,16
Зернотравяной (многолетние бобовые травы 40 %)	1	4,46	–	4,46
	2	4,79	–	4,79
	3	5,18	0,57	5,75

В изучаемых севооборотах поступление сухой биомассы с удобрениями и пожнивно-корневыми остатками за ротацию на органоминеральном фоне варьировало в пределах

5,75-6,18 т на 1 га пашни. По мнению других исследователей [15], такого количества сухой биомассы достаточно для компенсации потерь гумуса от его минерализации. Полученные

данные наглядно свидетельствуют, что в севооборотах даже без многолетних трав, за счёт применения сидератов и соломы, возможно накопление растительных остатков на уровне навозной системы удобрения.

В соответствии с методическими указаниями ВНИИОУ [11], были проведены расчёты по расходу и приходу гумусовых веществ в изучаемых севооборотах. Минимальная сред-

негодовая минерализация выявлена в зерно-травяном с насыщением многолетними травами 40 % и зернопаросидеральном севооборотах, максимальная – в зернопаротравяном. (табл. 3). Включение в схемы севооборотов сидерального или занятого пара позволило уменьшить убыль от минерализации органического вещества на естественном фоне плодородия на 13,6-15,1 %.

Таблица 3

Среднегодовой баланс гумуса в севооборотах, кг/га (2007-2015 гг.)

Севооборот	Фон питания	Минерализация гумуса	Поступление гумуса, в т.ч.		Баланс гумуса, + -
			с органическими удобрениями	с пожнивно-корневыми остатками	
Зернопаротравяной	1	1102	-	624	-478
	2	1112	-	692	-420
	3	1193	500	706	+13
Зернопаросидеральный (без многолетних трав)	1	952	88	508	-356
	2	974	157	660	-157
	3	888	332	654	+98
Зернотравяной (многолетние бобовые травы 20 %)	1	1002	-	715	-287
	2	974	-	831	-143
	3	1027	206	714	-107
Зернотравяной (многолетние бобовые травы 40 %)	1	936	-	825	-111
	2	869	-	886	+17
	3	925	56	954	+85

Наблюдения показали, что максимальное накопление гумуса отмечено в зернопаротравяном севообороте при внесении навоза в дозе 50 т/га. Запашка нетрадиционных органических удобрений (сидераты, солома) на органоминеральном фоне питания в севооборотах способствовала увеличению накопления гумусовых веществ в пахотном слое на уровне 206-332 кг/га. Максимальное поступление гумуса с пожнивно-корневыми остатками выявлено в зернотравяных севооборотах, его приход на удобренных фонах питания за ротацию в среднем составил 714-954 кг/га. Запашка поукосного рапса и наличие двух полей с клевером существенно увеличило поступление растительных остатков в почву. В зернопаросидеральном севообороте при отсутствии многолетних трав новообразование гумуса снизилось в 1,4-1,7 раза, то есть компенсация расхода гумусовых веществ должна покрываться за счёт применения соломы на удобрение.

Балансовые расчёты показали, что в контрольном варианте (без применения удобрений) сложился отрицательный баланс органического вещества, наименьший расход гумусовых веществ выявлен в севообороте с двумя полями клевера, что подтвердило исследования других авторов [6, 7]. На минеральном фоне питания в севооборотах с чистым и сидеральным парами дефицит органического вещества достигал в среднем за год 157-420 кг/га. Запахивание зеленой массы рапса в зернопаросидеральном севообороте оказалось недостаточным для поддержания бездефицитного баланса гумуса.

На органоминеральном фоне питания в полевых севооборотах, за исключением зерно-травяного с насыщением многолетними бобовыми травами 20 %, сложился положительный баланс гумуса. В среднем на 1 га севооборотной площади дополнительно поступало гумусовых веществ около 13-98 кг/га. Полное возмещение расхода гумуса от его минерализа-

ции обеспечила навозная система удобрения из расчета 10 т на 1 га севооборотной площади. Запахивание зеленой массы рапса не менее 20 т на сидерат и внесение соломы 2 раза за ротацию севооборота из расчета не менее 2,0 т на один га пашни также позволяет нивелировать потери гумуса от его минерализации при возделывании культур.

Ввиду того, что в зернотравяном (многолетние травы 20 %) севообороте во второй ротации запахивались на сидерат только поукосный рапс и отава клевера, сложился отрицательный баланс гумуса в среднем по двум ротациям. Добавление соломы пшеницы в качестве удобрения в третьей ротации севооборота обеспечило бездефицитный баланс гумуса [9].

**Выводы.** Обобщение данных по второй и третьей ротациям биологизированных се-

вооборотов показало, что систематическое применение органических удобрений (навоз), сидератов, соломы вместе с пожнивнокорневыми остатками способствовало поступлению сухой биомассы в почву в среднем на 1 га севооборотной площади в пределах от 5,75 до 6,18 т. Такого количества достаточно для достижения бездефицитного баланса гумуса.

В условиях Среднего Урала для устойчивого повышения содержания органического вещества в структуре биологизированных севооборотов многолетние бобовые травы должны занимать не менее 30-40 %. В севооборотах без многолетних трав для достижения бездефицитного баланса гумуса необходимо наличие сидерального пара (запашка рапса) и применение соломы в качестве удобрения не менее двух раз за ротацию.

#### Литература

1. Лыков А. М., Еськов А. И., Новиков М. Н. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья. М.: РАСХН, 2004. 630 с.
2. Лошаков В. Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: Изд-во ВНИИА, 2012. 512 с.
3. Лошаков В. Г. Зелёные удобрения в земледелии России (к 150-летию со дня рождения Д. Н. Прянишникова). М.: Изд-во ВНИИА, 2015. 300 с.
4. Тошев В. В. Результаты мониторинга плодородия почв Свердловской области // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 8. С.16-22.
5. Повышение эффективности использования пашни в условиях Зауралья и Среднего Урала / В. А. Телегин [и др.]. Куртамыш: ООО «Куртамышская типография», 2016. С. 135-177.
6. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль бобовых трав в изменении гумисированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3 (19). С. 125-132.
7. Зеленев А. В., Семиченко Е.В. Биологизация полевых севооборотов в Нижнем Поволжье // Агропромышленные технологии Центральной России. 2017. Вып. 1. № 3. С. 61-69.
8. Семиченко Е. В. Баланс гумуса, элементов питания и продуктивность биологизированных севооборотов Нижнего Поволжья // Пермский аграрный вестник. 2018. № 2 (22). С. 89-94.
9. Постников П. А., Попова В. В., Васина О. В. Сохранение плодородия тёмно-серой почвы при использовании биологических факторов в севооборотах // АПК России. 2016. № 73/5. С. 943-947.
10. Современное кормопроизводство Урала / Н. Н. Зезин [и др.]. Екатеринбург: Юника, 2018. 265 с.
11. Лозановская И. Н., Орлов Д. С., Попов П. Д. Теория и практика использования органических удобрений. М.: Агропромиздат, 1987. 96 с.
12. Asmus F., Gorlitz H., Ahsorge H. Organish Dungung Lui Versorgung des Boden mit organisher Substaur // Feldwirtschaft. 1981. Bd. 22. № 3. S. 124-126.
13. Janzen R. A., Shtgkewich C. F. Coh the Boon Stabilisation of Reidual Cand N in Soil // Can. J. Soil Sci. 1988. V. 68. № 4. P. 733-745.
14. Vesterdal L., Pitter E., Gundersem P. Change in soil organic Carbon folloving afforestation of former arableland // Forest Ecol. Mang. 2002. V.169. P. 137-147.
15. Котлярова О. Г., Свиридов А. К., Сыромятников Ю. Д. Биологическое обоснование чередования культур в севооборотах Центрально-Чернозёмной зоны // Доклады РАСХН. 2008. № 8. С. 32-35.

---

**BALANCE OF HUMUS IN FIELD CROP ROTATIONS**

**N. N. Zezin**, Dr. Agr. Sci.;

**P. A. Postnikov**, Cand. Agr. Sci.;

**M. A. Namyatov**, Cand. Agr. Sci.,

Ural Scientific and Research Institute of Agriculture

112a, Belinskogo St., Yekaterinburg, 620142, Russia

E-mail: [nikitazezin@yandex.ru](mailto:nikitazezin@yandex.ru)

**ABSTRACT**

In 2007-2015, efficiency of biologization methods on a balance of humus was studied in the Ural Scientific and Research Institute of Agriculture on dark gray soil in two crop rotations. The research was carried out in five-course rotation with three kinds of nutrition: natural (without fertilizers), mineral, and organo-mineral. It is presented in summarized data of the Sverdlovsk Oblast that a negative balance of humus in the range of 0.4-0.43 t/ha was formed with the small volume of manure and compost. Average annual income of dry stubble and root residues to the soil within 3.4-5.2 t/ha compensated humus deficit by 60-95 %. The highest result was achieved in grain-grass crop rotations. The minimum result was received in grain-fallow-grass crop rotation with complete fallow. The total income of dry plants with residues, plowdown green manure and straw varied from 5.75 to 6.18 t/ha on organo-mineral ground. The maximum income was noted in grain-fallow-green manured and grain-grass crop rotations. In grain-fallow-grass crop rotation with complete fallow, the full recovery of humus decomposition is possible when 10 tons of manure applied per hectare of crop rotation area. Combination of green manure with straw once or twice per rotation provided a sufficient balance of humus. Two fields of clover in crop rotation allows complete compensating losses of humus from its mineralization. In the conditions of the Middle Ural, perennial leguminous grasses should occupy at least 20-40 % for sustainable increase in organic substances in the structure of biologized crop rotations. In crop rotations without perennial grasses, green manured fallow and use of straw as a fertilizer at least twice per rotation is essential for a deficit-less balance of humus.

*Key words: crop rotation, nutrition ground, manure, green manure, straw, leguminous grasses, humus.*

**Reference**

1. Lykov A.M., Yes'kov A.I., Novikov M.N. Organicheskoye veshchestvo pakhotnykh pochv Nechernozem'ya (Organic substance of arable soils of the Non-Chernozem area), M., RASKHN, 2004, 630 p.
2. Loshakov V.G. Sevooborot i plodorodiye pochvy (Crop rotation and soil fertility), M., Izd-vo VNIIA, 2012, 512 p.
3. Loshakov V.G. Zelonyye udobreniya v zemledelii Rossii (k 150-letiyu so dnya rozhdeniya D.N. Pryanishnikova) (Green manure in agriculture of Russia), M., Izd-vo VNIIA, 2015, 300 p.
4. Toshchev V.V. Rezul'taty monitoringa plodorodiya pochv Sverdlovskoy oblasti (Results of soil fertility monitoring in the Sverdlovsk Oblast), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2017, No. 8, pp. 16-22.
5. Povysheniye effektivnosti ispol'zovaniya pashni v usloviyakh Zaural'ya i Srednego Urala (Improvement of arable land efficiency in the conditions of the Zauralie and the Middle Ural), B.A. Telegin [i dr.], Kurtamysh, OOO «Kurtamyshskaya tipografiya», 2016, pp.135-177.
6. Shramko N.V., Vikhoreva G.V. Rol' bobovykh trav v izmenenii gumirovannosti dernovo-podzolistykh pochv Verkhnevolzh'ya (Role of leguminous grasses in humus change in sod-podzolic soils of the Upper Volga ), Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury, 2016, No. 3 (19), pp. 125-132.
7. Zelenev A.V., Semichenko Ye.V. Biologizatsiya polevykh sevooborotov v Nizhnem Povolzh'ye (Biologization of field crop rotations in the Lower Volga), Agropromyshlennyye tekhnologii Tsentral'noy Rossii, 2017, Vyp. 1, No. 3, pp. 61-69.



8. Semichenko Ye.V. Balans gumusa, elementov pitaniya i produktivnost' biologizirovannykh sevooborotov Nizhnego Povolzh'ya (Balance of humus, nutrition elements and productive capacity of biologized crop rotations of the Lower Volga), Permskiy agrarnyy vestnik, 2018, No. 2 (22), pp. 89-94.
9. Postnikov P.A., Popova V.V., Vasina O.V. Sokhraneniye plodorodiya tomno-seroy pochvy pri ispol'zovanii biologicheskikh faktorov v sevooborotakh (Preservation of dark grey soil fertility by biological factors in crop rotations), APK Rossi, 2016, No. 73/5, pp. 943-947.
10. Sovremennoye kormoproizvodstvo Urala (Modern fodder production of the Ural), N.N. Zezin [i dr.], Yekaterinburg, Yunika, 2018, 265 p.
11. Lozanovskaya I.N., Orlov D.S., Popov P.D. Teoriya i praktika ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy (Theory and practice of organic fertilizers use), M., Agropromizdat, 1987, 96 p.
12. Asmus F., Gorlitz H., Ahsorge H. Organish Dungung Lui Versorgung des Boden mit organisher Substaur, Landwirtschaft, 1981, Bd. 22, No. 3, pp. 124-126.
13. Janzen R.A., Shtgkewich C.F. Coh the Boon Stabilisa tion of Reidual Cand N in Soil, Can. J. Soil Sci., 1988, V. 68, No. 4, pp. 733-745.
14. Vesterdal L., Pitter E., Gundersem P. Change in soil organic Carbon following afforestation of former arableland, Forest Ecol. Mang., 2002, V. 169, pp. 137-147.
15. Kotlyarova O.G., Sviridov A.K., Syromyatnikov YU.D. Biologicheskoye obosnovaniye cheredovaniya kul'tur v sevooborotakh Tsentral'no-Chernozomnoy zony (Biological substantiation of crop sequence in crop rotations of the Central-Chernozem zone), Doklady RASKHN, 2008, No. 8, pp. 32-35.

УДК 551.582:551.506.9

## ТЕРРИТОРИАЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

**Ф. А. Киприянов**, канд. техн. наук, доцент;  
**П. А. Савиных**, д-р техн. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО Вологодской ГМХА,  
ул. Шмидта, 2, Вологда, с. Молочное, Россия, 160555  
E-mail: [kipriyanovfa@bk.ru](mailto:kipriyanovfa@bk.ru)

*Аннотация.* Климатические условия – один из важнейших факторов, определяющих эффективность сельскохозяйственного производства, оказывая при этом непосредственное влияние на проведение полевых работ. Так, сумма температур и продолжительность безморозного периода позволяют оценить потенциальную возможность выращивания той или иной сельскохозяйственной культуры. Изменения мирового климата не могли не отразиться на климатических условиях Вологодской области, что в первую очередь оказало влияние на условия ведения сельского хозяйства. Стоит отметить, что работы, посвященные глобальной оценке климатических условий и климатическому районированию Вологодской области, датированы прошлым веком. Одна из наиболее полных работ была представлена Архангельским бюро погоды и датируется 1972 годом. Оценка изменившихся климатических условий и формирование однотипных территориально-климатических районов в масштабе Вологодской области позволит выявлять потенциальные климатические риски в сельскохозяйственном производстве, повышая при этом эффективность мер государственной поддержки агропромышленного комплекса. В результате обработки климатических данных по 198 населенным пунктам Вологодской области,

полученных с помощью погодного сервиса Яндекс.Погода, было выявлено существенное различие по ряду показателей, характеризующих климатические условия конкретного населенного пункта. Так, максимальная разница по количеству ежегодно выпадающих осадков достигает 315 мм в год, продолжительность периода с положительными температурами отличается на 36 дней, при разнице суммы средних температур более 1000°C. Использование кластерного анализа позволило сформировать восемь однотипных территориально-климатических районов в Вологодской области, значительно отличающихся между собой, например, по сумме средних температур на 805°C, по продолжительности безморозного периода более чем на 20 дней, при сравнительно небольшой разнице средних показателей количества ежегодных осадков 77мм.

*Ключевые слова:* климатические условия, погодный сервис, Яндекс.Погода, агроклиматическое районирование, территориально климатические районы.

**Введение.** Сельскохозяйственное производство является одной из системообразующих отраслей народного хозяйства России, обеспечивая продовольственную безопасность страны.

Для подавляющего большинства сельскохозяйственных предприятий, занимающихся выращиванием продукции растениеводства как для реализации населению, так и для обеспечения кормовой базы животноводства, основной проблемой, влияющей на объем и качество продукции, являются климатические условия.

Количество влаги за вегетационный период, суммы активных температур, минимальные ночные температуры в вегетационный период и ряд других факторов оказывают значительное влияние на реализацию биологического потенциала растений по урожайности и питательности. Что, в свою очередь, оказывает влияние на итоговую себестоимость конечного продукта, будь то непосредственно продукция растениеводства или молоко и мясо, для производства которых выращиваются корма. Следует также отметить влияние климата непосредственно на технологические операции, связанные с посевом, защитой и уборкой растений. Так, агротехнические сроки уборки ряда культур, таких, как лен, зерновые и пропашные культуры зачастую выпадают на периоды со значительным количеством осадков, что затрудняет, а нередко делает невозможной их уборку.

*Цель исследования* – оценка климатических условий Вологодской области с помощью погодного сервиса.

Оценка климатических условий является одной из составляющих адаптивно-

ландшафтной системы земледелия, позволяющей распределять усилия сельскохозяйственных предприятий не только в пределах одного хозяйства, но и в пределах конкретного поля, с учетом его территориально-климатических характеристик.

К сожалению, работы, посвященные вопросам территориально-климатического районирования, имеющие не только научный, но и прикладной характер, датированы прошлым веком. В частности, климатические районы Вологодской области с учетом факторов, определяющих эффективность сельскохозяйственного производства, рассмотрены в работе «Агроклиматические ресурсы Вологодской области», выполненной Архангельским бюро погоды и датированной 1972 годом [1]. За такой довольно продолжительный период произошли климатические изменения, в первую очередь связанные с техногенным воздействием на окружающую среду, выбросом углекислого газа и т.д.

Глобальные изменения климата оказывают непосредственное влияние не только на технологические процессы в сельском хозяйстве, сокращая, например, продолжительность периода с отрицательными температурами, но и открывает для предприятий новые резервы повышения эффективности производства за счет выращивания более продуктивных, но более теплолюбивых растений, что ставит селекционеров перед проблемой по выведению новых засухоустойчивых сортов для обеспечения продуктовыми и кормовыми ресурсами.

Климатическое районирование Вологодской области, приведенное в справочнике Архангельского бюро погоды, представляет собой укрупненное районирование по одному из

показателей, например, по сумме температур выше 10°C (рис. 1), что являлось характерным

для системы планирования и ведения хозяйства того времени.

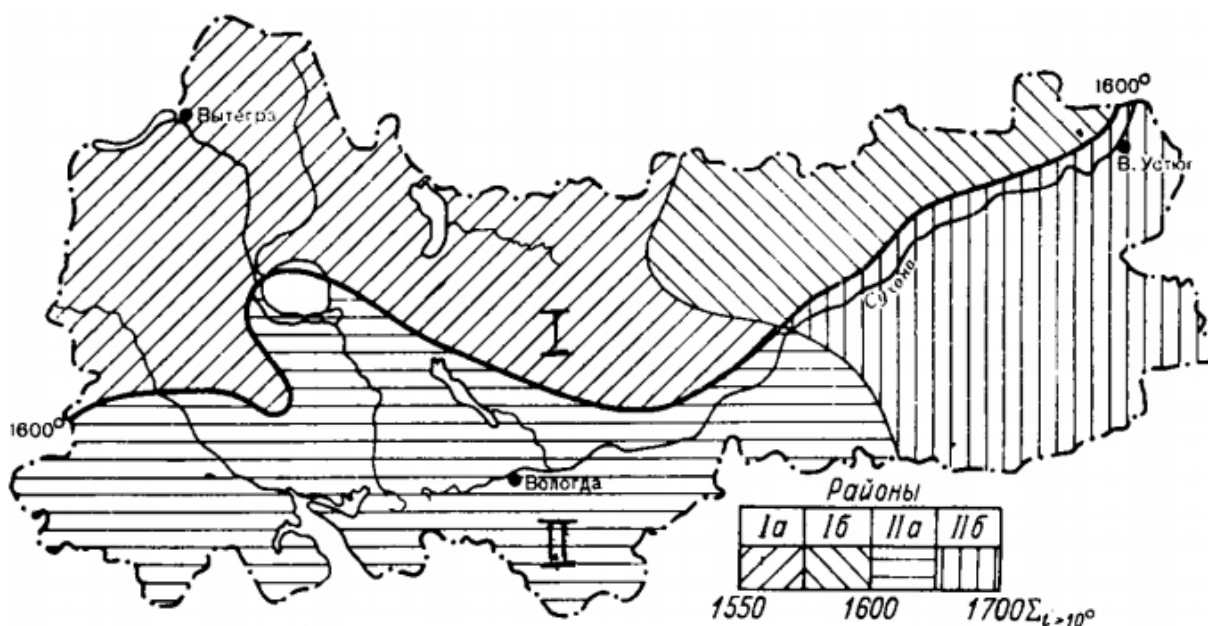


Рис. 1 Агроклиматические районы Вологодской области.  
 $\Sigma_{t>10^{\circ}\text{C}}$  – сумма температур воздуха за период с температурой выше °C

Однако, реализуемое направление «Цифровое сельское хозяйство», в рамках программы развития экономики «Цифровая экономика Российской Федерации», согласно распоряжению Правительства от 28 июля 2017 г. [2], требует более точного подхода к технологическим процессам в сельскохозяйственном производстве, что, с практической точки зрения, подразумевает переход от глобального масштаба – 1 га к более точному – 1 м<sup>2</sup>. Аналогичная ситуация формируется и при определении климатических условий. Важно знать климатические характеристики не только в пределах одного хозяйства, но и показатели каждого поля, что, по своей сути, представляет практическую реализацию адаптивно-ландшафтной системы земледелия, теоретические основы которой были заложены Т. С. Мальцевым и А. И. Бараевым, и получили окончательное оформление в работах академии РАСХН В. И. Кирюшина [3].

Концептуальная информационная модель растениеводства [4] подразумевает мониторинг климатических условий возделывания сельскохозяйственных культур. Наиболее перспективной является реализация данного мониторинга путем применения цифровых погодных сервисов, предоставляющих теку-

щие и прогнозные данные по климатической ситуации.

Актуальность применения современных методов оценки и прогнозирования климатических условий отмечается, в том числе, и иностранными учеными, так, Chattopadhyay N. и др. [5] отмечают необходимость сезонного прогнозирования климата для повышения эффективности фермерских работ. Развитие цифровых сервисов и использование прогрессивных самообучающихся нейронных сетей [6] для составления прогноза позволит осуществить переход к климатически умному сельскому хозяйству [7], что является неизбежной тенденцией развития сельского хозяйства в условиях изменения климата.

**Методика.** Одним из наиболее прогрессивных и динамично развивающихся сервисов, использующих нейронные сети и алгоритм самообучения, является сервис Яндекс.Погода, с технологией Meteum, позволяющий получать климатические данные в автоматическом режиме [8-10]. Сервис Яндекс.Погода предоставляет доступ к широкому спектру информации: от оценки фактической погоды и прогноза для любых координат, до предоставления истории наблюдений за сорокалетний промежуток времени. Данные, полученные с помощью сервиса API Ян-

декс. Погода позволят выполнить климатическое районирование по совокупным данным, сформировав однотипные климатические районы, что, в конечном итоге, позволит оценить степень отличия климатических условий для различных территорий.

Территориально-климатическое районирование Вологодской области осуществлялось путем обработки климатических данных по населенным пунктам Вологодской области (198 территорий), полученных по запросам к API Яндекс.Погода: <https://api.weather.yandex.ru/v1/locations/<geoid>/longterm> и <https://api.weather.yandex.ru/v1/locations/<geoid>/climate>. В качестве данных, получаемых по данным запросам, используется многолетнее среднее, вычисленное для каждого населенного пункта. Следует отметить, что формат запроса на предоставление данных, по мере совершенствования сервиса, может со временем измениться. Условия предоставления, ключ доступа и продолжительность его действия оговариваются предварительно.

Полученные данные для оценки климатических условий и формирования однотипных территориально-климатических районов были разбиты на два блока. Блок показателей, характеризующих территориальное положение «долгота», «широта», с географической точки

зрения, Вологодская область располагается между  $58^{\circ}27'$  и  $61^{\circ}36'$  северной широты и  $34^{\circ}42'$  и  $47^{\circ}10'$  восточной долготы [1]. При переводе данных координат в десятичный формат, в котором предоставляются данные при запросе к погодному сервису, границы Вологодской области будут расположены в интервалах  $58,45^{\circ}$ - $61,6^{\circ}$  северной широты и  $34,7^{\circ}$ - $47,17^{\circ}$  восточной долготы.

Блок показателей, характеризующих климатические условия:

- количество осадков в год (в мм);
- количество дней с непрерывно сохраняющейся положительной температурой (безморозный период);
- сумма максимальных дневных температур ( $^{\circ}\text{C}$ );
- сумма минимальных ночных температур ( $^{\circ}\text{C}$ );
- сумма средних температур ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Обработка и группировка климатических данных осуществлялась путем кластерного анализа, в качестве количественной оценки сходства территорий было принято евклидово расстояние [11].

**Результаты.** В результате кластерного анализа было выявлено 8 кластеров [12], отличающихся по показателям между собой и имеющих сходство внутри кластера (рис. 2).

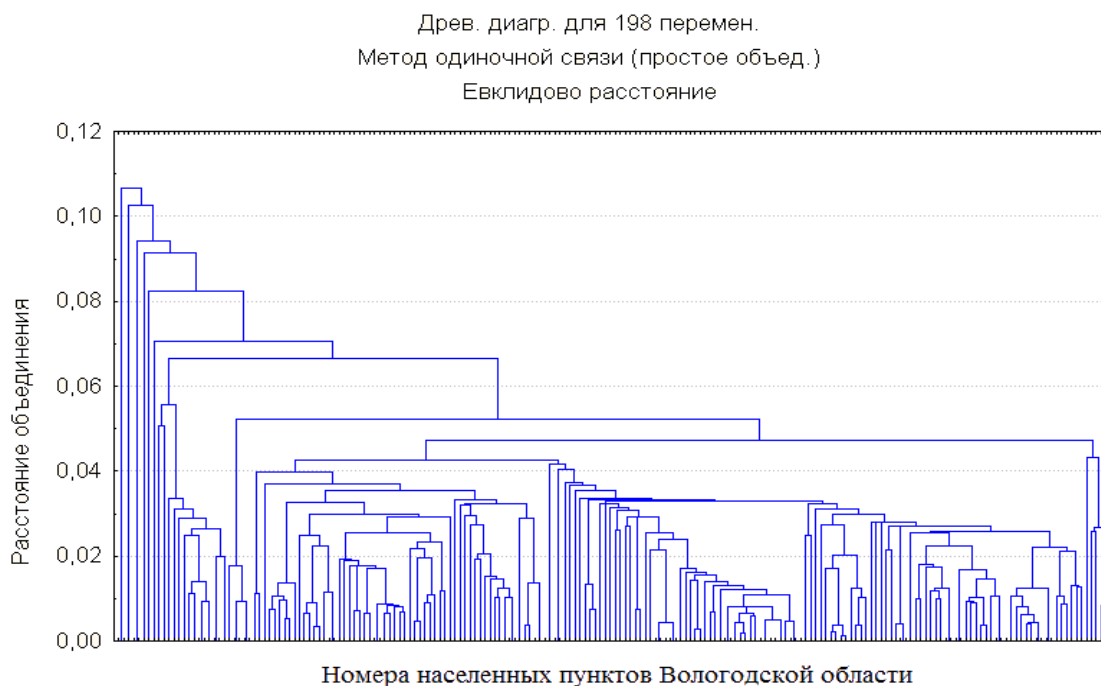


Рис.2. Дендрограмма территориально-климатического объединения населенных пунктов Вологодской области

Характеристики однотипных территориально-климатических районов (табл. 1) значительно отличаются по своим значениям, например, по средним значениям количества осадков разница составляет 77 мм, по безморозному периоду – 20 дней, по суммам средних температур – 805,6°C, разница по этим

показателям между минимальными и максимальными значениями составляет 315,7 мм, 34 дня и 1347,3°C соответственно, что ещё раз подчеркивает выраженные территориально-климатические отличия населенных пунктов Вологодской области.

Таблица 1

Климатические характеристики  
однотипных территориально-климатических районов

ОТКР	Значения показателей	Долгота	Широта	Количество осадков в год, мм	Безморозный период	Сумма максимальных дневных температур, °С	Сумма минимальных ночных температур, °С	Сумма средних температур, °С
1 ОТКР	Среднее	45,93	60,40	792,07	189,43	1819,94	381,33	1100,64
	Максимальное	47,05	61,02	824,84	191,00	1929,68	462,02	1195,85
	Минимальное	44,18	59,80	773,61	183,00	1683,49	281,97	983,08
2 ОТКР	Среднее	42,10	60,16	826,28	190,72	2015,70	551,29	1283,50
	Максимальное	45,61	60,82	940,61	191,00	2134,69	653,43	1374,22
	Минимальное	35,59	59,39	789,63	185,00	1908,49	465,94	1187,75
3 ОТКР	Среднее	40,38	60,06	814,92	191,33	2144,94	656,55	1400,92
	Максимальное	44,18	60,82	869,48	192,00	2240,00	720,15	1477,10
	Минимальное	36,82	59,39	759,71	191,00	2053,82	592,92	1323,37
4 ОТКР	Среднее	39,91	59,31	751,73	191,79	2342,51	756,64	1549,57
	Максимальное	41,73	60,00	800,41	192,00	2391,46	802,06	1588,65
	Минимальное	38,86	58,57	701,26	191,00	2254,60	707,22	1495,12
5 ОТКР	Среднее	37,67	59,80	791,78	192,48	2291,31	829,50	1560,40
	Максимальное	39,07	61,02	855,56	193,00	2373,05	877,75	1625,40
	Минимальное	35,80	58,98	739,05	192,00	2178,96	776,48	1479,30
6 ОТКР	Среднее	38,07	59,87	779,57	200,43	2343,43	917,87	1630,65
	Максимальное	44,39	61,02	842,85	207,00	2437,39	986,94	1688,92
	Минимальное	35,59	58,98	738,22	191,00	2257,53	840,39	1548,96
7 ОТКР	Среднее	36,79	59,27	749,11	207,37	2467,32	969,13	1718,23
	Максимальное	38,05	59,80	777,15	210,00	2566,70	1049,79	1808,24
	Минимальное	35,18	58,98	624,89	207,00	2281,26	837,49	1559,38
8 ОТКР	Среднее	38,36	58,99	774,46	210,00	2661,90	1151,09	1906,50
	Максимальное	45,45	59,63	801,32	217,00	3198,38	1462,46	2330,42
	Минимальное	36,00	58,77	717,22	207,00	2436,28	1029,77	1733,02

Разнообразие климатических факторов даже в условиях одной области требуют более точного подхода к планированию и проведению сельскохозяйственных операций. Так, рассматривая однотипные территориально-климатические районы на фоне администра-

тивных районов области, можно отметить, что ряд административных районов располагается в нескольких климатических зонах (рис. 4). Например, Бабаевский район расположен в четырех территориально-климатических зонах, Никольский, Бабушкинский и ряд других

районов расположены сразу в трех территориально-климатических зонах, а, например, Сокольский, Тотемский и некоторые другие районы расположены в двух территориально-

климатических зонах. Данный фактор делает условия развития сельскохозяйственного производства более сложными, а зачастую более рискованными.

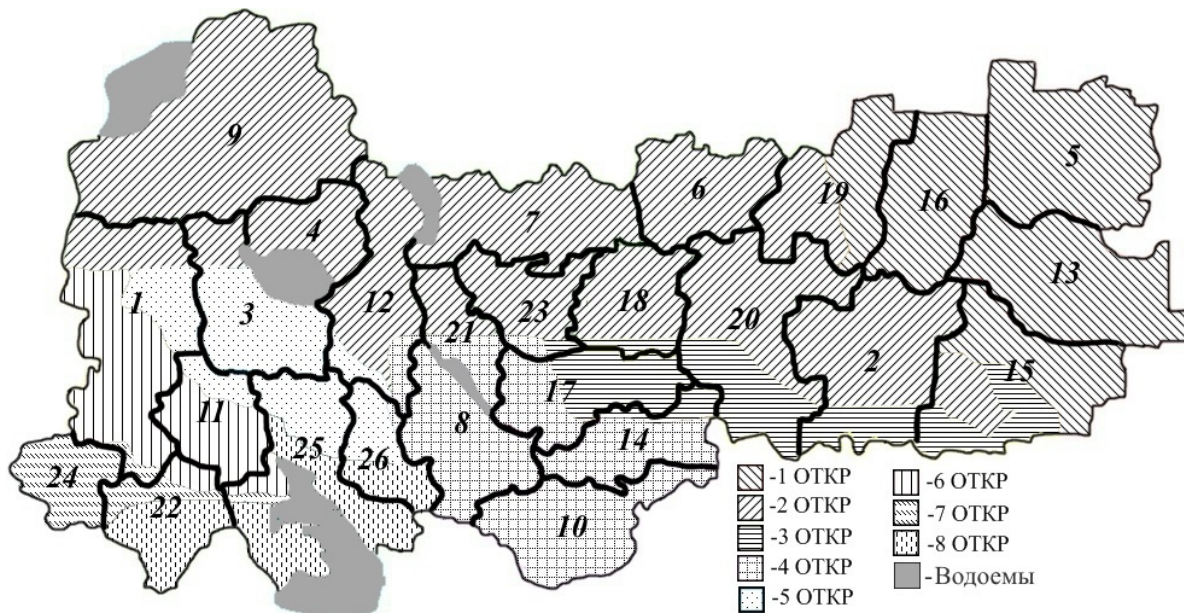


Рис.3. Административно-климатическое районирование Вологодской области

Данные, полученные в результате исследований, являются основой при формировании нового подхода к размещению культур и необходимости разработки модификаций адаптивных технологий их возделывания. Так, сумма активных температур и продолжительность безморозного периода имеют значение при выборе культуры для возделывания. Например, сумма активных температур  $>10^{\circ}\text{C}$  для выращивания одной из наиболее распространенных культур Вологодской области – ярового ячменя составляет около  $1000^{\circ}\text{C}$  [13]. И его выращивание возможно во всех населенных пунктах, климатические данные по которым обработаны. Некоторые проблемы могут возникнуть при выращивании в районе Великого Устюга (1 ОТКР), где сумма активных температур  $>10^{\circ}\text{C}$  составляет  $\approx 1085^{\circ}\text{C}$ . Сумма активных температур для выращивания, например, овса отличается довольно широким интервалом и составляет  $1000-1500^{\circ}\text{C}$  для сортов раннего созревания,  $1350-1650^{\circ}\text{C}$  – для сортов среднего срока созревания и  $1500-1800^{\circ}\text{C}$  – для сортов позднего срока созревания [13], что делает рискованным выращивание последних в ряде районов области. Выращивание же кукурузы на зерно для условий

Вологодской области будет практически невозможно, поскольку сумма активных температур для данной культуры составляет  $1800-2600^{\circ}\text{C}$  [14, 15].

**Выводы.** Значительное разнообразие климатических условий Вологодской области отобразилось в формировании восьми однотипных территориально-климатических районов с существенной разницей по климатическим характеристикам. Наибольшая разница по средним температурным показателем выявлена между первым и восьмым территориально-климатическими районами, так по продолжительности безморозного периода она составляет 20,5 дня, по сумме минимальных ночных температур  $769,76^{\circ}\text{C}$ , что обусловлено их максимальной удаленностью с юго-запада на северо-восток области. Максимальная разница по влагообеспеченности выявлена между вторым и седьмым климатическими районами. Избыточное количество влаги во втором территориально-климатическом районе обусловлено наличием и близостью значительных водных ресурсов, таких как Онежское озеро, озеро Белое, озеро Воже и большими площадями заболоченной местности. Разнообразие



климатических условий Вологодской области требует адаптивного подхода к применению технологий производства сельскохозяйственной продукции. Использование современных погодных сервисов путем интегрирования их

в различные цифровые платформы для ведения сельского хозяйства и выполнения механизированных работ позволит повысить эффективность и вывести сельскохозяйственное производство на новый уровень.

#### Литература

1. Агроклиматические ресурсы Вологодской области: справочник / Сев. упр. гидрометеоролог. службы. Л.: Гидрометеониздат, 1972. 185 с.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Правительство Российской Федерации, 2017.
3. Агрэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / Под ред. В. И. Кирюшина, А. Л. Иванова. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784с.
4. Меденников В. И., Муратова Л. Г., Сальников С. Г. Цифровая платформа для сельского хозяйства // Вестник сельского развития и социальной политики, 2017. № 3 (15) [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-platforma-dlya-selskogo-hozyaystva> (дата обращения: 18.10.2018).
5. Usability of extended range and seasonal weather forecast in Indian agriculture / N. Chattopadhyay [et al.] // Mausam. 2018. No. 69 (1). P. 29-44.
6. Smith B. A., Hoogenboom G., McClendon R. W. Artificial neural networks for automated year-round temperature prediction // Computers and Electronics in Agriculture. 2009. No. 68 (1). P. 52-61.
7. A Framework for Priority-Setting in Climate Smart Agriculture Research / P. K. Thornton [et al.] // Agricultural Systems. 2018. No. 167. P. 161-175.
8. ЯндексПогода [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/pogoda> (дата обращения: 28.11.2018).
9. Технология Meteum [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/pogoda/meteum> (дата обращения: 28.11.2018).
10. API Яндекс.Погоды [Электронный ресурс]. URL: <https://tech.yandex.ru/weather/> (дата обращения: 28.11.2018).
11. Дюран Б., Одделл П. Кластерный анализ [Электронный ресурс]. М.: Статистика, 1977. 128 с. Режим доступа: [http://www.bookwork.ru/book/duran\\_odell1977](http://www.bookwork.ru/book/duran_odell1977) (дата обращения: 28.11.2018).
12. Киприянов Ф. А., Шихова О. А. Использование методов статистического анализа при климатическом районировании // Colloquium-journal. 2018. № 9-2 (20). С. 40-43.
13. Наговицын И. В., Башков А. С. Интенсивная технология выращивания ячменя и овса // Интенсивные технологии на полях Удмуртии опыт и рекомендации. Устинов: Удмуртия, 1986. С. 47-53.
14. Киприянов Ф. А. Использование цифровых технологий при оценке климатических условий сельскохозяйственного производства // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 70-75.
15. Биологические особенности и технология возделывания основных полевых культур в Алтайском крае: учеб. пособие / Ф. М. Стрижова [и др.]; под ред. Ф. М. Стрижовой. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. 124 с.

## TERRITORIAL AND CLIMATIC ZONATION OF THE VOLOGDA OBLAST AND ITS PROSPECTS IN AGRICULTURE

**F. A. Kipriyanov**, Cand. Tech. Sci., Associate Professor;

**P. A. Savinykh**, Dr. Tech. Sci., Professor,

Vologda State Dairy Farming Academy

2, Shmidta St., Vologda, 160555, Russia

E-mail: [kipriyanovfa@bk.ru](mailto:kipriyanovfa@bk.ru)

#### ABSTRACT

Climatic conditions are one of the most important factors for efficiency of agricultural production that influence directly on field operations. Thus, the amount of temperatures and duration of frost-free period allow evaluating the potential possibility of cultivation one or another agricultural crop. Changes in global climate had an impact on the climatic conditions of the Vologda Oblast and influenced the

agricultural conditions in the first instance. It is worth noting that the research on global evaluation of climatic conditions and climatic zonation of the Vologda Oblast are dated back to the previous century. The Arkhangelsk Weather Bureau introduced the most completed research of 1972. Evaluation of changed climatic conditions and formation of uniform territorial and climatic areas in the Vologda Oblast will let us estimate the potential climatic risks in agricultural production and, at the same time, increase the efficiency of measures of state support for Agro-Industry. According to the processing result of climatic data on 198 inhabited areas of the Vologda Oblast received by Yandex.Weather service, significant differences were identified in several indices of climatic conditions of the specific inhabited area. Thus, the maximum difference in amount of annual precipitation is equal to 315 mm per year; the duration of positive temperature period differs by 36 days when the difference of amount of average temperatures is more than 1000°C. Cluster analysis allowed forming eight uniform territorial and climatic areas in the Vologda Oblast. These areas were significantly different from each other, for instance, in the amount of average temperatures – by 805°C. Duration of frost-free period was more than 20 days with the slightly difference of the average indices of annual precipitation – 77 mm.

*Key words: climatic conditions, weather forecast service, Yandex.Weather, agro-climatic zonation, territorial and climatic areas.*

#### References

1. Agroklimaticheskie resursy Vologodskoy oblasti (Agro-climatic resources of the Vologda Oblast), spravochnik, Sev. upr. gidrometeorolog. sluzhby, L., Gidrometeoizdat, 1972, 185 p.
2. Programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiyskoy Federatsii» ot 28 iyulya 2017 g. No. 1632-p (The programme «Digital economics of the Russian Federation» of 28 July, 2017 No. 1632-p), Pravitelstvo Rossiyskoy Federatsii, 2017.
3. Agroecologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnyh sistem zemledeliya i agrotekhnologii (Agro-ecological evaluation of lands, design of adaptive landscape systems of farming and agrotechnologies), metod. Rukovodstvo, Pod red. V.I. Kiryushina, A.L. Ivanova, M., FGNU «Rosinformagrotek», 2005, 784 p.
4. Medennikov V.I., Muratova L.G., Sal'nikov S.G. Tsifrovaya platforma dlya sel'skogo hozyaystva (Digital platform for agriculture), Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki, 2017, No. 3 (15), Elektronnyi resurs, URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-platforma-dlya-selskogo-hozyaystva>, access date: 18.10.2018.
5. Usability of extended range and seasonal weather forecast in Indian agriculture, N. Chattopadhyay [et al.], Mausam, 2018, No. 69 (1), pp. 29-44.
6. Smith B.A., Hoogenboom G., McClendon R.W. Artificial neural networks for automated year-round temperature prediction, Computers and Electronics in Agriculture, 2009, No. 68 (1), pp. 52-61.
7. A Framework for Priority-Setting in Climate Smart Agriculture Research, P. K. Thornton [et al.], Agricultural Systems, 2018, No. 167, pp. 161-175.
8. YandexPogoda, Elektronnyi resurs, URL: <https://yandex.ru/pogoda>, access date: 28.11.2018.
9. Tehnologiya Meteum, Elektronnyi resurs, URL: <https://yandex.ru/pogoda/meteum>, access date: 28.11.2018.
10. API YandexPogoda, Elektronnyi resurs, URL: <https://tech.yandex.ru/weather/>, access date: 28.11.2018.
11. Dyuran B., Odell P. Klasteriy analiz (Cluster analysis), Elektronniy resurs, M., Statistika, 1977, 128 p., Access mode: [http://www.bookwork.ru/book/duran\\_odell1977](http://www.bookwork.ru/book/duran_odell1977), access date: 28.11.2018.
12. Kipriyanov F.A., Shihova O.A. Ispol'zovanie metodov statisticheskogo analiza pri klimaticheskom rayonirovani (Use of statistical analysis methods in climatic zonation), Colloquium-journal, 2018, No. 9-2 (20), pp. 40-43.
13. Nagovitsin I.V., Bashkov A.S. Intensivniiiaia tehnologiia vyrashchivaniia iachmenia i ovsa (Intensive technology of barley and oat cultivation), Intensivnie tehnologii na poliah Udmurtii opyt I rekomendatsii, Ustinov, Udmurtiia, 1986, pp. 47-53.
14. Kipriyanov F.A. Ispol'zovanie tsifrovoyh tehnologii pri otsenke klimaticheskih uslovii sel'skohoziastvennogo proizvodstva (Use of digital technologies in assessment of climatic condition of agricultural production), Agrarniy vestnik Vernevolzh'ia, 2019, No. 1 (26), pp. 70-75.
15. Biologicheskie osobennosti i tehnologii vzdelyvaniia osnovnyh polevyh kul'tur v Altaiskom krae (Biological peculiarities and cultivation technologies of main field crops in the Altai Krai), ucheb. posobie, F.M. Strizhova [i dr.], pod red. F.M. Strizhovoi, Barnaul, Izd-vo AGAU, 2006, 124 p.



УДК 633.854.54

## ИЗМЕНЕНИЕ МАССЫ 1000 СЕМЯН И ЕЁ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДЫ И СОРТОВЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

**А. П. Колотов**, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник,  
ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН  
ул. Главная, 21, п. Исток, Екатеринбург, Россия, 620061  
E-mail: [ankolotov@yandex.ru](mailto:ankolotov@yandex.ru)

*Аннотация.* В статье рассматриваются вопросы, связанные с возделыванием новой для Среднего Урала культуры, – льна масличного. Цель исследований – выявить особенности изменения массы 1000 семян льна масличного в зависимости от сорта и условий вегетационного периода. Объектом исследования были семена льна масличного трех сортов, которые были получены в полевых опытах, проведенных в период 2012-2018 гг. на типичной для Свердловской области темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве Кольцовского опытного участка Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. Годы наблюдений различались по температурному режиму и влагообеспеченности. Установлено, что величина массы 1000 семян зависела от сорта и условий выращивания. Доля влияния фактора «сорт» составила 87,9 %, а фактора «условия года» – 11,8 %. Масса 1000 семян льна масличного у сорта Северный может меняться от 6,54 г до 9,00 г, у сорта Уральский – от 6,51 г до 9,10 г, у сорта ЛМ 98 – от 4,23 до 6,50 г. Отмечена высокая вариабельность массы 1000 семян у отдельных растений в питомнике оригинальных семян льна масличного сорта Уральский. Предлагается данный показатель использовать в системе улучшающего семеноводства при отборе элитных растений. Приведена формула расчёта биологической урожайности на основе числовых значений её структуры. Показано, что за счёт увеличения массы 1000 семян на 1 г, биологическая урожайность льна масличного сорта Уральский может увеличиваться на 0,36 т/га при условии одинаковой густоты стояния растений перед уборкой, числе коробочек на одном растении и числе семян в коробочке.

*Ключевые слова:* лён масличный, сорт, биологическая урожайность, структура урожая, масса 1000 семян.

**Введение.** В настоящее время культура льна масличного получает все большее распространение в Российской Федерации, в том числе и на Среднем Урале. За последние три года площади его возделывания в Свердловской области увеличились более чем в 20 раз. По данным Государственной статистики, в 2017 и в 2018 году он выращивался на 4,8 и 5,9 тыс. гектаров, соответственно. В целом же по Российской Федера-

ции в 2018 году он высевался на площади 743,9 тыс. га [1].

Во многих зарубежных странах (США, Канада, Индия, Чехия, Польша и др.) культура льна масличного также достаточно широко распространена как в производстве, так и в качестве объекта научных исследований [2-6].

Лён масличный представляет большой интерес для сельскохозяйственного произ-

водства, поскольку, кроме семян и масла, для переработки на технические цели используется его солома. Содержание волокна в соломе льна масличного меньше, чем в сортах льна-долгунца, однако оно пригодно для изготовления шпагата, грубых тканей, композиционных материалов и т.д.

Высыхающее льняное масло используется человеком с давних времен для изготовления высококачественных лаков, стойких красок, а также в мыловаренной, кожевенно-обувной и других отраслях промышленности. Богатый химический состав семян льна, в первую очередь высокое содержание масла с преобладанием полиненасыщенных жирных кислот, определяет его превосходство над большинством растительных масел [7, 8]. Имеются сведения, что в семенах некоторых сортов масличного льна содержание жира может достигать 50-54 % [9]. Более детальное изучение семян и масла льна позволили выделить целый ряд полезных органических веществ (ферменты, витамины, стеролы, лигнаны, пищевые волокна и т.д.), благотворно влияющих на здоровье людей [10-12]. Не случайно семена льна и льняное масло входят в состав многих рецептов народной медицины.

Белок семян льна включает все незаменимые аминокислоты, в семенах не содержится антипитательных веществ, следовательно, как цельные семена, так и жмыхи, остающиеся после извлечения масла, пригодны для скармливания сельскохозяйственным животным. Обезжиренные и размолотые семена льна используются и в пищевой промышленности [13, 14].

Целый набор хозяйственно-полезных признаков делает культуру льна масличного ценной и перспективной для выращивания не только в южных регионах Российской Федерации, но и на Среднем Урале, где он до недавнего времени не выращивался. В то же время результаты полевых опытов доказывают, что в Свердловской области и в Пермском крае можно получать достаточно высокие и стабильные урожаи льна масличного [15]. Так, сорт Северный на Ординском

сортоучастке Пермского края сформировал урожайность семян 2,77 т/га, а сорт Абакус на Березовском сортоучастке в том же 2014 году – 3,18 т/га. В Свердловской области сорта льна масличного Легур, Сокол и Северный испытывались на опытных полях ФГБНУ «Уральский НИИСХ», обеспечив в среднем за 2010-2012 гг. биологическую урожайность маслосемян до 2,5 т/га, поэтому данные сорта могут быть рекомендованы для посева на сельскохозяйственных предприятиях Свердловской области [16].

Следует отметить, что проведенных научных исследований на Среднем Урале явно недостаточно для разработки зональной технологии выращивания льна масличного. Это относится и к изучению качественных характеристик семян льна. Известно, что их посевные качества, кроме влажности, чистоты и всхожести, определяются массой 1000 семян. Данный показатель необходим для расчета весовой нормы посева. Кроме того, семена одного и того же сорта, но с разной массой 1000 семян будут обладать различными урожайными свойствами; этот факт отмечен у зерновых культур, вероятно это будет проявляться и у льна масличного. Для того чтобы нетрадиционная культура заняла достойное место в структуре посевных площадей Среднего Урала, необходимо дальнейшее изучение льна масличного в местных почвенно-климатических условиях.

*Цель исследований* – изучить особенности изменения массы 1000 семян льна масличного в зависимости от сорта и условий вегетационного периода, а также показать значение этого показателя при расчете биологической урожайности.

**Методика.** Исследования выполнены в Уральском НИИСХ – филиале ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН в отделе земледелия и кормопроизводства в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 151 Программы ФНИ государственных академий наук по теме «Создание и усовершенствование адаптивных технологий возделывания экономически значимых сельскохозяйственных куль-

тур на основе оптимизации биотических и абиотических факторов».

Объектом исследований были семена льна масличного трёх сортов, которые выращены при проведении полевых опытов (2012-2018 гг.) на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве Кольцовского опытного участка Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН.

Агротехника во все годы была одинаковой, за исключением некоторых изменений в сроках проведения некоторых технологических приёмов. Предшественник – чистый пар после яровых зерновых культур. Подготовка почвы была традиционной и включала весеннее закрытие влаги при наступлении физической спелости почвы, предпосевную культивацию, прикатывание до и после посева. Минеральные удобрения (азофоска) вносились весной под культивацию в дозе НРК по 30 кг/га д.в.

Учеты и наблюдения в полевых опытах, а также математическая обработка результатов исследований выполнены в соответствии с Методикой проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами [17] и Методикой полевого опыта [18]. В качестве характеристики условий вегетационного периода использовали значение гидротермического коэффициента (ГТК). Массу

1000 семян определяли по ГОСТ 12042–80 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян».

Из питомника оригинальных семян отбирались здоровые типичные растения, семена с которых служат основой дальнейшего семеноводства. Рекомендуют с каждого растения обмолотить по одной коробочке, чтобы посмотреть окраску и форму семени [19]. Масса 1000 семян при этом во внимание не принимается. Для оценки однородности данного показателя в 2017 году в питомнике первичного семеноводства сорта Уральский ПР-1 с трёх делянок, где была разная норма высева и после полевой браковки растений оказалась разная густота посева, отобрали три снопа, где отдельно анализировалось каждое растение. Объем выборки составил 960 растений. У каждого растения подсчитывали число коробочек и число семян, после чего они взвешивались. Массу 1000 семян рассчитывали, исходя из числа семян и их массы с одного растения.

**Результаты.** Многолетние исследования в Уральском НИИСХ показали, что почвенно-климатические условия региона позволяют получать урожайность семян льна масличного на уровне 2,0-2,5 т/га и выше. Масса 1000 семян зависела как от сорта, так и от условий года выращивания (табл. 1).

Таблица 1

Масса 1000 семян различных сортов льна масличного, г, 2012-2018 гг.

Год	ГТК	Сорт			Среднее
		Северный	Уральский	ЛМ 98	
2012	1,10	6,54	6,51	4,23	5,76
2013	1,26	8,47	8,34	5,38	7,40
2014	2,11	7,59	7,90	5,16	6,88
2015	2,20	9,00	9,10	6,50	8,20
2016	0,67	7,35	7,22	5,25	6,61
2017	1,77	7,67	8,00	5,50	7,06
2018	1,40	7,79	7,60	5,48	6,96
Среднее	1,64	7,77	7,81	5,36	

Примечание: Доля влияния фактора «год» = 11,8 %, фактора «сорт» = 87,9 %

При повышенных температурах воздуха и недостаточном выпадении атмосферных осадков в период вегетации льна (2012, 2016 гг.) формируются более мелкие и щуплые семена.

Во влажные годы (2015) масса 1000 семян достигает своего высшего значения. В нормальные по метеоусловиям годы показатель массы 1000 семян соответствует своим обычным

значениям, которые приводятся при селекционном описании сорта. В исследованиях за период 2012-2018 гг. разница между наименьшим и наибольшим значением массы 1000 семян составила в среднем 2,50 г, а по годам исследований – от 2,27 у сорта ЛМ 98 до 2,59 г у сорта Уральский. Дисперсионный анализ экспериментальных данных показал, что доля влияния сорта на величину массы 1000 семян составляет 87,9 %, а условий года выращивания – 11,8 %.

Отмечена средняя корреляционная зависимость между показателем гидротермического коэффициента (ГТК) и массой 1000 семян. Коэффициент корреляции (r) для сортов льна Северный и Уральский составил 0,53 и 0,56, а для сорта ЛМ 98 – 0,70.

Большинство сортов льна масличного, включенных в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по регионам Российской Федерации, имеют массу 1000 семян от 4 до 9 г, и этот показатель является сортовой особенностью. Но, как отмечено, не только генотип сорта определяет, какие будут сформированы семена, поскольку условия выращивания, а также их взаимодействие оказывают влияние на конечную величину показателя массы 1000 семян.

По результатам многолетних исследований установлено, что для получения урожай-

ности семян льна масличного на уровне 2,5-3,0 т/га необходимо, чтобы густота стояния растений перед уборкой была 400-500 шт. на 1 м<sup>2</sup>, а в среднем на одном растении должно быть сформировано 10-11 коробочек, в которых обычно находится по 6-7 нормально развитых семян [20]. Именно эти показатели структуры урожая, наряду с массой 1000 семян, в основном, определяют величину урожайности семян льна масличного.

Расчеты показывают, что при одинаковых показателях структуры урожайности (число растений на 1 м<sup>2</sup>, число коробочек и семян в коробочке), увеличение массы 1000 семян на 1 г приводит к увеличению урожайности льна масличного на 0,3-0,4 т/га. Например, при густоте растений сорта Уральский перед уборкой 400 шт./м<sup>2</sup>, среднем числе коробочек на 1 растении 15 шт. и 6 шт. семян в одной коробочке биологическая урожайность равна 2,52 т/га, если средняя масса 1000 семян 7,0 г. При массе 1000 семян 8,0 г урожайность составила бы 2,88 т/га или на 0,36 т/га выше.

При оценке однородности показателя массы 1000 семян растений льна масличного в питомнике первичного семеноводства оказалось, что она варьировала от 6 до 9 г (табл. 2).

Таблица 2

Доля растений с различной массой 1000 семян в посеве льна масличного Уральский, %, 2017 г.

Масса 1000 семян, г	Густота растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup>		
	260	295	460
6,00...6,50	0,8	1,0	1,9
6,51...7,00	3,2	3,2	5,3
7,01...7,50	19,5	19,3	22,6
7,51...8,00	37,8	36,3	37,1
8,01...8,50	30,6	34,4	28,2
Более 8,50	8,1	5,8	4,9

Независимо от густоты посева, основную часть агрофитоценоза составляли растения, у которых масса 1000 семян была в пределах от 7,51 г до 8,50 г. Это дает основание утверждать, что средняя масса 1000 семян в посевах 2017 года была на уровне 8,0 г. В то же время отмечена высокая доля

растений с массой 1000 семян до 7,5 г (23,5-29,8 %), которые следует исключить из дальнейшей семеноводческой работы. Поскольку все проанализированные растения были внешне здоровы, нормально развиты, то можно предположить, что различия по массе 1000 семян были обусловлены их ге-

нотипом. Таким образом, при ведении улучшающего семеноводства необходимо учитывать показатель «масса 1000 семян» и выбраковывать порядка 25 % отобранных элитных растений.

**Выводы.** В зависимости от условий выращивания величина массы 1000 семян льна масличного у сорта Северный может меняться от 6,54 г до 9,00 г, у сорта Уральский – от 6,51 г до 9,10 г, у сорта ЛМ 98 – от 4,23 до 6,50 г.

За счёт увеличения массы 1000 семян на 1 г, биологическая урожайность льна масличного сорта Северный может увеличиваться на 0,36 т/га при условии одинаковой густоты стояния растений перед уборкой, числе коробочек на одном растении и числе семян в коробочке.

Показатель «масса 1000 семян» следует учитывать при отборе элитных растений для создания питомников первичного семеноводства.

#### Литература

1. Лен кудряш (масличный). Посевные площади [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 24.01.2019).
2. Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.) / M. A. Gallardo [et al.] // *International Journal of Agronomy*. 2014. Article ID 150570. 7 p. [Electronic resource]. URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/150570> (дата обращения 19.03.2015).
3. Laza A., Pop G. The influence of fertilization and seeding density on flax oil production quality // *Research Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 44 (4). P. 96-102.
4. Ludvicova M., Griga M. Transgenic flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.) – expectation and reality // *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2015. Vol. 51. P. 123-141.
5. Rajan A., Sobankumar D.R., Nair A.J. Enrichment of w-3 fatty acids in flax seed oil by alkaline lipase of *Aspergillus fumigatus* MTCC 9657 // *International Journal of Food Science and Technology*. 2014. Vol. 49. P. 1337-1343.
6. Characteristics of flaxseed oil from two different flax plant / Z-S. Zhang [et al.] // *International Journal of Food Properties*. 2011. Vol. 14. P. 1286-1296.
7. Пономарева М. Л., Краснова Д. А. Селекционно-генетические аспекты изучения льна масличного в условиях Республики Татарстан. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2010. 144 с.
8. Особенности химического состава семян некоторых масличных культур / И. В. Шведов [и др.] // Научно-технические аспекты производства экологически чистых масел, белковых продуктов с высокими потребительскими качествами: сб. докл. Междунар. науч.-производств. конф. «Технологические свойства новых гибридов и сортов масличных и эфиромасличных культур». Краснодар, 2003. С. 80-87.
9. Гореева В. Н., Корепанова Е. В., Кошкина К. В. Содержание жира и сбор масла коллекционными образцами льна масличного // *Вестник Ижевской ГСХА*. 2012. № 3. С. 6–7.
10. Поляков А. В., Загоскина Н. В. Лен как источник пищевого белка и незаменимых аминокислот // *Клиническая фитотерапия и фитохитодезтерация, биологически активные пищевые добавки (БАД)*. Черноголовка: Всерос. науч.-исслед. и технол. ин-т биол. пром-ти, 2009. С. 128–132.
11. Лукомец В. М. Научное обеспечение производства масличных культур. Краснодар, 2006. 216 с.
12. Aldercreutz H. Does fiber – rich food containing animal lignan precursors protect against both colon and breast cancer? An extension of the “fiber hypothesis” // *Gastroenterology*. 1984. No. 86. P. 761–766.
13. Лукомец В. М., Кочегура А. В., Рябенко Л. Г. Современное состояние производства и научного обеспечения льна масличного // *Роль льна в улучшении среды обитания и активном долголетии человека: матер. Междунар. науч.-практ. семинара, г. Торжок, 26-28 сентября 2011 г.* Тверь: Тверской гос. ун-т, 2012. С. 33–43.
14. Стеблинин А. Н., Козлов В. П. Продовольственное значение семян льна // *Аграрная наука*. 2001. Вып. 12. С. 10–12.
15. Колотов А. П., Елисеев С. Л. Лен масличный на Среднем Урале // *Пермский аграрный вестник*. 2014. № 1 (5). С. 15-19.
16. Колотов А. П. Продуктивность различных сортов льна масличного в условиях Среднего Урала // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. № 6. Т. 30. С. 12-14.
17. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общей редакцией В. М. Лукомца. Краснодар, 2010. 327 с.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.
19. Лён масличный: сорт ЛМ 98 и его агротехнологии (рекомендации). Тверь: Тверской гос. ун-т. 2014. 19 с.
20. Колотов А. П. Влияние абиотических факторов на формирование надземной массы и урожайность семян льна масличного // АПК России. 2016. № 4. Т. 23. С. 798–803.

## CHANGE IN THOUSAND-SEED WEIGHT AND ITS EFFECT ON YIELD CAPACITY OF COMMON FLAX DEPENDING ON VARIETY AND WEATHER CONDITIONS

**A. P. Kolotov**, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher,  
Ural Scientific and Research Institute of Agriculture – division of Ural Federal Agrarian Scientific Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences  
21, Glavnaya St., Poselok Istok, 620061, Yekaterinburg, Russia  
E-mail: [ankolotov@yandex.ru](mailto:ankolotov@yandex.ru)

### ABSTRACT

The article deals with the issues related to the cultivation of oil-producing common flax – a new crop for the Middle Ural. The aim of research was to identify the features of change in 1000-seed weight depending on variety and conditions of vegetative period. The object of research was represented by flax seeds of three varieties obtained in field experiments in 2012-2018. The experiments were carried out on dark gray forest soils, typical for the Sverdlovsk Oblast. Years of observation were different in temperature and water availability. It is established that the value of 1000-seed weight depends on variety and cultivation conditions. The share of factor «variety» was 87.9 %, the factor «year conditions» – 11.8 %. 1000-seed weight of the Severny variety can range from 6.54 g to 9.00 g, the Uralsky variety – from 6.51 g to 9.10 g, and the LM 98 – from 4.23 g to 6.50 g. High variability of 1000-seed weight is noted in individual plants in the nursery of breeder seeds of the Uralsky variety. It is proposed to use this indicator in the system of improving seed production under selection of elite plants. The formula of calculation of biological productivity based on numeric values of its structure is presented. It is shown that due to increase in 1000-seed weight per 1 gram, the biological yield capacity of the Uralsky flax variety can be increased by 0.36 t/ha under the condition of equal density of standing plants before harvesting, equal number of bolls in one plant and number of seeds in the boll.

*Key words: common flax, variety, biological yield capacity, yield structure, 1000-seed weight.*

### References

1. Len kudryash (maslichnyi). Posevnye ploshchadi (Crown flax. Cultivated areas) [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: URL: <http://www.gks.ru> (data obrashcheniya 24.01.2019).
2. Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.), M.A. Gallardo [et al.], International Journal of Agronomy, 2014, Article ID 150570, 7 p., [Electronic resource], URL: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/150570> (дата обращения 19.03.2015).
3. Laza A., Pop G. The influence of fertilization and seeding density on flax oil production quality, Research Journal of Agricultural Science, 2012, Vol. 44 (4), pp. 96-102.
4. Ludvicova M., Griga M. Transgenic flax/linseed (*Linum usitatissimum* L.) – expectation and reality, Czech J. Genet. Plant Breed, 2015, Vol. 51, pp. 123-141.
5. Rajan A., Sobankumar D.R., Nair A.J. Enrichment of w-3 fatty acids in flax seed oil by alkaline lipase of *Aspergillus fumigatus* MTCC 9657, International Journal of Food Science and Technology, 2014, Vol. 49, pp. 1337-1343.
6. Characteristics of flaxseed oil from two different flax plant, Z-S. Zhang [et al.], International Journal of Food Properties, 2011, Vol. 14, pp. 1286-1296.

7. Ponomareva M.L., Krasnova D.A. Seleksionno-geneticheskie aspekty izucheniya l'na maslichnogo v usloviyakh Respubliki Tatarstan (Selective and genetic aspects of flax investigation in the conditions of the Republic of Tatarstan), Kazan', Izd-vo «Fen» AN RT, 2010, 144 p.
8. Osobennosti khimicheskogo sostava semyan nekotorykh maslichnykh kul'tur (Characteristics of chemical composition of certain oil crop seeds), I.V. Shvedov [i dr.], Nauchno-tehnicheskie aspekty proizvodstva ekologicheski chistyykh masel, belkovykh produktov s vysokimi potrebitel'skimi kachestvami, sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-proizvodstv. konf. «Tekhnologicheskie svoystva novykh gibridov i sortov maslichnykh i efiromaslichnykh kul'tur», Krasnodar, 2003, pp. 80–87.
9. Goreeva V.N., Korepanova E.V., Koshkina K.V. Soderzhanie zhira i sbor masla kol-lektsionnymi obraztsami l'na maslichnogo (Fat content and oil harvesting by collection samples of oil-producing flax), Vestnik Izhevskoi GSKhA, 2012, No. 3, pp. 6–7.
10. Polyakov A.V., Zagoskina N.V. Len kak istochnik pishchevogo belka i nezamenimykh aminokislot (Flax as a source of dietary protein and essential amino acids), Klinicheskaya fitoterapiya i fitokhitodezterapiya, biologicheski aktivnye pishchevye dobavki (BAD), Chernogolovka, Vseros. nauch.-issled. i tekhnol. in-t biol. prom-ti, 2009, pp. 128–132.
11. Lukomets V.M. Nauchnoe obespechenie proizvodstva maslichnykh kul'tur (Scientific support of oil crop production), Krasnodar, 2006, 216 p.
12. Aldercreutz H. Does fiber – rich food containing animal lignan precursors protect against both colon and breast cancer? An extension of the “fiber hypothesis”, Gastroenterology, 1984, No. 86, pp. 761–766.
13. Lukomets V.M., Kochegura A.V., Ryabenko L.G. Sovremennoe sostoyanie proizvodstva i nauchnogo obespecheniya l'na maslichnogo (Current state of production and scientific support of oil-producing flax), Rol' l'na v uluchshenii srede obitaniya i aktivnom dolgoletii cheloveka, mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. seminar, g. Torzhok, 26-28 sentyabrya 2011 g., Tver', Tverskoi gos. un-t, 2012, pp. 33–43.
14. Steblinin A.N., Kozlov V.P. Prodovol'stvennoe znachenie semyan l'na (Food value of flax seeds), Agrarnaya nauka, 2001, Vyp. 12, pp. 10-12.
15. Kolotov A.P., Eliseev S.L. Len maslichnyi na Srednem Urale (Oil-producing flax in the Middle Ural), Permskii agrarnyi vestnik, 2014, No. 1 (5), pp. 15-19.
16. Kolotov A.P. Produktivnost' razlichnykh sortov l'na maslichnogo v usloviyakh Srednego Urala (Productivity of different varieties of oil-producing flax in the Middle Ural), Dostizheniya nauki i tekhniki APK, 2016, No. 6, T. 30, pp. 12-14.
17. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami (Method of field agricultural experiments with oil crops), Pod obshchei redaktsiei V.M. Lukomtsa, Krasnodar, 2010, 327 p.
18. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya) (Field trial method (with the basics of statistical processing of research results)), M., ID Al'yans, 2011, 352 p.
19. Len maslichnyi: sort LM 98 i ego agrotekhnologii (Flax: the LM 98 variety and its agricultural technologies) (rekomentatsii), Tver', Tverskoi gos. un-t, 2014, 19 p.
20. Kolotov A.P. Vliyanie abioticheskikh faktorov na formirovanie nadzemnoi massy i urozhainost' semyan l'na maslichnogo (Influence of abiotic factors on the formation of top mass and yield capacity of flax seeds), APK Rossii, 2016, No. 4, T. 23, pp. 798-803.

УДК 633.1:631.559

## СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ЗЕРНА

**А. М. Ленточкин**, д-р с.-х. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА,  
ул. Кирова, 16, Ижевск, Россия, 426033  
E-mail: [lenalmih@mail.ru](mailto:lenalmih@mail.ru)

*Аннотация.* Зерно является универсальной по назначению и наиболее востребованной растениеводческой продукцией. Многие страны мира имеют большую потребность в зерне и готовы закупать значительные его объёмы. Россия, благодаря увеличению объёмов производства зерна, удовлетворяет все основные внутренние потребности и из импортёров перешла в разряд

крупных экспортёров зерна. Дальнейшее увеличение объёмов производства зерна в России можно обеспечить как путём расширения посевной площади, так и увеличения урожайности зерновых культур практически во всех федеральных округах Российской Федерации, в том числе и в Нечернозёмной зоне. Другой серьёзной проблемой при производстве зерна является снижение его качества. Среди заготовленного зерна пшеницы практически отсутствует пшеница I и II классов, а основная его доля приходится на IV класс. Использование зерна низкого качества вызывает необходимость применения улучшителей качества, что повышает себестоимость изделий. Многими учёными установлено, что генетический потенциал сортов и почвенно-климатические условия большинства регионов страны позволяют получать существенно больший уровень урожайности зерна пшеницы и добиваться его качества не ниже III товарного класса.

*Ключевые слова:* производство зерна, урожайность, качество зерна пшеницы.

**Введение.** Зерно, благодаря своему уникальному биохимическому составу и способности долгое время сохранять свои свойства в неизменном виде, продолжительный исторический период было и по-прежнему остаётся наиболее востребованной растениеводческой продукцией.

Уровни урожайности, производства и качества зерна значительно различаются по странам мира и по регионам Российской Федерации. Оценивая обеспеченность зерном населения стран мира, можно сказать, что объёмы его производства недостаточны для покрытия потребностей, и эта ситуация гораздо благоприятнее в России. Так, если 2016 г. в мире было произведено зерна на душу населения 392 кг, то в России этот показатель составил в 2,1 раза больше, а по основной продовольственной культуре – пшенице, соответственно, 100 кг, то есть в 5 раз выше [1]. Дефицит зерна существует не только в слаборазвитых, но и среди крупных зернопроизводящих стран, таких как Китай и Индия. Более того, экспертами ожидается замедление роста урожая по большинству зерновых культур.

В связи с ограниченной возможностью расширения посевных площадей в большинстве стран мира важным фактором роста эффективности производства зерна является повышение урожайности [2]. Для этого в странах мира применяются различные меры. Например, проводимая аграрная политика в странах ЕС позволила уменьшить объём интервенций на рынке зерна, увеличить концен-

трацию и объём его производства [3]. В Китае для увеличения объёма производства зерна проводится такая политика субсидирования сельского хозяйства, которая при увеличении объёма субсидий на 1 % привела лишь к небольшому росту цен на рис, пшеницу и кукурузу – на 0,077; 0,094 и 0,180 % соответственно [4].

Российская Федерация располагает обширной территорией и различными почвенно-климатическими условиями. В каждом из регионов имеется немало неиспользуемых резервов повышения урожайности и качества зерна, в том числе пшеницы. Не является в этом плане исключением и Нечернозёмная зона, где умеют получать хорошие урожаи высококачественного продовольственного зерна яровой пшеницы [5-8].

*Целью* нашего исследования является сравнительный анализ новых данных производства, использования и качества зерна по странам мира и регионам Российской Федерации и определение наиболее актуальных задач решения зерновой проблемы.

**Методика.** Объектом исследования были новые в открытой печати статистические данные урожайности, производства и качества зерна в странах мира и регионах Российской Федерации. Методы исследования – сравнение, анализ, индукция, статистический.

**Результаты.** В среднем за 2010–2016 гг. урожайность зерновых и зернобобовых культур по странам мира различалась более чем в 7 раз (табл. 1).



Таблица 1

Урожайность и производство зерна по основным странам мира  
(среднее за 2010–2016 гг.) [1]

Страна	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, млн т
Россия	22,1	92,7
Беларусь	32,7	8,3
Украина	38,0	56,5
Польша	37,4	29,2
Казахстан	11,9	18,1
Китай	57,3	551,4
Япония	58,1	11,2
Индия	24,2	306,3
Германия	71,0	46,8
Нидерланды	83,9	1,7
Великобритания	68,4	22,6
Франция	69,1	67,5
Аргентина	46,1	53,0
Бразилия	40,2	93,8
Канада	34,1	59,1
США	70,7	420,6

Наибольшая урожайность была получена в Нидерландах – 83,9 ц/га, в Германии – 71,0 ц/га, в США – 70,7 ц/га, во Франции – 69,1 ц/га, в Великобритании – 68,4 ц/га. В России средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур составила 22,1 ц/га, а в урожае 2017 г. достигла 29,2 ц/га.

Валовой сбор зерна, определяемый как урожайностью, так и площадью посева, в мире растёт, и с 2538 млн т в 2010 г. увеличился до 2930 млн т в 2016 г. Наибольшие объёмы зерна в среднем за 2010–2016 гг. произвели Китай – 551,4 млн т, США – 420,6 млн т, Индия – 306,3 млн т. В России этот показатель составил 92,7 млн т, а в высокоурожае 2017 г. – 135,5 млн т.

Структура валового сбора зерна по субъектам Российской Федерации выглядела следующим образом (табл. 2).

Наибольший вклад в общероссийский «каравай» внесли Южный (35,8 млн т), Центральный (31,9 млн т) и Приволжский (30,6 млн т) федеральные округа. Вклад Уд-

муртской Республики, Пермского края, Кировской и Свердловской областей в валовой сбор зерна страны составил соответственно 0,5; 0,3; 0,4 и 0,6 %.

Поскольку в Российской Федерации основной зерновой культурой является пшеница, то по производству ее зерна названные регионы также имели наивысшие показатели: федеральные округа Южный – 25,9 млн т, Центральный – 18,7 млн т и Приволжский – 18,0 млн т. Вклад Удмуртской Республики, Пермского края, Кировской и Свердловской областей в общероссийский валовой сбор зерна пшеницы составил соответственно 0,2; 0,2; 0,2 и 0,4 %.

Если в общем валовом сборе зерна пшеницы на озимую пришлось 72 %, а на яровую форму 28 %, то по территории страны это соотношение существенно различается. Так, в той части страны, где мягче зима и более благоприятные условия для озимых культур – юг и запад страны – там преимущественно распространена озимая форма пшеницы, а на во-

стоке европейской территории страны и в азиатской части – яровая пшеница. Поэтому наибольшие объёмы производства зерна яровой пшеницы получены в Сибирском (9,5 млн т), Приволжском (7,2 млн т) и Ураль-

ском (4,3 млн т) федеральных округах. Удмуртская Республика, Пермский край, Кировская и Свердловская области внесли вклад в общероссийский валовой сбор зерна яровой пшеницы соответственно 0,6; 0,6; 0,6 и 1,3 %.

Таблица 2

Валовые сборы зерна в хозяйствах всех категорий  
по федеральным округам (ФО) Российской Федерации в 2017 г. [9]

Субъекты Российской Федерации	Зерновые и зернобобовые культуры		Пшеница озимая и яровая		Пшеница яровая	
	тыс. т	%	тыс. т	%	тыс. т	%
Российская Федерация	135539	100,0	86002	100,0	24023	100,0
Центральный ФО	31889	23,5	18667	21,7	2342	9,7
Северо-Западный ФО	766	0,6	418	0,5	124	0,5
Южный ФО	35801	26,4	25946	30,2	308	1,3
Северо-Кавказский ФО	13261	9,8	8372	9,7	18	0,1
Приволжский ФО	30592	22,6	17976	20,9	7152	29,8
<i>Респуб. Башкортостан</i>	3783	2,8	1843	2,1	1440	6,0
<i>Республика Татарстан</i>	4880	3,6	2455	2,9	1256	5,2
<i>Удмуртская Республика</i>	702	0,5	155	0,2	141	0,6
<i>Пермский край</i>	354	0,3	138	0,2	134	0,6
<i>Кировская область</i>	558	0,4	154	0,2	136	0,6
Уральский ФО	6702	4,9	4380	5,1	4324	18,0
<i>Свердловская область</i>	754	0,6	330	0,4	321	1,3
Сибирский ФО	15771	11,6	9962	11,6	9474	39,4
Дальневосточный ФО	756	0,6	280	0,3	280	1,2

Зерно имеет не только продовольственное, кормовое и сырьевое, но и стратегическое значение, которое в любых неблагоприятных условиях гарантирует возможность удовлетворить все потребности государства. За последние три года ресурсы и использование зерна в России представлены следующим образом (табл. 3).

Ресурсы зерна складываются из трёх источников – запасы от предыдущего периода, производство и импорт. Поскольку производство зерна в последние годы увеличивается, то увеличиваются и его ресурсы. Запасы зерна от его ресурсной части ежегодно составляют внушительную величину – 35–36 %.

Импорт зерна в его ресурсной части является малозначимой величиной – в пределах до 1 млн т (менее 1 %). В 2017/2018 сельскохо-

зяйственный год наиболее востребованным на российском рынке были: соя (2,2 млн т) – 58 % от объёма импорта, пшеница – 17 %, крупа рисовая – 9 %, арахис – 4 % и др. Основными странами, из которых импортирует Россия, были Бразилия, Парагвай, Казахстан, Украина, Беларусь и др. [11].

Направления использования зерна являются разнообразными. Для ежегодного пополнения и замены его ресурсной части, предназначенной на семена, необходимо в пределах 11 млн т (около 5–6 % его ресурсной части). Примерно такие же объёмы и доля приходятся на зерно, используемое без переработки на корм скоту и птице. Доля зерна, перерабатываемая на муку, крупу, комбикорма и др. составляет значительную величину – 48–56 млн т (около 26–29 % его ресурсной части).

Относительно немалую долю составляют потери зерна – более 1 млн т.

Экспортные возможности страны увеличились, и поэтому в последние годы продажа

зерна другим странам возросла, превысив в 2017 г. 43 млн т (около 20 % его ресурсной части).

Таблица 3

Ресурсы и использование зерна в Российской Федерации, млн т [10]

Показатель	Фактические значения по годам		
	2015	2016	2017
<b>Ресурсы</b>	165,8	186,5	213,3
Запасы на начало года	60,2	64,8	77,2
Производство	104,8	120,7	135,4
Импорт	0,8	1	0,7
<b>Использование</b>			
Производственное потребление:	20,9	22,4	23,5
в т. ч. на семена	10,7	11,3	11,4
на корм скоту и птице	10,2	11,1	12,1
Переработано на муку, крупу, комбикорма и др.	48,2	51,7	56,5
Потери	1,1	1,2	1,2
Экспорт	30,7	33,9	43,3
Личное потребление	0,1	0,1	0,1
Запасы на конец года	64,8	77,2	88,7

Запасы зерна на конец 2015–2017 гг. составляли в пределах 65–89 млн т, или около 40 % его ресурсной части [10].

Ещё в не столь далёком прошлом импорт зерна в России существенно превышал его

экспорт. Сейчас экспорт зерна за сельскохозяйственный год (начинается 1 июля) составляет десятки миллионов тонн и за последние 15 лет характеризуется увеличением в среднем за год около 2,5 млн т (рис. 1).

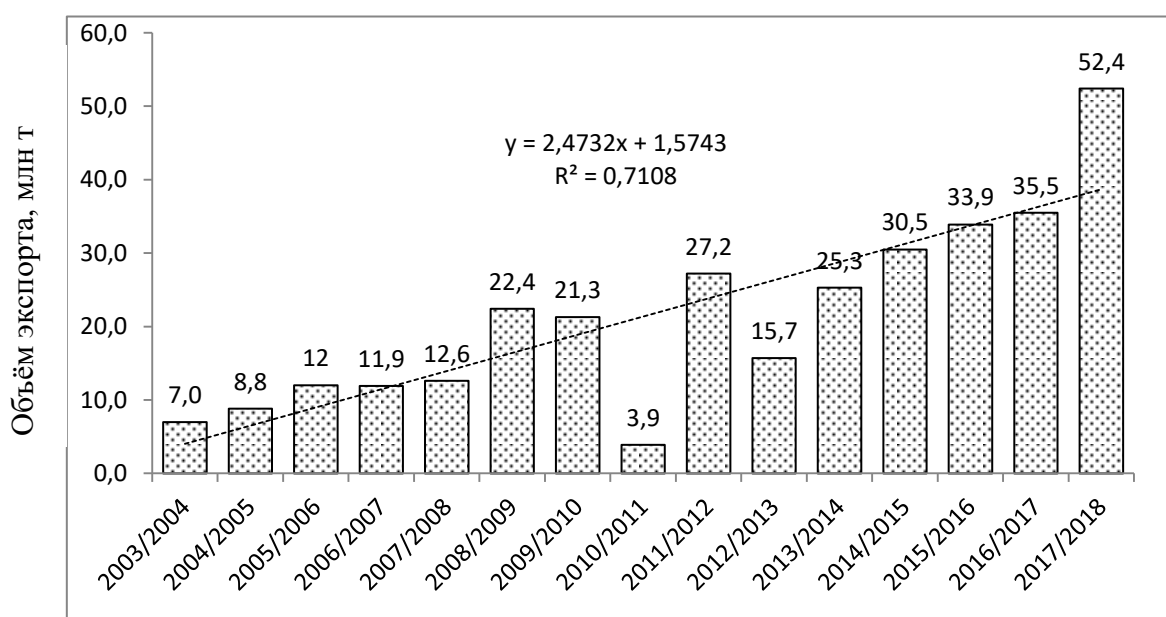


Рис. 1. Динамика экспорта российского зерна

В 2017/18 сельскохозяйственном году из объёма экспорта зерна и продуктов его переработки, составившим 59,4 млн т, наибольшим спросом пользовалась пшеница, на долю которой приходилось 68 % (40,2 млн т), на ячмень и кукурузу – по 10 %, на горох – 2 % и др. Импортёрами этой продукции из России стали 134 страны, среди которых наибольшие объёмы приобрели Турция – 16 %, Египет – 15 %, Бангладеш, Иран, Вьетнам, Саудовская Аравия и Латвия – по 4 % [13].

В 2016 г. Россия вышла на первое место в мире по объёмам экспорта зерна пшеницы и свекловичного жома, на второе место по объёмам экспорта гороха, нута, подсолнечного масла, семян льна, жмыхов и шротов [14].

Российское сельское хозяйство существенно повысило свою значимость для экономики страны и стало четвёртой отраслью (после нефтегазовой, металлургической и химической промышленности) в валютных поступлениях страны. В 2016 г. экспорт агропромышленного комплекса превысил экспорт машиностроительных отраслей и военно-промышленного комплекса, практически сравнявшись с экспортом удобрений и химической промышленности [15].

Основное назначение зерна пшеницы – продовольственное. ГОСТ 9353–2016 «Пшеница. Технические условия», введённый с 1 июля 2018 г., мягкую пшеницу по качеству зерна подразделяет на пять классов. Кроме этого, ГОСТ 27186–86 «Зерно заготовляемое и

поставляемое. Термины и определения» даёт понятия «сильная пшеница» – зерно, характеризующееся генетически обусловленными очень высокими хлебопекарными качествами и потенциальной способностью быть улучшителем слабой в хлебопекарном отношении пшеницы, и «ценная пшеница» – зерно, характеризующееся генетически обусловленными высокими хлебопекарными качествами, используемое для производства хлебопекарной муки в чистом виде или в смеси с небольшим количеством слабой в хлебопекарном отношении пшеницы. Ранее действовавшие ГОСТы (ГОСТ9353–90, ГОСТ Р 52554–2006) уязвляли характеристику зерна I и II классов с сортами, включёнными в список «сильных», а III класс – с сортами, включённых в список «сильных» и «ценных по качеству». Говоря другими словами, зерно I–III классов гарантированно обеспечивает возможность получения высококачественных хлебобулочных изделий, а при использовании зерна IV и V классов для этих целей будет требоваться добавление в помольный состав зерна более высоких классов или искусственных добавок.

Во второй половине XX века в РСФСР среднегодовой валовой сбор зерна только сильной пшеницы составлял значительные и возрастающие величины – в 1961–1965 гг. – 10,5; в 1966–1970 гг. – 22,5; в 1971–1975 гг. – 26,4 млн т [16]. К сожалению, качество зерна, производимого в Российской Федерации в последние годы, снижается (табл. 4).

Таблица 4

Качество зерна в валовом сборе мягкой пшеницы в Российской Федерации, % [17]

Класс зерна	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Первый	0,004	–	0,00	–	–
Второй	0,04	0,001	0,07	0,04	0,0
Третий	49,8	38,8	34,4	36,0	16,9
Четвёртый	30,1	37,7	42,6	44,1	59,0
Пятый	20,1	23,5	23,0	19,9	24,2

В отдельные годы до 80 % партий пшеницы, отгружаемых на экспорт, составляет зерно четвёртого класса. Это существенно снижает его конкурентоспособность на мировом рынке, особенно в его высококаче-

ственном сегменте, где Россия не имеет своей постоянной ниши. Экспортёры отечественной пшеницы часто расширяют эту нишу за счёт продаж по демпинговым ценам [17].

Таким образом, очевидна ситуация не-удовлетворённого спроса на качественное зерно как на внутреннем, так и на международном рынке. Природные условия значительной части Российской Федерации позволяют выращивать зерно пшеницы высоких товарных классов. Для реализации этой возможности требуется введение ощутимых для товаропроизводителя экономических рычагов, позволяющих оправдывать дополнительные вложения в систему выращивания качественного зерна.

Решение создавшейся проблемной ситуации возможно, т. к. агроклиматические условия страны позволяют гарантированно получать среднюю урожайность высокобелковой пшеницы не менее 2,5 т/га, что сопоставимо с уровнем Канады и США. Даже в современных условиях хозяйствования при сравнительно невысоком уровне интенсивности в основных природно-сельскохозяйственных зонах возделывания яровых и озимых форм пшеницы можно существенно увеличить производство зерна высокобелковых твёрдых, сильных и ценных её сортов как за счёт частичного расширения посевных площадей, так и путём использования новых районированных сортов, высококачественного семенного материала, оптимального применения минеральных удобрений, средств защиты растений, радио-

нального размещения пшеницы по наиболее благоприятным предшественникам в севообороте. Но без решения ряда организационно-правовых и экономических вопросов, без укрепления материально-технической базы отечественного зернового хозяйства, которая слабее, чем у традиционных экспортёров пшеницы, трудно рассчитывать на скорейшее улучшение качества зерна [18].

#### **Выводы.**

1. В мире в условиях увеличивающейся численности населения возрастает потребность в зерне.

2. Россия имеет значительные объёмы производства зерна, достаточные для удовлетворения всех основных потребностей.

3. В России имеется возможность увеличения объёма производства зерна как за счёт расширения посевной площади зерновых культур, так и увеличения их урожайности.

4. Серьёзной проблемой в зерновом производстве России является низкое качество зерна.

5. Для решения актуальных задач в зерновом производстве России требуется, в первую очередь, решение правовых и организационно-экономических вопросов, направленных на повышение заинтересованности товаропроизводителей в увеличении объёмов производства качественного зерна.

#### **Литература**

1. Россия и страны мира. 2018: статистический сб. Москва, 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139821848594](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139821848594) (дата обращения: 21.01.2019).
2. Sekar I., Pal S. Rice and wheat crop productivity in the Indo-Gangetic Plains of India: changing pattern of growth and future strategies // *Indian Journal of Agricultural Economics*. Bombay, 2012. Vol. 67. No. 2. P. 238–252.
3. Ваер-Nawrocka A., Kyrlyuk-Dryjska E. Cereals production in selected European Union countries – political and structural implications // *Journal of Agribusiness and Rural Development*. 2015. Vol. 38. No. 4. P. 617–625.
4. Impact of agricultural subsidy policies on grain prices in China / J. Qian [et al.] // *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 2015. Vol. 60. No. 2. P. 273–279.
5. Макарова В. М. Основные направления повышения урожайности и качества зерна яровой пшеницы в Уральском регионе Нечернозёмной зоны: автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук. Пермь: Пермский СХИ, 1978. 40 с.
6. Неттевич Э. Д. Урожай и качество зерна яровой пшеницы, выращенной в условиях Центрального региона России // *Доклады РАСХН*. 1997. № 4. С. 3–4.
7. Ленточкин А. М. Биологические потребности – основа технологии выращивания яровой пшеницы: монография. Ижевск: ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2011. 436 с.
8. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Технологические процессы возделывания яровой пшеницы на продовольственные цели в Нечерноземье России // *Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. изд.* Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. С. 269–280.

9. Валовые сборы сельскохозяйственных культур в Российской Федерации (пересчитанные данные с учётом итогов ВСХП 2016). Ч. 1. Москва: Росстат, 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 21.01.2019).
10. Основные показатели сельского хозяйства в России в 2017 году. Москва: Росстат, 2018. 67 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140096652250](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250) (дата обращения: 21.01.2019).
11. Анализ импорта зерна и продуктов его переработки за 2017/18 с.-х. год (предварительно). 06 июля 2018 // ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fczerna.ru/News.aspx?id=9375> (дата обращения: 16.02.2019).
12. Предварительные итоги работы российского зернового комплекса в 2018 году и прогнозы на 2019 год // Агровестник. Дата публикации 09.01.2019 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/predvaritelnye-itogi-raboty-rossijskogo-zernovogo-kompleksa-v-2018-godu-i-prognozy-na-2019-god.html> (дата обращения: 20.01.2019).
13. Анализ экспорта зерна и продуктов его переработки за 2017/18 с.-х. год (предварительно). 20 июня 2018 // ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fczerna.ru/News.aspx?id=9290> (дата обращения: 16.02.2019).
14. Роль России в мировом аграрном секторе // Агровестник. Дата публикации 30.07.2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/rol-rossii-v-mirovom-agroprodovolstvennom-sektore.html> (дата обращения: 20.01.2019).
15. Место сельского хозяйства в экономике России // Агровестник. Дата публикации 30.07.2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/mesto-selskogo-khozyajstva-v-ekonomike-rossii.html> (дата обращения: 20.01.2019).
16. Яровая пшеница / А. И. Бараев [и др.]; под общ. ред. А. И. Бараева. Москва: Колос, 1978. 429 с.
17. О качестве зерна, произведённого в Российской Федерации. 09 августа 2016 // ФГБУ «Федеральный центр оценки безопасности и качества зерна и продуктов его переработки» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fczerna.ru/News.aspx?id=6445> (дата обращения: 16.02.2019).
18. Алтухов А. И. Совершенствование организационно-экономического механизма – необходимое условие увеличение производства высококачественного зерна пшеницы в стране // Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: науч. изд. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. С. 5–40.

## STATE OF PRODUCTION AND GRAIN CONSUMPTION

**A. M. Lentochkin**, Dr. Agr. Sci., Professor,  
Izhevsk State Agricultural Academy  
16, Kirova St., Izhevsk, 426033, Russia  
E-mail: [lenalmih@mail.ru](mailto:lenalmih@mail.ru)

### ABSTRACT

Grain is a multi-purpose and the most demanded plant product. Many countries of the world have a great demand for grain and are ready to purchase large amounts of it. Due to increase in grain production, Russia satisfies all basic domestic needs. It moved from importers into the category of large grain exporters. A further increase in the volume of grain production in Russia can be ensured by both expanding the cultivated area and increasing the yield capacity of grain crops in almost all federal districts of the Russian Federation, including the Non-Chernozem zone. Another serious problem in grain production is reduction of its quality. Among the harvested wheat grain, wheat of class I and II is practically non-existent and its main share falls on class IV. Use of low-quality grain causes the need for quality improvers that increases a unit cost. It is established by many scientists that genetic potential of varieties as well as soil and climatic conditions in most regions of the country allow obtaining a significantly higher level of wheat grain yield capacity and achieving its quality of commodity class III.

*Key words: grain production, yield capacity, wheat grain quality.*

## References

1. Rossiya i strany mira. 2018 (Russia and the world countries. 2018), statisticheskii sb., Moskva, 2018, Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1139821848594](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1139821848594), data obrashcheniya: 21.01.2019.
2. Sekar I., Pal S. Rice and wheat crop productivity in the Indo-Gangetic Plains of India: changing pattern of growth and future strategies, *Indian Journal of Agricultural Economics*, Bombay, 2012, Vol. 67, No. 2, pp. 238–252.
3. Baer-Nawrocka A., Kiryluk-Dryjska E. Cereals production in selected European Union countries – political and structural implications, *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 2015, Vol. 38, No. 4, pp. 617–625.
4. Impact of agricultural subsidy policies on grain prices in China, J. Qian [et al.], *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.*, 2015, Vol. 60, No. 2, pp. 273–279.
5. Makarova V. M. Osnovnye napravleniya povysheniya urozhainosti i kachestva zerna yarovoi pshenitsy v Ural'skom regione Nechernozemnoi zony (The main directions of increase in yield capacity and quality of grain of spring wheat in the Ural region of the Non-Chernozem zone), avtoref. diss. ... d-ra s.-kh. nauk, Perm', Permskii SKhI, 1978, 40 p.
6. Nettevich E. D. Urozhai i kachestvo zerna yarovoi pshenitsy, vyrashchennoi v usloviyakh Tsentral'nogo regiona Rossii (Yield and quality of grain of spring wheat cultivated in the Central region of Russia), *Doklady RASKhN*, 1997, No. 4, pp. 3–4.
7. Lentochkin A. M. Biologicheskie potrebnosti – osnova tekhnologii vyrashchivaniya yarovoi pshenitsy (Biological needs – the basis of cultivation technology of spring wheat), monografiya, Izhevsk, FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2011, 436 p.
8. Pasyukov A. V., Pasyukova E. N. Tekhnologicheskie protsessy vozdel'yvaniya yarovoi pshenitsy na prodovol'stvennye tseli v Nechernozem'e Rossii (Technological processes of spring wheat cultivation for food purposes in the Non-Chernozem zone of Russia), *Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy*, nauch. izd., Moskva, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2018, pp. 269–280.
9. Valovye sbory sel'skokhozyaistvennykh kul'tur v Rossiiskoi Federatsii (pe-reschitannye dannye s uchetom itogov VSKhP 2016) (Gross collection of agricultural crops in the Russian Federation (recalculated data based on the results of the WPC 2016)), Ch. 1, Moskva, Rosstat, 2018, Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516), data obrashcheniya: 21.01.2019).
10. Osnovnye pokazateli sel'skogo khozyaistva v Rossii v 2017 godu (Key indicators of agriculture in Russia in 2017), Moskva, Rosstat, 2018, 67 p., Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1140096652250](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1140096652250), data obrashcheniya: 21.01.2019).
11. Analiz importa zerna i produktov ego pererabotki za 2017/18 s.-kh. god (predvaritel'no) (Analysis of grain imports and products of its processing in 2017/18 (preliminary)), 06 iyulya 2018, FGBU «Federal'nyi tsentr otsenki bezopasnosti i kachestva zerna i produktov ego pererabotki», Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <http://www.fczer.ru/News.aspx?id=9375>, data obrashcheniya: 16.02.2019.
12. Predvaritel'nye itogi raboty rossiiskogo zernovogo kompleksa v 2018 go-du i prognozy na 2019 god (Preliminary results of the Russian grain complex in 2018 and forecasts for 2019), *Agrovestnik*, Data publikatsii 09.01.2019, Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/industries/cereals/predvaritelnye-itogi-raboty-rossijskogo-zernovogo-kompleksa-v-2018-godu-i-prognozy-na-2019-god.html>, data obrashcheniya: 20.01.2019.
13. Analiz eksporta zerna i produktov ego pererabotki za 2017/18 s.-kh. god (predvaritel'no) (Analysis of grain exports and products of its processing in 2017/18 (preliminary)), 20 iyunya 2018, FGBU «Federal'nyi tsentr otsenki bezopasnosti i kachestva zerna i produktov ego pererabotki», Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <http://www.fczer.ru/News.aspx?id=9290>, data obrashcheniya: 16.02.2019.
14. Rol' Rossii v mirovom agrarnom sektore (Role of Russia in the global agrarian sector), *Agrovestnik*, Data publikatsii 30.07.2018, Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/industries/rol-rossii-v-mirovom-agroprodovol'stvennom-sektore.html>, data obrashcheniya: 20.01.2019.
15. Mesto sel'skogo khozyaistva v ekonomike Rossii (Place of agriculture in Russian economy), *Agrovestnik*, Data publikatsii 30.07.2018, Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <https://agrovesti.net/lib/industries/mesto-selskogo-khozyajstva-v-ekonomike-rossii.html>, data obrashcheniya: 20.01.2019.
16. Yarovaya pshenitsa (Spring wheat), A. I. Baraev [i dr.], pod obshch. red. A. I. Baraeva, Moskva, Kolos, 1978, 429 p.
17. O kachestve zerna, proizvedennogo v Rossiiskoi Federatsii (On the quality of grain made in the Russian Federation), 09 avgusta 2016, FGBU «Federal'nyi tsentr otsenki bezopasnosti i kachestva zerna i produktov ego pererabotki», Elektronnyi resurs, Rezhim dostupa: <http://www.fczer.ru/News.aspx?id=6445>, data obrashcheniya: 16.02.2019.

18. Altukhov A. I. Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekha-nizma – neobkhdimoe uslovie uvelichenie proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy v strane (Improving the organizational and economic mechanism is a necessary condition for increase in production of high-quality grain in the country), Nauchnye osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna pshenitsy, nauch. izd., Moskva, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2018, pp. 5–40.

УДК 633.1: 853.494: 631.816.11: 631.559 (470.53)

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СОРТОВ ЯРОВОГО РАПСА В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ**

**А. В. Мокрушина**, аспирант; **А. С. Богатырева**, канд. с.-х. наук;

**Э. Д. Акманаев**, канд. с.-х. наук, доцент,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ

Ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990

E-mail: [akmanaev@mail.ru](mailto:akmanaev@mail.ru)

*Аннотация.* В статье приведены результаты полевого двухфакторного опыта по влиянию минеральных удобрений на семенную продуктивность и биохимический состав ярового рапса сорта Ратник и гибрида зарубежной селекции Смилла. Исследования проведены в 2016–2018 гг. на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве учебно-научного опытного поля ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Биохимический анализ семян проведен в лаборатории освоения агрозоотехнологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Оба сорта положительно отзываются на внесение возрастающих доз азотных удобрений, а также на применение полного минерального комплекса. Каждое последующее увеличение дозы азота, в соответствии со схемой опыта, приводило к существенному росту урожайности. Внесение фосфорно-калийных удобрений увеличивало урожайность по всем вариантам в сравнении с аналогичными вариантами без их применения. Наибольшую урожайность отмечали у гибрида Смилла (2,95 т/га), по сорту Ратник максимальная урожайность составила 2,32 т/га. Существенной разницы между сортами по биохимическому составу семян не обнаружено. Увеличение доз азотных удобрений способствовало повышению содержания сырого жира, золы и клетчатки. Наибольшее содержание сырого протеина и азота отмечали при внесении 30–60 кг/га азота как в чистом виде, так и на фоне фосфорно-калийного питания. Посевы гибрида Смилла по валовому сбору сырого жира и протеина превосходили сорт Ратник на 140 и 63 кг/га соответственно. Наибольшую урожайность, валовой сбор сырого жира и протеина формировали агроценозы, выращенные на фосфорно-калийном фоне, и дозой азота 120 кг/га по сорту Ратник и 90 кг/га по гибриду Смилла.

*Ключевые слова:* яровой рапс, удобрения, урожайность, биохимический состав, валовой сбор, жир, протеин.



**Введение.** Рапс – одна из важнейших масличных культур. Кроме этого, данная культура отличается также высоким содержанием белка. При этом размер семян не влияет на содержание масла или белка в них. Семена рапса содержат 35-45 % масла, 21-33 % протеина, 5-9 % клетчатки, 24-26 % безазотистых экстрактивных веществ и 5-25 % сахара в зависимости от сортовых отличий [1-4].

В последние годы отмечена тенденция увеличения посевных площадей как в целом по Российской Федерации, так и в Пермском крае. В 2018 г. посевная площадь рапса в России составила 1575,5 тыс. га и 2,5 тыс. га в Пермском крае. Валовой сбор за данный период составил 1980,1 и 2,3 тыс. т в России и Пермском крае, соответственно, при средней урожайности по России 1,33 т/га и 0,99 т/га в Пермском крае [5].

Основным приемом увеличения урожайности на дерново-подзолистых почвах является сбалансирование обеспечения растений элементами питания [6]. Рапс положительно отзывается на внесение минеральных удобрений, особенно азотных, фосфорных и калийных. При урожайности семян 2,5-3,0 т/га из почвы выносятся 140-160 кг азота, 60-70 кг фосфора и 115-140 кг калия. Таким образом, из минеральных удобрений рапс наиболее отзывчив на азотные. Дефицит азота является основным фактором, ограничивающим рост, ассимиляцию  $\text{CO}_2$  и продуктивность масличных культур, что приводит к резкому снижению урожая и качества семян [7, 8].

Вторым важнейшим элементом, формирующим рост и развитие рапса, является фосфор. Внесение фосфорных удобрений позволяет растениям лучше переносить засуху, ускоряет созревание семян и повышает продуктивность рапса, влияет на образование жира [9].

Еще одним необходимым элементом является калий. При недостатке калия задерживается развитие растения, снижается масличность семян. Полноценное калийное питание обеспечивает повышение урожайности на 0,2-0,3 т/га и содержания масла в семенах на 1,15-3,87 % [10, 11].

Применение минеральных удобрений оказывает влияние на биохимический состав семян рапса, однако единого мнения ученых по этому вопросу нет. Так, некоторые исследователи отмечают, что масличность семян ярового рапса снижается по мере увеличения доз вносимых удобрений, а содержание сырого протеина в семенах, наоборот, устойчиво растет [11-15]. Работы других ученых подтверждают иные закономерности. Так в исследованиях Н.А. Николаевой, Н.В. Степычевой и А.В. Козлова отмечалось, что минеральное питание способствовало увеличению синтеза жира до максимального значения с последующим снижением [16].

В связи с этим, выявление оптимальных доз минеральных удобрений под яровой рапс, позволяющих получать не менее 2,0 т/га маслосемян, является актуальной проблемой.

**Методика.** В 2016-2018 гг. на учебно-научном опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве был заложен полевой двухфакторный опыт. Пахотный слой опытного участка характеризовался низким содержанием гумуса. Реакция почвенного раствора в 2016 г. была слабокислая, в 2017-2018 гг. – близкая к нейтральной. Обеспеченность подвижными формами фосфора очень высокая, калия – повышенная.

В качестве объекта исследования использовали яровой рапс сорта Ратник и гибрид зарубежной селекции Смилла. При проведении опытов руководствовались общепринятыми рекомендациями для научно-исследовательских учреждений. Схема опыта приведена в таблице 1. Расположение вариантов систематическое в четырехкратной повторности [17]. Учетная площадь делянки второго порядка – 40 м<sup>2</sup>.

Агротехника в опыте соответствовала научной системе земледелия, рекомендованной для Среднего Предуралья [18]. Удобрения вносили вручную перед посевом ярового рапса. Посев культуры осуществляли рядовым способом, поперек делянок с нормой

высева 1,5 млн/га. В опыте применяли однофазную уборку.

Метеорологические условия по годам существенно различались. 2016 год отличался засушливым климатом с повышенным температурным фоном. Малое количество осадков в мае значительно снизило полевую всхожесть семян. В летние месяцы отсутствие осадков при жаркой погоде привело к значительному увеличению числа вредителей, что пагубно сказалось на урожайности ярового рапса. Сложные условия вегетационного периода 2016 г. послужили причиной значительного изреживания сорта Ратник, поэтому учет урожайности проводили только по гибриду Смилла.

2017 год характеризовался прохладной погодой с обильным количеством осадков. Значительное количество влаги способство-

вало обильному цветению, образованию ветвей и стручков, что положительно сказалось на продуктивности растений и увеличило урожайность агроценозов. В 2018 г. погодные условия были близки к средним многолетним значениям.

Таким образом, метеорологические условия существенно влияли на формирование урожайности ярового рапса и эффективность использования культурой элементов минерального питания.

**Результаты.** В связи со значительным изреживанием сорта Ратник в 2016 г. учет урожайности проводили только по гибриду Смилла. Вследствие этого, в таблице 1 урожайность ярового рапса по сорту Ратник приведена за два года исследований, а гибрида Смилла – за три года.

Таблица 1

Урожайность ярового рапса, т/га, среднее 2016-2018 гг.

Сорт (А)	Дозы удобрений (В)	Среднее за три года исследований	Среднее за два года исследований		Среднее по В
Ратник	Без удобрений (к.)		0,40		<b>0,44</b>
	N <sub>30</sub>		0,76		<b>0,78</b>
	N <sub>60</sub>		1,07		<b>1,09</b>
	N <sub>90</sub>		1,41		<b>1,46</b>
	N <sub>120</sub>		1,66		<b>1,77</b>
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		1,74		<b>1,88</b>
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		1,99		<b>2,27</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		2,20		<b>2,55</b>
	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>		2,35		<b>2,66</b>
<b>Среднее по А<sub>1</sub></b>			<b>1,51</b>		
Смилла	Без удобрений (к.)	0,34	0,48		
	N <sub>30</sub>	0,57	0,80		
	N <sub>60</sub>	0,85	1,12		
	N <sub>90</sub>	1,12	1,51		
	N <sub>120</sub>	1,39	1,89		
	N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,49	2,02		
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	1,88	2,55		
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,11	2,90		
	N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	2,10	2,97		
<b>Среднее по А<sub>2</sub></b>		<b>1,32</b>	<b>1,80</b>		
НСР <sub>05</sub>		<b>0,09</b>	фактор А	фактор В	
Главных эффектов			<b>0,18</b>	<b>0,09</b>	
Частных различий			<b>0,55</b>	<b>0,12</b>	

При сравнении двух сортов выявлено, что рапс сорта Ратник уступает по урожайности гибриду Смилла (прибавка урожайности

составила 0,29 т/га). Однако преимущество зарубежного гибрида проявляется лишь при внесении полного комплекса минеральных

удобрений в дозах не менее чем N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Прибавки урожайности при этом составляют от 0,56 до 0,70 т/га.

В среднем за два года урожайность семян обоих сортов увеличивается на 0,34-2,22 т/га при внесении азотных удобрений, причем каждое последующее увеличение дозы азота, в соответствии со схемой опыта, приводит к существенному росту урожайности. Внесение фосфорно-калийных удобрений увеличивало урожайность по всем вариантам в сравнении с аналогичными вариантами без их применения. Наибольшая урожайность по сорту Ратник получена при внесении N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (2,35 т/га). Гибрид Смилла отличался большей экономической эффективностью при использовании высоких доз минеральных удобрений, так как варианты с вне-

сением N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> обеспечили одинаковую урожайность (2,90 и 2,97 т/га соответственно).

Результаты трехлетних исследований гибрида Смилла подтверждают выводы, сделанные по двухлетним данным. Увеличение дозы минеральных удобрений свыше N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> при выращивании зарубежного гибрида является неэффективным приемом.

Маслосемена ярового рапса обоих сортов были проанализированы в лаборатории освоения агрозоотехнологий ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Результаты анализа биохимического состава семян гибрида Смилла, полученные за три года исследований, аналогичны двухлетним данным. Сведения о биохимическом составе семян позволили рассчитать валовой выход жира с 1 га (табл. 2).

Таблица 2

Биохимический состав маслосемян сортов ярового рапса, среднее за 2017-2018 гг.

Варианты	Жир, %	Валовой сбор жира, кг/га	Зола, %	Клетчатка, %	Азот, %	Протеин, %	Валовый сбор протеина, кг/га	
<b>Ратник</b>								
Без удобрений (к.)	40,44	158	4,10	17,52	2,52	15,71	62	
N <sub>30</sub>	41,31	309	4,21	18,87	3,12	19,50	148	
N <sub>60</sub>	42,86	436	4,32	20,58	3,13	19,55	208	
N <sub>90</sub>	43,82	598	4,40	20,45	3,10	19,35	272	
N <sub>120</sub>	44,14	739	4,40	20,45	3,10	19,31	321	
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	44,87	787	4,41	20,60	3,22	20,08	349	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,02	920	4,44	21,00	3,14	19,60	391	
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,22	1062	4,47	21,02	3,14	19,58	431	
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,15	1128	4,46	20,91	3,10	19,39	456	
Среднее по A <sub>1</sub>	<b>44,20</b>	<b>682</b>	<b>4,36</b>	<b>20,15</b>	<b>3,06</b>	<b>19,12</b>	<b>294</b>	
<b>Смилла</b>								
Без удобрений (к.)	40,50	204	4,17	17,23	2,55	15,96	76	
N <sub>30</sub>	41,87	336	4,23	18,87	3,19	19,92	160	
N <sub>60</sub>	42,75	489	4,30	20,29	3,28	20,47	230	
N <sub>90</sub>	43,95	651	4,38	20,51	3,19	19,95	301	
N <sub>120</sub>	44,29	843	4,39	20,67	3,17	19,82	374	
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	45,03	903	4,41	20,36	3,25	20,30	411	
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	46,44	1206	4,45	21,36	3,21	20,07	511	
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,16	1365	4,49	21,23	3,14	19,58	568	
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	47,00	1397	4,26	21,01	3,13	19,52	580	
Среднее по A <sub>2</sub>	<b>44,33</b>	<b>822</b>	<b>4,34</b>	<b>20,17</b>	<b>3,12</b>	<b>19,51</b>	<b>357</b>	
<b>НСР<sub>05</sub></b>								
Гл.эфф.	по А	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	81	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	36
	по В	0,42	39	0,046	0,40	0,06	0,39	17
Частн. разл.	по А	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	244	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	108
	по В	0,59	55	0,051	0,57	0,09	0,56	24

Двухлетними исследованиями выявлено, что по содержанию сырого жира, золы, клетчатки, азота и протеина разницы между сортами нет. С внесением возрастающих доз азотных удобрений наблюдается увеличение содержания жира в семенах. Повышение жирности семян отмечали при внесении азота в дозе до 90 кг/га как в чистом виде, так и на фоне фосфорно-калийного питания (43,89 и 47,19 % соответственно). Дальнейшее увеличение доз азота не оказывало положительного эффекта на рост данного показателя. При внесении полного минерального удобрения отмечается увеличение содержания жира по сравнению с внесением азота в чистом виде.

Аналогичные закономерности наблюдаются по содержанию золы и клетчатки. Зольность в семенах ярового рапса повышается при внесении азотных удобрений по сравнению с контрольным вариантом в среднем на 0,09-0,3%, а содержание клетчатки – на 1,50-3,81 %. Наиболее высокие значения данных показателей отмечаются при внесении дозы азота 90 кг/га как на фоне фосфорно-калийного питания, так и без него.

Наибольший валовой сбор жира обеспечили варианты, выращенные на фосфорно-калийном фоне, и максимальными дозами азота: по сорту Ратник – 1128, по гибриду Смилла – 1365 и 1397 кг жира с 1 га. Таким образом, применение удобрений повышает валовой сбор жира, по сравнению с неудобренными вариантами, в 1,6-7,1 раза. Колебания данного показателя по сортам объясняются разной продуктивностью Ратника и Смиллы. Агротеноры зарубежного гибрида формировали на 140 кг/га жира больше, чем посева сорта российской селекции.

При анализе содержания азота и сырого протеина в семенах ярового рапса выявлено, что наибольшие значения данных показателей отмечаются в вариантах с наименьшими дозами азотных удобрений: 60 кг/га азота в чистом виде и 30 кг/га – в комплексе с фосфором и калием. Однако на валовой сбор сырого протеина с 1 га определяющее влияние оказала урожайность. Наибольшие значения данного показателя при отсутствии фосфорно-калийного фона отмечали при внесении 120 кг/га азота, а при его наличии – с дозой азота 90 кг/га. Применение полного комплекса макроудобрений способствует увеличению выхода сырого протеина с 1 га по сравнению с внесением азота в чистом виде в среднем в 1,5-2,5 раза. Гибрид Смилла обеспечивает на 63 кг/га сырого протеина больше, чем сорт Ратник.

**Выводы.** Наибольшая урожайность по сорту Ратник получена при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{60}K_{60}$ , а по гибриду Смилла –  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (2,35 и 2,9 т/га соответственно). Исследованиями доказано, что поставленная цель достигается при внесении под яровой рапс минеральных удобрений в дозе от  $N_{90}P_{60}K_{60}$  на сорте Ратник и  $N_{30}P_{60}K_{60}$  – для гибрида Смилла. Применение азотных удобрений в дозе менее  $N_{60}P_{60}K_{60}$  не выявило разницы между сортами. Биохимический состав семян ярового рапса не изменяется по сортам. Наибольшее содержание сырого жира, золы и клетчатки отмечено в вариантах с внесением азота в дозе 90 кг/га на фосфорно-калийном фоне. Содержание азота и сырого протеина в семенах ярового рапса было наибольшим при внесении наименьших доз азотных удобрений: 60 кг/га азота в чистом виде и 30 кг/га – в комплексе с фосфором и калием. На валовые сборы сырого жира и протеина значительное влияние оказала урожайность.

#### Литература

1. Артемов И. В. Рапс – масличная и кормовая культура. Липецк: ОАО «Полиграфический комплекс «Ориус», 2005. 144 с.
2. Яровой рапс – перспективная культура для развития агропромышленного комплекса Красноярского края / Е.Н. Олейникова [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 74-79.
3. Comparison of several Brassica species in the north central U: S. for potential jet fuel feedstock / R.W. Gesch [et al.] // Ind. Crops Prod. 2015. V. 75. P. 2-7.

4. Canola growth, production, and quality are influenced by seed size and seeding rate / K.N. Harker [et al.] // Canadian Journal of Plant Science. 2017. V.3 (97). P. 438-448.
5. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: [сайт] [2019] URL:[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (дата обращения: 24.01.2019).
6. Нурлыгаянов Р.Б. Некоторые результаты по программированию урожайности семян ярового рапса в подтаежной зоне Кемеровской области // Сохранение плодородия почв и энергосберегающие технологии производства продукции растениеводства: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. С. 84-87.
7. Мокрушина А.В., Богатырева А.С., Акманаев Э.Д. Влияние доз минеральных удобрений на семенную продуктивность ярового рапса Смилла в условиях Среднего Предуралья // Научная жизнь. 2018. № 5. С. 40-46.
8. Seepaul R., George S., Wright D.L. Comparative response of Brassica carinata and B. napus vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition // Industrial Crops and Products. 2016. V. 94. P. 872-883.
9. Боровко Л. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество семян ярового рапса // Рапс: масло, белок, биодизель: матер. междунар. 23 науч.-практ. конф., Жодино, 25-27 сентября 2006 г. Минск: ИВЦ Минфина, 2006. С. 83-90.
10. Schroder G. Raps hat hohe Ansprüche // Neue Landwirtschaft. 1992. No. 7. P. 43-45.
11. Sturm H., Buchner A., Zerula W. Gezielter dungen. Integriert wirtschaftlich, umweltgerecht. Frankfurt: DLG - Verlag, Verlags – Union Agrar, 1994. 471 p.
12. Каримов А.З., Хисматуллин М.М., Сафиоллин Ф.Н. Эффективность взаимодействия макроудобрений и микроудобрительно-стимулирующего состава Изагри форс на посевах гибридного ярового рапса Сальса в почвенно-климатических условиях республики Татарстан // Основные проблемы сельскохозяйственных наук. 2015. Вып. II. С. 25-28.
13. Кузнецова Г.Н. Изучение некоторых элементов технологии возделывания рапса ярового в южной лесостепи западной Сибири // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2010. № 2. С. 1-3.
14. Вафина Э.Ф., Хакимов Е.И. Реакция ярового рапса Аккорд на удобрения урожайностью и качеством семян // Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 40-47.
15. Маковеева Н.Н. Продуктивность и качество семян ярового рапса при использовании средств защиты // Аграрный вестник Урала. 2008. № 4. С. 13-18.
16. Николаева Н.А., Степичева Н.В., Козлов В.А. Изменение физико-химических характеристик рапсового масла в зависимости от сроков вызревания семян и агротехнических факторов в условиях Нечерноземья // Химия растительного сырья. 2005. № 2. С. 35-40.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Колос, 1985. 336 с.
18. Акманаев Э.Д. Инновационные технологии в агробизнесе: учебное пособие / Э.Д. Акманаев; под общ. ред. Ю.Н. Зубарева, С.Л. Елисеева, Е.А. Ренева. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. 335 с.

## EFFECT OF MINERAL FERTILIZERS ON SEED PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF SPRING RAPE VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE PREDURALIE

**A. V. Mokrushina**, Post-Graduate Student;  
**A. S. Bogatyрева**, Cand. Agr. Sci., Associate Professor;  
**E. D. Akmanaev**, Cand. Agr. Sci., Professor,  
 Perm State Agro-Technological University  
 23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia  
 E-mail: [akmanaev@mail.ru](mailto:akmanaev@mail.ru)

### ABSTRACT

The article presents the results of two-factor field experiment on the effect of mineral fertilizers on seed productivity and biochemical composition of the Ratnik spring rape variety and the Smilla hybrid of foreign selection. In 2016-2018, the research was carried out on sod-fine podzolic heavy loamy soil of the scientific and training experimental field of the Perm SATU. Biochemical analysis of seeds was

carried out in the Laboratory of Agrozootechnologies Development of the Perm SATU. The response of both varieties to the introduction of ascending doses of nitrogen fertilizers as well as the use of full mineral complex was positive. Each subsequent escalation of nitrogen dose according to the experimental design led to a significant increase in yield capacity. Application of phosphorus-potassium fertilizers increased yield capacity in all variants in comparison with similar variants without the application. The highest yield capacity was observed in the Smilla hybrid (2.95 t/ha), the maximum yield capacity in the Ratnik variety was 2.32 t/ha. Significant difference in biochemical composition of seeds between the varieties was not detected. Ascending doses of nitrogen fertilizers contributed to increase in the content of crude fat, ash, and fiber. The highest content of crude protein and nitrogen was observed when 30-60 kg/ha of nitrogen were applied both in pure form and together with phosphorus-potassium nutrition. The Smilla hybrid exceeded the Ratnik variety in gross collection of crude fat and protein by 140 and 63 kg/ha, respectively. The highest yield capacity, gross collection of crude fat and protein were formed by agrocenosis grown on phosphorus-potassium ground with nitrogen dose of 120 kg/ha for the Ratnik variety and 90 kg/ha for the Smilla hybrid.

*Key words: spring rape, fertilizers, yield capacity, biochemical composition, gross collection, fat, protein.*

#### References

1. Artemov I. V. Raps – maslichnaya i kormovaya kul'tura (Rape – oil and forage crop), Lipetsk, OAO «Poligraficheskii kompleks «Orius», 2005, 144 p.
2. Yarovoi raps – perspektivnaya kul'tura dlya razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Krasnoyarskogo kraja (Spring rape – a promising crop for development of Agro-Industry of the Krasnoyarsk Krai), E.N. Oleinikova [i dr.], Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2019, No. 1, pp. 74-79.
3. Comparison of several Brassica species in the north central U: S. for potential jet fuel feedstock, R.W. Gesch [et al.], Ind. Crops Prod., 2015, V. 75, pp. 2-7.
4. Canola growth, production, and quality are influenced by seed size and seeding rate, K.N. Harker [et al.], Canadian Journal of Plant Science, 2017, V.3 (97), pp. 438-448.
5. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo khozyaistva (The bulletins on the state of agriculture) (elektronnye versii) [Elektronnyi resurs], Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki, [sait] [2019] URL:[http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1265196018516](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1265196018516) (data obrashcheniya: 24.01.2019).
6. Nurlygayanov R.B. Nekotorye rezul'taty po programmirovaniyu urozhainosti semyan yarovogo rapsa v podtaezhnoi zone Kemerovskoi oblasti (Some results on programming the seed yield capacity of spring rape in the Subtaiga Zone of the Kemerovo Oblast), Sokhranenie plodorodiya pochv i energosberegayushchie tekhnologii proizvodstva produktsii rastenievodstva, mater. Vseros. nauch.-prakt. konf., Ufa, Bashkirskii GAU, 2016, pp. 84-87.
7. Mokrushina A.V., Bogatyreva A.S., Akmanaev E.D. Vliyanie doz mineral'nykh udobrenii na semennuyu produktivnost' yarovogo rapsa Smilla v usloviyakh Srednego Predural'ya (Effect of mineral fertilizer doses on seed productivity of the Smilla spring rape in the conditions of the Middle Preduralie), Nauchnaya zhizn', 2018, No. 5, pp. 40-46.
8. Seepaul R., George S., Wright D.L. Comparative response of Brassica carinata and B. napus vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition, Industrial Crops and Products, 2016, V. 94, pp. 872-883.
9. Borovko L. Vliyanie mineral'nykh udobrenii na produktivnost' i kachestvo semyan yarovogo rapsa (Effect of mineral fertilizers on productivity and quality of spring rape seeds), Raps: maslo, belok, biodizel', mater. mezhdunar. 23 nauch.-prakt. konf., Zhodino, 25-27 sentyabrya 2006 g., Minsk, IVTs Minfina, 2006, pp. 83-90.
10. Schroder G. Raps hat hohe Anspruche, Neue Landwirtschaft, 1992, No. 7, pp. 43-45.
11. Sturm H., Buchner A., Zerula W. Gezielter dungen. Integriert wirtschaftlich, umweltgerecht, Frankfurt, DLG - Verlag, Verlags – Union Agrar, 1994, 471 p.
12. Karimov A.Z., Khismatullin M.M., Safiollin F.N. Effektivnost' vzaimodeistviya makroudobrenii i mikroudobritel'no-stimuliruyushchego sostava Izagri fors na posevakh gibridnogo yarovogo rapsa Sal'sa v pochvenno-klimaticheskikh usloviyakh respubliki Tatarstan (Efficiency of interaction of macrofertilizers and the Izagri Force microfertilizing and stimulating composition in the sowings of the Salsa hybrid spring rape in the soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan), Osnovnye problemy sel'skokhozyaistvennykh nauk, 2015, Vyp. II, pp. 25-28.
13. Kuznetsova G.N. Izuchenie nekotorykh elementov tekhnologii vzdelyvaniya rapsa yarovogo v yuzhnoi lesostepi zapadnoi Sibiri (Investigation of some elements of cultivation technology of spring rape in the southern forest-steppe of the

Western Siberia), Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskii byulleten' Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur, 2010, No. 2, pp. 1-3.

14. Vafina E.F., Khakimov E.I. Reaktsiya yarovogo rapsa Akkord na udobreniya urozhainost'yu i kachestvom semyan (Respond of the Akkord spring rape to fertilizers by yield capacity and quality of seeds), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 4 (24), pp. 40-47.

15. Makoveeva N.N. Produktivnost' i kachestvo semyan yarovogo rapsa pri ispol'zovanii sredstv zashchity (Productivity and quality of spring rape seeds under protective means), Agrarnyi vestnik Urala, 2008, No. 4, pp. 13-18.

16. Nikolaeva N.A., Stepycheva N.V., Kozlov V.A. Izmenenie fiziko-khimicheskikh kharakteristik rapsovogo masla v zavisimosti ot srokov vyzrevaniya semyan i agrotekhnicheskikh faktorov v usloviyakh Nechernozem'ya (Change in physico-chemical characteristics of rape oil depending on the period of seed maturation and agrotechnical factors in the conditions of Non-Chernozem Zone), Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2005, No. 2, pp. 35-40.

17. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta (Field trial method), Moskva, Kolos, 1985, 336 p.

18. Akmanaev E.D. Innovatsionnye tekhnologii v agrobiznese (Innovative technologies in agro-business), uchebnoe posobie, E.D. Akmanaev, pod obshch. red. Yu.N. Zubareva, S.L. Eliseeva, E.A. Reneva, M-vo s.-kh. RF, FGBOU VPO Permskaya GSKhA, Perm', FGBOU VPO Permskaya GSKhA, 2012, 335 p.

УДК 633.853.52 (571.12)

## РЕЗУЛЬТАТЫ СОРТОИСПЫТАНИЯ СОИ КРАСНООБСКАЯ В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ

**А. Н. Созонова**, аспирант,

E-mail: yagovkina-anastasiya@mail.ru;

**А. С. Иваненко**, профессор, доктор с.-х. наук,

E-mail: ivanenkove@mail.ru,

ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья»,  
ул. Республики, 7, Тюмень, Россия, 625003

*Аннотация.* В 2016 г. на государственное испытание в НИИСХ Северного Зауралья был передан сорт сои Краснообская, созданный селекционерами НИИСХ СЗ – филиала ТюмНЦ СО РАН (Тюменская обл.) и СФНЦА РАН (Новосибирская обл.). Он был охарактеризован авторами как скороспелый, урожайный, устойчивый к растрескиванию бобов, устойчивый к полеганию, короткостебельный, с высоким содержанием протеина и жира в семенах. Нами проведены исследования на опытном поле агротехнологического института Государственного аграрного университета Северного Зауралья этого сорта вместе с другими скороспелыми сортами сои из Сибирской и Европейской России. За 2016-2018 гг. сорт действительно показал себя скороспелым, ежегодно вегетационный период его был менее 100 суток, он не полегал, был короткостебельным, бобы его растрескивались мало, нижние бобы прикреплены к стеблю на высоте 9 см, что удобно для механизированной уборки. Болезнями и вредителями сорта не повреждались. Урожайность Краснообской была выше сорта стандарта на 5,1 ц/га, или на 32,9 %. Масса 1000 семян средняя, на уровне других крупносеменных сортов – 153 г, натура семян была сравнима с другими крупносеменными сортами: СибНИИК 315 и Омская 4. Содержание жира в семенах сорта сои Краснообская было на уровне сорта – стандарта, содержание протеина превысило сорт-стандарт на 5% – 40,4 %, но практически одинаковое с другими скороспелыми сор-

тами. Новый сорт по урожайности, длине вегетационного периода, содержанию жира и протеина пригоден для возделывания в Зауралье и Западной Сибири наравне с другими скороспелыми сортами.

*Ключевые слова:* Тюменская область, соя, сорт, скороспелость, местная селекция, урожайность, качество семян.

**Введение.** Благодаря успехам селекции белково-масличная культура соя постепенно проникает во всё новые регионы России. В регионы южной Сибири сою завезли ещё в 1930-е годы [1], но в Тюменской области её стали сеять на заметных площадях только с 2012 года. Конечно, вначале испытывали сорта нерайонированные, выбирая из них наиболее адаптивные к условиям лесостепи области, которая располагается между 55°10' с.ш. и 57°30' с.ш., 120 – 150 км с севера на юг и на 550 км с запада на восток [4, 6].

В северной лесостепи Тюменской области короткий вегетационный период. Для сортов сои он должен быть не более 100 суток, а лучше – 90-95 суток, что обусловлено невысокой температурой воздуха в августе – сентябре, частой нехваткой влаги в почве, высокой относительной температурой и влажностью воздуха в конце лета – начале осени, которая сдерживает созревание семян и подсыхание стеблей. Летом у нас очень длинный световой день – до 18 часов в июне, потому считающиеся на юге скороспелые сорта у нас становятся позднеспелыми. Известно, что на каждые два градуса географической широты местности необходимы свои сорта [1-5]. Мы в своих опытах испытывали только сорта, отселектированные между 55 и 57° с.ш., чтобы избежать сильного проявления фотопериодической реакции сортов. К сожалению, в этом географическом поясе мало селекционеров, работающих с соей, потому и новые сорта появляются не часто.

В 2016 г. на государственное испытание в НИИСХ Северного Зауралья был передан сорт сои Краснообская, созданный селекционерами НИИСХ СЗ – филиала ТюмНЦ СО РАН (Тюменская обл.) и СФНЦА РАН (Новосибирская обл.). Нами проведены иссле-

дования с данным сортом в 2016-2018 гг. на опытном поле агротехнологического института Государственного аграрного университета Северного Зауралья, расположенного в пос. Рошино, Тюменского района на землях учхоза ГАУ СЗ.

*Цель работы* – изучить новый сорт сои Краснообская в сравнении с сортом-стандартом Омская 4 и другими скороспелыми сортами: Касатка, Черя 1, СибНИИК 315.

**Методика.** Опыты закладывали по методике государственного сортоиспытания [7]. Учётная площадка делянок 15 м<sup>2</sup>, расположение их систематическое, повторность 4-кратная. Почва – чернозём выщелоченный, маломощный, тяжёлосуглинистый. Предшественник – картофель. Обработка почвы – типичная в зоне лесостепи. Ежегодно под весеннюю культивацию вносили методом врезания дисковой сеялкой аммофоску в дозе 1 ц/га – это по 16 кг/га NPK. Сеяли сеялкой ССФК-10. Прополку проводили вручную. Срок посева – вторая половина мая, когда на глубине посева сои – 4-5 см – устанавливается температура 10-15°С, необходимая для быстрого прорастания семян. Норма высева – 800 тыс. всхожих семян на гектар. Уборку осуществляли прямым комбайнированием в фазе полной твёрдой спелости семян, их очищали, высушивали, урожай пересчитывали на 100 %-ную чистоту и 14 %-ную влажность [7].

Сорт – стандарт Омская 4, районированный в области с 2008 г. Кроме Краснообской, высевали ещё скороспелые сорта: Касатка, Черя1, и в 2017 и 2018 гг. – СибНИИК 315. Во время вегетации сои проводили все запланированные по методике наблюдения и учёты.

По описанию авторов сорта, Краснообская – сорт скороспелый с вегетационным



периодом 79-95 суток. Сорт зернового использования, среднесемянный, урожайный – максимальная урожайность 24,2 ц/га, что для Сибири очень хорошо. Сорт короткостебельный, потому не полегает, бобы устойчивы к растрескиванию [8].

По морфологическим признакам сорт относится к маньчжурскому подвиду сои. Кусты прямостоячие, верхушка стеблей прямая или слегка завивающаяся. Стебли, бобы и листья покрыты рыжеватым опушением. Высота прикрепления нижнего боба 11-20 см. Листья крупные, облиственность до 52 %, листочки шарокояйцевидные, заостренные. Соцветие – пазушная кисть с 2-6 цветками, окраска венчика цветка – фиолетовая. Бобы длиной до 4 см, слабоизогнутые, число семян в бобе – 1-3. Семена овально-приплюснутые, оболочка и семядоли жёлтые, рубчик коричневый, крупный.

Сорт сои Краснообская был испытан на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья соавторами сорта О.А. Вьюшиной и Е.П. Ренёвым [8]. По результатам исследований в условиях северной лесостепи Тюменской области новый сорт сои Краснообская ско-

ропелого типа созревания показал удовлетворительные результаты по морфологии развития растений, продуктивности и качеству семян. Прикрепление нижнего боба выше на 1,1 см, чем у сорта СибНИИК 315, содержание белка в зерне сои Краснообская в среднем за два года составило 34,0 %, выше стандарта на 2,2 %, жира – 19,6 % – на уровне стандарта. Урожайность сорта за два года исследований превышала стандарт СибНИИК 315 в среднем на 0,08 т/га или на 10,6 %.

Погодные условия в годы постановки наших опытов представлены на рисунках 1 и 2, в сравнении со среднемноголетними данными по зоне лесостепи, полученными метеостанциями Тюменского ЦГМС.

В годы проведения опытов температура воздуха в период роста и развития сои была благоприятной, а в сентябре она даже превышала климатическую норму в отдельные декады. За три года сумма осадков соответствовала норме лишь – в 2017 г. самым сухим был вегетационный период 2016 г., когда осадков выпало на 50 мм меньше нормы.

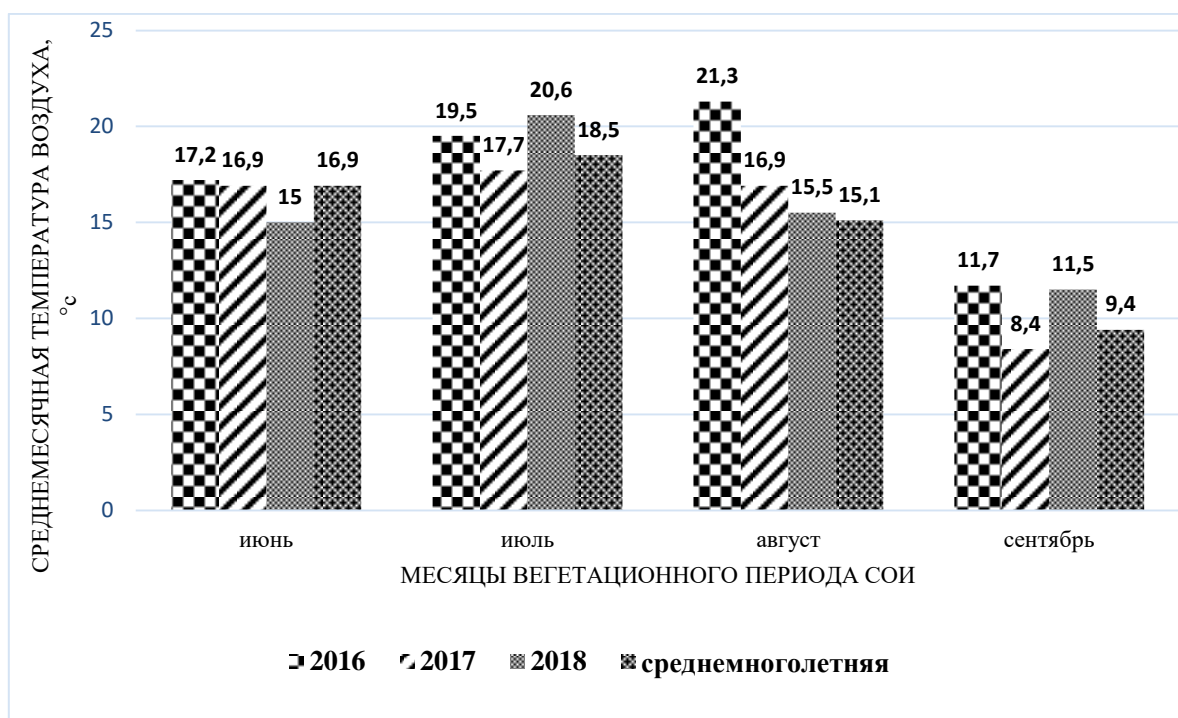


Рис. 1 Среднемесячная температура воздуха (°C) в период вегетации сои, Тюмень, 2016-2018 гг.

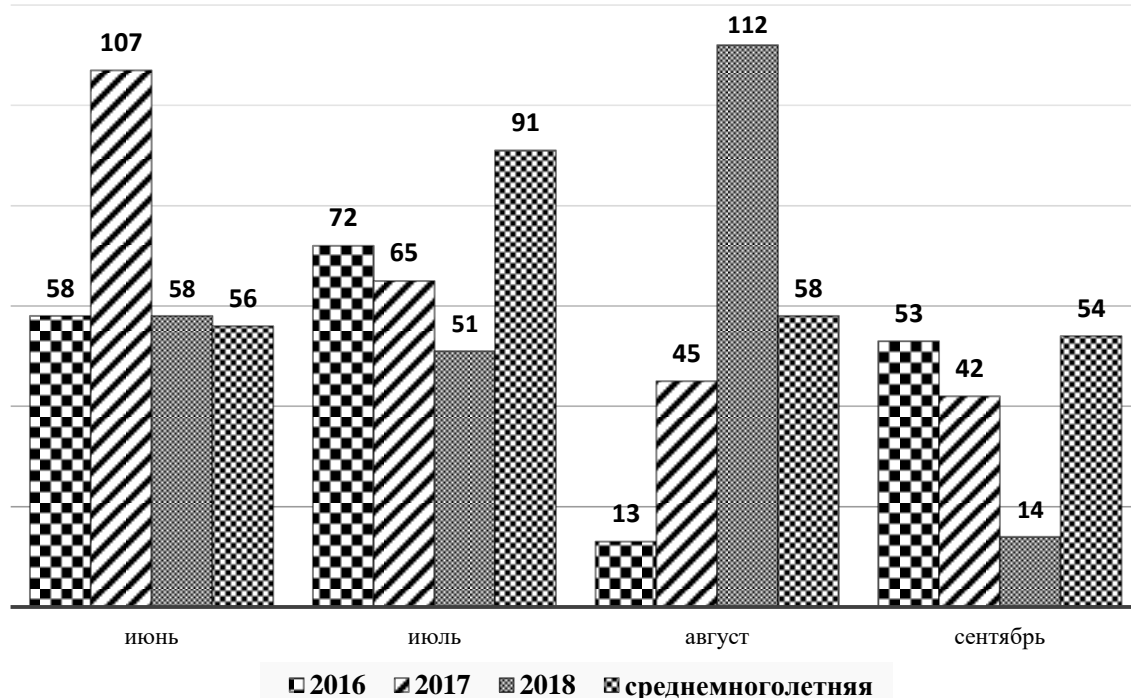


Рис. 2 Количество осадков (мм) в период вегетации, Тюмень, 2016-2018 гг.

В годы проведения опытов не было раннелетних заморозков на грани I и II декад июня, что характерно для лесостепной зоны, и раннеосенних – в конце августа – начале сентября. Единичные ночные заморозки силой до  $-0,5-1,5$  °C не нанесли вреда растениям и семенам. Сорта успели созреть есте-

ственным путём без использования десикантов.

**Результаты.** Наблюдения за динамикой стеблестоя в посевах в течение вегетационного периода показали, что полевая всхожесть, число сохранившихся к уборке растений и их выживаемость довольно высокие (табл. 1).

Таблица 1

Показатели динамики стеблестоя в посевах сои (2016-2018 гг.)

Показатели	Омская 4	Краснообская	Чера 1	Касатка	СибНИИК 315
Число всходов, шт./м <sup>2</sup>	77	70	75	67	74
Полевая всхожесть, %	96	87	94	83	93
Число растений перед уборкой, шт./м <sup>2</sup>	60	57	64	56	67
Сохранилось растений к уборке, шт./м <sup>2</sup>	79	83	85	83	92
Выживаемость, %	75	72	80	70	84

Полевая всхожесть была у всех сортов в интервале 83-96 %, сохранилось к уборке от 79 до 92 шт./м<sup>2</sup>, выживаемость растений за вегетацию -70-84 %. Показатели Краснообской были не хуже, чем у других изучаемых сортов сои.

Фенологические наблюдения (табл. 2) показали, что все сорта росли и развивались

одинаковыми темпами до бутонизации, о чём свидетельствует одновременное наступление фаз всходов, образования примордиальных и тройчатых листьев, начало ветвления. Различия между сортами проявляются в репродуктивную часть вегетационного периода, после бутонизации. Средняя дата посева сои 25 мая.

Таблица 2

Даты наступления фенологических фаз, 2016-2018 гг.

Сорта	Всходы полные	1-й простой лист	1-й тройчатый лист	Бутонизация	Начало цветения	Полное цветение	Образ. 1-х бобов	Конец цветения	Начало осыпания листьев сои	Уборочная спелость	Длина вегетационного периода, сут.
Омская 4 (st)	08.06	09.06	20.06	05.07	13.07	25.07	23.07	04.08	30.08	18.09	102
Краснообская	08.06	09.06	20.06	05.07	10.07	24.07	19.07	02.08	29.08	11.09	95
Чера 1	08.06	09.06	20.06	05.07	10.07	24.07	20.07	01.08	28.08	11.09	95
Касатка	08.06	09.06	20.06	05.07	10.07	24.07	17.07	25.07	26.08	08.09	92

Всходы появляются в конце первой декады июня, на следующие сутки к позеленевшим разросшимся вегетирующим семядолям на помощь развёртывается пара примордиальных простых листьев, а через 9 суток появляются первые настоящие тройчатые листья, начинается ветвление стеблей: зачатки боковых веточек появляются из пазухи семядолей, примордиальных и одного – двух тройчатых листьев; соя у нас сильно не ветвится, в среднем образует 1-3 веточки на растение.

В середине первой декады июля соя образует бутоны в пазухах второго-третьего настоящего листа, и постепенно они опускается вниз – в пазухи 1-го тройчатого и примордиального листа, а также вверх, к новым листьям. До этой фазы все сорта развивались и росли одновременно.

С даты начала цветения уже начинается разделение сортов: более поздняя Омская 4 зацветает на 2-3 суток позднее остальных сортов. В последующем отставание Омской 4 сохраняется до наступления полной спелости, которая у этого сорта в среднем наступа-

ет 18 сентября, а у Краснообской и Чера 1 – на 7 суток (неделю) раньше, у самого скороспелого сорта Касатка – на 10 суток раньше. Новый сорт Краснообская подтвердил свою скороспелость, она у него такая же, как и у сорта СибНИИК 315.

Краснообская имеет невысокий прочный стебель, который в годы исследований не полегал, у него не было повторного роста в длину после обильных осадков в августе, в отличие от Омской 4. Остальные скороспелые сорта сои вели себя так же, как Краснообская. Болезнями и вредителями сорт не повреждался, хотя Омская 4 повреждалась пероноспорозом в очень слабой степени.

Результаты структурного анализа растений разных сортов представлены в таблице 3.

При проведении структурного анализа соя сорта Краснообская в среднем за три года сформировала растения высотой 68 см, высота прикрепления нижнего боба – 9 см, ниже стандарта на 1 см, число бобов на одном растении было несколько больше, чем у стандарта.

Таблица 3

Структура растений у сортов сои, 2016-2018 гг.

Сорт	Высота растения, см	Число боковых веток, шт.		Высота прикрепления нижнего боба, см	Число бобов на растении, шт.	Число узлов на стебле, шт.	
		всего	в т.ч. с бобами			всего	в т.ч. с бобами
Омская 4 (st)	84	2	1	10	19	10	8
Краснообская	68	2	2	9	23	9	8
Чера 1	72	1	1	10	24	10	8
Касатка	61	3	2	8	26	10	8
СибНИИК 315	71	2	2	9	19	9	8

Урожайность сортов в перерасчёте на показатели качества представлены в таблице 4.

Таблица 4

Урожайность и качество семян сои скороспелых сортов, 2016-2018 гг.

Сорт	Урожайность, ц/га		Масса 1000 семян, г	Натура, г/л	Содержание, % на АСВ	
	средняя	интервал			жира	протеина
Омская 4 (st)	15,5	14,6-16,8	150	737	18,3	44,5
Краснообская	20,6	15,3-29,0	153	741	17,7	40,4
Чера 1	22,2	14,9 -33,6	140	750	17,8	39,3
Касатка	21,0	16,0-27,6	135	748	17,9	39,8
СибНИИК 315	21,5	16,1-29,9	166	730	17,8	41,2

Урожайность скороспелых сортов сои выше 20 ц/га и мало различается у разных сортов. Сорт – стандарт Омская 4, хотя и более позднеспелый, но оказался низкоурожайным по сравнению с раннеспелыми. Минимальная и максимальная урожайность у ранних сортов сильно различаются, это свидетельствует об их низкой стабильности, и это даёт им возможность продуктивно использовать создавшиеся благоприятные условия среды в год посева. У Омской 4 высокая стабильность, она в разных условиях формирует равную урожайность, плохо использует благоприятные условия в годы выращивания.

Масса 1000 семян была средней у всех сортов, более 150 г, но у мелкосемянных сортов Касатки и Чера 1 была ниже на 10-15 г. Натура – масса семян в объёме одного литра – у крупносемянных сортов была низкой – 741 г и ниже, у мелкосемянных – Чера 1 и Касатки: выше на 12-13 г/л.

Содержание жира в семенах определяли на ЯМР-анализаторе АВМ-1006, протеина – по Кьельдалю (табл. 4). По содержанию жира сорта почти не отличаются от стандарта. Протеина больше всего содержалось в семенах Омской 4, у скороспелых сортов протеина было в семенах существенно меньше. Поэтому показателю сорта почти не различались между собой, разница составляла доля процентов.

В целом раннеспелые сорта сои, в том числе Краснообская, накапливали в семенах протеина не меньше, чем в Краснодарском крае – 40-41 %, а сорт – стандарт Омская 4 ежегодно накапливал много протеина, в среднем за три года накопилось 45,3 %. Жир в семенах сортов, выращенных в лесостепи Тюменской области, содержалось 17-18 %. Это меньше на 4-5 %, чем в семенах сои, выращенной на Кубани (22-24 %) [9]. Это понятно: жир в семенах образуется в конце вегетационного периода, а он у нас короткий, и семена просто не успевают создать больше жира [10].

**Выводы.** Испытание сорта Краснообская в течение трёх лет (2016-2018 гг.) показали, что он действительно может быть отнесён к скороспелым. Кроме того, по урожайности семян сорт сои Краснообская практически не отличается от других скороспелых сортов – Касатки, Черы 1 и СибНИИК 315, превосходит сорт-стандарт на 5,1 ц/га, или на 32,9 %. По показателям качества (масса 1000 семян, натура) Краснообская находится на уровне других сортов. Содержание протеина и жира в семенах Краснообской довольно высокое, как и у других скороспелых сортов, но ниже стандарта Омская 4. Сорт Краснообская вполне можно выращивать в лесостепи Тюменской области как и традиционный скороспелый сорт СибНИИК 315, распространённый в Сибири и Зауралье.

## Литература

1. Соя в Западной Сибири / Н. И. Кашеваров [и др.]. Новосибирск: Юпитер, 2004. 256 с.
2. Созонова А. Н., Иваненко А. С. Производство сои в России, Зауралье и Тюменской области // Второй Междунар. форум "Зернобобовые культуры, развивающееся направление в России", 18-20 июля 2018 г. Омск: Полиграфический центр КАН, 2018. С. 155-160.
3. Eberhart S. A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties // Ctop. sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36-40.
4. Holmberg S. A. Soybeans for cool temperate climates // Agri Hortique Genetica. 1973. Vol. XXXI. P. 1-20.
5. Finlay K. W., Wilkinson Z. H. The analysis of adaptation in a plantbreeding program // Aust. F. Agril. Rus. 1964. № 4. P. 742-754.
6. Oncia S., Vulcanescu L. Researches on the influence of the climatic factors at the maize and soybean culture, in the 1999-2003 periods // Bui. Univ. st. agr. si med. vet., Cluj-Napoca. Ser. Hart. 2004. P. 466.
7. Методика государственного испытания с.-х. культур. М.: Сельхозиздат, 1963. 196 с.
8. Ренев Е. П., Вьюшина О. А. Новый сорт сои Краснообская в условиях Северного Зауралья // Вестник Казанского ГАУ. 2018. № 1 (48). С. 49-52.
9. Демченко А. Отечественная селекция сои: новые сорта и уникальные научные методы // Аграрная политика. 2018. № 9. С.32-37.
10. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Под ред. Н. Н. Третьякова. М.: КолосС, 2005. 640 с.

## THE SORT TESTING RESULTS OF KRASNOOBSKAYA SOYBEAN IN THE NORTHERN TRANS-URALS

**A. N. Sozonova**, graduate student,

E-mail: yagovkina-anastasiya@mail.ru;

**A. S. Ivanenko**, Dr. Agr. Sci., prof.,

E-mail: ivanenkove@mail.ru,

FSBEI HE "Northern Trans-Urals State Agricultural University",

7 Respubliki St., Tyumen, 625003, Russia

### ABSTRACT

In 2016, the soybean sort Krasnoobskaya, created by the breeders of the Research Institute of Agriculture of the Northwestern Branch of the TyumSC SB RAS branch (Tyumen region) and SFNTSA RAS (Novosibirsk region), was transferred to the state testing in the Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals. It was described by the creators as early maturing, fruitful, resistant to cracking of beans, resistant to lodging, short stem, with a high content of protein and fat in the seeds. We have conducted researches of this sort, together with other early ripening soybean sorts from Siberian and European Russia on the experimental field of the Agro-technological Institute of the Northern Trans-Urals State Agricultural University. For 2016-2018 the sort indeed proved itself to be early ripening, its annual growing season was less than 100 days, it did not lodge, was short stem, its beans did not much crack, the lower beans attached to the stem at a height of 9 cm, which is convenient for mechanized harvesting. Diseases and pests did not damage the sorts. The yield of Krasnoobskaya soybean was higher than the standard sort by 5.1 q / ha, or by 32.9%. The weight of 1000 seeds is average, at the level of other high-seed sorts – 153 g, the nature of the seeds was comparable to other large-seeded sorts: SibNIIK 315 and Omskaya 4. The fat content in seeds of the soybean sort Krasnoobskaya was at the level of the sort - standard, the protein content exceeded the standard sort at 5% - 40.4%, but almost the same with other early ripening sorts. The new sort in yield, length of the growing season, fat content and protein is suitable for cultivation in the Trans-Urals and Western Siberia, along with other early ripening sorts.

*Key words: Tyumen region, soybean, sort, precocity, local selection, yield, seed quality.*

## References

1. Soya v Zapadnoi Sibiri (Soybean in Western Siberia), N.I. Kashevarov [i dr.], Novosibirsk, Yupiter, 2004, 256 p.
2. Sozonova A.N., Ivanenko A.S. Proizvodstvo soi v Rossii, Zaural'e i Tyumenskoj oblasti (Soybean production in Russia, the Trans-Urals and the Tyumen region), Vtoroi Mezhdunar. forum "Zernobobovye kul'tury, razvivayushcheesya napravlenie v Rossii", 18-20 iyulya 2018 g., Omsk: Poligraficheskii tsentr KAN, 2018, pp. 155-160.
3. Eberhart S.A., Russell W.A. Stability parameters for comparing varieties, Ctop. sci., 1966, Vol. 6, No. 1, pp. 36-40.
4. Holmberg S.A. Soybeans for cool temperate climates, Agri Hortique Genetica, 1973, Vol. XXXI, pp. 1-20.
5. Finlay K.W., Wilkinson Z.H. Fhe analysis of adaptation in a plantbreeding program, Aust. F. Agril. Rus., 1964, No. 4, pp. 742-754.
6. Oncia S., Vulcanescu L. Researches on the influence of the climatic factors at the maize and soybean culture, in the 1999-2003 periods, Bui. Univ. st. agr. si med. vet., Cluj-Napoca. Ser. Hart., 2004, pp. 466.
7. Metodika gosudarstvennogo ispytaniya s.-kh. kul'tur (Methods of state testing of agricultural crops), M., Sel'khozizdat, 1963, 196 p.
8. Renev E.P., V'yushina O.A. Novyi sort soi Krasnoobskaya v usloviyakh Severnogo Zaural'ya (New soybean variety Krasnoobskaya in the conditions of the Northern Zauralye), Vestnik Kazanskogo GAU, 2018, No. 1 (48), pp. 49-52.
9. Demchenko A. Otechestvennaya selektsiya soi: novye sorta i unikal'nye nauchnye metody (Domestic selection of soybeans: new varieties and unique scientific methods), Agrarnaya politika, 2018, No. 9, pp. 32-37.
10. Fiziologiya i biokhimiya sel'skokhozyaistvennykh rastenii (Physiology and biochemistry of agricultural plants), Pod red. N.N. Tret'yakova, M., KolosS, 2005, 640 p.

УДК 631.47:633.85.494

## ВЛИЯНИЕ ФОРМ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СЕМЯН РАПСА ЯРОВОГО

**А. М. Хайруллин;**

**Ф. Я. Багаутдинов**, д-р биол. наук, профессор;

**Р. Р. Гайфуллин**, д-р с.-х. наук, доцент;

**А. В. Валитов**, канд. с.-х. наук; **Б. Г. Ахияров**, канд. с.-х. наук,

ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ,

ул. 50-летия Октября, д. 34, Уфа, Россия, 450001

E-mail: [Valit\\_84@mail.ru](mailto:Valit_84@mail.ru)

*Аннотация.* Представлены результаты исследований по изучению влияния форм азотных удобрений на формирование урожайности и биохимического состава семян ярового рапса сорта Юбилейный. Полевые опыты и лабораторные исследования проводили в 2016-2018 гг. в Учебно-научном центре ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет. Изучаемые азотные удобрения, в сравнении с контролем, повышали урожайность семян рапса на 0,38-0,54 т/га, или на 24-34% при урожайности на контроле 1,58 т/га. Доля азота в приросте урожайности рапса составляет 24,0-34% от суммарного действия полного минерального удобрения (NPK) в зависимости от форм удобрений. Исследования эффективности применения азотных удобрений выявили существенное варьирование окупаемости 1 кг действующего вещества (д.в.) азота урожаем рапса – 6,3-9,0 кг. Вариант с внесением сульфата аммония показал более высокую окупаемость одного килограмма действующего вещества азота прибавками

урожая семян в сравнении с вариантами с мочевиной и аммиачной селитрой – 9,0; 7,7; 6,3 кг соответственно. При выращивании рапса на фоне фосфорно-калийных удобрений (контроль) содержание жира в семенах было наименьшим – 39,90 %, внесение аммиачной селитры и мочевины способствовало увеличению содержания жира – 40,80; 40,92 % соответственно. Внесение сульфата аммония увеличило содержание жира на 1,42 % (41,32 %). Валовой сбор жира с единицы площади возрастал за счет урожайности семян и увеличения массовой доли жира в зависимости от применяемых азотных удобрений. Валовой сбор жира по вариантам опыта составил 0,80-0,88 т/га, в контроле – 0,63 т/га, увеличение в сравнении с контролем – на 27-39 %. Условно чистая прибыль при внесении сульфата аммония составила 11,33 тыс. руб./га, мочевины – 10,27 тыс. руб./га, аммиачной селитры – 9,4 тыс. руб./га

*Ключевые слова:* чернозем выщелоченный, рапс яровой, качество, питание растений, сырой протеин, жир.

**Введение.** Использование азота как источника питания растений в земледелии всех стран в мире является главенствующим фактором в связи с его ведущей ролью в повышении урожайности и улучшении качества продукции сельскохозяйственных культур. Проблемы оптимизации минерального питания сельскохозяйственных растений путем регулирования азотного режима почв как за счет агротехнологических приемов, так и активного использования органических и минеральных удобрений, биологического азота и других его источников является сегодня актуальным и злободневным [1, 2]. Среднегодовой объем производства минеральных удобрений в России достиг более 18, 3 млн т д.в., в том числе азотных – 8,2 млн т д.в., что составляет около 7,5 % от мирового уровня их производства, однако внутри страны применяют только 1,4 млн т или 17 %. При этом следует учитывать, что применение азотных удобрений в мире составляет 50-60 % от всего внесенного количества NPK. Применение минеральных удобрений в России и исследуемом регионе составляет 20-30 кг д.в./га. При этом в земледелии России и Республики Башкортостан имеется явно отрицательный баланс азота, дефицит азота в пахотных почвах России достиг до 715 кг на 1 га посевной площади [3-5].

Азот из почвы поглощается корнями растений в форме катиона аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) и нитратного аниона ( $\text{NO}_3^-$ ). Предпочтительность использования растениями разных

форм минерального азота зависит от ряда условий: почвенно-экологических, видов, сортов растений, химического состава, доз азотных удобрений, pH и ионного состава среды, наличия достаточного количества органических кислот, способных связывать аммиак, температуры и др. [6-10]. Все эти факторы необходимо учитывать при разработке системы удобрения рапса ярового. Качество урожая зависит от формы использованного азота при возделывании сельскохозяйственных культур. При аммиачном питании усиливается восстановительная способность растительной клетки, что способствует синтезу восстановленных органических соединений (жиров). При внесении нитратных удобрений преобладает окислительная способность клетки с большим образованием органических кислот (лимонная, щавелевая).

Проведенными исследованиями установлено, что коэффициент использования растениями азота удобрений в полевых условиях составляет в среднем 30-50 %. Газообразные потери азота удобрений происходят в результате процессов денитрификации, аммонификации и нитрификации в форме молекулярного азота, его окислов и аммиака [6]. По величине потерь аммиака из почв азотные удобрения в порядке возрастания располагаются следующим образом: сульфат аммония (1-14 % от внесенного количества), аммиачная селитра (3-14 %), мочевина (2-20 %), водный аммиак (45-50 %) [1]. Размеры потерь азота и агрономическая эффективность азот-

ных удобрений обусловлено гидротермическими условиями, характером сельскохозяйственного использования почв, химическим составом и дозами азотных удобрений.

Из азотных удобрений сульфат аммония характеризуется наиболее высоким коэффициентом использования азота растениями и наименьшей потерей в результате процесса денитрификации в сравнении с другими формами азотных удобрений [11].

Одним из основных приемов повышения эффективности применения азотных удобрений является локальный способ внесения. Эффективность локального способа применения сульфата аммония и мочевины выше в сравнении с аммиачной селитрой [11].

При этом необходимы дальнейшие исследования по эколого-агрохимической оценке эффективности применения азотных удобрений под выращиваемые культуры в зависимости от почвенно-экологических условий.

Рапс – многоцелевая культура. Растительное масло, получаемое из его семян, используется на продовольственные и технические цели, отходы при производстве масла (жмых, шрот) – в качестве высокобелковых добавок в комбикорма, зеленая масса – на корм и органическое удобрение. Посевные площади рапса ярового по Республике Башкортостан в 2018 году составили 43 тыс. га. В последние годы в республике намечена положительная динамика в производстве маслосемян рапса ярового. Однако продуктивность культуры в регионе остается относительно низкой – 0,8-1,1 т/га [12-15].

Рапс и другие крестоцветные культуры особенно требовательны к уровню азотного питания.

В настоящее время в условиях ограниченности объемов применения азотных удобрений вопросы их рационального применения являются актуальными. Необходимо отметить, что в научной литературе практически отсутствуют данные по сравнительной и агрономической эффективности применения форм азотных удобрений, а также в зависимости от способов их внесения при возделывании рапса ярового.

*Цель исследований* – оценить эффективность применения форм азотных удобрений под рапс яровой на черноземах выщелоченных в условиях южной лесостепи Республики Башкортостан.

**Методика.** Объект исследований – рапс яровой сорта Юбилейный (*Brassica napus olierifera*). Полевые опыты и лабораторные исследования проводили в 2016-2018 гг. в Учебно-научном центре ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет.

Климат лесостепной зоны Предуралья характеризуется резкой континентальностью, колебаниями годового и суточного хода температуры воздуха, неустойчивым увлажнением по годам и зачастую – неравномерным распределением осадков в течение года, быстрым переходом от суровой зимы к жаркому лету, сухостью воздуха и богатством солнечной энергии. Среднегодовое количество осадков колеблется от 410 до 580 мм. Наибольшее количество осадков выпадает летом и осенью. Устойчивый снежный покров обычно устанавливается в середине ноября и сходит во второй декаде апреля.

Среднегодовое продолжительность безморозного периода составляет 107-128 дней. Сумма положительных температур за период с температурой +10°C составляет 1531-1689°C, гидротермический коэффициент (ГТК) 1,0-1,2.

Почвенный покров Учебно-научного центра Башкирского государственного аграрного университета, где проводились наши исследования, представлен черноземом выщелоченным среднесуглинистого гранулометрического состава. Почвообразующая порода – элювиально-делювиальный тяжелый суглинок.

В черноземе выщелоченном опытного участка содержание гумуса составляет 7,3-7,6 %, рН<sub>KCl</sub> 5,4-5,5, азота – 0,40-0,43 %, фосфора – 0,17-0,19 %, обеспеченность подвижным фосфором повышенная (140 мг/кг), обменным калием – высокая (130 мг/кг почвы). Чернозем выщелоченный стационарного участка характеризуется низким содержанием подвижной серы (5,4-5,6 мг/кг почвы),



очень низким содержанием цинка, средней обеспеченностью медью, кобальтом, молибденом, высокие показатели характерны для марганца и бора.

Схема опыта была следующая: 1. Контроль (РК) 60- фон; 2. Фон + сульфат аммония – 60 кг д.в./га; 3. Фон + мочевины – 60 кг д.в./га; 4. Фон + аммиачная селитра – 60 кг д.в./га

Площадь делянок в опытах 60 м<sup>2</sup>, расположение делянок систематическое в два яруса, повторность четырехкратная. Из минеральных удобрений использовали сульфат аммония, мочевины, аммиачную селитру, аммофос, хлористый калий. Аммофос, хлористый калий вносили в почву под основную обработку почвы, вспашку, на глубину 25-27 см, азотные удобрения – весной локальным способом сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 8-10 см. При посеве применяли аммофос в дозе 15 кг д.в./га.

Организацию полевого опыта, лабораторные анализы осуществляли общепринятыми методами и соответствующими ГОСТами. Анализ агрохимических свойств почвы проводили по общепринятым методикам, обменный калий и подвижный фосфор – по Чирикову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), гумус – по И.В. Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), обменную кислотность (рН в солевой вытяжке) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), массовую долю подвижной серы – по ГОСТ 26490-85; содержание подвижных соединений микроэлементов – по методу Крупского-Александровой: кобальта – по ГОСТ Р 50683-94, меди – по ГОСТ Р 50683-94; марганца – по ГОСТ Р 50685-94; цинка – по ГОСТ Р 50686-94; бора – по ГОСТ Р 50689-94; молибдена – по ГОСТ Р 50689-94.

Учет урожайности семян двойной: сплошной с каждой делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность семян 10 % (ГОСТ 12037-82), 100 % чистоту (ГОСТ 12041-81) и по пробным площадкам. Химический анализ семян: содержание общего

азота – по ГОСТ 33504-97, общего фосфора – по ГОСТ 26657-97, общего калия – по ГОСТ 30504-97, массовую долю жира в семенах – по ГОСТ 13496.13-97, жирнокислотный состав масла – по ГОСТ 30418-96.

Существенность разницы в показателях между вариантами определили методом дисперсионного анализа.

**Результаты.** Результаты исследований говорят о различном влиянии форм азотных удобрений на урожайность и биохимический состав семян рапса. Наблюдения за высотой растений рапса к периоду полного созревания выявили неравномерный рост растений при внесении различных форм азотных удобрений (табл. 1).

Данный показатель варьировал в пределах 82-88 см, на контрольном варианте (РК 60) – 76 см. Наибольший прирост растений в высоту выявлен при внесении в почву сульфата аммония. Изменения количества сухой массы на 1,0 м<sup>2</sup> в опыте в разные годы исследований связаны с метеорологическими условиями, влияющими на рост и развитие растений. По данным исследований 2016-2018 гг., к уборке урожая наибольшее накопление сухой массы выявлено в вариантах с внесением сульфата аммония и мочевины (800 г), при внесении аммиачной селитры – 695 г, на контроле – 630 г.

Изучаемые азотные удобрения, в сравнении с контролем, повышали урожайность семян рапса на 0,38 – 0,54 т/га, или на 24–34 % при урожайности на контроле 1,58 т/га (табл. 1). Более высокие прибавки урожая получены при использовании сульфата аммония (34 % против контроля) в сравнении с применением мочевины и аммиачной селитры. Урожайность семян от внесения сульфата аммония возросла на 0,08-0,16 т/га, что свидетельствует о положительном влиянии серы на формирование урожая.

Доля азота в приросте урожайности рапса составляет 24,0-34 % от суммарного действия полного минерального удобрения (NPK) в зависимости от форм удобрений.

Таблица 1

Биомасса и урожайность рапса ярового сорта Юбилейный при внесении азотных удобрений (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант опыта	Высота 100 растений, см	Сухая масса растений с 1 м <sup>2</sup> , г	Урожай жай-ность, т/га	Прибавка		Окупаемость 1 кг д.в. N семенами, кг	Масса 1000 семян, г	Условно чистая прибыль, тыс. руб/га *
				т/га	%			
Контроль (РК) 60 – фон	76	630	1,58	-	-	-	2,8	-
Фон + сульфат аммония	88	810	2,12	0,54	34,1	9,0	3,2	11,33
Фон + мочевины	87	790	2,04	0,46	29,1	7,7	3,0	10,27
Фон + аммиачная селитра	82	695	1,96	0,38	24,0	6,3	2,9	9,40
НСР <sub>05</sub>	-	-	0,07	-	-	-	-	-

Примечание: \* – Условно чистую прибыль определяли по разности стоимости дополнительного урожая и азотных удобрений

В опыте установлена устойчивая тенденция увеличения массы 1000 семян при внесении азотных удобрений. Наиболее важным показателем эффективности применения удобрений является их агрономическая эффективность. Исследования эффективности применения азотных удобрений выявили существенное варьирование окупаемости 1 кг д.в. азота семенами рапса – 6,3-9,0 кг (табл.

1). Вариант с внесением сульфата аммония показал более высокую окупаемость одного килограмма действующего вещества азота прибавками урожая семян в сравнении с вариантами с мочевиной и аммиачной селитрой – 9,0; 7,7; 6,3 кг соответственно. Содержание общего азота, фосфора и калия существенно не изменялось в зависимости от форм вносимых азотных удобрений (табл. 2).

Таблица 2

Влияние форм азотных удобрений на биохимический состав маслосемян рапса ярового (сухая масса, среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант опыта	Масличность, %	Сырой протеин, %	Азот, %	Фосфор, %	Калий, %
Контроль (РК) 60 – фон	39,90	23,65	4,15	0,84	1,76
Фон + сульфат аммония	41,32	23,77	4,17	0,85	1,86
Фон + мочевины	40,92	23,71	4,16	0,82	1,82
Фон + аммиачная селитра	40,80	23,65	4,15	0,86	1,80
НСР <sub>05</sub>	0,9	-	-	-	-

При выращивании рапса на фоне фосфорно-калийных удобрений (контроль) содержание жира в семенах было наименьшим – 39,90 %, внесение аммиачной селитры и мочевины способствовало увеличению содержания жира – 40,80; 40,92 % соответственно. Внесение сульфата аммония увеличило содержание жира на 1,42 % (41,32 %). Валовой сбор жира с единицы площади возростал за счет урожайности семян и увеличения массовой доли жира в зависимости от

применяемых азотных удобрений (табл. 3). Валовой сбор жира по вариантам опыта составил 0,80-0,88 т/га, в контроле – 0,63 т/га, увеличение в сравнении с контролем – на 27-39 %. Наибольший данный показатель 0,88 т/га получен в варианте с внесением азотно-серного удобрения на фоне низкого содержания подвижной серы в черноземе выщелоченном (5,5 мг/кг почвы), или 39,6 % относительно контроля.

Таблица 3

Влияние азотных удобрений на содержание жира и сырого протеина в семенах рапса ярового (сухая масса, среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант опыта	Валовой сбор жира		Валовой сбор протеина	
	т/га	% к контролю	т/га	% к контролю
Контроль (РК) 60 – фон	0,63	-	0,37	-
Фон + сульфат аммония	0,88	39,6	0,50	35,13
Фон + мочевины	0,84	33,3	0,47	27,02
Фон + аммиачная селитра	0,80	27,0	0,46	24,32
НСР <sub>05</sub>	0,02	-	0,01	-

Прибавки сбора протеина от азотных удобрений обусловлены, главным образом, их влиянием на уровень урожая рапса (табл. 3). Содержание протеина в семенах рапса практически не изменялось при внесении азотных удобрений (23,65-23,77 %). Валовой сбор протеина по вариантам опыта варьировал в пределах 0,46- 0,50 т/га, увеличение сбора протеина относительно контроля в варианте с применением сульфата аммония составило 35 %, мочевины – 27 %, аммиачной селитры – 24 %. Полученные результаты показывают, что в технологии возделывания рапса в южной лесостепи для обеспечения сбалансированного минерального питания

растений биогенными элементами преимущество имеет применение сульфата аммония, (азотно-серного удобрения) в сравнении с мочевиной и аммиачной селитрой при локальном способе внесения.

Важнейшей характеристикой качества растительного масла является его жирнокислотный состав. В составе рапсового растительного масла преобладают олеиновая, линолевая, линоленовая жирные кислоты. Проведенными исследованиями не выявлено существенного влияния азотных удобрений в дозах 60 кг д.в./га на жирнокислотный состав рапсового масла (табл. 4).

Таблица 4

Жирнокислотный состав растительного масла рапса ярового, % (2016-2018 гг.)

Варианты опыта	Содержание жирных кислот, %			
	олеиновая	линолевая	линоленовая	пальмитиновая
Контроль (РК) 60 – фон	60,1	21,8	10,5	5,3
Фон + сульфат аммония	61,7	22,5	10,0	4,7
Фон + мочевины	61,3	22,3	10,2	4,8
Фон + аммиачная селитра	61,1	22,2	10,1	5,0

Содержание олеиновой кислоты по вариантам опыта варьировало в пределах 61,1-61,7 %, в контроле – 60,1 %, линолевой кислоты – 22,2-22,5 %, в контрольном варианте – 21,8 %. Количество линоленовой (10,0-10,2 %), пальмитиновой (4,7-5,0 %) жирных кислот в составе масла не имело какой-либо четкой закономерности. Необходимо отметить, что в варианте с внесением сульфата аммония за три года исследований выявлено стабильное увеличение уровня накопления

олеиновой кислоты в среднем на 1,6 %, линолевой – на 0,7 % в сравнении с контрольным вариантом. Сумма олеиновой и линоленовой кислот в структуре масла по вариантам опыта составила 83,3-84,2 %, на фоне внесения фосфорно-калийного удобрения 81,9 %.

Изучаемые формы азотных удобрений обеспечили получение условно чистой прибыли (табл. 1). Условно чистую прибыль в условиях опыта определяли по разности

стоимости дополнительного урожая и азотных удобрений. При этом стоимость внесенной в почву дозы сульфата аммония составила 2710 руб./га, аммиачной селитры – 1940, мочевины – 1700 руб./га. Условно чистая прибыль при внесении сульфата аммония составила 11,33 тыс. руб./га, мочевины – 10,27 тыс. руб./га, аммиачной селитры – 9,4 тыс. руб./га. Азотно-серное удобрение позволяет дополнительно получать 1,0-1,9 тыс. руб./га условно чистой прибыли.

**Выводы.** Применение минеральных удобрений в дозе (NPK) 60 кг д.в./га обеспечивает получение урожайности семян рапса на уровне 2,0 т/га, на контроле (РК) 60 – 1,58 т/га. Доля использованных азотных удобрений в приросте урожая рапса составляет 24-34 % от суммарного действия полного минерального удобрения (NPK). Окупаемость одного килограмма действующего вещества азота прибавками урожая семян по вариантам опыта составила 6,3-9,0 кг семян, с наибольшим значением в варианте с внесением сульфата аммония.

Валовой сбор жира с единицы площади возрастал за счет урожайности семян и увеличения массовой доли жира в зависимости от форм азотных удобрений. Валовой сбор жира при внесении сульфата аммония составил 0,88 т/га, мочевины – 0,84, аммиачной селитры – 0,80 т/га на фоне низкого содержания подвижной серы в черноземе выщелоченном, увеличение жира относительно контроля составило 27-39 %.

Прибавки сбора протеина от азотных удобрений обусловлены их влиянием на уровень урожая рапса. Валовой сбор протеина по вариантам опыта варьировал в пределах 0,46-0,50 т/га, увеличение сбора протеина относительно контроля в варианте с применением сульфата аммония составило 35 %, мочевины – 27 %, аммиачной селитры – 24 %.

Азотные удобрения в дозах 60 кг д.в./га не оказали существенного влияния на жирнокислотный состав рапсового масла. В варианте с внесением сульфата аммония выявлено стабильное увеличение уровня накопления олеиновой кислоты в среднем на 1,6 %, линолевой – на 0,7 % в сравнении с фоном фосфорно-калийными удобрениями.

В технологии возделывания рапса в Южной лесостепи Республики Башкортостан для обеспечения сбалансированного минерального питания растений биогенными элементами преимущество имеет сульфат аммония в сравнении с мочевиной и аммиачной селитрой при локальном способе внесения.

Изучаемые формы азотных удобрений обеспечили получение условно чистой прибыли. Условно чистую прибыль в условиях опыта определяли по разности стоимости дополнительного урожая и азотных удобрений. Условно чистая прибыль при внесении сульфата аммония составила 11,33 тыс. руб./га, мочевины – 10,27 тыс. руб./га, аммиачной селитры – 9,4 тыс. руб./га.

#### Литература

1. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии / А. А. Завалин [и др.] // *Агрохимия*. 2015. № 5. С. 83-95.
2. Кудяров В. Н., Соколов М. С., Глинушкин А. П. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию // *Агрохимия*. 2017. № 6. С.3-11.
3. Кудяров В. Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // *Агрохимия*. 2018. № 10. С. 3-11.
4. Мокрушина А. В., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Влияние доз минеральных удобрений на семенную продуктивность ярового рапса Смилла в условиях Среднего Предуралья // *Научная жизнь*. 2018. № 5. С. 40-46.
5. Мокрушина А. В., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Эффективность возрастающих доз азотных удобрений на сортах ярового рапса в Среднем Предуралье // *Агротехнологии XXI века: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2018. С. 69-74.*
6. Аристархов А. Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. 524 с.

7. Вафина Э. Ф., Хакимов Е. И. Реакция ярового рапса Аккорд на удобрения урожайностью и качеством семян // Пермский аграрный вестник. 2018. № 4 (24). С. 40-47.
8. Grant C. A., Clayton G. W., Johnston A. M. Sulphur fertilizer and effects on canola seed quality in the Black soil zone of Western Canada // Can. J. Plant Sci. 2003. V. 83. № 4. P. 745-758.
9. Janren M. M. The fate of nitrogen agroecosystems: An illustration using Canadian estimates // Nutr. Cycl. Agroecosyst. 2003. Vol. 67. № 4. P. 85-102.
10. Robinson D.  $\delta^{15}\text{N}$  as an integrator of the nitrogen cycle // Trends Ecol. Evol. 2001. № 16. P. 153-162.
11. Соколов О. А., Семенов В. М. Теория и практика рационального применения азотных удобрений. М.: Наука, 1992. 207 с.
12. Поукосные посевы рапса ярового в организации зеленого конвейера / А. В. Валитов [и др.] // Пермский аграрный вестник. 2018. № 2 (22). С. 36-43.
13. Вафина Э. Ф., Фатыхов И. Ш., Исламова Ч. М. Сроки посева и нормы высева в технологии возделывания ярового рапса на семена // Пермский аграрный вестник. 2018. № 3 (23). С. 42-48.
14. Вафина Э. Ф., Фатыхов И. Ш. Коррекция урожайности ярового рапса микроудобрениями // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (55). С. 3-11.
15. Курбангалиев Р. Н., Богатырева А. С., Акманаев Э. Д. Влияние сроков и норм высева на урожайность ярового рапса в Среднем Предуралье // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1 (21). С. 64-69.

## INFLUENCE OF THE NITROGEN FERTILIZERS FORMS ON YIELD AND BIOCHEMICAL COPPOSITION OF THE SPRING RAPE SEEDS

**A. M. Khairullin;**

**F. Ya. Bagautdinov**, Dr. Biol. Sci., Professor; **R. R. Gaifullin**, Dr. Agr. Sci., Associate Professor;

**A. V. Valitov**, Cand. Agr. Sci.; **B. G. Akhiyarov**, Cand. Agr. Sci.,

Bashkir State Agrarian University,

34 Pyatidesyatiletiya Oktyabrya St., Ufa, 450001, Russia

E-mail: [Valit\\_84@mail.ru](mailto:Valit_84@mail.ru)

### ABSTRACT

The results of studies on the nitrogen fertilizer forms influence on the formation of yield and biochemical composition of spring rape seed sort Yubileiny are presented. Field experiments and laboratory tests were conducted in 2016-2018 in the Educational and Scientific Center of the Bashkir State Agrarian University. Examined nitrogen fertilizers increased the yield of rape seed by 0.38-0.54 t / ha, or 24-34% in comparison with the control, with the yield at the control 1.58 t / ha. The share of nitrogen in the rape yield increase is 24.0-34% of the total effect of full mineral fertilizer (NPK), depending on the forms of fertilizers. Studies of the nitrogen fertilizers applying effectiveness have revealed a significant variation in the payback of the 1 kg active substance (a.s.) nitrogen with a rape yield – 6.3 – 9.0 kg. The version with the ammonium sulfate adding showed a higher payback of one kilogram active substance of nitrogen by an increase in the yield of seeds in comparison with the variants with urea and ammonium salt — 9.0; 7.7; 6.3 kg respectively. When growing rape on the background of phosphorus-potassium fertilizers (control), the fat content in the seeds was the lowest – 39.90%, the ammonium nitrate and urea addition contributed to an increase in the fat content – 40.80; 40.92%, respectively. The ammonium sulfate addition increased the fat content by 1.42% (41.32%). The crop yield of fat per unit area increased due to seed yield and the mass fraction of fat increase, depending on the applied nitrogen fertilizers. The Crop yield of fat according to the experiment variants amounted to 0.80-0.88 t / ha, in the control – 0.63 t / ha, an increase in comparison with the control – by 27-39%. Conventionally, the net profit of ammonium sulfate addition was 11.33 thousand rubles / ha, urea – 10.27 thousand rubles / ha, ammonium nitrate – 9.4 thousand rubles / ha.

*Key words: leached chernozem, spring rape, quality, plant nutrition, crude protein, fat.*

## References

1. Sovremennoe sostoyanie problemy azota v mirovom zemledelii (Current state of the nitrogen problem in world agriculture), A.A. Zavalin [i dr.], Agrokimiya, 2015, No. 5, pp. 83-95.
2. Kudiyarov V.N., Sokolov M.S., Glinushkin A.P. Sovremennoe sostoyanie pochv agrotsenozov Rossii, mery po ikh ozdorovleniyu i ratsional'nomu ispol'zovaniyu (Current status of soils of agricultural lands of Russia, measures for their rehabilitation and sustainable use), Agrokimiya, 2017, No. 6, pp. 3-11.
3. Kudiyarov V.N. Balans azota, fosfora i kaliya v zemledelii Rossii (Nitrogen, phosphorus and potassium balance in Russian agriculture), Agrokimiya, 2018, No. 10, pp. 3-11.
4. Mokrushina A.V., Bogatyreva A.S., Akmanaev E.D. Vliyanie doz mine-ral'nykh udobrenii na semennuyu produktivnost' yarovogo rapsa Smilla v usloviyakh Srednego Predural'ya (The effect of doses of mineral fertilizers on the seed productivity of spring rape Smilla in the Middle Preduralie), Nauchnaya zhizn', 2018, No. 5, pp. 40-46.
5. Mokrushina A.V., Bogatyreva A.S., Akmanaev E.D. Effektivnost' voz-rastayushchikh doz azotnykh udobrenii na sortakh yarovogo rapsa v Srednem Predura-l'e (Efficiency of increasing doses of nitrogen fertilizers on spring rape varieties in the Middle Preduralie), Agrotekhnologii XXI veka, mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Perm', IPTs «Prokrost'», 2018, pp. 69-74.
6. Aristarkhov A.N. Optimizatsiya pitaniya rastenii i primeneniye udobrenii v agroekosistemakh (Optimization of plant nutrition and application of fertilizers in agroecosystems), M., MGU, TsINA O, 2000, 524 p.
7. Vafina E.F., Khakimov E.I. Reaktsiya yarovogo rapsa Akkord na udobreniya urozhainost'yu i kachestvom semyan (Reaction of spring rape Accord to fertilizers by yield and quality of seeds), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 4 (24), pp. 40-47.
8. Grant C.A., Clayton G.W., Johnston A.M. Sulphur fertilizer and effects on canola seed quality in the Black soil zone of Western Canada, Can. J. Plant Sci., 2003, V. 83, No. 4, pp. 745-758.
9. Janren M.M. The fate of nitrogen agroecosystems: An illustration using Canadian estimates, Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2003, Vol. 67, No. 4, pp. 85-102.
10. Robinson D.  $\delta^{15}N$  as an integrator of the nitrogen cycle, Trends Ecol. Evol., 2001, No. 16, pp. 153-162.
11. Sokolov O.A., Semenov V.M. Teoriya i praktika ratsional'nogo primeneniya azotnykh udobrenii (Theory and practice of rational application of nitrogen fertilizers), M., Nauka, 1992, 207 p.
12. Poukosnye posevy rapsa yarovogo v organizatsii zelenogo konveiera (Spring rape in the organization of the green conveyor), A.V. Valitov [i dr.], Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 2 (22), pp. 36-43.
13. Vafina E.F., Fatykhov I.Sh., Islamova Ch.M. Sroki poseva i normy vyseva v tekhnologii vzdelyvaniya yarovogo rapsa na semena (Terms of sowing and seeding rates in the technology of cultivation of spring rape seeds), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 3 (23), pp. 42-48.
14. Vafina E.F., Fatykhov I.Sh. Korrektsiya urozhainosti yarovogo rapsa mikroudobreniyami (Correction of yield of spring rape with mineral fertilizers), Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2018, No. 2 (55), pp. 3-11.
15. Kurbangaliev R.N., Bogatyreva A.S., Akmanaev E.D. Vliyanie srokov i norm vyseva na urozhainost' yarovogo rapsa v Srednem Predural'e (Influence of terms and norms of seeding on productivity of spring rape in the Middle Preduralie), Permskii agrarnyi vestnik, 2018, No. 1 (21), pp. 64-69.

УДК 633.13:631.58(470.53)

## РЕАКЦИЯ ОВСА ДЭНС НА ПРИЕМЫ АГРОТЕХНИКИ В СРЕДНЕМ ПРЕДУРАЛЬЕ

**Н. Н. Ярко**ва, канд. с.-х. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,  
ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990  
E-mail: [nadezhda.yarkova@yandex.ru](mailto:nadezhda.yarkova@yandex.ru)

*Аннотация.* Для каждого сорта сельскохозяйственной культуры должна быть своя технология возделывания, базовую технологию культуры необходимо уточнить для конкретного сорта. Так, в результате многолетних исследований, проводимых на опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, установлена реакция овса сорта Дэнс на некоторые элементы технологии его

возделывания. При изучении влияния удобрений в 2008–2010 гг. овес Дэнс высевали в вариантах без удобрений и с внесением (NPK)<sub>30</sub>. Было выявлено, что на данный сорт они действуют по-разному. Как в сухой год (за вегетационный период овса ГТК = 1,0), так и при достаточном увлажнении (ГТК = 1,5) удобрения на урожайность влияние не оказали. Однако, в сухой год при условии увлажнения в период кушение – трубкавание (в критический период для овса по увлажнению ГТК = 1,7) было существенное увеличение урожайности на 0,34 т/га в варианте с удобрениями. При благоприятных условиях увлажнения в период вегетации растений овес Дэнс формирует урожайность на уровне 5 т/га, в сухие годы – 2,85–3,21 т/га. При изучении нормы посева и предшественника выявлено, что для овса Дэнс отличным предшественником является клевер луговой, урожайность составила 2,28 т/га (при 304 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей и 1,25 г продуктивности метелки), и озимая рожь – 2,08 т/га (при 294 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей и 1,08 г продуктивности метелки). Урожайность по предшественнику клевера лугового выше за счет большей продуктивности метелки 1,2–1,3 г. Наибольшая урожайность (2,28–2,55 т/га) по этим предшественникам была получена при посеве овса с нормой 6 млн всх. семян на 1 га, при этом формируются 346–355 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей. В результате на окультуренных дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья размещать овес Дэнс следует после клевера лугового с нормой посева 6 млн всх. семян на га и при внесении NPK в дозе 30 кг д.в./га.

*Ключевые слова:* овес; урожайность; сорт; норма посева; удобрения; предшественник.

**Введение.** Внедрение в практику лучших сортов и более полное использование их потенциала возможно при разработке и совершенствовании сортовой технологии возделывания, что является важнейшим условием роста урожайности зерновых культур. Воплотить в жизнь весь потенциал сортов возможно, когда происходит оптимальное сочетание всех наиболее важных элементов технологии возделывания.

Сорт может по-разному реагировать на предшественник. Так по данным НИИСХ центральных районов Нечерноземной зоны, урожайность овса при посеве после вико-овсяной смеси увеличилась на 18 % по сравнению с предшественниками – яровыми зерновыми культурами, при посеве после гороха – на 21 %, после кормовых бобов – на 25 % [1]. Другим важным элементом сортовой технологии возделывания является установление оптимальной нормы посева. В условиях Среднего Предуралья большинство ученых рекомендуют высевать овес с нормой 6–7 млн шт./га [2-5]. Другие исследователи указывают на зависимость ее от сорта. Так, для сорта овса Астор оптимальной нормой посева можно считать 4–5,5 млн шт./га [6], для сорта Друг – 5,5-6 млн шт./га [7],

для сорта Конкур – 5 млн шт./га [8]. При возделывании овса для получения высококачественного посевного материала норма посева может быть снижена до 4 млн шт./га [9, 10] и даже до 3,5 млн шт. [11]. Еще одним важным элементом технологии является фон питания. Многими учеными установлено, что не все сорта одинаково реагируют на минеральные удобрения [12-14]. В исследованиях Н. И. Мельниковой, А. И. Журавлева [15] сорта овса Кировский и Астор дали одинаковую урожайность на низком фоне, а на высокий фон отреагировал только сорт Астор. В связи с очередной сортосменой овса в Пермском крае появилась необходимость уточнения параметров перечисленных агроприемов по сорту Дэнс, наиболее распространенному в регионе, где он занимает 35 % [16]. Для достижения этой цели поставили следующие задачи: выявить влияние удобрений на урожайность; определить лучший предшественник для формирования наибольшей продуктивности; установить оптимальную норму посева для овса сорта Дэнс.

**Методика.** Полевые испытания проводили на опытном поле ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ. Почва участка тяжелосуглини-

стая дерново-мелкоподзолистая среднекультуренная. Объектом исследований является сорт овса Дэнс. В 2008–2010 годах изучали реакцию сорта на фон питания (1 – без удобрений, 2 – (NPK)<sub>30</sub>). В 2013–2015 годах исследования продолжили в двухфакторном полевом опыте: фактор А – предшественник (озимая рожь, клевер луговой первого года пользования, горох, ячмень), фактор В – норма высева (4 млн, 5 млн и 6 млн всх. семян/га). Варианты размещали систематически, методом расщепленной делянки.

Для возделывания в опытах применяли общепринятые в Пермском крае агротехнические приемы для яровых зерновых культур [17]. В первом опыте (с удобрениями) диаммофоску и аммиачную селитру вносили с учетом схемы, во втором (с предшественником и нормой высева) – фоном, в дозе (NPK)<sub>30</sub> под предпосевную культивацию. Посев семян овса проводили на глубину 3–4 см, рядовым способом сеялкой ССНП-16. В первом опыте норма высева овса 6 млн всх. семян/га, во втором – согласно схеме опыта. В фазе кущения овса посеы обрабатывали гербицидом агритокс (2 кг/га). Уборка проведена в фазе твердой спелости зерна овса комбайном.

Климатические условия (по данным ГСМ г. Пермь) в вегетационные периоды

проведения исследований были разными. 2008 и 2014 годы характеризовались, как благоприятные для роста и развития яровых зерновых культур, температура воздуха была на уровне среднемноголетних значений, и наблюдали оптимальные условия увлажнения в период вегетации овса. 2009 и 2013 годы оказались менее благоприятными для формирования урожайности, они характеризовались сухой и жаркой погодой в мае – июне и прохладной и влажной – до середины июля. В 2010 году, наоборот, май и до середины июня метеоусловия для роста и развития растений были благоприятными (тепло и выпадение осадков на уровне нормы), однако с середины июня и до конца августа установилась засушливая погода (повышенная температура воздуха и отсутствие осадков). Метеорологические условия 2015 года также оказались неблагоприятными для формирования урожайности овса, наблюдали пониженную температуру воздуха и частое выпадение осадков.

**Результаты.** В результате исследований, проведенных на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых среднекультуренных почвах, выявлено, что внесенные удобрения в дозе 30 кг под сорт овса Дэнс действуют по-разному, в зависимости от условий года (табл. 1).

Таблица 1

Влияние фона питания на урожайность овса сорта Дэнс, т/га

Фон питания (А)	2008	2009	2010	Среднее
Без удобрений	5,03	2,87	2,85	<b>3,58</b>
NPK	4,75	3,21	2,87	<b>3,61</b>
НСР <sub>05</sub>	*	0,33	*	*

\* Примечание: наименьшая существенная разница не доказывается ( $F_{ф} < F_{т}$ )

Действие удобрений проявилось только в 2009 г., урожайность в этом варианте составила 3,21 т/га, что на 0,34 т/га выше урожайности в варианте без удобрений (НСР<sub>05</sub> = 0,33 т/га). В целом, вегетационный период этого года, как и 2010 г., характеризовался как засушливый (ГТК = 1,1 и 1,0, соответственно), однако в период кущения – трубко-

вание овса в 2009 г. наблюдали достаточное увлажнение (ГТК = 1,7), чего не отмечено в 2010 г. (ГТК = 0,6). Осадки в этот период определили реакцию сорта на удобрения в 2009 и 2010 гг. В результате в варианте с удобрениями в 2009 г. было сформировано 431 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей, что больше, чем в варианте без удобрений на 19 шт., а



в 2010 г. – 349 шт./м<sup>2</sup>, что меньше на 31 шт. Продуктивность метелки в эти годы исследований была на уровне 0,97–1,04 г. В 2008 году, благоприятном по увлажнению и температурному режиму на протяжении всего периода развития яровых зерновых культур, действие умеренных доз удобрений на окультуренной почве не проявилось (ГТК за вегетацию 1,5). Урожайность на уровне 5 т/га в 2008 году была сформирована при 463–500 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей и 1,15 г продуктивности метелки.

При дальнейшем изучении агротехнических приемов овса сорта Дэнс выявлено, что максимальная урожайность 2,55 т/га получена при возделывании по клеверу 1 г.п., с нормой высева 6 млн шт./га, наименьшая – 1,42 т/га – по ячменю, с нормой высева 4 млн шт./га (табл. 2).

По предшественнику клеверу урожайность в среднем составила 2,28 т/га. По предшественникам озимая рожь, горох и ячмень урожайность овса была существенно меньше (на 0,20, 0,39 и 0,70 т/га), чем по клеверу луговому (НСР<sub>05</sub> = 0,19 т/га).

Таблица 2

Урожайность овса сорта Дэнс в зависимости от предшественника и нормы высева, т/га, среднее за 2013-2015 гг.

Предшественник (А)	Норма высева, млн всх. семян/га (В)			Среднее по А
	4	5	6	
Озимая рожь	1,89	2,06	2,28	<b>2,08</b>
Клевер 1 г.п.	2,01	2,27	2,55	<b>2,28</b>
Горох	1,74	1,85	2,09	<b>1,89</b>
Ячмень	1,42	1,62	1,70	<b>1,58</b>
<b>Среднее по В</b>	<b>1,77</b>	<b>1,94</b>	<b>2,16</b>	
НСР <sub>05</sub> частных различий	А	0,49		
	В	0,15		
НСР <sub>05</sub> главных эффектов	А	0,19		
	В	0,08		

Оптимальной нормой высева в среднем для этого сорта является 6 млн всх. семян/га, так как в этом варианте была получена наибольшая урожайность 2,16 т/га, что больше на 0,22 и 0,39 т/га, чем при норме высева 5 и 4 млн шт./га соответственно (НСР<sub>05</sub> = 0,08 т/га). При рассмотрении нормы высева в зависимости от предшественника – клевера лугового – также выделяется вариант с нормой высева 6 млн шт., где получена урожайность 2,55 т/га, что больше на 0,28 и 0,54 т/га, чем при посеве 5 и 4 млн шт. (НСР<sub>05</sub> = 0,15 т/га).

Высокая урожайность овса по таким предшественникам, как озимая рожь и клевер луговой по сравнению с горохом и ячменем была получена за счет большего количества продуктивных стеблей (табл. 3). Так, в среднем оно составило 294 и 304 шт., при разме-

щении овса по озимой ржи и клеверу луговому. Густота стеблей при этом на 40–66 шт./м<sup>2</sup> выше, чем по предшественникам гороху и ячменю. Еще на более высокую урожайность овса после данных предшественников оказала влияние и масса метелки, которая имеет среднее значение после озимой ржи 1,08 г, после клевера лугового – 1,25 г, что больше на 0,12–0,42 г, чем после гороха и ячменя.

При рассмотрении формирования урожайности овса по предшественникам клеверу луговому и озимой ржи при норме высева 6 млн шт. выявлено, что в первом варианте она существенно выше на 0,27 т/га (см. табл. 2). Данное повышение в основном было получено за счет большей продуктивности метелки, она на 0,2 г больше при посеве овса после клевера лугового (НСР<sub>05</sub> = 0,09 г).

Таблица 3

Густота продуктивного стеблестоя и продуктивность метелки овса сорта Дэнс в зависимости от предшественника и нормы высева, среднее за 2013-2015 гг.

Предшественник (А)	Норма высева, млн всх. семян/га (В)	Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Масса 1000 зерен, г	Число зерен в метелке, шт.	Продуктивность метелки, г
Озимая рожь	4	248	32,8	35,2	1,15
	5	288	31,5	34,3	1,08
	6	346	30,4	33,0	1,00
<b>Среднее по А<sub>1</sub></b>		<b>294</b>	<b>31,6</b>	<b>34,2</b>	<b>1,08</b>
Клевер луговой	4	260	35,7	36,5	1,30
	5	298	34,7	35,8	1,24
	6	355	34,2	35,0	1,20
<b>Среднее по А<sub>2</sub></b>		<b>304</b>	<b>34,9</b>	<b>35,8</b>	<b>1,25</b>
Горох	4	223	31,6	33,4	1,06
	5	249	29,7	32,7	0,97
	6	289	28,3	30,5	0,86
<b>Среднее по А<sub>3</sub></b>		<b>254</b>	<b>29,9</b>	<b>32,2</b>	<b>0,96</b>
Ячмень	4	212	29,4	30,1	0,88
	5	232	28,3	29,0	0,82
	6	271	27,2	29,3	0,80
<b>Среднее по А<sub>4</sub></b>		<b>238</b>	<b>28,3</b>	<b>29,5</b>	<b>0,83</b>
Среднее по В <sub>1</sub>		236	32,4	33,8	1,10
Среднее по В <sub>2</sub>		267	31,1	33,0	1,03
Среднее по В <sub>3</sub>		315	30,0	32,0	0,97
НСР <sub>05</sub> главных эффектов	по фактору А	12,9	1,31	1,46	0,09
	по фактору В	11,2	1,21	1,11	0,05
НСР <sub>05</sub> частных различий	по фактору А	31,6	3,21	3,58	0,21
	по фактору В	19,3	2,09	1,93	0,09

При уменьшении нормы высева овса Дэнс с 6 до 4 млн шт./га в среднем наблюдается повышение продуктивности метелки с 0,97 до 1,10 г и за счет количества зерен в соцветии и их крупности. Однако можно заключить, что большая урожайность при норме высева 6 млн шт. формируется за счет большего количества продуктивных стеблей к уборке, оно составило 315 шт./м<sup>2</sup>, что на 48

и 79 шт. больше, чем при посеве с нормами 5 и 4 млн шт./га (НСР<sub>05</sub> = 11,2 шт./м<sup>2</sup>).

**Вывод.** Таким образом, в условиях Среднего Предуралья на окультуренных дерново-подзолистых почвах для получения большей урожайности овса Дэнс его следует размещать после клевера лугового при норме высева 6 млн всх. семян на га и при внесении НРК в дозе 30 кг д.в./га.

#### Литература

1. Власова В. Г. Влияние предшественника на эффективность новых сортов овса «Конкур и Дерби» // Научные труды Ульяновского НИИСХ. Ульяновск, 2014. Т. 20. С. 82-86.
2. Русинов С. П. Влияние сроков сева, норм высева и способов подготовки семян на урожай и посевные качества зерна яровой пшеницы, овса и ячменя в условиях Северного Предуралья // Тр. Соликамской с.-х. опытной станции. Пермь, 1958. Т. 2. С. 18-24.
3. Курьшева В. Г., Собенников Е. В. Сорт, семеноводство, урожай. Ижевск, 1969. 96 с.

4. Светлакова В. Я. Действие азотных удобрений на урожай овса в зависимости от уровня увлажнения на разных почвах // Влияние агротехники и удобрений на урожайность и качество кормовых культур. Пермь: Пермский сельскохозяйственный институт, 1979. Т. 127. С. 49-56.
5. Анисимов А. А. Продуктивность овса в зависимости от доз азота и норм высева семян на выщелоченном черноземе лесостепной зоны Южного Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь, 1983. 14 с.
6. Караваев П. Д. Нормы высева сортов овса на различных фонах питания на серой лесной зоне // Селекция, семеноводство и сортовая агротехника в Башкирии: сб. статей. Уфа, 1984. С. 55-60.
7. Гареева Д. Б. Развитие научных исследований в области семеноводства и семеноведения / 80 лет Башкирскому научно-исследовательскому институту земледелия и селекции полевых культур: сб. науч. ст. Уфа, 1994. С. 91-101.
8. Елисеев С. Л., Яркова Н. Н., Ашихмин Н. В. Предшественник и нормы высева овса Конкур в среднем Предуралье // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (39). С. 25-30.
9. Eliseev S., Yarkova N. The effect of specifics of cultivation technology on sowing quality of oats // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). 2017. Vol. 8. Is. 4. P. 999-1003.
10. Ulman L. Vliv vysevku a devak dusika na viros owsa // Agrochimia. 1983. No. 8 (23). P. 223-225.
11. Kristan F., Cerny V. / Rostl Vyroba. 1973. 19,1. P. 41 - 49.
12. Резвых Н. В., Росляков Н. Т., Максимова С. А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество сортов ячменя интенсивного типа на окультуренных дерново-подзолистых почвах // Приемы повышения урожайности зерновых культур: сб. науч. тр. Пермь: Пермский сельскохозяйственный институт, 1985. С. 102-105.
13. Сафонов С. Н. Инновации при посеве зерновых культур // Аграрный вестник Урала. 2008. № 4. С. 25-26.
14. Bert Rijk, Martin van Ittersum, Jacques Withagen / Field Crops Research. 2013, August. Vol. 149. Is. 1. P. 262-268.
15. Мельникова Н. И., Журавлев А. И. Сравнительная отзывчивость на минеральные удобрения вновь районированных и перспективных сортов зерновых культур // Приемы повышения урожайности зерновых культур: сб. науч. тр. Пермь: Пермский сельскохозяйственный институт, 1985. С. 132-135.
16. Результаты сортоиспытания сельскохозяйственных культур на госсортоучастках Пермского края за 2012...2017 годы. Пермь, 2012...2017 гг.
17. Научно-методические основы системы земледелия Предуралья / Ю. Н. Зубарев [и др.]. Пермь: ПГСХА, 2002. 103 с.

## THE RESPONSE OF DENS OATS TO AGRICULTURAL TECHNIQUES IN PREDURALIE

**N. N. Yarkova**, Cand. Agr. Sci., Associate Professor  
Perm State Agro-Technological University  
23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia  
E-mail: [nadezhda.yarkova@yandex.ru](mailto:nadezhda.yarkova@yandex.ru)

### ABSTRACT

For each variety of crops there must be its own cultivation technology, the basic technology of the culture must be clarified for a particular variety. So, as a result of many years of research conducted at the experimental field of Perm SATU, the reaction of oats Dens variety to some elements of its cultivation technology was established. When studying the influence of fertilizers in 2008-2010 the fertilizers did not influence the oats Dens sowed without fertilizer and with introducing (NPK)<sub>30</sub>. It was revealed that fertilizers affect this variety differently. Both in the dry year (HTC = 1.0), and with sufficient moisture (HTC = 1.5) fertilizers did not influence the oats. However, in a dry year under wet conditions during tillering – stem elongation (HTC = 1.7), there was a significant increase in yield by 0.34 t / ha in convenient conditions. In a year with sufficient moisture, the yield of oats Dens was obtained at the level of 5 t / ha, in dry years – 2.85 - 3.21 t / ha. When studying the seeding rate and the predecessor, it was revealed that for Dens oats red clover is an excellent predecessor, the yield was 2.28 t / ha (with 304

pieces / m<sup>2</sup> of productive stalks and 1.25 g of panicle productivity), and winter rye – 2,08 t / ha (with 294 pcs / m<sup>2</sup> of productive stems and 1.08 g of panicle productivity). The yield on the clover meadow as predecessor is higher, due to the higher productivity of the panicle 1.2-1.3 g. The highest yield (2.28-2.55 t / ha) on this predecessor was obtained at 6 million germinating seeds per 1 hectare, in this case 346 - 355 pcs / m<sup>2</sup> productive stalks were formed. As a result, oats Dance should be sowed on sod-podzolic soils after red clover with the seeding rate 6 million germinating seeds per hectare and in introducing the NPK in a dose of 30 kg a.s./ha.

*Key words: oats, productivity, variety, seeding rate, fertilizers, predecessor.*

#### References

1. Vlasova V. G. Vliyaniye predshestvennika na effektivnost' novykh sortov ovsa «Konkur i Derbi» (The influence of the predecessor on the effectiveness of new varieties of oats "Jumping and Derby»), Nauchnyye trudy Ul'yanovskogo NIISKH, Ul'yanovsk, 2014, T. 20, pp. 82-86.
2. Rusinov S. P. Vliyaniye srokov seva, norm vyseva i sposobov podgotovki semyan na urozhay i posevnyye kachestva zerna yarovoy pshenitsy, ovsa i yachmenya v usloviyakh Severnogo Predural'ya (Influence of sowing time, seeding rates and methods of seed preparation on the harvest and sowing qualities of spring wheat, oats and barley in the Northern Urals), Tr. Solikamskoy s.-kh. opytnoy stantsii, Perm', 1958, T. 2, pp. 18-24.
3. Kuryshva V. G., Sobennikov Ye. V. Sort, semenovodstvo, urozhay (Variety, seed, harvest), Izhevsk, 1969, 96 p.
4. Svetlakova V. YA. Deystviye azotnykh udobreniy na urozhay ovsa v zavisimosti ot urovnya uvlazhneniya na raznykh pochvakh (The effect of nitrogen fertilizers on the oat harvest depending on the level of moisture on different soils), Vliyaniye agrotekhniki i udobreniy na urozhaynost' i kachestvo kormovykh kul'tur, Perm', Permskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1979, T. 127, pp. 49-56.
5. Anisimov A. A. Produktivnost' ovsa v zavisimosti ot doz azota i norm vyseva semyan na vshchelochennom chernozeme lesostepnoy zony Yuzhnogo Urala (Oat productivity depending on nitrogen doses and seeding rates on leached Chernozem of forest-steppe zone of the Southern Urals), avtoref. dis. ... kand. s.-kh. nauk, Perm', 1983. 14 p.
6. Karavayev P. D. Normy vyseva sortov ovsa na razlichnykh fonakh pitaniya na seroy lesnoy zone (Seeding rates of the varieties of oats on different nutrition backgrounds in the grey forest area), Seleksiya, semenovodstvo i sortovaya agrotekhnika v Bashkirii, sb. st. Ufa, 1984, pp. 55-60.
7. Gareyeva D.B. Razvitiye nauchnykh issledovaniy v oblasti semenovodstva i semenovedeniya (Development of scientific research in the field of seed and seed science), 80 let Bashkirskomu nauchno-issledovatel'skomu institutu zemledeliya i seleksii polevykh kul'tur: sb. nauch. st., Ufa, 1994, pp.91–101.
8. Yeliseyev S.L., Yarkova N.N., Ashikhmin N.V. Predshestvennik i normy vyseva ovsa Konkur v srednem Predural'ye (Predecessor and oat seeding rates in the Middle Preduralie), Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2016, No. 3 (39), pp. 25–30.
9. Eliseev S., Yarkova N. The effect of specifics of cultivation technology on sowing quality of oats, International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR), 2017, Vol. 8, Is. 4, pp. 999-1003.
10. Ulman L. Vliv vysevki a devak dusika na viros ovsa, Agrohimiya, 1983, No. 8 (23), pp. 223–225.
11. Krstan F., Cerny V. / Rostl Vyroba, 1973, 19,1, pp. 41–49.
12. Rezvykh N. V., Roslyakov N. T., Maksimova S. A. Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo sortov yachmenya intensivnogo tipa na okul'turenykh dernovo-podzolistykh pochvakh (Influence of mineral fertilizers on yield and quality of intensive barley varieties on cultivated sod-podzolic soils), Priyemy povysheniya urozhaynosti zernovykh kul'tur: sb. nauch. tr., Perm', Permskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1985, pp. 102–105.
13. Safonov S. N. Innovatsii pri poseve zernovykh kul'tur (Innovations in the sowing of grain crops), Agrarnyy vestnik Urala, 2008, No. 4, pp. 25-26.
14. Bert Rijk, Martin van Ittersum, Jacques Withagen, Field Crops Research, 2013, August, Vol. 149, Is. 1, pp. 262-268.
15. Mel'nikova N.I., Zhuravlev A.I. Sravnitel'naya otzyvchivost' na mineral'nyye udobreniya vnov' rayonirovannykh i perspektivnykh sortov zernovykh kul'tur (Comparative responsiveness to mineral fertilizers of newly zoned and perspective varieties of grain crops), Priyemy povysheniya urozhaynosti zernovykh kul'tur, sb. nauch. tr., Perm', Permskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1985, pp. 132–135.
16. Rezul'taty sortoispytaniya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na gossortouchastkakh Permskogo kraya za 2012...2017 gody (Results of crop variety trials on state sort plots the Perm Krai for 2012...2017), Perm', 2012...2017 gg.
17. Nauchno-metodicheskiye osnovy sistemy zemledeliya Predural'ya (Scientific and methodical bases of the agriculture system of Preduralie), YU. N. Zubarev [i dr.], Perm', PGSKHA, 2002, 103 p.

## ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

УДК 619:611.73,611.83

**ГИСТОГЕНЕЗ НЕРВНО-МЫШЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ЗРЕЛОРОЖДАЮЩИХСЯ ЖИВОТНЫХ  
НА ПРИМЕРЕ МЫШЦ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА  
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

**Н. В. Бобрикова**, канд. биол. наук, доцент,  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,  
ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990  
E-mail: [vnb@pgsha.ru](mailto:vnb@pgsha.ru)

*Аннотация.* Изучен пренатальный гистогенез нервно-мышечных элементов мышц плечевого сустава крупного рогатого скота. Исследование проводили в 2005-2016 гг. в Республике Татарстан и Пермском крае. Выявлено, что к моменту рождения мышцы плечевого сустава крупного рогатого скота высоко дифференцированы, но развитие их не закончено. До 50 дней мышцы состоят из миобластов, затем появляются миосимпласты, к рождению мышечные элементы проходят стадии миотубул, молодых и зрелых мышечных волокон (МВ), и представлены в основном зрелыми МВ. Рост количества и толщины МВ не закончен к моменту рождения теленка. Гистохимические типы МВ по активности сукцинатдегидрогеназы А, В, С выявляются с 7 месяцев. С возрастом МВ типа В все более преобладают. В нервах растет число нервных волокон (НВ), и происходит их миелинизация. В одних нервах (предлопаточном) количество НВ стабилизируется в 7 месяцев, в других продолжает увеличиваться до рождения. Миелинизация начинается в 4 месяца. В 9 месяцев половина НВ не миелинизирована, толстые НВ встречаются в части нервов не у всех плодов. Слабое развитие НВ при рождении у зрелорождающихся животных связано с отсутствием до рождения возможности функционирования мышц с высокой нагрузкой, характерной для постнатального периода. Соотношение количества МВ и НВ с возрастом увеличивается в стато-динамических мышцах, а в динамической (большой круглой) – снижается. Генез двигательных нервных окончаний (ДНО) связан с дифференцировкой МВ. Контакты аксонов с миосимпластами 2-3-месячных плодов примитивны, пуговчатые ДНО появляются на молодых МВ, а сформированные – на зрелых. В 9 месяцев ДНО похожи на таковые у взрослых животных.

*Ключевые слова:* нервно-мышечные элементы, миелинизация, гистогенез мионов, иннервация, двигательные нервные окончания.

**Введение.** Всестороннее изучение мышечной ткани и мышц как органов и их связи с нервной системой имеет общебиологическое и прикладное значение. В общебиологическом плане интересно выявить и изучить особенности гистогенеза и иннервации мышц в различные периоды онтогенеза крупного рогатого скота (КРС). В приклад-

ном – выявить и изучить закономерности прироста мышечной ткани в возрастном аспекте для более эффективного ведения откорма скота.

Несмотря на то, что анатомо-гистологическое формирование мышц и строение нервов КРС и других животных изучалось рядом авторов [1, 2, 4-11, 13-15], комплексного количественного исследования роста и развития нервно-мышечных элементов (НМЭ) какой-либо группы мышц в пренатальном онтогенезе КРС до сих пор не проводилось.

*Целью* нашего исследования является изучение процессов роста и развития мышечной ткани в мышцах плечевого сустава, изучение возрастных изменений внутрисвольного строения соответствующих нервов и процесса дифференцировки двигательных нервных окончаний (ДНО), выяснение взаимосвязей нервной (НТ) и мышечной (МТ) тканей в процессе развития.

**Методика.** Исследование проводили в 2005-2016 гг. в Республике Татарстан и Пермском крае. Исследован материал от 106 плодов КРС в возрасте 35, 40, 45, 50 дней, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 мес. путем тонкого препарирования предлопаточной, предостной, заостной, большой и малой круглых, дельтовидной (акромиальной и лопаточной частей) и коракоидоплечевой мышц, а также подлопаточного, предлопаточного, подмышечного нервов и их мышечных ветвей и ветви мышечно-кожного нерва для коракоидоплечевой мышцы.

В мышцах определяли площадь физиологического поперечника (ФП), количество мионов (МВ) в мышце и на  $1 \text{ мм}^2$  ФП, диаметр и площадь поперечного сечения МВ, количество нервных волокон (НВ) в нерве мышцы, соотношение количества НВ и МВ.

Применяли окраску мышц гематоксилином и эозином и по Гейденгайну, реакцию на сукцинатдегидрогеназу (СДГ) – по Нахласу, на ацетилхолинэстеразу (АХЭ) –

по Карновскому [4]. В мышцах плодов 7-9-месячного возраста определяли процентное соотношение трех типов МВ. Для исследования нервов применялись методики Вейгерта-Паля, Шумакова [11], Маллори-Рибберта, серебрение – по Ренсону, разволокнение нервов с окраской – по Вейгерту [4].

На поперечных срезах нервов определяли количество НВ разных видов по классификации проф. Н. А. Васнецова с соавторами: безмиелиновых (БНВ) диаметром 1-4 мкм, очень тонких миелиновых (МНВ) (2-4 мкм), тонких МНВ (5-9 мкм), средних МНВ (10-14 мкм), толстых МНВ (15-22 мкм). Измеряли и подсчитывали МНВ на препаратах, окрашенных по Вейгерту-Палю или по Шумакову, и все аксоны на препаратах, посеребрённых по Ренсону или окрашенных по Маллори. Разница между общим числом аксонов и количеством МНВ показывала количество БНВ в нерве.

**Результаты. Развитие МВ.** Исследования показали, что у плодов до 50 дней МТ состоит из миобластов (рис. 1). Затем они сливаются в миосимпласты с многочисленными ядрами, расположенными цепочкой по центральной линии. В 3 мес. поперечной исчерченности в миосимпластах еще нет, но они вытягиваются в длину, и расстояние между ядрами увеличивается. В 4 мес. основной структурной единицей становятся зрелые миотубы с центрально расположенными ядрами и выраженной поперечной исчерченностью. В 5 мес. в мышцах уже имеется много молодых МВ с периферически расположенными ядрами и косым направлением исчерченности. Зрелые МВ в большинстве мышц появляются в 7 мес., к рождению они являются основной структурной единицей мышц, хотя в заостной, коракоидоплечевой мышцах и в лопаточной части дельтовидной мышцы еще присутствуют молодые МВ.

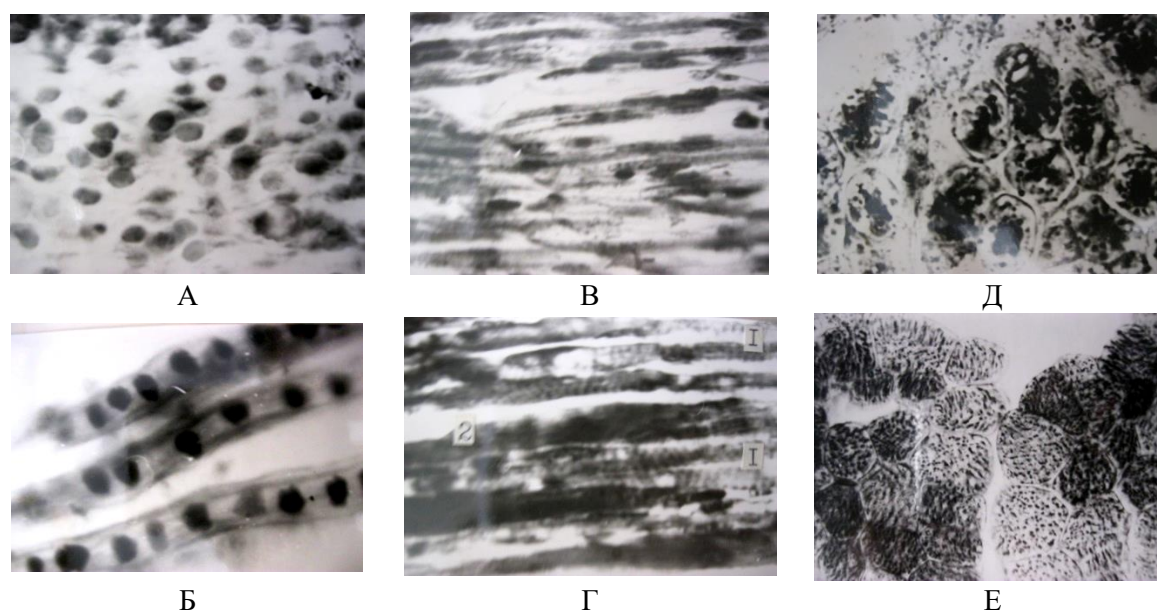


Рис. 1. А – миобласты; Б – миосимпласты; В – зрелые миотубули; Г – молодые (1) и зрелые (2) МВ; Д, Е – СДГ на поперечных срезах (Д – в 5 мес., Е – в 9 мес.)

Гистохимически (рис. 1) МВ плодов до 5-месячного возраста недифференцированы. На поперечных срезах мышц плодов до 4 мес. СДГ располагается в центре МВ, активность фермента слабая. В 5 мес. СДГ распределена по всему поперечнику МВ. Различия в активности СДГ в МВ появляются в 6 мес., но на три типа МВ разделены только с 7 мес. Далее активность СДГ возрастает, и

изменяется соотношение МВ типов А (светлых), В (промежуточных) и С (темных). В 7 мес. в большинстве мышц преобладают (от 43,8 до 51,2 %) В - МВ, хотя в некоторых мышцах больше А – МВ. В дальнейшем количество В – МВ постепенно растет за счет снижения числа светлых. В 9 мес. все мышцы состоят в основном из В – МВ (41,5-70,8 % в разных мышцах) (табл. 1).

Таблица 1

Гистохимическая дифференцировка мышечных волокон в подлопаточной мышце плодов крупного рогатого скота по результатам реакции на СДГ, %

Тип волокон	Возраст плодов (месяцы)		
	7	8	9
А	34,6±1,6	32,7±2,2	21,0±6,8
В	51,2±5,5	51,0±2,1	66,3±7,1
С	14,2±4,0	16,3±3,6	12,7±4,1

Исследование роста МВ в толщину показало, что диаметр МВ с 3 до 4 мес. резко уменьшается (в разных мышцах на 2-4 мкм), затем, до 5 мес. толщина стабилизируется, а к 6 мес. возвращается к состоянию у 3-месячных плодов (табл. 2). Дальнейший рост отличается у МВ разных гистохимических

типов. До 7 мес. заметно растут МВ типа А, а с 7 до 8 мес. – МВ В и С. К 9 мес. разница в размерах МВ трех типов слегка сглаживается. Диаметр А-волокон 25-31 мкм, В – 20-26, С – 21,5-25 мкм. В 9 месяцев заметны индивидуальные различия плодов по толщине МВ.



Таблица 2

Количество и диаметр МВ и соотношение НВ и МВ в подлопаточной мышце

Возраст плодов (мес.)	Диаметр МВ (мкм) типов:			Количество МВ		Соотношение НВ и МВ
	А	В	С	Всего (тыс.)	на 1 мм <sup>2</sup> ФП	
3	13,81±0,26					
4	10,3±0,46					
5	10,75±0,96			3799±696	3274±576	1:552
6	13,76±0,39			3885±301	2369±143	
7	17,8±1,1	14,2±0,6	14,6±1,2	6844±998	2312±263	1:918
8	20,3±0,9	16,1±0,4	17,5±0,4	6588±465	1805±127	
9	26,8±4,0	25,6±2,7	24,9±2,4	7803±2010	893±203	1:771

Из полученных данных видно, что все стадии дифференцировки мышечных элементов протекают у КРС в пренатальном онтогенезе. К моменту рождения все мышцы состоят из зрелых МВ. Гистохимическая дифференцировка происходит только после превращения молодых МВ в зрелые. Процессы роста и дифференцировки тесно взаимосвязаны. Уменьшение толщины МВ с 3 до 4 мес. объясняется более крупным поперечником миосимпластов, чем миотуб. Образовавшиеся в 5 мес. молодые МВ имеют тот же диаметр, что миотубы, а затем начинают интенсивно расти. К 7 мес. они достигают предельной

толщины, и дальнейший рост диаметра (особенно резкий в последний месяц внутриутробного развития) связан с массовым формированием зрелых МВ, значительно более толстых, чем молодые. Число МВ растет в течение всего пренатального периода. Наиболее интенсивно – от 6 до 7 мес. (в 1,3-3 раза в разных мышцах) и на 9 месяце (на 18% – в 2 раза). При этом постепенно уменьшается число МВ на 1 мм<sup>2</sup> ФП (табл. 2).

Микроморфология НВ. В нервах плодов КРС содержатся все перечисленные выше виды НВ (рис. 2).

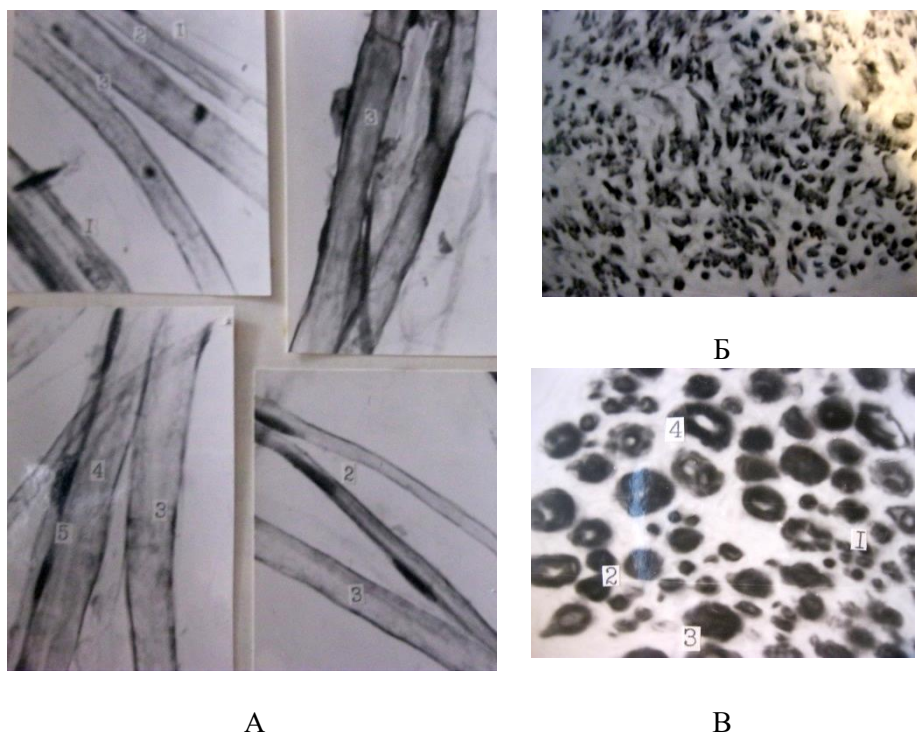


Рис. 2. Нервные волокна. А – разволокнение (1 – очень тонкие МНВ, 2 – тонкие, 3 – средние, 4 – толстые МНВ), Б – осевые цилиндры, В – миелиновые оболочки (поперечный срез)



В пренатальном онтогенезе в нервах активно протекают процессы количественного роста и дифференцировки НВ (табл. 3). Число НВ увеличивается, по-видимому, за счет отрастания новых отростков от тел нервных клеток, а возможно, и продольного расщепления НВ. Общее число НВ растет за счет БНВ. МНВ появляются у плодов в 4 месяца. В 5 месяцев в нервах имеются только очень тонкие и тонкие МНВ. Число очень тонких, а в некоторых нервах и тонких МНВ далее

не изменяется, а количество МНВ растет за счет формирования средних и толстых волокон. Средние МНВ появляются в большинстве нервов в 7 мес., а толстые – в 9. К рождению животных значительная часть НВ не миелинизирована. Стабилизировалось количество очень тонких (в некоторых нервах – и тонких) МНВ, а рост числа средних и особенно толстых волокон еще далек от завершения.

Таблица 3

Количество нервных волокон в краниальной ветви подлопаточного нерва для подлопаточной мышцы у плодов крупного рогатого скота

Возраст (мес.)	Количество нервных волокон					
	всего	безмиелиновых	миелиновых			
			очень тонких	тонких	средних	толстых
5	3409±530	1269±226	829±181	1310±300		
	100%	37,2	24,3	38,5		
7	4858±147	1312±282	1501±236	1751±161	294±65	
	100%	27	30,9	36,1	6,0	
9	5280±288	2138±508	947±164	1273±186	781±43	144±82
	100%	40,5	17,9	24,1	14,8	2,7

Развитие взаимосвязи мышечных и нервных структур. Количество МВ, иннервируемых одним НВ, зависит от величины и функции мышцы. В крупных мышцах этот показатель значительнее, чем в мелких (в 9 мес. в заостренной мышце 1314, а в коракоидоплечевой – 62), а в стато-динамических больше, чем в динамических (в малой круглой в 9 мес. 803, а в большой круглой – 106).

Данный показатель увеличивается с возрастом плодов в стато-динамических мышцах, а в динамической большой круглой – уменьшается (табл. 2). НВ контактируют с мышечными элементами уже на стадии миосимпластов. Активность АХЭ на месте будущих ДНО выявляется у 2-мес. предплодов (рис. 3А).

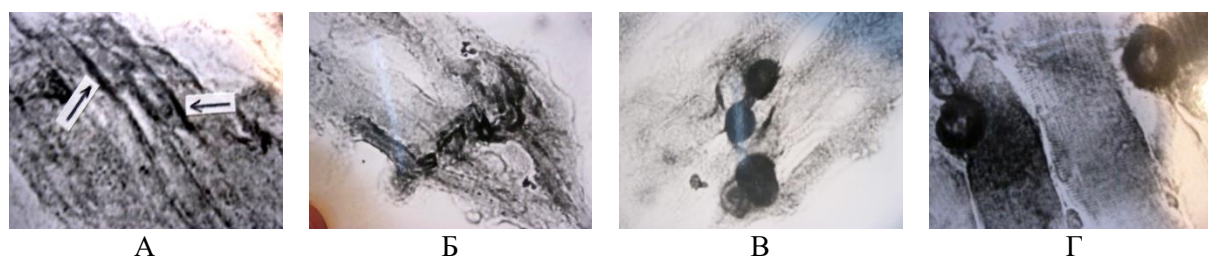


Рис. 3. ДНО А – 2-мес. плода, Б – 4-мес., В – 5-мес., Г – 9-мес. плода

В это время ДНО на продольных срезах мышц имеют вид АХЭ-положительных линий около 20 мкм длиной, тянущихся вдоль миосимпластов. На поперечных срезах такой участок охватывает МВ полукольцом. В

4 мес. появляются пуговчатые ДНО неправильной формы (рис. 3Б). К 5 мес. они представляют собой округлые на продольных и неправильно-овальные на поперечных срезах образования со светлой серединой, диа-

метром 8-10 мкм (рис. 3В). К 9 месяцам ДНО кольцевидные с АХЭ-положительными краями и светлой серединой, диаметром 20 мкм (рис. 3Г), на поперечных срезах имеют форму сплюснутых колец. МВ в месте прикрепления ДНО реагируют АХЭ-положительно. ДНО располагаются строго поперек пучка МВ и ближе к одному из концов волокна.

#### Выводы.

1. Нервно-мышечные элементы КРС к моменту рождения достигают высокой степени дифференцировки, но развитие их не заканчивается.

2. Анатомическое формирование мышц в основном завершается в 45-дневном возрасте предплода. До 50 дней мышцы состоят в основном из миобластов, затем появляются миосимпласты, и к моменту рождения мышечные элементы проходят стадии миотуб, молодых и зрелых МВ. К рождению мышцы состоят в основном из зрелых МВ.

3. Количество МВ увеличивается до 9-месячного возраста плодов, рост МВ в толщину также не заканчивается к моменту рождения.

4. Гистохимические типы МВ по активности СДГ А,В,С выявляются у плодов с

7 месяцев. Наблюдаются закономерные возрастные перестройки в содержании типов МВ. В 9 мес. МВ типа В преобладают.

5. Развитие нервов проявляется в увеличении количества НВ и их миелинизации. В некоторых нервах число НВ стабилизируется в 7 мес., в других продолжает увеличиваться до рождения. Миелинизация начинается в 4 мес. и к рождению не заканчивается. В 9 мес. у плодов половина НВ еще не миелинизирована, толстые МНВ встречаются в некоторых нервах не у всех плодов. Слабое развитие НВ при рождении у зрелорождающихся животных связано с отсутствием до рождения возможности функционирования мышц с высокой нагрузкой, характерной для постнатального периода.

6. Соотношение количества МВ и НВ с возрастом увеличивается в статодинамических мышцах, а в динамических – уменьшается.

Развитие ДНО связано с дифференцировкой МВ. Контакты аксонов с миосимпластами 2-3-месячных плодов примитивны, ДНО пуговчатой формы появляются на молодых МВ, а сформированные – на зрелых. В 9 месяцев ДНО похожи на таковые у взрослых животных.

#### Литература

1. Бычков Ю. П. Особенности гистогенеза различных скелетных мускулов у свиней // Морфометрические особенности домашних млекопитающих и птиц: Тр. Украинской СХА. Киев: Изд-во УСХА, 1985. С. 43-49.
2. Буянова Э. Е. Морфология блуждающего нерва гусей, кур и уток // Вестник ветеринарии. 2014. № 1 (68). С. 25-29.
3. Волкова О. В., Елецкий Ю. К. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина, 1982. 304 с.
4. Гречко В. В., Хонин Г. А. Сравнительная гистологическая характеристика мышц пальцев кур // Вестник ветеринарии. 2013. № 3 (66). С. 38-39.
5. Гурова Н. И. О развитии межреберной мускулатуры у зародыша коровы // Тр. Ин-та морфологии животных им. А. Н. Северцова. М: Изд-во АН СССР, 1960. Вып. 29. С 75-104.
6. Данилова Л. В. К вопросу о развитии мускулатуры задней конечности у зародыша коровы // Тр. ин-та морфологии животных им. А.Н. Северцова. М: Изд-во АН СССР, 1960. Вып. 29. С. 34-74.
7. Жеребцов Н. А. К вопросу морфологии волокон нервов скелетных мышц у некоторых домашних животных // Ученые записки Казанского ветеринарного института. 1961. Т. 80. С. 173-177.
8. Соловьев В. А. Морфогистохимическая характеристика мионов жевательной мышцы млекопитающих и человека // Архив анатомии. 1982. № 10 (83). С. 65-71.
9. Стройков А. А. Ход, ветвление и внутриствольное строение нервов носовой полости лошади // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 4 (36). Ч. 1. С. 83-87.
10. Суворова Л. В. О развитии двигательных нервных окончаний пищевода кролика // Архив анатомии. 1965. № 6 (48). С. 87-97.
11. Хонны О. А. Развитие внутримышечных нервов голени человека в пренатальном онтогенезе // Мышечная

активность и жизнедеятельность человека и животных: Тр. института эволюционной морфологии и экологии животных АН СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1986. С. 219-228.

12. Шумаков Г. Ф. Быстрая окраска миелиновых оболочек нервных волокон // Архив анатомии. 1980. № 8. С. 36-39.

13. Appel H.-J. Motor activity and caliber of myelinated axones: a morphometric study on the sciatic nerve // Int. J. Sports Med. 1981. Vol. 1. No. 1. P. 37-41.

14. Dall P. D., Thomax E., Curi P.R. Postnatal growth of skeletal muscle fibres of the rat // Gegenbaurs Morph. Jahrb. 1984. Vol. 130. No. 6. P. 827-834.

15. Nakaima J., Kidokoro J., Clier F.G. The development of functional neuro-muscular junctions in vitro: an ultrastructural and physiological study // Develop. Biol. 1980. Vol. 77. No. 1. P. 52-72.

## **HYSTOGENESIS OF THE NERVE-MUSCLE ELEMENTS IN SKELETAL MUSCLES OF PECOCIAL ANIMALS ON EXAMPLE OF THE CATTLE HUMERAL ARTICULATION MUSCLES**

**N. V. Bobrikova**, Cand. Biol. Sci., Associate Professor  
Perm State Agro-Technological University  
23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia  
E-mail: [vnb@pgsha.ru](mailto:vnb@pgsha.ru)

### **ABSTRACT**

Prenatal development of the nerve-muscle elements in muscles of the cattle humeral articulation was studied. They are highly differentiated till birth moment, but their development is not finished. Till 50 days muscles consist of the myoblasts, later myosymplasts appear, then till the birth moment muscle elements become myotubullis, young and ripe muscle fibers (MF), and muscles consist of ripe MF. Growth of quantity and thickness of MF is not finished by the birth moment. Hystochemical types of MF on the basis of succinatdehydrogenase activity A, B, C appear at 7months of age. Later MF of the type B become prevalent. In the nerves raising of the nerve fibers (NF) quantity and their myelinisation take place. In several nerves (preshoulderblade) quantity of NF stabilizes at 7-month age, in others – raises till the birth moment. Myelinisation begins at 4 months. At 9 months half of NF are not myelinased, thick NF in several nerves of some foetuses are absent. Poor development of newborn pecocial animals NF is the result of the absence of possibility for muscles to function with high loading, as in postnatal life. Correlation of quantity MF : NF grows in stato-dynamic muscles, but in dynamic muscles it falls. Development of motor nerve terminals (MNT) correlates with MF differentiation. Axones' contacts with myosymplasts of 2-3-months foetuses are primitive. The button-like MNT appear on the young MF and perfectly developed ones – on ripe MF. At 9 months of age MNT are like ones in muscles of adult animals.

*Key words: neuromuscular elements, myelination, histogenesis of myons, innervation, motor nerve endings.*

### **References**

1. Bychkov Yu.P. Osobennosti gistogeneza razlichnykh skeletnykh muskulov u svinei (Features of histogenesis of the different skeletal muscles in pigs), Morfometricheskie osobennosti domashnikh mlekopitayushchikh i ptits, Tr. Ukrainskoi SKhA, Kiev, Izd-vo USKhA, 1985, pp. 43-49.

2. Buyanova E.E. Morfologiya bluzhdayushchego nerva gusei, kur i utok (Morphology of the vagus nerve of the geese, ducks and hens), Vestnik veterinarii, 2014, No. 1 (68), pp. 25-29.

3. Volkova O.V., Eletsii Yu.K. Osnovy gistologii s gistologicheskoi tekhnikoi (The basis of histology with histological technique), M., Meditsina, 1982, 304 p.
4. Grechko V.V., Khonin G.A. Sravnitel'naya gistologicheskaya kharakteristika myshts pal'tsev kur (Comparative histological characteristics of the hen finger muscles), Vestnik veterinarii, 2013, No. 3 (66), pp. 38-39.
5. Gurova N.I. O razvitii mezhrebernoi muskulatury u zarodysha korovy (About the development of the intracostal muscle in bovine foetus), Tr. In-ta morfologii zhivotnykh im. A.N. Severtsova, M, Izd-vo AN SSSR, 1960, Vyp. 29, pp. 75-104.
6. Danilova L.V. K voprosu o razvitii muskulatury zadnei konechnosti u zarodysha korovy (To the issue of muscles development in the caudal leg of bovine foetus), Tr. in-ta morfologii zhivotnykh im. A.N. Severtsova, M, Izd-vo AN SSSR, 1960, Vyp. 29, pp. 34-74.
7. Zherebtsov N.A. K voprosu morfologii volokon nervov skeletnykh myshts u nekotorykh domashnikh zhivotnykh (To the issue of morphology of the skeletal muscle nerves fibres in several domestic animals), Uchenye zapiski Kazanskogo veterinarnogo instituta, 1961, T. 80, pp. 173-177.
8. Solov'ev V.A. Morfogistokhimicheskaya kharakteristika mionov zhevatel'noi myshtsy mlekopitayushchikh i cheloveka (Myones' morphohistochemical characteristics of mammalian and human masticatory muscles), Arkhiv anatomii, 1982, No. 10 (83), pp. 65-71.
9. Stroikov A.A. Khod, vetvlenie i vnutristvol'noe stroenie nervov nosovoi polosti loshadi (Nerves structure, branching out and intratrunk morphology of the horse nasal cavity nerves), Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2012, No. 4 (36), Ch. 1, pp. 83-87.
10. Suvorova L.V. O razvitii dvigatel'nykh nervnykh okonchaniy pishchevoda krolika (About development of rabbits' oesophagus motor nerve terminals), Arkhiv anatomii, 1965, No. 6 (48), pp. 87-97.
11. Khonny O.A. Razvitie vnutrimyshechnykh nervov goleni cheloveka v prenatal'nom ontogeneze (Development of the intramuscular nerves in human shin in prenatal ontogenesis), Myshechnaya aktivnost' i zhiznedeyatel'nost' cheloveka i zhivotnykh, Tr. instituta evolyutsionnoi morfologii i ekologii zhivotnykh AN SSSR, M, Izd-vo AN SSSR, 1986, pp. 219-228.
12. Shumakov G.F. Bystraya okraska mielinovykh obolochek nervnykh volokon (Quick colouring of the nerve fibers myelin cover), Arkhiv anatomii, 1980, No. 8, pp. 36-39.
13. Appel H.-J. Motor activity and caliber of myelinated axones: a morphometric study on the sciatic nerve, Int. J. Sports Med., 1981, Vol. 1, No. 1, pp. 37-41.
14. Dall P.D., Thomax E., Curi P.R. Postnatal growth of skeletal muscle fibres of the rat, Gegenbaurs Morph. Jahrb., 1984, Vol. 130, No. 6, pp. 827-834.
15. Nakaima J., Kidokoro J., Clier F.G. The development of functional neuro-muscular junctions in vitro: an ultrastructural and physiological study, Develop. Biol., 1980, Vol. 77, No. 1, pp. 52-72.

УДК 619: 615.032: 614.9: 615.211:

## **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАБАПЕНТИНА, ЗОЛЕТИЛА 100 И КСИЛЫ ДЛЯ АНАЛЬГЕЗИИ И СЕДАЦИИ ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА**

**В. А. Зименков**, аспирант,  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,  
ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990  
E-mail: [oknoperm@gmail.com](mailto:oknoperm@gmail.com)

*Аннотация.* В статье описан опыт использования Габапентина, Золетила 100 и Ксилы для седации и анальгезии лабораторных мышей с целью снижения дистресса, страданий и боли при заборе крови, путем ампутации кончика хвоста. В опыте были использованы половозрелые особи женского пола, возрастом 3-4 месяца и весом 22-25 г, которые были поделены на четыре

экспериментальных группы по 10 мышей в каждой. Так как забор крови в любом случае сопровождается болью, обязательной для всех четырех групп было равномерное получение (в течение суток до опыта) перорально Габапентина, растворенного в воде, в дозе около 1500 мг/кг. Дополнительно к Габапентину, второй группе проводилась внутримышечная (в/м) инъекция Золетила 100 в дозе 20 мг/кг, третьей группе добавлялась подкожная (п/к) инъекция Ксила в дозе 5 мг/кг, а четвертой группе – комбинация препаратов Ксила + Золетил 100 внутримышечно в дозах 5 мг/кг и 10 мг/кг соответственно. Оценены временные параметры седации и анальгезии в зависимости от доз и комбинаций препаратов у подопытных животных. При анализе результатов рекомендована оптимальная схема седации мышей: голодная диета 4-6 часов; Габапентин 1500 мг/кг в сутки перорально (п/о) с водой в поилке, начиная за 24 часа до манипуляции; Золетил 20 мг/кг внутримышечно, непосредственно перед забором крови. Такой схемой достигается хорошая анальгезия, быстрый вход в седативное состояние, достаточное время для проведения манипуляций с животным, а также относительно быстрый выход из состояния наркоза.

*Ключевые слова:* Габапентин, Золетил 100, Ксила, лабораторная мышь, эксперимент, боль, седация, анальгезия.

**Введение.** Лабораторная мышь на сегодняшний день является самым востребованным модельным животным для постановки опытов *in vivo*. Более 60% всех экспериментов в фармакологии проводятся на этих животных. Благодаря лабораторной мыши сделано немало открытий в области бактериологии, токсикологии, в мутагенных и канцерогенных исследованиях [1].

К сожалению, почти любой эксперимент, связанный с исследованиями *in vivo*, сопряжен с дистрессом, страданием и болью у лабораторных животных. Поэтому важно надлежащие содержание, уход за живыми моделями, используемыми в экспериментальных и других научных целях согласно Европейской конвенции по защите позвоночных животных от 2004 года, на основании которой в Российской Федерации был принят соответствующий ГОСТ 33216-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами». При манипуляциях, связанных с болью, необходимо обеспечить адекватную анальгезию, седацию или анестезию у лабораторных мышей. По данным различных источников, у грызунов можно использовать несколько препаратов для анестезии

и анальгезии, в основном ингаляционного применения. А так как доступ к этим препаратам на данный момент ограничен, было принято решение использовать доступные неингаляционные средства [1-4].

*Целью* нашей работы является определить оптимальное сочетание и режим дозирования обезболивающих и седативных препаратов, обеспечивающих адекватную анальгезию и непродолжительную седацию у лабораторных мышей.

**Методика.** Объектом исследования служили лабораторные мыши – альбиносы возрастом 3-4 месяца и весом 22-25 граммов, всего 40 особей – самок. Животные содержались в пластиковых прозрачных ящиках размером по полу 30 на 40 см и высотой 25 см, по 10 мышей в каждом. Температура в помещении 22-24 градуса Цельсия при относительной влажности 45-60 % [3]. Кормление производилось готовыми рационами для грызунов Little One, вода в постоянном доступе. Перед опытом животные содержались на голодной диете 4-6 часов. В качестве лекарственных средств нами были использованы: Габапентин Канон, действующее вещество габапентин 300 мг/капсула, Ксила, действующее вещество ксилазина гидрохлорид 20 мг/мл и Золетил 100, дей-

ствующие вещества золазепам гидрохлорида и тилетамина гидрохлорида по 50 мг/мл [5, 6]. Животные были поделены на 4 группы одного пола, по 10 самок в каждой. Каждая из групп, по гуманным соображениям, в обязательном порядке получала перорально

Габапентин, который добавлялся в поилку за 24 часа до опыта, так как забор крови путем ампутации кончика хвоста сопровождается болью [7]. Особям трех из четырех групп дополнительно проводилась инъекция препарата для седации (табл. 1).

Таблица 1

Схема научно-исследовательского опыта (n=10)

Группа	Дозы и комбинации препаратов
1	Габапентин 1500 мг/кг, п/о
2	Габапентин 1500 мг/кг, п/о, Золетил 100, 20 мг/кг, в/м
3	Габапентин 1500 мг/кг, п/о, Ксила, 5 мг/кг, п/к
4	Габапентин 1500 мг/кг, п/о, Золетил 100, 10 мг/кг+Ксила 5 мг/кг, в/м

Препараты дозировались следующим образом: содержимое капсулы Габапентина 300 мг растворялось в воде 20 мл, полученный раствор помещался в поилку, доза на одну особь составляла примерно 1500 мг/кг [8, 9].

По данным различных источников, средняя доза Золетила 100 для мышей составляет 20 мг/кг, то есть на особь весом 25 граммов получается  $D$  (доза) =  $20/1000 \cdot 25 = 0,5$  мг. Так как в 1 мл Золетила 100 – 100 мг действующих веществ, точный набор в шприц требуемой дозы затруднен, поэтому в 1мл препарата добавляли раствор NaCl 0,9 % в количестве 24 мл, полученная смесь имеет концентрацию: в одном мл 4 мг действующих веществ. С Ксией поступали подобным образом. Средняя доза составляет 5 мг/кг, таким образом на одну мышь 0,125 мг, к одному мл Ксилы добавляли 9 мл изотонического физраствора и получали смесь 2 мг в одном мл [5, 6, 10-12].

Внутримышечную инъекцию производили в заднюю поверхность бедра, удерживая животное за хвост, шприцом 1 мл с иглой размером 27G, подкожно – аналогичным шприцом с иглой 25G в область лопаток [3, 4].

Оценка результатов производилась по следующим критериям:

1. Боль, которая может возникнуть при заборе крови путем ампутации кончика хво-

ста. Как правило мышь обозначает боль вокализацией, а именно своеобразным писком, таким образом у этого критерия два результата «да» (есть вокализация), «нет» (нет вокализации) [1, 3, 4].

2. Уровень седации. Условно выделяем 4 уровня: 1 – животное в сознании, 2 – животное в сознании, малоподвижно, 3 – животное в сознании неподвижно, 4 – животное без сознания.

3. Время входа в седативное состояние.

4. Время продолжительности седации.

**Результаты.** Во время проведения эксперимента ни одно животное из всех групп не ответило вокализацией на ампутацию кончика хвоста, таким образом можно с высокой долей вероятности утверждать, что процедура забора крови для мышей проходила безболезненно. Также можно отметить, что все схемы седации оказались достаточно безопасными для мышей, не зафиксированы летальные исходы, и не было травмированных особей вследствие инъекций. Интересно, что Габапентин не вызывает седации у грызунов, даже в дозе 1500 мг/кг, но является хорошим средством для анальгезии и купирования дистресса. Животные становятся более спокойными, идут на контакт с человеком, а при постановке инъекции, заборе крови, не испытывают стресс, боль и страдания (табл. 2)

Таблица 2

Данные эксперимента по анальгезии и седации лабораторных мышей

Группа	Боль	Уровень седации	Время входа в седативное состояние (мин)	Продолжительность седации (мин)
1	нет	1	-	-
2	нет	4	<1	10-20
3	нет	2,3	3-5	20
4	нет	4	<1	30-50

Анализируя данные таблицы 2, можно сделать вывод, что, казалось бы, достаточно использовать Габапентин в моно-режиме, но в этом случае затруднены манипуляции с животным, требуется фиксация, обязателен помощник. Недостатком схемы Габапентин + Ксила (3 группа животных) является слабый уровень седации, а побочным эффектом комбинации препаратов для седации Габапентин + Золетил 100 + Ксила является продолжительное время анестезии, а также дополнительный расход времени на подготовку смеси (группа 4). Комбинация препаратов Габапентин + Золетил 100 (группа 2) вызывала у животных быстрый вход в седа-

тивное состояние, которое в среднем продолжалось около 15 минут.

**Выводы.** Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что оптимальной схемой седации для забора крови у лабораторных мышей является сочетание Габапентина перорально 1500 мг/кг, равномерно в течение суток перед забором крови, плюс Золетил 100 внутримышечно в дозе 20 мг/кг, которая была опробована на второй опытной группе. Эта схема обеспечивает хорошую анальгезию, быстрый вход в седативное состояние, достаточное время для проведения манипуляций с животными, а также относительно быстрый выход из состояния наркоза.

#### Литература

1. Suckow M.A., Danneman P., Brayton C. The laboratory mouse. London: CRC Press, 2001. 168 p.
2. Дональд К., Пламб Фармакологические препараты в ветеринарной медицине / Пер. с англ. Е. И. Осипова. М.: «Аквариум ЛТД», 2002. 856 с.
3. Baumans V., Stafleu F.R., Bouw J. Testing housing systems for mice- the value of a preference test // Zeitschrift fur Versuchstierkunde. 1987. № 29. P. 9-14.
4. Morton D.B. Adverse effects in animal and their relevance to refining scientific procedures // Alternatives to laboratory animals. 1990. № 18. С. 29-39.
5. Кадомцев Д. В., Пасечникова Е. А., Голубев В. Г. Золетил-ксилазиновый наркоз в экспериментах у крыс // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5-1. С. 56-57.
6. Фатеева Е. И., Чернов А. С., Телегин Г. Б. Общие принципы анестезии и анальгезии лабораторных животных // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 2. С. 97-103.
7. Метод забора крови у животных / А. В. Дьякон [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 11-2. С. 84-85.
8. Molecular basis for the dosing time-dependency of anti-allodynic effects of gabapentin in a mouse model of neuropathic pain / N. Kusunose [et al.] // Molecular Pain. 2010. Т. 6. P. 83.
9. Neurochemical actions of gabapentin in mouse brain / J. P. Leach [et al.] // Epilepsy Research. 1997. Т. 27. № 3. P. 175-180.
10. Hedenqvist P., Hellebrekers L. J. Hand- book of laboratory animal science. Laboratory Animal Analgesia, Anesthesia and Euthanasia. L.J., London.: CRC Press., 2003. 548 p.
11. Hankenson F. C. Critical Care Management for Laboratory Mice and Rats. London.: CRC Press., 2013. 271 p.
12. Evaluation of a combination of tiletamine and zolazepam as an anesthetic for laboratory rodents / Silverman J. [et al.] // Laboratory Animals Science. 1983. № 33(5). P. 457-60.

## EXPERIENCE OF USING GABAPENTIN, ZOLETIL 100 AND XYLA FOR ANALGESIA AND SEDATION OF LABORATORY MICE IN THE EXPERIMENT

V. A. Zimenkov, Postgraduate student  
Perm State Agro-Technological University  
23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia  
E-mail: [oknoperm@gmail.com](mailto:oknoperm@gmail.com)

### ABSTRACT

The article describes the experience of using Gabapentin, Zoletil 100 and Xyla for sedation and analgesia of laboratory mice in order to decrease distress, anguish and pain after blood draw by cutting off the tip of the tail. During the experiment mature female mice, 3-4 months old, weight 22-25 g were used. They were divided into four experimental groups, 10 mice in each. Since blood draw is in any case accompanied by pain, it was necessary for all four groups to take Gabapentin dissolved in water perorally (po), dose 1500 mg (24 hours prior to procedure). Second group additionally got Zoletil 100 injection – 20 mg intramuscularly (im), third group additionally got Xyla injection subcutaneously (sc), dose 5 mg, fourth group got combination of Xyla and Zoletil 100 im, doses 5 and 10 mg, respectively. Time parameters of sedation and analgesia depending on dose size and drugs' combinations in experimental animals were assessed. The analysis of results shows that optimal sedation procedure includes: absolute diet – 4-6 hours, Gabapentin – 1500 mg/day po with water in drinking bowl starting from 24 hours prior to procedure, Zoletil 100 - 20 mg im, right before the blood draw. Using this procedure good analgesia, quick entrance into sedative state, enough time to make procedures with mice, and relatively quick anesthesia recovery are attained.

*Key words: Gabapentin, Zoletil 100, Xyla, laboratory mouse, experiment, pain, sedation, analgesia.*

### References

1. Suckow M.A., Danneman P., Brayton C. The laboratory mouse. London, CRC Press, 2001, 168 p.
2. Donal'd K., Plamb Farmakologicheskie preparaty v veterinarnoi meditsine (Pharmacological preparations in veterinary medicine), Per. s angl. E. I. Osipova, M., «Akvarium LTD», 2002, 856 p.
3. Baumans V., Stafleu F.R., Bouw J. Testing housing systems for mice- the value of a preference test, Zeitschrift fur Versuchstierkunde, 1987, No. 29, pp. 9-14.
4. Morton D.B. Adverse effects in animal and their relevance to refining scientific procedures, Alternatives to laboratory animals, 1990, No. 18, pp. 29-39.
5. Kadomtsev D. V., Pasechnikova E. A., Golubev V. G. Zoletil-ksilazinovy narkoz v eksperimentakh u kryс (Zoletil-xylazine anesthesia in experiments in rats), Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy, 2015, No. 5-1, pp. 56-57.
6. Fateeva E. I., Chernov A. S., Telegin G. B. Obshchie printsipy anestezii i analgezii laboratornykh zhivotnykh (General principles of anesthesia and analgesia of laboratory animals), Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii, 2014, No. 2, pp. 97-103.
7. Metod zabora krovi u zhivotnykh (Method of blood sampling in animals), A. V. D'yakon [i dr.], Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy, 2013, No. 11-2, pp. 84-85.
8. Molecular basis for the dosing time-dependency of anti-allodynic effects of gabapentin in a mouse model of neuropathic pain, N. Kusunose [et al.], Molecular Pain, 2010, T. 6, pp. 83.



9. Neurochemical actions of gabapentin in mouse brain, J. P. Leach [et al.], *Epilepsy Research*, 1997, T. 27, No. 3, pp. 175-180.
10. Hedenqvist P., Hellebrekers L. J. Hand- book of laboratory animal science. Laboratory Animal Analgesia, Anesthesia and Euthanasia, L.J., London, CRC Press., 2003, 548 p.
11. Hankenson F. C. Critical Care Management for Laboratory Mice and Rats, London, CRC Press., 2013, 271 p.
12. Evaluation of a combination of tiletamine and zolazepam as an anesthetic for laboratory rodents, Silverman J. [et al.], *Laboratory Animals Science*, 1983, No. 33(5), pp. 457-60.

УДК 636.2.082.31(470.51)

## **МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ И ДОЛГОЛЕТИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КРОВНОСТИ ПО ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЕ**

**Е. Н. Мартынова**, д-р с.-х. наук, профессор;  
**В. Ю. Якимова**, аспирант,  
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА,  
ул. Студенческая, 11, Ижевск, Россия, 426069  
E-mail: [valentina.yaki@yandex.ru](mailto:valentina.yaki@yandex.ru)

*Аннотация.* Изучены молочная продуктивность и продуктивное долголетие высокопродуктивных коров разного уровня продуктивности в зависимости от кровности по голштинской породе. Для проведения исследований была отобрана группа коров, выбывших с 2012 по 2017 гг., с законченной лактацией. Анализ молочной продуктивности высокопродуктивных коров по наивысшей лактации, в зависимости от доли кровности по голштинской породе, не выявил достоверной разницы по удою. Среди коров-рекордисток наблюдается с увеличением доли кровности по голштинской породе достоверное повышение удою за 305 дней максимальной лактации. Так, в целом по исследуемому поголовью разница составила 321,4 кг ( $P \leq 0,05$ ), в СПК (колхоз) «Удмуртия» 661,8 кг ( $P \leq 0,05$ ). Выявлено достоверное понижение массовой доли жира в молоке у высокопродуктивных коров на 0,14 % ( $P \leq 0,05$ ). С повышением кровности по голштинской породе в среднем по изучаемому поголовью отмечается снижение срока использования коров на 2,32–2,04 лактации ( $P \leq 0,01$ ), с 5,85 до 3,53 лактаций – у высокопродуктивных коров и с 6,32 до 4,28 лактаций – у коров-рекордисток. Пожизненный удои высокопродуктивных коров и коров-рекордисток с ростом доли кровности по голштинской породе снижался. Так, у коров с кровностью 88,0 % и более он был меньше на 13073,2–11370,5 кг соответственно по сравнению с коровами с долей кровности 50,0–74,0 %. По исследуемому поголовью наблюдается снижение среднего возраста полных лет жизни, срока продуктивного использования, количества дойных дней и среднего удою на 1 день жизни с увеличением кровности по голштинской породе.

*Ключевые слова:* высокопродуктивные коровы, коровы-рекордистки, молочная продуктивность, кровность, продуктивное долголетие, пожизненный удои.

**Введение.** Выбор голштинской породы в качестве улучшающей для молочных пород скота не требует достоверности. Многолетний опыт отечественных и зарубежных ученых по использованию голштинской породы для интенсификации селекции молочного скота выявил значительную эффективность совершенствования генетического потенциала молочной продуктивности [1-3].

Оценка продуктивного долголетия крупного рогатого скота даёт нам возможность усовершенствовать племенные и увеличить продуктивные качества молочного скота.

Вопросам продолжительности хозяйственного использования молочного скота в последние годы уделяется значительное внимание, так как наблюдается тенденция уменьшения сроков использования маточно-поголовья коров не только по популяциям, но и в ведущих племенных заводах страны [4-6].

Многолетнее использование высокопродуктивных коров даёт возможность получению ценного потомства, улучшению генеалогической структуры стада или породы и накоплению генетического потенциала в будущих поколениях. В связи с этим увеличение биологической продолжительности жизни молочного скота и увеличение срока его продуктивного использования является одной из первых и острых проблем современного скотоводства [7-9].

*Целью исследований* явилась оценка молочной продуктивности и долголетия высокопродуктивных коров разного уровня продуктивности в зависимости от кровности по голштинской породе.

Для решения данной цели были определены задачи: изучить молочную продуктивность высокопродуктивных коров и коров-рекордисток с разной долей кровности по голштинской породе; сравнить продолжительность хозяйственного использования высокопродуктивных коров и коров-

рекордисток в зависимости от кровности по голштинской породе.

**Методика.** Исследования проведены в племенных заводах по разведению чернопестрой породы крупного рогатого скота АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» и СПК (колхоз) «Удмуртия» Вавожского района. Для проведения исследований была отобрана группа коров, выбывших с 2012 по 2017 гг., с законченной лактацией. Все исследуемое поголовье условно разделили по удою за наивысшую лактацию на 3 группы. Отбор в группы осуществляли на основании биометрической обработки данных, с использованием среднего значения ( $\bar{X}$ ) и среднего квадратического отклонения ( $\sigma$ ) по удою за наивысшую лактацию. Граница отбора в группу высокопродуктивных коров составила  $\bar{X} + 1\sigma$ , в группу рекордисток -  $\bar{X} + 2\sigma$ , остальные коровы были отнесены к производственной группе.

**Результаты.** Установлено, что в хозяйствах среди исследуемого поголовья коров с долей кровности по голштинской породе до 50,0 % не обнаружено.

Динамика поголовья с разной долей кровности по голштинской породе представлена на рисунке 1.

В целом анализ исследуемого поголовья показал, что наибольшее количество животных в стадах имеют кровность по голштинской породе 88,0 % и выше. Наибольшее наличие коров-рекордисток и высокопродуктивных коров по хозяйствам в целом с долей кровности 88 % и более составило 47,6 % и 48,9 % соответственно, наименьшее – с долей кровности 50,0-74,0 % – 7 % и 12,7 % соответственно. В АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» наличие коров-рекордисток и высокопродуктивных коров с долей кровности 50,0-74,0 % составило 12,2 % и 16,0 %, с кровностью 75,0-87,5 % – 42,4 % и 34,0 %, и с кровностью 88,0 % и более – 45,4 % и 50,0 % соответственно.

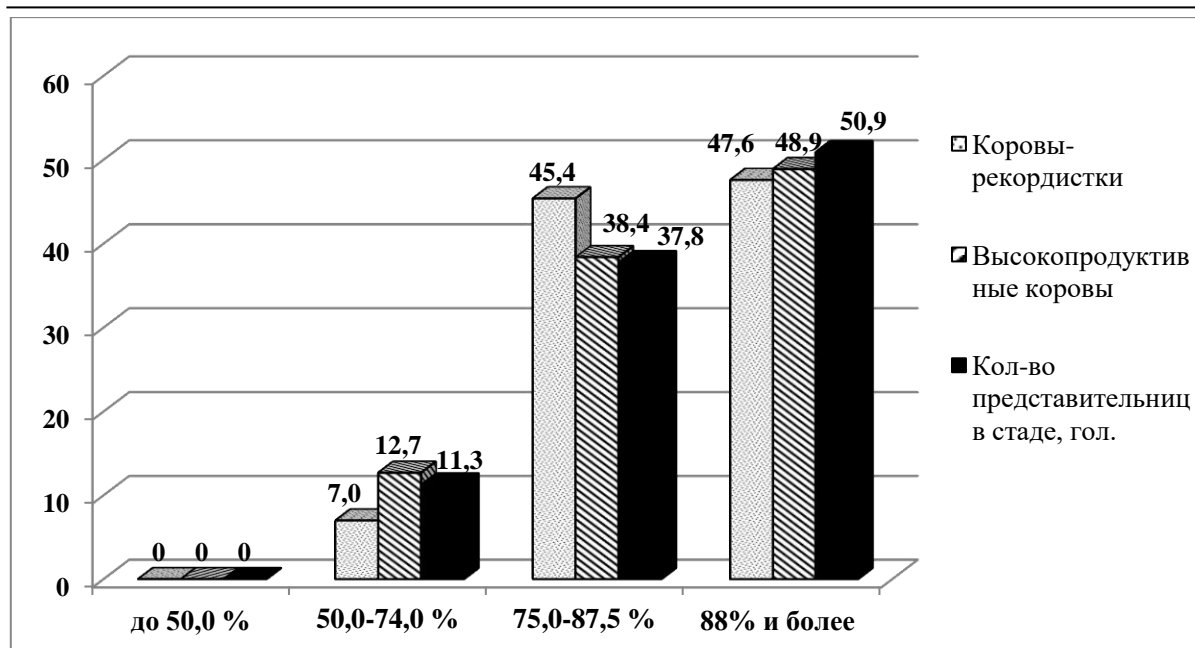


Рис. 1. Наличие высокопродуктивных коров с разной кровностью по голштинской породе

В СПК (колхоз) «Удмуртия» коров-рекордисток и высокопродуктивных коров с долей кровности 50,0-74,0 % было 2,5 % и 9,8 %, с кровностью 75,0-87,5 % – 48,1 % и

42,3 %, с кровностью 88,0 % и более 49,4 % и 47,9 % соответственно.

В таблице 1 приведена молочная продуктивность по наибольшей лактации в зависимости от кровности по голштинской породе.

Таблица 1

Молочная продуктивность коров по максимальной лактации в зависимости от кровности по голштинской породе

Кровность, %	Высокопродуктивные коровы			Коровы-рекордистки		
	удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
<b>СПК (колхоз) «Удмуртия»</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	9098,8±63,87	4,04±0,05	3,24±0,01	9901,0±38,0	4,08±0,02	3,29±0,01
75,0-87,5	9076,3±34,31	4,03±0,03	3,20±0,01	10459,8±96,8	3,96±0,05	3,21±0,01
88,0 и более	9067,8±28,82	3,98±0,04	3,15±0,01	10562,8±135,24	3,98±0,07	3,19±0,02
<b>АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА»</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	8710,5±56,5	4,4±0,05	3,04±0,01	10047,4±141,4	4,1±0,08	3,06±0,04
75,0-87,5	8652,1±34,4	4,20±0,04	3,04±0,03	10093,0±103,2	4,16±0,05	3,03±0,01
88,0 и более	8729,6±35,3	4,18±0,03	3,04±0,01	10028,4±94,01	4,1±0,07	3,02±0,01
<b>Итого</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	8904,65±92,12	4,22±0,05	3,14±0,01	9974,2±89,7	4,09±0,14	3,18±0,07
75,0-87,5	8864,2±34,36	4,12±0,04	3,12±0,02	10276,4±100,0	4,06±0,05	3,12±0,01
88,0 и более	8898,7±32,06	4,08±0,04	3,1±0,01	10295,6±114,63	4,04±0,01	3,12±0,02

Из таблицы можно заметить, что молочная продуктивность по наибольшей лактации, в зависимости от доли кровности по

голштинской породе, не имеет большого различия по удою. При этом установлено достоверное снижение массовой доли жира

в молоке у высокопродуктивных коров на 0,14 % ( $P \leq 0,05$ ), а у коров, принадлежащих АО «Учхоз Июльское ИжГСХА», – на 0,22 % ( $P \leq 0,05$ ) при увеличении доли кровности по голштинской породе. У высокопродуктивных коров, принадлежащих СПК (колхоз) «Удмуртия», установлено снижение массовой доли белка на 0,09 % ( $P \leq 0,05$ ) у коров с долей кровности по голштинской породе 88 % и более.

Среди коров-рекордисток наблюдается с ростом доли кровности по голштинской породе рост удоя за 305 дней максимальной лактации. Так в целом по исследуемому поголовью разница составила 321,4 кг ( $P \leq 0,05$ ), в СПК (колхоз) «Удмуртия» – 661,8 кг ( $P \leq 0,05$ ). По массовой доле жира и белка в молоке достоверных различий у ко-

ров с разной долей кровности не установлено в целом по исследуемому поголовью, только в СПК (колхоз) «Удмуртия» выявлено достоверное снижение массовой доли белка в молоке на 0,1 % ( $P \leq 0,05$ ) у коров с кровностью 88,0 % и более.

В настоящее время проблема продуктивного долголетия коров вызывает повышенный интерес многих ученых и практиков. От этого зависит эффективность молочного скотоводства, интенсивность использования маточного стада и особенно высокопродуктивных коров [10-13].

В таблице 2 приведены данные хозяйственного использования высокопродуктивных коров с разной кровностью по голштинской породе.

Таблица 2

Хозяйственное долголетие коров разного уровня продуктивности в зависимости от кровности по голштинской породе

Кровность, %	Высокопродуктивные коровы			Коровы-рекордистки		
	среднее долголетие лактации	средний удой за 305 дней лактации, кг	пожизненный удой, кг	среднее долголетие лактации	средний удой за 305 дней лактации, кг	пожизненный удой, кг
<b>СПК (колхоз) «Удмуртия»</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	6,40±0,4	7106,6±112,6	47520,4±2621,3	7,50±0,5	7745,0±375,0	55100,5±2439,5
75,0-87,5	4,97±0,2	7577,2±58,19	39212,8±1532,5	4,50±0,2	8323,8±98,5	40698,3±2872,9
88,0 и более	2,82±0,1	8156,6±62,4	27003,5±1434,3	3,29±0,2	8541,6±132,2	30004,7±3952,4
<b>АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА»</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	5,3±0,3	7342,6±85,6	41330,2±1963,6	5,13±0,6	8385,6±185,9	44787,6±4269,9
75,0-87,5	4,46±0,2	7425,1±49,1	36709,5±1460,7	5,75±0,3	8371,3±127,5	51440,8±3084,5
88,0 и более	4,24±0,1	7506,8±42,7	35700,6±948,2	5,27±0,3	8254,1±126,1	47142,5±2764,5
<b>Итого</b>						
До 50,0	-	-	-	-	-	-
50,0-74,0	5,85±0,3	7224,6±99,1	44425,3±2292,1	6,32±0,5	8065,3±280,5	49944,1±3354,7
75,0-87,5	4,72±0,2	7501,2±56,5	37961,2±1496,6	5,13±0,3	8347,6±113,0	46069,6±2978,7
88,0 и более	3,53±0,1	7831,7±52,5	31352,1±1191,3	4,28±0,3	8397,9±129,1	38573,6±3358,5

Из данных таблицы 2 видно, что с увеличением кровности по голштинской породе, в среднем по исследуемому поголовью отмечается уменьшение срока использования коров на 2,32-2,04 лактации ( $P \leq 0,01$ ), с 5,85 до 3,53 лактаций – у высокопродуктивных коров и с 6,32 до 4,28 лактаций – у коров-

рекордисток. Наивысшим продуктивным долголетием обладают высокопродуктивные коровы с долей кровности 50-74 % (6,4 лактаций), у коров-рекордисток с долей кровности 50-74 % (7,5 лактаций), принадлежащих СПК (колхоз) «Удмуртия». В данном хозяйстве наблюдается и самое наименьшее про-

дуктивное использование коров с кровностью 88,0 % и более – 2,82 лактации – высокопродуктивные и 3,29 лактации – коровы-рекордистки.

При снижении срока продуктивного использования коров с увеличением кровности по голштинской породе, наблюдается увеличение среднего удоя за 305 дней за одну лактацию на 607,1-330,5 кг ( $P \leq 0,05$ ) у высокопродуктивных коров и на 332,6-50,6 кг – у коров-рекордисток.

Среди высокопродуктивных коров СПК (колхоз) «Удмуртия» наибольшим средним удоём за 305 дней лактации отличились коровы с долей кровности 88,0 % и выше (8156,6 кг), что на 1050-579,4 кг больше, чем у коров с меньшей долей кровности. Среди высокопродуктивных АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» также наибольший средний удоём имеют коровы с долей кровности 88,0 % и выше (7506,8 кг), что на 164,2 - 81,4 кг больше, чем у коров других групп.

Среди коров-рекордисток СПК (колхоз) «Удмуртия» наибольшим средним удоём отличились коровы с долей кровности 88,0 % и выше (8541,6 кг), что на 796,6- 217,8 кг больше, чем у рекордисток с меньшей кровностью по голштинской породе, соответственно. Среди рекордисток АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» наибольший удоём имеют коровы с долей кровности 50-74 % (8385,6 кг), что на 14,3-131,5 кг больше, чем у рекордисток с кровностью 75,0 % и выше.

Пожизненный удоём высокопродуктивных коров и коров-рекордисток с увеличением доли кровности по голштинской породе снижался, так у коров с кровностью 88,0 % и более он был меньше на 13073,2–11370,5 кг соответственно по сравнению с коровами с долей кровности 50,0-74,0 %.

Пожизненный удоём высокопродуктивных коров в СПК (колхоз) «Удмуртия» был наибольшим с долей кровности 50-74 % (47520,4 кг), наименьший – с долей кровно-

сти 88,0 % (27003,5 кг). В АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» также у высокопродуктивных коров с долей кровности 50-74 % данный показатель был максимальный – 41330 кг, наименьший – с долей кровности 88,0 % и выше (35700,6 кг). Но при этом полученный пожизненный удоём в СПК (колхоз) «Удмуртия» у коров с долей кровности 50-74 % больше, чем у коров в АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА», на 6190,2 кг.

Пожизненный удоём у коров-рекордисток в СПК (колхоз) «Удмуртия» наибольший был также с долей кровности 50-74 % (55100,5 кг), наименьший – с долей кровности 88,0 % (30004,7 кг). В АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» коровы-рекордистки с долей кровности 75-87,5 % имели пожизненный удоём максимальный – 51440,8 кг, наименьший – с долей кровности 50-74 % – 44787,6 кг.

Из таблиц 3 и 4 видно влияние доли кровности на продуктивное долголетие высокопродуктивных коров и коров-рекордисток.

Отмечены долгожительницы среди высокопродуктивных коров с кровностью 50,0-74,0 %, их средний возраст жизни равен 8,97 и 7,63 года. Среди коров - рекордисток с долей кровности 50,0-74,0 % в СПК (колхоз) «Удмуртия» – 8,5 года и в АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» с долей кровности 75,0-87,5 % – 8,29 года.

Среди высокопродуктивных коров наблюдается с увеличением доли кровности по голштинской породе снижение среднего возраста полных лет жизни, среднего возраста в лактациях, количества дойных дней и среднего удоя на 1 день жизни. Так, в СПК (колхоз) «Удмуртия» количество дойных дней у высокопродуктивных коров с кровностью 88,0 % и более было на 1136,9 дня ( $P \leq 0,05$ ) меньше, чем у коров с кровностью 50,0-74,0 %, в АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» – на 284,1 дня ( $P \leq 0,05$ ). При этом средний удоём на 1 день лактации закономерно увеличивался на 0,06-3,06 кг.

Таблица 3

Влияние доли кровности  
на продуктивное долголетие высокопродуктивных коров

Кровность, %	Средний возраст полных лет жизни, г	Средний возраст в лактациях, лакт.	Дойных дней всего, дн.	Средний удой на 1 день жизни, кг	Средний удой на 1 день лактации, кг
<b>СПК (колхоз) «Удмуртия»</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	8,97±0,43	6,55±0,36	2369,78±98,97	14,04±0,19	21,54±0,29
75,0-87,5	7,20±0,18	4,96±0,17	1775,27±56,82	13,69±0,17	22,84±0,23
88,0 и более	4,99±0,14	2,82±0,12	1232,8±47,84	13,13±0,2	24,6±0,26
<b>АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА»</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	7,63±0,28	5,29±0,26	1865,1±81,29	13,94±0,23	21,96±0,86
75,0-87,5	6,89±0,22	4,46±0,19	1633,6±43,44	13,43±0,22	19,21±0,34
88,0 и более	6,66±0,14	4,24±0,11	1581,0±43,44	13,43±0,15	22,58±0,37
<b>Итого</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	8,3±0,36	5,99±0,31	2117,5±90,13	13,99±0,21	21,75±0,58
75,0-87,5	7,05±0,2	4,71±0,18	1704,44±50,13	13,56±0,20	21,03±0,57
88,0 и более	5,83±0,14	3,53±0,12	1406,9±45,64	13,28±0,18	23,59±0,32

Наивысший удой на 1 день жизни среди высокопродуктивных коров имели коровы с долей кровности 50,0-74,0 %, в АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА» средний удой равен 13,94 кг и 14,04 кг в СПК (колхоз) «Удмуртия», что на 0,91 кг ( $P \leq 0,05$ ) и на 0,51 кг соответственно больше чем у коров с кровностью свыше 88,0 %.

Таблица 4

Влияние доли кровности на продуктивное долголетие коров-рекордисток

Кровность, %	Средний возраст полных лет жизни, г	Средний возраст в лактациях, лакт.	Дойных дней всего, дн.	Средний удой на 1 день жизни, кг	Средний удой на 1 день лактации, кг
<b>СПК (колхоз) «Удмуртия»</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	8,5±0,5	7,5±0,5	2752,0±52,9	15,81±0,39	24,05±0,94
75,0-87,5	6,75±0,23	4,51±0,21	1865,9±66,99	15,35±0,25	25,48±0,31
88,0 и более	5,61±0,26	3,29±0,23	1644,6±86,68	14,76±0,44	25,16±0,64
<b>АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА»</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	7,25±0,59	5,13±0,58	1788,5±179,47	15,61±0,43	25,39±0,75
75,0-87,5	8,29±0,34	5,75±0,35	2077,2±118,14	16,09±0,34	25,78±0,48
88,0 и более	7,6±0,36	5,27±0,34	1887,4±114,27	15,48±0,33	25,15±0,55
<b>Итого</b>					
До 50,0	-	-	-	-	-
50,0-74,0	7,88±0,55	6,32±0,55	2270,25±116,19	15,71±0,41	24,72±0,85
75,0-87,5	7,52±0,29	5,13±0,28	1971,55±92,57	15,72±0,29	25,63±0,39
88,0 и более	6,61±0,31	4,28±0,29	1766,0±100,48	15,12±0,39	25,16±0,59

Среди коров-рекордисток в целом по исследуемому поголовью наблюдается тенденция снижения среднего возраста жизни, среднего возраста в лактациях, количества дойных дней, среднего удоя на 1 день жизни с увеличением доли кровности по голштинской породе за исключением коров-рекордисток АО «Учхоз Июльское Ижевской ГСХА». В данном племенном заводе коровы-рекордистки с долей кровности 75,0-87,5 % имели наибольшие показатели по продолжительности жизни (8,29 года), возрасту в лактациях (5,75 лактации), количеству дойных дней (2077,2 дня), у них был наибольшим удой на 1 день жизни и лактации.

**Выводы.** В целом анализ исследуемого поголовья показал, что наибольшее количество животных (47,6-48,9 %) в стадах имеют кровность по голштинской породе 88,0 % и более. При этом снижается средний возраст полных лет жизни, срок продуктивного использования, количество дойных дней, пожизненный удой и средний удой на 1 день жизни с увеличением кровности по голштинской породе.

Наибольший пожизненный удой, средний возраст полных лет жизни и срок продуктивного использования был у коров с кровностью по голштинской породе 50,0-87,5 %.

#### Литература

1. Любимов А. И., Мартынова Е. Н. Характеристика коров-рекордисток черно-пестрой породы племзавода «Июльское» ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА // Эффективность адаптивных технологий в растениеводстве и животноводстве: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2008. С. 197-200.
2. Чукавин А. С., Воробьева С. Л. Влияние генотипических факторов на продолжительность хозяйственного использования коров черно-пестрой породы в Удмуртии // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2017. Т. 232. № 4. С. 154-159.
3. Vollema A. R., Groen A. F. Longevity on small and large dairy cattle farms // EAAP. 48-th Annual Meeting. Vienna. 1997. P. 31.
4. Любимов А. И., Мартынова Е. Н., Исупова Ю. В. Пожизненная продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров черно-пестрой породы в условиях Удмуртии // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. Т. 2. С. 76-80.
5. Николаев В. В. Динамика молочной продуктивности в зависимости от кровности коров по голштинской породе // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2010. Т. 5. № 2 (16). С. 143-145.
6. Овчинникова Л. Ю. Влияние отдельных факторов на продуктивное долголетие коров // Зоотехния. 2007. № 6. С. 18-21.
7. Куликова С. Г., Ёлкин Н. Н. Продуктивное долголетие коров в зависимости от кровности по голштинской породе и линейной принадлежности // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2010. № 3(15). С. 68-72.
8. Любимов А. И., Юдин В. М. Влияние инбридинга на пожизненную продуктивность и продолжительность хозяйственного использования коров черно-пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 3. С. 14-16.
9. Уфимцева Н. С., Велечкович А. Н. Продуктивное долголетие коров приобского типа // Адаптация, здоровье и продуктивность животных: сб. докл. Сиб. Межрегион. науч.-практ. конф., Новосибирский ГАУ. Новосибирск, 2008. С. 9-11.
10. Взаимосвязь паратипических признаков с продуктивным долголетием коров черно-пестрой породы / А. И. Любимов [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4 (53). С. 42-49.
11. Русских Т. А., Бычкова В. А., Юдин В. М. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой и холмогорской пород // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 123-130.
12. Doormaal B. V. A Closer Look at Longevity // Canadian Dairy Network. 2009, May. P. 3.
13. Widmer Sh. The future genetics // Dairy herd management. 1981. № 7. P. 31 -32.

## MILK YIELD AND LONGEVITY OF HIGH YIELDING COWS WITH DIFFERENT LEVELS OF PRODUCTIVITY DEPENDING ON HOLSTEIN BREED BLOOD SHARE

**E. N. Martynova**, Dr. Agr. Sci., Professor  
**V. Yu. Yakimova**, Postgraduate student  
Izhevsk State Agricultural Academy  
11, Studencheskaya St., Izhevsk, 426069, Russia  
E-mail: [valentina.yaki@yandex.ru](mailto:valentina.yaki@yandex.ru)

### ABSTRACT

Milk productivity and productive longevity of highly productive cows of different levels of productivity depending on the Holstein breed blood share were studied. A group of cows that were eliminated from 2012 to 2017 with complete lactation was selected for the study. The analysis of milk production of highly productive cows on the highest lactation depending on the blood share of Holstein breed did not reveal a significant difference in milk yield. Among the most productive cows, significant increase in milk yield was observed for 305 days of maximum lactation along with an increase in Holstein breed blood share, as a whole for the studied livestock difference was 321.4 kg ( $P \leq 0.05$ ), in the collective farm «Udmurtia» 661.8 kg ( $P \leq 0.05$ ). A significant decrease in the mass fraction of fat in milk in highly productive cows by 0.14 % ( $P \leq 0.05$ ) was found. With increasing Holstein breed blood share, on average in studied livestock there was a reduction in the use period of the cows by 2.32-2.04 lactations ( $P \leq 0.01$ ), from 5.85 to 3.53 lactations – in highly productive cows and from 6.32 to 4.28 lactations in the most productive cows. Lifetime yield of high-yielding cows and the most productive cows declined with the increase in Holstein breed blood share. So, in cows with 88.0% blood share or higher it was less by 13073.2-11370.5 kg, respectively, compared to cows with 50.0-74.0 %. The studied cattle demonstrated the reduction in the average age of life, period of productive use, number of milking days and the average milk yield per 1 day of life with increasing Holstein breed blood share.

*Key words: highly productive cows, top performer cows, milk productivity, crownest, productive longevity, lifetime milk yield.*

### References

1. Lyubimov A.I., Martynova E.N. Kharakteristika korov-rekordistok cherno-pestroi porody plemzavoda «Iyul'skoe» FGOU VPO Izhevskaya GSKhA (Characteristics of cows-record holders of black-and-white breed of the stud farm «July» FGOU VPO Izhevsk GSHA), *Effektivnost' adaptivnykh tekhnologii v rastenievodstve i zhivotnovodstve*, mater. Vseros. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, FGOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2008, pp. 197-200.
2. Chukavin A.S., Vorob'eva S.L. Vliyaniye genotipicheskikh faktorov na prodolzhitel'nost' khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov cherno-pestroi porody v Udmurtii (Influence of genotypic factors on the duration of economic use of cows of black-and-white breed in Udmurtia), *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N.E. Bauman*, 2017, T. 232, No. 4, pp. 154-159.
3. Vollema A.R., Groen A.F. Longevity on small and large dairy cattle farms, EAAP, 48-th Annual Meeting, Vienna, 1997, pp. 31.
4. Lyubimov A.I., Martynova E.N., Isupova Yu.V. Pozhiznennaya produktivnost' i prodolzhitel'nost' khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov cherno-pestroi porody v usloviyakh Udmurtii (Lifetime productivity and duration of economic use of cows of black-motley breed in the conditions of the Udmurt Republic), *Nauchnoe obespechenie realizatsii natsional'nykh proektov v sel'skom khozyaistve*, mater. Vseros. nauch.-prakt. konf., Izhevsk, FGOU VPO Izhevskaya GSKhA, 2006, T. 2, pp. 76-80.



5. Nikolaev V. V. Dinamika molochnoi produktivnosti v zavisimosti ot krovnosti korov po golshtinskoj porode (Dynamics of milk productivity depending on the blood of cows on Holstein breed), Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010, T. 5, No. 2 (16), pp. 143-145.
6. Ovchinnikova L.Yu. Vliyanie ot del'nykh faktorov na produktivnoe dolgoletie korov (The effect of individual factors on the productive long-birthday cows), Zootekhniya, 2007, No. 6, pp. 18-21.
7. Kulikova S.G., Elkin N.N. Produktivnoe dolgoletie korov v zavisimosti ot krovnosti po golshtinskoj porode i lineinoj prinadlezhnosti (Productive longevity of cows depending on blood on Holstein breed and linear affiliation), Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2010, No. 3(15), pp. 68-72.
8. Lyubimov A.I., Yudin V.M. Vliyanie inbridinga na pozhiznennuyu produktivnost' i prodolzhitel'nost' khozyaistvennogo ispol'zovaniya korov cherno-pestrogo porody (Influence of inbreeding on lifelong productivity and duration of economic use of cows of black-and-white breed), Molochnoe i myasnoe skotovodstvo, 2014, No. 3, pp. 14-16.
9. Ufimtseva N.S., Velechkovich A.N. Produktivnoe dolgoletie korov priobskogo tipa (Productive longevity of cows of Priobsky type), Adaptatsiya, zdorov'e i produktivnost' zhivotnykh, sb. dokl. Sib. Mezhregion. nauch.-prakt. konf., Novosibirskii GAU, Novosibirsk, 2008, pp. 9-11.
10. Vzaimosvyaz' paratipicheskikh priznakov s produktivnym dolgoletiem korov cherno-pestrogo porody (Interrelation of paratypical signs with productive longevity of cows of black-and-white breed, A.I. Lyubimov [i dr.], Vestnik Izhevskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2017, No. 4 (53), pp. 42-49.
11. Russkikh T.A., Bychkova V.A., Yudin V.M. Produktivnoe dolgoletie korov cherno-pestrogo i kholmogorskoj porod (Productive longevity of cows of black pied and kholmogory breed), Permskii agrarnyi vestnik, 2019, No. 1 (25), pp. 123-130.
12. Doormaal B.V. A Closer Look at Longevity, Canadian Dairy Network, 2009, May, pp. 3.
13. Widmer Sh. The future genetics, Dairy herd management, 1981, No. 7, pp. 31 -32.

УДК 619:615.322:636.237.21

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ ВИТАДАПТИНА, ГУВИТАНА-С И ГЕРМИВИТА НА АБСОЛЮТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ, ЛИМФОЦИТОВ И НЕЙТРОФИЛОВ В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ СУХОСТОЙНЫХ КОРОВ**

**С. Л. Расторгуева;**

**Д. Ф. Ибишов**, д-р ветеринар. наук, профессор;

**А. П. Осипов**, канд. мед. наук, доцент,

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ,

ул. Петропавловская, 23, Пермь, Россия, 614990

E-mail: [vnb@pgsha.ru](mailto:vnb@pgsha.ru)

*Аннотация.* На 30 сухостойных коровах черно-пестрой породы 5-6 летнего возраста в Учебно-опытном хозяйстве «Липовая гора» Пермского района Пермского края изучено совместное влияние Витадаптина, Гувитана-С и Гермивита на клеточный состав крови. Коровы контрольной группы получали стандартный рацион. Коровам из первой опытной группы внутримышечно вводили Витадаптин и орошали корм Гувитаном-С. Вторая опытная группа, дополнительно к Витадаптину и Гувитану-С, получала Гермивит. Общее количество лейкоцитов в единице объема крови всех групп сухостойных животных увеличилось, лимфоцитов – не изменилось, а нейтрофилов в крови контрольной группы стало больше, на 30-е и 60-е

сутки, соответственно, на 18 и 35 %, в первой опытной группе – на 21 и 38 %, во второй – на 32 и 29 %. Палочкоядерных нейтрофилов стало больше в контроле на 57-64 %, в первой опытной группе – на 21-43 %, во второй опытной группе – на 92-123 %. Сегментоядерных нейтрофилов в контрольной группе стало больше на 17 и 34 %, в первой опытной группе – на 21 и 38 %, во второй опытной группе – на 30 и 25 %. Доля палочкоядерных клеток в общем количестве нейтрофилов в контроле увеличилась, в первой опытной группе – не изменилась, во второй опытной группе – значительно выросла. У контрольных животных рост концентрации нейтрофилов был обусловлен ускорением их выхода из органов кроветворения, а также снижением выраженности развившегося в начале сухостойного периода замедления созревания в крови. Совместное использование Гувитана-С и Витадаптина предотвращает изменения скорости созревания нейтрофилов, уменьшает нарастание интенсивности их выхода из органов кроветворения и замедляет миграцию из крови. Комплексное применение Гувитана-С, Витадаптина и Гермивита значительно ускоряет выход нейтрофилов из органов кроветворения, а непосредственно перед отелом более чем в 2 раза, по сравнению с контролем, замедляет созревание нейтрофилов в кровеносном русле и ускоряет их миграцию в другие органы и ткани коровы и, возможно, плода.

*Ключевые слова:* коровы, кормовые добавки, ветеринарные средства, сухостойный период, лейкоциты, лимфоциты, нейтрофилы, клетки крови.

**Введение.** Одним из методов снижения чувствительности плода и коровы к неблагоприятным факторам внешней и внутренней среды является применение в течение сухостойного периода дополняющих друг друга кормовых добавок и ветеринарных средств с выраженными адаптогенными и питательными свойствами [1-5].

Кровь циркулирует через все органы и ткани животного. Поэтому исследования её состава позволяют объективно регистрировать изменения функционального состояния здорового животного и выявлять развитие нарушений до появления клинических симптомов заболевания [6, 7].

*Цель* представленных исследований – изучение комплексного влияния ветеринарного средства Витадаптин и двух кормовых добавок: (Гувитана-С и Гермивита) на абсолютное содержание в периферической крови сухостойных коров лейкоцитов, лимфоцитов и нейтрофилов. Витадаптин (производитель ЗАО «Розовый лотос», г. Екатеринбург) обеспечивает питательными веществами организм коровы и развивающегося плода, минуя пищеварительный тракт. Важнейшими действующими компонентами кормовой добавки Гувитана-С (производитель ООО

«Ариадна», г. Екатеринбург) являются производные гуминовых кислот. В кровь они практически не попадают, но нормализуют микрофлору в преджелудках и толстом кишечнике, повышают усвояемость компонентов корма, активируют обменные процессы в организме и повышают его устойчивость к неблагоприятным факторам. Производитель Гермивита ЗАО «Розовый лотос», г. Екатеринбург рекомендует использовать его в качестве богатой энергией кормовой добавки [8-10].

**Методика.** Исследования выполнены в Учебно-опытном хозяйстве «Липовая гора» Пермского района Пермского края на 30 сохранившихся в сходных условиях сухостойных коровах черно-пестрой породы 5-6-летнего возраста. В первый день сухостойного периода животных разделили методом случайной выборки на одну контрольную и две опытные группы по 10 коров. Животные из контрольной группы получали стандартный для сухостойных животных рацион. Всем коровам из опытных групп внутримышечно вводили Витадаптин (в первый день по 15 мл, а на 10, 20 и 30 дни – по 10 мл) и выдавали предварительно орошенный раствором Гувитана-С (по 0,25 мл/кг массы жи-

вотного ежедневно утром и вечером) корм. Кроме того, коровы из второй опытной группы дополнительно к перечисленным средствам ежедневно получали с кормом и Гермивит (по 100 г на голову).

Таким образом, животные первой опытной группы получали насыщенные питательными веществами и повышающие усвояемость корма Витадаптин и Гувитан-С, а коровы второй опытной группы, наряду с Витадаптином и Гувитаном-С, – богатый энергией Гермивит.

Состав крови исследовали в начале (первый день), в середине (на 30-е сутки) и в конце (60-е сутки) сухостойного периода. Общее количество лейкоцитов подсчитывали в камере Горяева, а лейкоцитарные фор-

мулы – в окрашенных по Романовскому-Гимзе мазках крови. О наличии, направлении и достоверности изменений судили по W критерию Уилкоксона [11, 12] после сравнения абсолютных величин зарегистрированных у тех же животных показателей в начале, в середине и в конце сухостойного периода.

**Результаты.** Общее содержание лейкоцитов в единице объёма крови сухостойных животных на 30-у и 60-е сутки достоверно увеличилось (таблица) в контрольной группе на 19 и 35 %, в первой опытной группе – на 17 и 25 %, во второй опытной группе – на 24 и 21 %. На 60-е сутки, по сравнению с 30-ми сутками, достоверно выросла концентрация лейкоцитов только в крови контрольной группы.

Таблица

Общее содержание лейкоцитов, лимфоцитов и нейтрофилов в крови коров контрольной и опытных групп в разные сроки сухостойного периода (M±m)

Показатели в 10 <sup>9</sup> /л	Группа	1 сутки	30 сутки	60 сутки
Лейкоциты	Контрольная	6,3±0,6	7,5 ±0,3*	8,5±0,3*
	1 опытная	5,9±0,4	6,9±0,6*	7,4±0,4*
	2 опытная	6,2±0,5	7,7 ±0,5*	7,5±0,3*
Лимфоциты	Контрольная	2,60±0,33	2,87±0,16	3,04±0,14
	1 опытная	2,40±0,23	2,63±0,20	2,84±0,23
	2 опытная	2,49±0,27	2,75±0,18	2,76±0,10
Нейтрофилы	Контрольная	3,48±0,33	4,11±0,27*	4,71±0,16*
	1 опытная	3,01±0,22	3,64±0,27	4,16±0,17*
	2 опытная	3,29±0,23	4,35±0,30*	4,25 ±0,17*
Нейтрофилы палочкоядерные (в 10 <sup>9</sup> /л)	Контрольная	0,14±0,02	0,22±0,02*	0,24±0,03*
	1 опытная	0,14±0,03	0,17±0,03	0,20±0,03*
	2 опытная	0,13±0,02	0,25±0,04*	0,29±0,03*
Нейтрофилы сегментоядерные (в 10 <sup>9</sup> /л)	Контрольная	3,34±0,33	3,89±0,27*	4,47±0,16*
	1 опытная	2,87±0,22	3,47±0,27	3,96±0,17*
	2 опытная	3,16±0,23	4,10±0,30*	3,96±0,17*
Соотношение нейтрофилов (в %)	Контрольная	4,0±0,5	5,4±0,6*	4,9±0,6
	1 опытная	4,7±1,0	4,7±0,6	4,8±0,8
	2 опытная	4,1±0,4	5,7±0,9*	6,8±0,6*

Примечание: \* –  $p < 0,05$  (по сравнению со значением показателя у тех же животных в группе в начале сухостойного периода).

Абсолютное содержание лимфоцитов в единице объёма крови на 30-е сутки сухостойного периода во всех группах коров выросло в одинаковой степени (на 10 %) и во второй опытной группе практически не изменилось (выросло, по сравнению с первыми сутками, на 11 %) на 60-е сутки. В контроль-

ной и второй опытной группах концентрации лимфоцитов в конце сухостойного периода выросли в большей степени (соответственно, на 17 и 18 %), но и в этом случае изменились статистически недостоверно.

У клинически здоровых коров около 85-90 % лейкоцитов относится к лимфоцитам и

нейтрофилам. Поэтому изменения их содержания в крови служат основными непосредственными причинами физиологических лейкоцитозов и лейкопений. Следовательно, при отсутствии достоверных изменений содержания лимфоцитов наиболее вероятной причиной увеличения общей концентрации лейкоцитов служит рост содержания нейтрофилов.

Обнаружено, что общая концентрация нейтрофилов в единице объёма крови коров контрольной группы выросла в середине и в конце сухостойного периода, соответственно, на 18 и 35 %. В первой опытной группе нейтрофилов стало больше на 21 и 38 %, во второй – на 32 и 29 %. Только в контрольной группе, концентрация нейтрофилов на 60-е сутки стала достоверно выше, чем в середине сухостойного периода, а в первой опытной группе на 30-е сутки содержание нейтрофилов недостоверно отличалось от того же показателя в первые сутки.

Из органов кроветворения в кровь поступают преимущественно молодые нейтрофилы (миелоциты, метамиелоциты и палочкоядерные нейтрофилы), которые относительно быстро (за 6-8 часов) созревают и превращаются в сегментоядерные нейтрофилы. Они составляют основную часть циркулирующих в крови нейтрофилов и на 2-3 сутки переходят в другие органы и ткани. Следовательно, кон-

центрация в крови молодых нейтрофилов в наибольшей степени зависит от интенсивности их выхода из органов кроветворения, изменение общего содержания циркулирующих нейтрофилов – от выраженности неравенства скоростей их поступления в кровь и миграции из неё, а соотношение концентраций молодых нейтрофилов и их общего количества в крови – от интенсивности дозревания. В крови миелоциты и метамиелоциты встречаются редко и чаще обнаруживаются при усилении кроветворения. Поэтому для регистрации изменений скорости созревания клеток в крови учитывалась только доля (или соотношение) всегда присутствующих в лейкограммах палочкоядерных нейтрофилов в общем количестве нейтрофилов.

Анализ клеточного состава крови сухостойных коров на 30-е и 60-е сутки показал (результаты представлены ниже на рисунке), что концентрации палочкоядерных нейтрофилов в крови контрольной группы увеличились (по сравнению с первыми сутками), соответственно, на 57 и 64 %, в первой опытной группе – на 21 и 43 %, во второй опытной группе – на 92 и 123 %. При этом, статистически недостоверно изменилось только содержание палочкоядерных нейтрофилов в единице объёма крови в первой опытной группе на 30-е сутки.

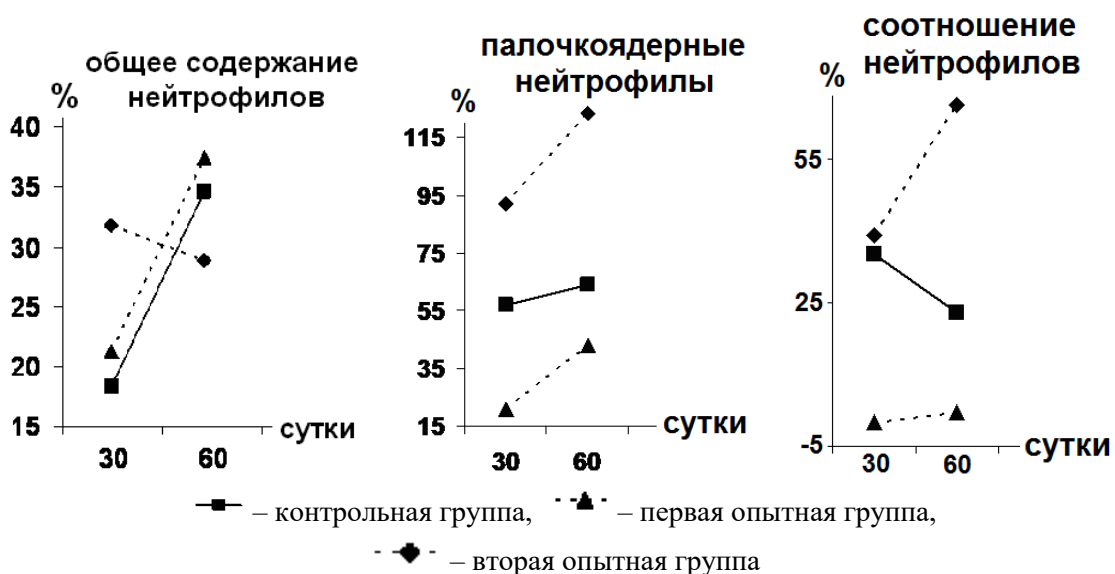


Рис. Выраженность изменений показателей содержания нейтрофилов

в крови коров разных групп в середине и в конце сухостойного периода

Концентрации сегментоядерных нейтрофилов в крови животных контрольной группы выросли к 30-м и 60-м суткам (по сравнению с первыми сутками), соответственно, на 17 и 34 %, в первой опытной группе – на 21 и 38 %, во второй опытной группе – на 30 и 25 %. На 30-е сутки недостоверно изменилось только содержание сегментоядерных нейтрофилов в первой опытной группе, а на 60-е сутки, по сравнению с 30-ми сутками, достоверно выросло содержание в единице объёма крови сегментоядерных нейтрофилов только в контрольной группе.

Доля палочкоядерных нейтрофилов в общем количестве нейтрофилов в крови животных контрольной группы достоверно увеличилась (на 35 %) на 30-е сутки, а в конце сухостойного периода несколько (до 23 %) понижалась. Данный показатель в первой опытной группе в течение всего периода исследований не изменялся, а во второй опытной группе – достоверно рос на 30-е и 60-е сутки, соответственно, на 39 и 66 %.

#### **Выводы.**

1. Абсолютное количество лейкоцитов в единице объёма крови достоверно увеличивается во всех группах сухостойных коров.

2. Концентрации лимфоцитов в течение сухостойного периода изменяются недостоверно, а общее содержание нейтрофилов в единице объёма крови коров контрольной и первой опытной групп растёт приблизительно в одинаковой степени (к 30-м суткам, соответственно, на 18 и 21 %, к 60-м суткам – 35 и 38 %). Во второй опытной группе, максимальный рост (32 %) концентрации нейтрофилов наблюдается в середине сухостойного периода, и достигнутый эффект практически сохраняется на 60-е сутки. Следовательно, комплексное применение Витадаптина, Гувитана-С и Гермивита ускоряет компенсацию развивающейся в организме сухостойной коровы временной супрессии специфических механизмов иммунитета усилением антигеннеспецифической защиты.

3. Концентрации палочкоядерных нейтрофилов в крови всех исследованных

групп сухостойных коров увеличиваются в разной степени. Если прирост содержания палочкоядерных нейтрофилов в единице объёма крови первой опытной группы на 30-е и 60-е сутки был меньше чем в контрольной группе, соответственно, в 2,7 и 1,5 раза, то во второй опытной группе он уже увеличился в 1,6 и 1,9 раза.

4. Нарастающее увеличение концентрации нейтрофилов в крови контрольной группы сухостойных животных вызвано практически сохраняющимся до отела значительным (на 57-64 %) увеличением скорости их выхода из органов кроветворения и постепенным снижением выраженности развившегося в начале сухостойного периода замедления созревания в крови.

5. Совместное использование Гувитана-С и Витадаптина не влияет на динамику и выраженность зарегистрированного в контрольной группе увеличения общего содержания нейтрофилов в крови, но одновременно уменьшает скорость выхода палочкоядерных нейтрофилов из органов кроветворения в кровь (на 30-е и 60-е сутки, соответственно, на 21 и 43 %) и замедляет миграцию из неё сегментоядерных нейтрофилов.

6. Комплексное применение Гувитана-С, Витадаптина и Гермивита значительно (на 92-123 %) ускоряет выход нейтрофилов из органов кроветворения, а в конце сухостойного периода (т.е. непосредственно перед отелом) более чем в 2 раза, по сравнению с контролем, замедляет интенсивность созревания нейтрофилов в кровеносном русле и ускоряет их миграцию в другие органы и ткани.

7. В доступной нам литературе отсутствуют сведения об интенсивном гранулоцитопозе в красном костном мозге плода млекопитающих непосредственно перед рождением. В то же время, кровь теленка в первую неделю жизни богаче нейтрофилами, чем во вторую неделю. Поэтому нельзя исключить, что комплексное применение Гувитана-С, Витадаптина и Гермивита способствует миграции нейтрофилов из крови коровы в кровь плода в конце сухостойного периода.

**Литература**

1. Маревская В.Ю. Активизация неспецифической резистентности и биологического потенциала глубоко-стельных коров и новорожденных телят биостимуляторами: автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук. Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2010. 22 с.
2. Использование витаминно-минеральных препаратов пролонгированного действия молочным коровам в период сухостоя / Л.В. Романенко [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2017. № 4. С. 56-61.
3. Сычёва Л.В. Использование биологически активных веществ в молочном скотоводстве: монография. Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. 162 с.
4. Muhammed A. Arowolo. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review // *Jianhua He Animal Nutrition*. 2018, September. V. 4. I. 3. P. 241-249.
5. Silva-del-Río N., Fricke P.M., Grummer R.R. Effects of twin pregnancy and dry period feeding strategy on milk production, energy balance, and metabolic profiles in dairy cows // *Journal of Animal Science*. 2010. V. 88. № 3. P. 1048-1060.
6. Гришук Г.П. Показатели состава крови коров в период сухостоя и после отела // Ученые записки: [сборник научных трудов]: научно-практический журнал. Витебск: Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2015. Т. 51. Вып. 1. Ч. 1. С. 32-34.
7. Delisle H. Programming of chronic disease by impaired fetal nutrition: evidence and complications for policy and intervention strategies. Montreal: World Health Organization, 2002. 93 p.
8. Применение Витадаптина в животноводстве / В.К. Невинный [и др.]. Екатеринбург: Уральское издательство, 2008. 38 с.
9. Применение Гермивита в животноводстве и ветеринарии / И.М. Донник [и др.]. Оренбург, 2010. 96 с.
10. Донник И.М., Шкуратова И.А., Послыхалина О.В. Применение Гувитана-С в животноводстве: научно-практические рекомендации. Екатеринбург: Уральское издательство, 2007. 24 с.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Изд-во Высшая школа, 1990. 350 с.
12. Расторгуева С.Л., Ибишов Д.Ф., Осипов А.П. Изменения клеточного состава и концентраций сывороточных белков в крови клинически здоровых коров в сухостойный период // *Пермский аграрный вестник*. 2019. № 1 (25). С. 116-123.

**INTEGRATED EFFECT OF THE VITADAPTIN, THE GUVITAN-C, AND THE GERMIVITI ON THE ABSOLUTE LEVEL OF LEUKOCYTES, LYMPHOCYTES, AND NEUTROPHILS IN THE PERIPHERAL BLOOD OF DRY COWS**

**S. L. Rastorguyeva;**

**D. F. Ibishov**, Dr. Vet. Sci., Professor;

**A. P. Osipov**, Cand. Med. Sci., Associate Professor,

Perm State Agro-Technological University

23, Petropavlovskaya St., Perm, 614990, Russia

E-mail: [vnb@pgsha.ru](mailto:vnb@pgsha.ru)

**ABSTRACT**

The joint effect of the Vitadaptin, the Guvitan-C, and the Germiviti on the blood cell composition was studied on 30 white-and-black dry cows, 5-6 years old, at the Lipovaya Gora Educational and Experimental Farm of the Perm Krai. Cows in the control group received a standard diet. The Vitadaptin was intramuscularly injected to the cows of the first experimental group that received fodder with the Guvitan-C. The second experimental group received the Germiviti in addition to the Vitadaptin and the Guvitan-C. The total leukocyte count increased in the blood of all groups of dry animals, the total

lymphocyte count was unchanged. By the 30<sup>th</sup> and 60<sup>th</sup> day, neutrophils in the blood of the control group increased by 18 and 35 %, respectively, in the first experimental group – by 21 and 38 %, in the second group – by 32 and 29 %. The concentration of stab neutrophils in the control group increased by 57-64 %, in the first experimental group – by 21-43 %, in the second experimental group – by 92-123 %. Segmented neutrophils in the control group increased by 17 and 34 %, in the first experimental group – by 21 and 38 %, in the second experimental group – by 30 and 25 %. The share of stab cells in the total neutrophil count increased in the control group, was unchanged in the first experimental group, increased significantly in the second experimental group. In control animals, increase in the neutrophil concentration derived from acceleration of their release from the blood-forming organs and decrease in severity of maturation delay in the blood at the beginning of the dry period. Combined use of the Guvitan-C and the Vitadaptin prevents changes in maturation rate of neutrophils, reduces intensity of their release from the blood-forming organs, and slows down migration from the blood. Integrated application of the Guvitan-C, the Vitadaptin, and the Germivit significantly accelerates release of neutrophils from the blood-forming organs. Immediately before calving, it slows down maturation of neutrophils in the bloodstream and accelerates their migration in other organs and tissues of cow and, possibly, fetus more than 2 times compared to the control group.

*Key words: cows, feed supplements, veterinary medicines, dry period, leukocytes, lymphocytes, neutrophils, blood cells.*

#### References

1. Marevskaya V.Yu. Aktivizatsiya nespetsificheskoi rezistentnosti i biologicheskogo potentsiala glubokostel'nykh korov i novorozhdennykh telyat biostimulyatorami, avtoref. dis. ... kand. veterinar. nauk (Activation of non-specific resistance and biological potential of down-calving cows and newborn calves by biostimulants), Cheboksary, Chuvashskaya GSKhA, 2010, 22 p.
2. Ispol'zovanie vitaminno-mineral'nykh preparatov prolongirovannogo deistviya molochnym korovam v period sukhostoya (Use of vitamin-mineral preparations of the prolonged action for dairy cows during the dry period), L.V. Romanenko [i dr.], Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii, 2017, No. 4, pp. 56-61.
3. Sycheva L.V. Ispol'zovanie biologicheski aktivnykh veshchestv v molochnom skotovodstve (Use of biologically active substances in dairy cattle breeding), monografiya, Perm', Izd-vo FGBOU VPO Permskaya GSKhA, 2013, 162 p.
4. Muhammed A. Arowolo. Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review, Jianhua He Animal Nutrition, 2018, September, V. 4, I. 3, pp. 241-249.
5. Silva-del-Río N., Fricke P.M., Grummer R.R. Effects of twin pregnancy and dry period feeding strategy on milk production, energy balance, and metabolic profiles in dairy cows, Journal of Animal Science, 2010, V. 88, No. 3, pp. 1048-1060.
6. Grishchuk G.P. Pokazateli sostava krovi korov v period sukhostoya i posle otela (Indicators of blood composition of cows during the dry period and after calving), Uchenye zapiski: [sbornik nauchnykh trudov]: nauchno-prakticheskii zhurnal, Vitebsk, Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny, 2015, T. 51, Vyp. 1, Ch. 1, pp. 32-34.
7. Delisle H. Programming of chronic disease by impaired fetal nutrition: evidence and complications for policy and intervention strategies, Montreal, World Health Organization, 2002, 93 p.
8. Primenenie Vitadaptina v zhitovnovodstve (Application of the Vitadaptin in animal husbandry), V.K. Nevinnyi [i dr.], Ekaterinburg, Ural'skoe izdatel'stvo, 2008, 38 p.
9. Primenenie Germivita v zhitovnovodstve i veterinarii (Application of the Germivit in animal husbandry and veterinary medicine), I.M. Donnik [i dr.], Orenburg, 2010, 96 p.
10. Donnik I.M., Shkuratova I.A., Poslykhalina O.V. Primenenie Guvitana-S v zhitovnovodstve (Application of the Guvitan-C in animal husbandry), nauchno-prakticheskie rekomendatsii, Ekaterinburg, Ural'skoe izdatel'stvo, 2007, 24 p.
11. Lakin G.F. Biometriya (Biometrics), M., Izd-vo Vysshaya shkola, 1990, 350 p.
12. Rastorgueva S.L., Ibishov D.F., Osipov A.P. Izmeneniya kletchnogo sostava i kontsentratsii syvorotochnykh belkov v krovi klinicheski zdorovykh korov v sukhostoyniy period (Changes in cellular composition and serum protein concentration in the blood of clinically healthy cows in the dry period), Permskii agrarnyi vestnik, 2019, No. 1 (25, pp. 116-123.



УДК 619: 599.735.31: 593.192.1

## ГЕЛЬМИНТОЗОНОЗЫ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА

**А. В. Согрина**, канд. биол. наук; **И. О. Кулемеева**,

Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)

ул. Набережная, 18, Петропавловск-Камчатский, Камчатский край, Россия, 683000

**Г. Д. Якушева**,

Ветеринарная клиника «НЕБОЛИТ»

ул. В. Каменского, 24, Пермь, Россия, 614046

E-mail: [sograv@yandex.ru](mailto:sograv@yandex.ru)

*Аннотация.* В Камчатском крае на протяжении многих лет регистрируют поражение лососей возбудителями анизакидоза и дифиллоботриоза. Цель исследования — изучить распространение *Anisakis* sp. Saidov, 1956 и *Diphyllobothrium* sp. Cobbold, 1858 у тихоокеанских лососей Камчатки, определить показатели экстенсивности (ЭИ), средней интенсивности инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО). В течение 2018 г. отобрали 225 особей половозрелых тихоокеанских лососей из основных нерестовых водоемов Камчатского края, к которым относятся реки Большая, Ключёвка, Плотникова, Авача и озёра Азабачье, Курильское, Б.Виллой. Также отбирали пробы в прибрежном районе г. Петропавловск-Камчатский. Провели исследование мышечной ткани рыб методом параллельных разрезов и компрессионным способом. Установили инвазию *Oncorhynchus nerka* личинками *Anisakis* sp., где ЭИ 93,3-100,0 %, ИИ и ИО составили 28,0-46,7. Показатели зараженности *Oncorhynchus keta* находились в пределах: ЭИ — 86,6-100,0 %, ИИ — 17,5-41,3, ИО — 14,2-41,3. *Oncorhynchus gorbuscha* — ЭИ 46,6-65,5 %, ИИ — 3,4-5,5, ИО — 1,6-3,6. *Oncorhynchus ksuch* поражён личинками нематод в меньшей степени, так ЭИ составила 30–46,6 %, ИИ — 3,7–7,3, ИО — 1,7–2,2. Личинками *Anisakis* sp. Тихоокеанские лососи были заражены во всех исследуемых водоемах. Плероцеркоидами *Diphyllobothrium* sp. в большей степени оказалась заражена *O. keta* из рек Большая, Паратунка, Авача, где ЭИ составила 53,3–60,0 %, ИИ — 4,8–9,8, ИО — 2,5–5,9. Инвазию дифиллоботриумами отмечали у горбуши, выловленной в эстуарии р. Большая. ЭИ составила 34,5 %, ИИ — 2,4, ИО — 0,8. *O. ksuch* был заражен *Diphyllobothrium* sp. в пределах: ЭИ — 10,0–20,0 %, ИИ — 2,7–3,3, ИО — 0,3–0,6. Мускулатура *O. nerka*, отобранной из р. Большая, была поражена плероцеркоидами *Diphyllobothrium* sp., где ЭИ составила 13,3%, ИИ — 2,0, а ИО — 0,3. В связи с поражением рыбы опасными паразитами, необходимо строго соблюдать ветеринарно-санитарные нормы переработки и употребления рыбного сырья.

*Ключевые слова:* Камчатка, тихоокеанский лосось, пищевая безопасность, *Anisakis* sp., *Diphyllobothrium* sp.

**Введение.** Внутренние и прибрежные промысловых районов Российской Федерации. Промысел тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* Walbaum, 1792 осуществляется от Анадыря до Приморья, но наиболее полно



видовой состав рода представлен в Камчатском репродуктивном районе [1]. На полуострове развит рыболовный туризм, в котором представлены все виды рекреационной рыбалки — морской, речной и озерной. Более всего получил развитие рыболовный туризм, ориентированный на добычу лососей во внутренних водоемах Камчатки [2]. Кроме этого, для народов Крайнего севера красная рыба является одним из основных продуктов питания. Лосось употребляется здесь в сыром, соленом, сушеном (юкола), мороженом (строганина) виде, а также запеченным в золе. При всей специфичности пищевого сырья северным народам удалось создать своеобразное кулинарное направление, под влияние которого, так или иначе, попадает население полуострова, а также туристы. Высокая популярность рыбы, в частности, тихоокеанских лососей, определяет задачи по изучению их пищевой безопасности. В Камчатском крае на протяжении многих лет регистрируют поражение *Oncorhynchus Walbaum, 1792* возбудителями анизакидоза и дифиллоботриоза [3-5].

Анизакидоз — зоонозный гельминтоз, характеризующийся поражением желудочно-кишечного тракта. Заражение человека происходит при поедании сырой или недостаточно термически обработанной рыбы, содержащей живых личинок семейства *Anisakidae* Skrjabin et Karokhin, 1945. Стоит отметить, что употребление в пищу гидробионтов, содержащих в большом количестве погибших личинок *Anisakis* sp. Saidov, 1956 приводит к развитию аллергических реакций, а также вызывает кариопатические эффекты в иммунокомпетентных и репродуктивных органах млекопитающих [6]. В связи с этим изучение степени инвазированности рыбного сырья приобретает особое значение.

Дифиллоботриоз плотоядных, в том числе и человека, вызывается несколькими видами цестод семейства *Diphyllobothriidae* Lühe, 1910 [2, 3, 7-10]. Дифиллоботриоз в России занимает второе место по распространенности среди гельминтозонозов, которые передаются через рыбу, и ежегодно

составляет от 18,2 % до 23,3 % от общей заболеваемости биогельминтозами [11]. По данным В.К. Ястребова, в период 2007-2012 гг. большинство случаев дифиллоботриоза среди людей зарегистрированы в Сибирском и Дальневосточном (61,3 %), Приволжском (10,2 %), Северо-Западном (9,1 %), Уральском (9,1 %) округах, остальные 10,3 % приходятся на Центральный, Южный, Северо-Кавказский федеральные округа [11]. Особенностью дифиллоботриоза на Дальнем Востоке является то, что именно лососи в большинстве случаев служат вторыми промежуточными хозяевами возбудителя и, вынося личинок из очагов инвазии, формируют, тем самым, весьма неоднородный нозоареал паразитоза [12, 13]. В то же время на заражение тихоокеанских лососей плероцеркоидами дифиллоботриума влияет множество факторов, начиная от продолжительности пресноводного и морского периодов жизни *Oncorhynchus Walbaum, 1792* и, заканчивая наличием всех участников жизненного цикла цестоды [14]. На Камчатке при исследовании *Oncorhynchus Walbaum, 1792* по морфологическим признакам установлено три вида плероцеркоидов рода *Diphyllobothrium* Cobbold, 1858: *D. dendriticum* Nitzsh, 1824, *D. ditremum* Creplin, 1825, *D. klebanovskii* Muratov et Posochov, 1987, при этом многие авторы отмечают схожесть морфологических признаков плероцеркоидов *D. klebanovskii* и *D. volegi* Kuhlow, 1953. Для точной видовой идентификации личинок требуется проведение дополнительных генетических и ультраструктурных исследований [3, 10, 13, 15]. В связи с этим, вполне вероятно существование на территории Камчатского края большего количества видов лентецов.

В отечественной и зарубежной литературе информация по паразитозам, которые передаются через рыбу, представлена в достаточном объеме. Имеются работы и по Дальнему Востоку [4, 13, 9], при этом данные о зараженности тихоокеанских лососей возбудителями зоонозов по Камчатскому краю носят ограниченный характер, что не позволяет

оценить риски заражения и эпидемиологическую ситуацию в полном объеме.

**Цель исследования** — изучить распространение *Anisakis* sp. Saidov, 1956 и *Diphyllobothrium* sp. Cobbold, 1858 у тихоокеанских лососей Камчатки, установить показатели экстенсивности инвазии (ЭИ), средней интенсивности инвазии (ИИ), индекс обилия (ИО).

**Методика.** Материалом для изучения служили половозрелые тихоокеанские лососи видов *O.nerka*, *O.keta*, *O.gorbuscha*, *O.kisutch*, выловленные в 2018 г. Отбор проб осуществляли в реках и озерах Петропавловско-

Командорской и Камчатско-Курильской рыболовных подзонах (рис. 1). Единоновременно с точки отбора вылавливали не менее 15 экз. особей *Oncorhynchus*. Для изучения распространения *Anisakis* sp. и *Diphyllobothrium* sp. на месте лова проводили наружный осмотр рыбы, осуществляли взвешивание и измерение длины, регистрировали пол особей, отмечали визуальные дефекты, наличие эктопаразитов, травм, затем от каждой рыбы срезали мышечный пласт от головы до хвоста, маркировали и доставляли в лабораторию для дальнейших исследований.

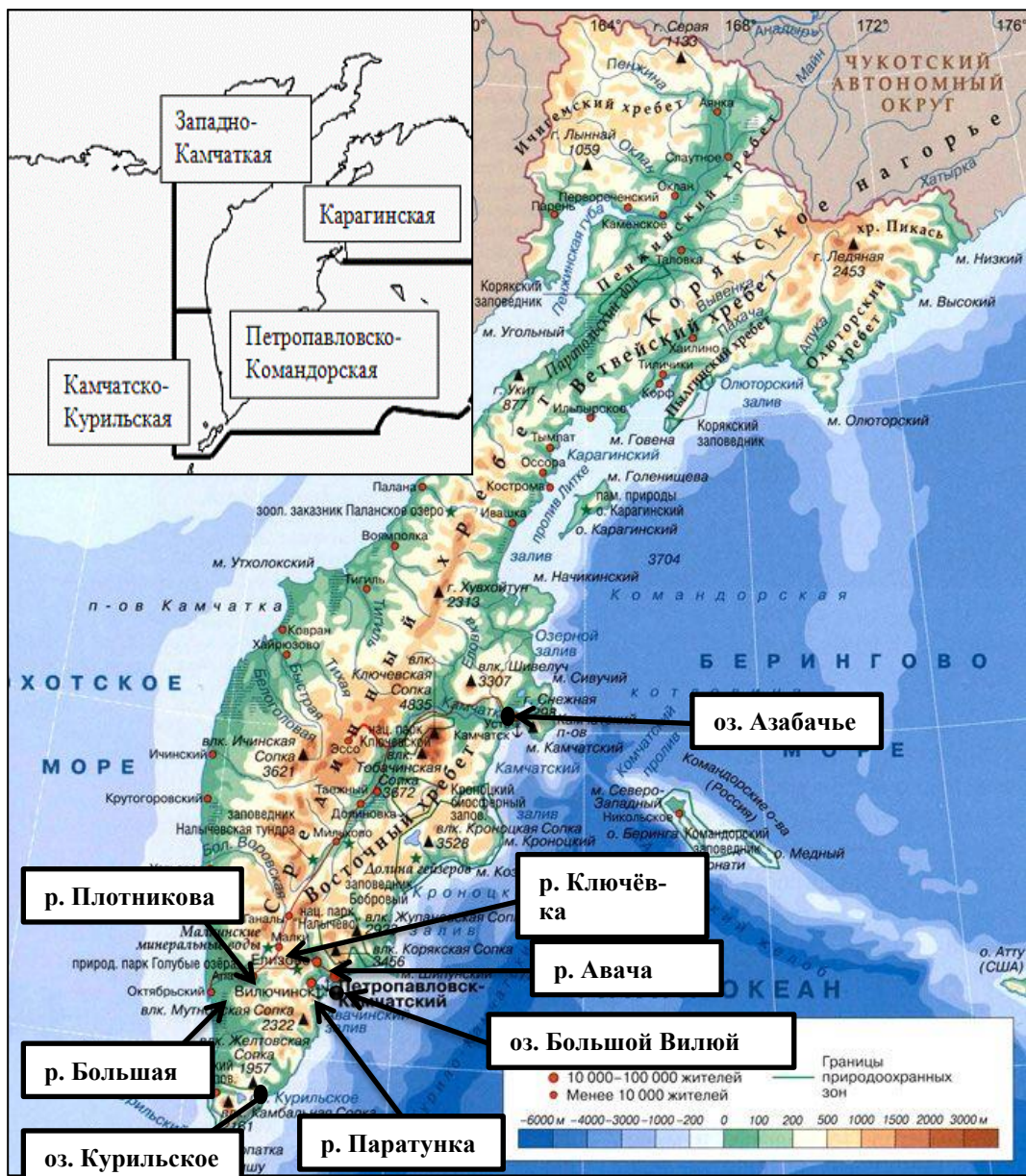


Рис. 1. Места отбора проб на карте Камчатского края, рыбопромысловое районирование прикамчатских вод

Анализ проводили в лаборатории здоровья гидробионтов ФГБНУ «КамчатНИРО». Полученные образцы мышечной ткани исследовали методом параллельных разрезов и компрессионным способом по МУК 3.2.988-00 [7]. Всего паразитологической экспертизе в 2018 г. подверглось 225 экз. рыбы. Статистическая обработка материалов проводилась по общепринятым методикам [16].

**Результаты.** В ходе работы установлено поражение всех исследуемых видов тихоокеанских лососей личинками *Anisakis* sp. (табл. 1) и *Diphyllobothrium* sp. (табл. 2).

Личинками нематод *Anisakis* sp. в большей степени оказалась поражена нерка. Показатель ЭИ рыбы из озер Азабачье и Курильское в обоих случаях составил 93,3 %, а у *O. nerka*, выловленной в реках Камчатско-Курильской подзоны, – 100,0 %. Максимальное количество личинок анизакид, паразитирующих в одной рыбе, зарегистрировано у нерки, выловленной в эстуарии р. Большая и составило 230 экз.

При анализе данных на фоне общей высокой зараженности тихоокеанских лососей *Anisakis* sp. мы отмечали некоторые особенности распределения паразитов. Например, нерка, выловленная в реках Большая и Ключёвка, имела одинаково высокие показатели зараженности, что, на наш взгляд, формирует явный очаг распространения инвазии по всему бассейну р. Большая. Кета из р. Паратунка также при 100 % -ной зараженности *Anisakis* sp. приобрела высокое значение показателя ИИ – 41,3 экз. При этом максимальное количество личинок нематод в одной рыбе достигло 164 экз. Кижуч и горбуша, несмотря на поражение анизакидами примерно в половине случаев (табл. 1), по-нашему мнению, играют меньшую роль в распространении инвазии. Это обусловлено невысокой интенсивностью заражения рыбы личинками нематод, что снижает риск заражения человека и других плотоядных.

Таблица 1

Зараженность тихоокеанских лососей личинками *Anisakis* sp., 2018 г.

Вид рыбы	Место отбора проб / рыболовная подзона	ЭИ, %	ИИ, min-max, экз.	ИО, экз.
<i>O. nerka</i>	эстуарий р. Большая	100,0	42,0 16,0-230,0	42,0
	р. Ключёвка	100,0	46,7 10,0-136,0	46,7
	р. Плотникова	100,0	28,9 6,0-60,0	28,9
	оз. Курильское	93,3	30,7 2,0-92,0	28,6
	оз. Азабачье	93,3	33,0 8,0-126,0	30,8
<i>O. keta</i>	эстуарий р. Большая	93,3	18,1	19,9
	р. Плотникова	86,6	32,8 4,0-114,0	14,2
	р. Паратунка	100,0	41,3 2,0-164,0	41,3
	р. Авача	100,0	17,5 2,0-70,0	17,5
<i>O. kisutch</i>	оз. Б.Виллой	30,0	7,3 2,0-14,0	2,2
	прибрежный р-н г. Петропавловск-Камчатский	46,6	3,7 2,0-6,0	1,7
<i>O. gorbuscha</i>	эстуарий р. Большая	65,5	5,5 2,0-14,0	3,6
	прибрежный р-н г. Петропавловск-Камчатский	46,6	3,4 2,0-8,0	1,6

Анализируя полученные результаты по инвазии мускулатуры тихоокеанских лососей плероцеркоидами *Diphyllbothrium* sp., в первую очередь мы обратили внимание на повышение показателей зараженности рыбы, выловленной вблизи крупнейших населенных пунктов региона – г. Петропавловск-

Камчатского, г. Виллючинска, г. Елизово и п. Октябрьский. Так *O. keta*, выловленная в реках Большая и Паратунка, была поражена плероцеркоидами в половине случаев, а заражение кеты из р. Авача достигло максимальных значений: ЭИ – 60,0%, ИИ – 9,8 экз. (табл. 2).

Таблица 2

Зараженность тихоокеанских лососей личинками *Diphyllbothrium* sp., 2018 г.

Вид рыбы	Место отбора проб/рыболовная подзона	ЭИ,%	ИИ, min-маx, экз	ИО, экз
<i>O. nerka</i>	эстуарий р. Большая	13,3	2,0 1-2	0,3
<i>O. keta</i>	эстуарий р. Большая	53,3	4,8 2-16	2,5
	р. Паратунка	53,3	8,8 2-12	4,7
	р. Авача	60,0	9,8 2-26	5,9
<i>O. kisutch</i>	прибрежный р-н г.Петропавловск-Камчатский	20,0	3,3 1-4	0,6
	оз. Б.Виллой	10,0	2,7 2-4	0,3
<i>O. gorbuscha</i>	эстуарий р. Большая	34,5	2,4 2-4	0,8

При этом в ходе паразитологического анализа *O. nerka* из оз. Курильское – крупнейшего нерестилища нерки в Евразии, а также пристанища бурых медведей и рыбоядных птиц, личинок цестоды в мускулатуре не выявлено. Также не удалось обнаружить *Diphyllbothrium* sp. у нерки из оз. Азабачье. При этом мышечная ткань нерки в 2017 г. из оз. Курильского тоже была свободна от личинок цестоды, а нерка из оз. Азабачье была поражена *Diphyllbothrium* sp. в 13,3 % случаев. Это очень интересный момент, поскольку на протяжении 2004–2010 гг. в полости тела на поверхности пищеварительного тракта *O. nerka* исследователи ФГБНУ «КамчатНИРО» выявляли инкапсулированные личинки *Diphyllbothrium* sp., где ЭИ в разные годы варьировала от 46,6 до 100 %. Авторы предположили высокую степень поражения лентецом местной популяции птиц, что и стало основной причиной инвазии рыбы [4]. Птицы являются окончательными хозяевами для двух видов дифиллоботриид

— *D.dendriticum* Nitzsh, 1824 и *D.ditremum* Creplin, 1825 [15]. При этом эпидемиологическое значение *D.ditremum* несущественно в связи с абортивным характером хозяинно-паразитарных взаимоотношений между человеком и этим видом лентецов [8]. При сравнении литературных данных и наших исследований отмечали, что кета в 2017 г., отобранная с тех же точек, что и в 2018 г. также была в большей мере инвазирована в реках Авача и Паратунка, где ЭИ составила по 60,0 % в обоих случаях. Кижуч из оз. Б. Виллой в 2017 г. был заражен плероцеркоидами в единичных случаях, показатель ЭИ находился на уровне 6,6 %. При проведении паразитологической экспертизы *O.keta* из эстуария р. Большая в 2017 г. личинок цестод не обнаружено, в то же время анализ кеты из р. Плотникова (приток р. Большая) показал инвазирование 60,0 % рыб [5]. Таким образом, зараженность плероцеркоидами мышечной ткани *O. kisutch*, возвращающегося на нерест в оз. Б. Виллой за год воз-

росла в полтора раза, а кеты из эстуария р. Большой – в несколько десятков раз, что может говорить об ухудшении эпизоотической ситуации по дифиллоботриозу среди дефинитивных хозяев, а также формированию благоприятных условий в водоемах для замыкания жизненного цикла паразита (см. табл. 2).

Таким образом, наиболее вероятным ис-

точником распространения анизакидоза на территории Камчатского края могут служить *O. nerka*, возвращающаяся на нерест в бассейн р. Большая и *O. keta*, идущая на нерест в бассейн р. Паратунка, а дифиллоботриоза – *O. keta* из рек Большая, Паратунка, Авача (рис. 2).

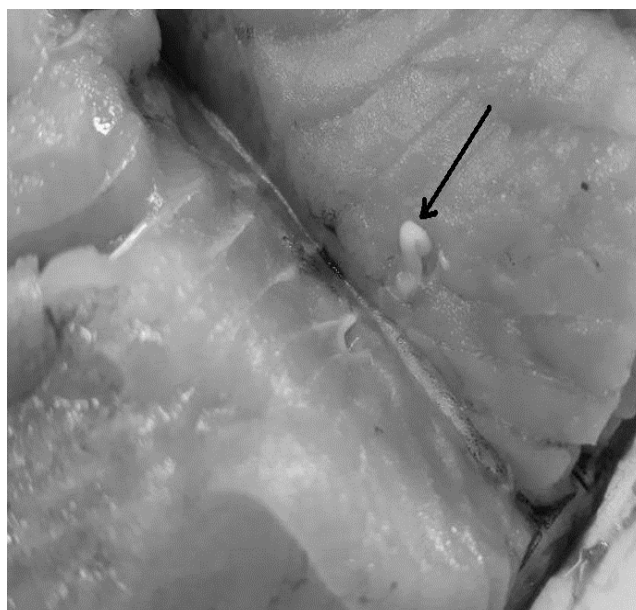


Рис. 2. Плероцеркоид *Diphyllobothrium* sp. в мускулатуре *O. keta*, р. Большая

**Выводы.** Полученные данные свидетельствуют о широком распространении *Anisakis* sp. Saidov, 1956 и *Diphyllobothrium* sp. Cobbold, 1858 у половозрелых тихоокеанских лососей Камчатки.

Показатели зараженности *Anisakis* sp. нерки варьируют в пределах: ЭИ – 93,3–100,0 %, ИИ – 28,0–46,7, ИО – 28,6–46,7. Для кеты установлены показатели ЭИ 86,6–100,0 %, ИИ – 17,5–41,3, ИО – 14,2–41,3. Зараженность горбуши анизакисами составила: ЭИ 46,6–65,5, ИИ 3,4–5,5, ИО 1,6–3,6. Кижуч поражен личинками нематод в меньшей степени, так ЭИ составила 30–46,6 %, ИИ – 3,7–7,3, ИО – 1,7–2,2.

Плероцеркоидами *Diphyllobothrium* sp. в большей степени оказалась заражена кета, ЭИ которой была 53,3–60,0 %, ИИ – 4,8–9,8, ИО –

2,5–5,9. Инвазию дифиллоботриумами отмечали только у горбуши, выловленной в эстуарии р. Большая при ЭИ 34,5 %, ИИ – 2,4, ИО – 0,8. Для кижуча установлены следующие показатели зараженности *Diphyllobothrium* sp.: ЭИ 10,0–20,0 %, ИИ – 2,7–3,3, ИО – 0,3–0,6. Плероцеркоидов дифиллоботриума в мышечной ткани находили у нерки, отобранной из р. Большая, где ЭИ составила 13,3 %, ИИ – 2,0, а ИО – 0,3.

Тихоокеанские лососи на территории Камчатского края играют большую роль в распространении дифиллоботриоза и анизакидоза. В связи с этим, необходимо строгого соблюдать ветеринарно-санитарные нормы переработки и употребления рыбного сырья [17, 10], а также проводить просветительскую работу с местным населением и туристами региона.

#### Литература

1. Бугаев В.Ф. Азиатская нерка. М.: Колос, 1995. 464 с.
2. Кузищин К.В., Савваитова К.А., Павлов Д.С. Научные основы организации любительского и спортивного рыболовства и управления лососевыми водоемами // Любительское рыболовство и сохранение лососевых в России: сб. статей. М.: Фонд «Русский лосось», 2010. С. 54-75.



3. Карманова И.В. Паразиты тихоокеанских лососей в эпизоотической обстановке паразитозов в бассейне р. Паратунки (Камчатка): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 1998. 23 с.
4. Видовой состав патогенов и их распространение у нерки в нагульно-нерестовых озерах Камчатки / Н.В. Сергеев [и др.] // Исследование водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. Вып. 29. С. 137–147.
5. Согрина А.В. Зараженность тихоокеанских лососей прибрежных вод Камчатки паразитами, влияющими на качество и безопасность продукции в 2017 году // Перспективы рыболовства и аквакультуры в современном мире: матер. конф. М.: ВНИРО, 2018. С. 130-131.
6. Роль антигенов гельминтов в патологии митоза клеток костного мозга лабораторных животных / Т.Н. Сивкова [и др.] // Мед. паразитол. и паразит. болезни. 2013. №3. С. 33-35.
7. МУК 3.2.988-00. 3.2. Профилактика паразитарных болезней. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: метод. указания (утв. Минздрав России 25.10.2000). 2001. 49 с.
8. Ястребов В.К. Эпидемиология дифиллоботриозов в Сибири и на Дальнем Востоке // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2013. № 5 (72). С. 25-30.
9. Rausch R. *Diphyllbothrium fayi* n.sp. (Cestoda: Diphyllbothriidae) from the Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens* // Helminthological Society of Washington. 2005, July. Vol. 72. P. 129-135. doi: 10.1654/4188.
10. First confirmed human case of *Diphyllbothrium stemmacephalum* infection and molecular verification of the synonymy of *Diphyllbothrium yonagoense* with *D. stemmacephalum* (Cestoda: Diphyllbothriidea) / H. Yamasaki [et al.] // Parasitology International. 2016, Oct. Vol. 65. P. 129-135. doi: 10.1654/4188.
11. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gospotrebnadzor.ru/search/index.php?q> (дата обращения: 15.03.2016).
12. Mitochondrial DNA divergence in populations of the tapeworm *Diphyllbothrium nihonkaiense* and its phylogenetic relationship with *Diphyllbothrium klebanovskii* / N. Arizono [et al.] // Parasitology International. 2009, March. Vol. 58. P. 22-28 [Electronic resource]. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2008.09.001> (date of treatment: 19.02.2019).
13. Муратов И.В. Дифиллоботриоз на Дальнем Востоке СССР // Мед. Паразитол. 1990. № 6. С. 54-57.
14. Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. Москва: Наука, 1970. 501с.
15. Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные / Под ред. О.Н. Бауера. Л.: Наука, 1987. Т. 3. Ч. 2. 583 с.
16. Лабораторный практикум по болезням рыб / Под ред. В.А. Мусселиус. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 296 с.
17. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2000 г. № 987 «О государственном надзоре в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/182783/> (дата обращения: 15.03.2016).

## HELMINTHIASIS OF PACIFIC SALMONS ON THE KAMCHATKA PENINSULA

**A.V. Sogrina**, Cand. Bio. Sci.; **I. O. Kulemeeva**,

Federal State Budgetary Scientific Institution «Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography» («KamchatNIRO»)

18 Naberezhnaya St., Petropavlovsk-Kamchatsky, Kamchatka Kray, 683000, Russia

**G. D. Yakusheva**,

Veterinary clinic "NEBOLIT"

24 V. Kamensky St., Perm, 614046, Russia

E-mail: [sograv@yandex.ru](mailto:sograv@yandex.ru)

### ABSTRACT

The infection of salmon by anisacidosis and diphyllbothriasis pathogens has been recorded in the Kamchatka Kray for many years. The purpose of this study is to examine the distribution of *Anisakis* sp. Saidov, 1956 and *Diphyllbothrium* sp. Cobbold, 1858 for Pacific salmon in Kamchatka, to determine the extensiveness indicators (EI), average invasion intensity (II), abundance index (AI). During

2018, 225 species of mature Pacific salmon were selected from the main spawning reservoirs of the Kamchatka Krai, which include the Bolshaya, Klyuchevka, Plotnikova, Avacha rivers and Azabachye, Kuril'skoye, B. Viluyi lakes. Samples were also taken in the coastal areas of Petropavlovsk-Kamchatsky city. The study of the fish muscle tissue by the parallel cuts method and compression method was conducted. The invasion of the *Oncorhynchus nerka* by the larvae of *Anisakis* sp. was established, where EI were 93.3-100.0%, II and AI were 28.0-46.7. The *Oncorhynchus keta* infection rates were within: EI 86.6-100.0%, II 17.5-41.3, AI 14.2-41.3. The *Oncorhynchus gorbuscha* - EI 46.6-65.5%, II 3.4-5.5, AI 1.6-3.6. The *Oncorhynchus ksuch* was infected by nematode larvae to a lesser extent, EI was 30-46.6%, II was 3.7-7.3, AI was 1.7-2.2. The Pacific salmon were infected by the larvae of *Anisakis* sp. in all studied reservoirs. To a greater extent was infected with plerocercids *Diphyllbothrium* sp. the *O. keta* from the Bolshaya, Paratunka, Avacha rivers, where EI were 53.3-60.0%, II was 4.8-9.8, and AI 2.5-5.9. The invasion by diphyllbothrium was registered in pink salmon caught in estuary of the Bolshaya river, EI were 34.5%, II - 2.4, AI - 0.8. The *O. ksuch* was infected with *Diphyllbothrium* sp. within: EI 10.0-20.0%, II 2.7-3.3, AI 0.3-0.6. Muscle of the *O. nerka*, selected from the Bolshaya river, was infected by the plerocercoids of *Diphyllbothrium* sp., where EI was 13.3%, II - 2.0, and AI - 0.3. In connection with the fish infection by dangerous parasites, it is necessary to strictly comply with the veterinary and sanitary standards for processing and consumption of fish raw materials.

*Key words:* Kamchatka, Pacific salmon, food safety, *Anisakis* sp., *Diphyllbothrium* sp.

#### References

1. Bugaev V.F. Aziatskaya nerka (Asian sockeye salmon), M., Kolos, 1995, 464 p.
2. Kuzishchin K.V., Savvaitova K.A., Pavlov D.S. Nauchnye osnovy organizatsii lyubitel'skogo i sportivnogo rybolovstva i upravleniya lososevymi vodoemami (Scientific bases of the organization of Amateur and sports fishing and management of salmon reservoirs), Lyubitel'skoe rybolovstvo i sokhranenie lososevykh v Rossii, sb. statei, M., Fond «Russkii losos'», 2010, pp. 54-75.
3. Karmanova I.V. Parazity tikhookeanskikh lososei v epizooticheskoi obstanovke parazitov v basseine r. Paratunki (Kamchatka) (Parasites of Pacific salmon in the epizootic environment of parasites in the basin of the river Paratunka (Kamchatka)), avtoref. dis. ... kand. biol. nauk, Petropavlovsk-Kamchatskii, KamchatNIRO, 1998, 23 p.
4. Vidovoi sostav patogenov i ikh rasprostranenie u nerki v nagul'no-nerestovykh ozerakh Kamchatki (Species composition of pathogens and their distribution in sockeye salmon in feeding and spawning lakes of Kamchatka), N.V. Sergeenko [i dr.], Issledovanie vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana, sb. nauch. tr., Petropavlovsk-Kamchatskii, KamchatNIRO, 2013, Vyp. 29, pp. 137-147.
5. Sogrina A.V. Zarazhennost' tikhookeanskikh lososei pribrezhnykh vod Kamchatki parazitami, vliyayushchimi na kachestvo i bezopasnost' produktsii v 2017 godu (Contamination of Pacific salmon of coastal waters of Kamchatka by parasites affecting the quality and safety of products in 2017), Perspektivy rybolovstva i akvakul'tury v sovremennom mire, mater. konf., M.: VNIRO, 2018, pp. 130-131.
6. Rol' antigenov gel'mintov v patologii mitozov kletok kostnogo mozga laboratornykh zhivotnykh (The role of helminth antigens in mitosis pathology of bone marrow cells in laboratory animals), T.N. Sivkova [i dr.], Med. parazitol. i parazit. bolezni, 2013, No. 3, pp. 33-35.
7. MUK 3.2.988-00. 3.2. Profilaktika parazitarnykh boleznej. Metody sanitarno-parazitologicheskoy ehkspertizy ryby, molluskov, rakoobraznykh, zemnovodnykh, presmykayushchihsya i produktov ih pererabotki. Metodicheskie ukazaniya (utv. Minzdrav Rossii 25.10.2000), 2001, 49 p.
8. Yastrebov V.K. Epidemiologiya difillobotriozov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke (Epidemiology of diphyllbothriasis in Siberia and the far East), Epidemiologiya i Vaktsinoprofilaktika, 2013, No. 5 (72), pp. 25-30.
9. Rausch R. *Diphyllbothrium fayi* n.sp. (Cestoda: Diphyllbothriidae) from the Pacific walrus, *Odobenus rosmarus divergens*, Helminthological Society of Washington, 2005, July, Vol. 72, pp. 129-135. doi: 10.1654/4188.

10. First confirmed human case of *Diphyllobothrium stammacephalum* infection and molecular verification of the synonymy of *Diphyllobothrium yonagoense* with *D. stammacephalum* (Cestoda: Diphyllobothriidea), H. Yamasaki [et al.], *Parasitology International*, 2016, Oct., Vol. 65, pp. 129-135. doi: 10.1654/4188.
11. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Rossiiskoi Federatsii» (State report "On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation») [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <http://rospotrebnadzor.ru/search/index.php?q> (data obrashcheniya: 15.03.2016).
12. Mitochondrial DNA divergence in populations of the tapeworm *Diphyllobothrium nihonkaiense* and its phylogenetic relationship with *Diphyllobothrium klebanovskii*, N. Arizono [et al.], *Parasitology International*, 2009, March, Vol. 58, pp. 22-28 [Electronic resource], <https://doi.org/10.1016/j.parint.2008.09.001> (date of treatment: 19.02.2019).
13. Muratov I.V. Difillobotrioz na Dal'nem Vostoke SSSR (*Diphyllobothriasis in the Far East of the USSR*), *Med. Parazitol.*, 1990, No. 6, pp. 54-57.
14. Beklemishev V.N. Biotsenoticheskie osnovy sravnitel'noi parazitologii (Biocenotic bases of comparative Parasitology), Moskva, Nauka, 1970, 501 p.
15. *Opredelitel' parazitov presnovodnykh ryb fauny SSSR. Paraziticheskie mnogokletochnye* (Determinant of parasites of freshwater fish fauna of the USSR. Parasitic multicellular), Pod red. O.N. Bauera, L., Nauka, 1987, T. 3, Ch. 2, 583 p.
16. *Laboratnyi praktikum po boleznyam ryb* (Laboratory workshop on fish diseases), Pod red. V.A. Musselius, M., Leg. i pishch. prom-st', 1983, 296 p.
17. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21 dekabrya 2000 g. No. 987 «O gosudarstvennom nadzore v oblasti obespecheniya kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov» (Resolution of the Government of the Russian Federation of December 21, 2000 № 987 "On state supervision in the field of quality and food safety»), [Elektronnyi resurs], Rezhim dostupa: <https://base.garant.ru/182783/> (data obrashcheniya: 15.03.2016).



## РЕДАКЦИЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА «ПЕРМСКИЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

приглашает к сотрудничеству ученых, аспирантов, специалистов. К публикации принимаются научные статьи по следующим группам научных исследований:

– **05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем** (05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства, 05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве);

– **06.01.00 Агрономия** (06.01.01 Общее земледелие, 06.01.04 Агрохимия, 06.01.09 Овощеводство);

– **06.02.00 Ветеринария и зоотехния** (06.02.01 Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных; 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология; 06.02.05 Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза; 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов; 06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства).

### Требования к содержанию и оформлению статей

Основными требованиями к содержанию публикуемых в научно-практическом журнале статьям является обоснование актуальности, научности, новизны и практической ценности исследования, изложение основных тезисов работы. Статьи, поступившие в редакцию, проверяются через систему Антиплагиат (оригинальность должна составлять не менее 80%) и проходят процедуру рецензирования.

Статья должна включать в себя следующие элементы:

1. Индекс УДК (слева).

2. Название статьи (прописными буквами).

3. Ф.И.О. автора, ученое звание, место работы/учебы, адрес организации, e-mail.

4. Аннотация (реферат) на русском языке. Рекомендуемый объем 1000-2000 знаков (200-250 слов). Структура реферата должна кратко отражать структуру работы. Реферат должен быть максимально четким и в то же время информативно насыщенным. Реферат может публиковаться самостоятельно, и суть исследования должна быть понятной без обращения к тексту статьи. Реферат не разбивается на абзацы. Вводная часть минимальна. Место исследования уточняется до области (края). Изложение результатов должно содержать конкретные сведения (выводы, рекомендации и т.п.). Допускается введение сокращений в пределах реферата (понятие из 2-3 слов заменяется на аббревиатуру из соответствующего количества букв, но в 1-й раз дается полностью, сокращение – в скобках, далее используется только сокращение). Исключено использование вводных слов и оборотов.

5. Ключевые слова, отражающие терминологическую область статьи (до 10 слов).

6. Текст с включенным иллюстративным материалом (таблицы, рисунки).

Статья должна содержать обязательные элементы: *Введение* с указанием цели и задач исследования; *Методика*; *Результаты*; *Выводы*.

7. Источник финансирования (грант, государственная программа и т.п.), при наличии.

8. Литература. Список должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.0.5-2008 (без использования тире) и содержать 12-15 источников, в том числе 3-5 иностранных. Нормативные и законодательные документы, государственные стандарты в литературе не указываются. Ссылки на учебники и учебные пособия нежелательны. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

9. Перевод названия статьи, Ф.И.О. автора, ученого звания, места работы/учебы, адреса организации, e-mail, аннотации (реферата), ключевых слов, литературы с транслитерацией.

### Технические требования к статьям

Рекомендуемый объем статьи 8-12 страниц. Рукопись должна быть оформлена в текстовом редакторе Word на листах формата А4 (книжная ориентация), шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,5. Поля сверху и снизу – 2 см, справа и слева – 3 см, абзацный отступ – 1,25 см. Основная текстовая часть должна иметь выравнивание по ширине с автоматической расстановкой

переносов, без подстрочных ссылок. Должны различаться тире (–) и дефисы (-), буквы «ё» и «е».

Таблицы выполняются в редакторе MS Word (не рисунками), нумеруются, если их более одной и располагаются по смыслу текста статьи.

Рисунки, графики и схемы должны быть чёрно-белыми, чёткими, допускается штриховка; все элементы, относящиеся к изображению, должны быть сгруппированы. Все используемые в статье изображения должны иметь подрисуночную подпись и прилагаться к рукописи отдельными файлами с расширением \*.jpeg, \*.png или \*.tif, \*.

Формулы набираются в стандартном редакторе формул Microsoft Equation, нумеруются. После формулы приводится расшифровка символов, содержащихся в ней, в том порядке, в котором символы расположены в формуле. Использование формул в виде изображений нежелательно.

В тексте статьи должны содержаться ссылки на все используемые таблицы, рисунки и формулы.

Все употребляемые автором сокращенные обозначения и аббревиатуры, за исключением общепринятых, должны быть расшифрованы при их первом написании в тексте.

### Подача документов

Рукописи статей, оформленные согласно правилам и соответствующие научным направлениям, с сопроводительными документами (заявка, лицензионный договор, гарантийное письмо от руководителя организации, подтверждающее должность и ученую степень автора, заверенное печатью) следует высылать по адресу: 614990, г. Пермь, ул. Петровская, 23, издательско-полиграфический центр «ПрокростЪ» или электронной почтой на адрес [pgshavestnik@mail.ru](mailto:pgshavestnik@mail.ru). Отправляемые по электронной почте скан-копии документов (с расширениями \*.ipeg или \*.pdf) должны быть цветными и четкими. Более подробную информацию о правилах и требованиях к оформлению и публикации статей, а также формы сопроводительных документов можно найти на сайте научно-практического журнала «Пермский аграрный вестник» <http://agrovest.psa.ru>.

### Контактные телефоны

8 (342) 217-93-61 Богатырева Анастасия Сергеевна, ответственный секретарь;

8 (342) 217-95-42 Корепанова Ольга Кузьминична, директор издательско-полиграфического центра

### Уважаемый читатель!

Подписаться на научно-практический журнал «Пермский аграрный вестник» можно во всех отделениях РГУП «Почта России».

С условиями подписки можно ознакомиться в официальном подписном каталоге Почты России «Подписные издания». Каталогная стоимость подписки на полгода составит 1200 рублей. Индекс издания, по которому Вы можете найти журнал в каталоге, – ПР922.